

TICAI 2012

TICs para el Aprendizaje de la Ingeniería

Editores

Juan Manuel Santos Gago
Paula Escudeiro

Página en Blanco

TICAI 2012

TICs para el Aprendizaje de la Ingeniería

Editado por:

Juan Manuel Santos Gago

(Capítulo Español de la Sociedad de Educación del IEEE)

Paula Escudeiro

(Capítulo Portugués de la Sociedad de Educación del IEEE)

I.S.B.N.: 978-84-8158-632-9

Introducción de los Editores	<i>i</i>
Introdução dos Editores	<i>iii</i>
Capítulo 1	1
Análisis de Estabilidad de Sistemas Electrónicos de Potencia orientado a la Práctica Docente	
Marina Sanz, <i>Member, IEEE</i> , Virgilio Valdivia, <i>Member, IEEE</i> , Isabel Quesada, <i>Member, IEEE</i> , Cristina Fernández, <i>Member, IEEE</i> , Pablo Zumel, <i>Member, IEEE</i> , Antonio Lázaro, <i>Member, IEEE</i> , Andrés Barrado <i>Senior Member, IEEE</i>	
Capítulo 2	9
Marco para el desarrollo de la competencia transversal —"Comunicación Eficaz"	
David López, Alex Ramirez	
Capítulo 3	17
Evaluación Formativa Usando Exámenes No Presenciales	
David López, Fermín Sánchez, Josep-Llorenç Cruz, Agustín Fernández	
Capítulo 4	25
Laboratorio Multidisciplinar para la Enseñanza de Mecatrónica con LEGO Mindstorm NXT	
M. Ochoa-Giménez, J.L. Zamora-Macho and J. Porras-Galán	
Capítulo 5	33
Investigación Práctica en Educación: Investigación-Acción	
Mercedes Marqués, Reina Ferrández-Berruero	
Capítulo 6	39
Contenidos Audiovisuales en la Docencia Universitaria: de su Producción a la Validación de su Eficacia como Material Educativo	
Carina S. González-González, Román Estévez, David Cabrera-Primo, Pablo China-Martín	
Capítulo 7	47
Creación de herramientas software de apoyo a la comunicación alternativa y aumentativa	
Marta García Azpiroz, Sandra Baldassarri, Javier Marco	
Capítulo 8	53
Sistema de Garantía de Calidad para Modalidades de Enseñanza Online y Tendencias hacia Recursos Educativos en Abierto	
Miguel Gea, Rosana Montes-Soldado, Miguel González Laredo, María José Álvarez Suárez	
Capítulo 9	59
Serious Games Network	
P. Latorre Andrés, F. Serón Arbeloa, C. Vaz de Carvalho, <i>Senior Member, IEEE</i>	
Capítulo 10	65
PRAXIS: O Centro Europeu de Excelência para Projectos/Estágios	
Nuno Escudeiro, Paula Escudeiro	
Capítulo 11	69
Modelação Procedimental de Ambientes Rodoviários para Simulação de Condução	
Carlos Campos, Miguel Leitão, António Coelho	

Página en Blanco

Introducción de los Editores

TICAI 2012 se corresponde con el séptimo volumen de una serie de libros impulsada conjuntamente por los Capítulos Portugués y Español de la Sociedad de Educación del IEEE. Esta serie está orientada a recopilar algunos de los trabajos más significativos presentados en los congresos más relevantes de habla española y portuguesa en el ámbito de las Tecnologías para el Aprendizaje. Como novedad respecto a los volúmenes anteriores, en esta edición se ha incluido un capítulo, en concreto el capítulo 7, que describe el trabajo ganador de los Premios Fin de Carrera patrocinado por el Capítulo Español de la Sociedad de Educación (CESEI).

Salvo el mencionado capítulo 7, cuya calidad está directamente avalada por el premio obtenido, los demás trabajos recopilados en el volumen han sido seleccionados, de entre todos los presentados en los correspondientes congresos, por los responsables de los comités de programa y comités organizadores de dichos congresos. Se ha llegado así a un conjunto de trabajos de gran calidad que tratan cuestiones de muy diversa índole, siempre dentro de la temáticas auspiciadas por la Sociedad de la Educación. En particular, los trabajos recopilados abordan cuestiones relacionadas tanto con el diseño de nuevas herramientas, materiales y técnicas que faciliten las labores relacionadas con la enseñanza y el aprendizaje, como con la aplicación de métodos pedagógicos novedosos y experiencias innovadoras de uso de estas nuevas técnicas. Todas estas cuestiones se tratan en buena parte desde una perspectiva enfocada principalmente a la formación en disciplinas propias del entorno del IEEE, que suelen ser fundamentalmente las áreas de Ingeniería Eléctrica, Tecnología Electrónica, Ingeniería de Telecomunicación e Ingeniería Informática.

Este nuevo volumen del TICAÍ pretende de este modo continuar con los objetivos planteados, ya en año 2006, de contribuir a la difusión de trabajos de calidad, a mejorar el conocimiento y los saberes de la comunidad iberoamericana en el ámbito de la aplicación de la tecnología a la enseñanza/aprendizaje centrado en la ingeniería y, de forma manifiesta, a alcanzar un incremento general de la excelencia en las publicaciones de los congresos iberoamericanos relacionados con las tecnologías del aprendizaje.

Los editores quisiéramos agradecer al Consello Social de la Universidade de Vigo por la financiación parcial que ha permitido la publicación de este volumen del TICAÍ.

Juan Manuel Santos Gago (Capítulo Español de la Sociedad de Educación del IEEE)

Paula Escudeiro (Capítulo Português da Sociedade de Educação do IEEE)

Editores de TICAÍ 2012

Página en Blanco

Introdução dos Editores

TICAI 2012 é o sétimo de uma série de volumes que compilam as contribuições mais significativas dos melhores congressos de língua Portuguesa e Espanhola no âmbito da Sociedade de Educação do IEEE.

Este sétimo volume, promovido pelos Capítulos Português e Espanhol desta Sociedade, é uma compilação dos trabalhos mais significativos apresentados nos congressos mais relevantes realizados no ano de 2012 no âmbito das Tecnologias para Aprendizagem. Apresentando uma novidade relativamente aos volumes anteriores, esta edição inclui um capítulo que descreve os trabalhos de fim de carreira premiados pelo Capítulo Espanhol da Sociedade de Educação (CESEI).

À exceção do capítulo 7 acima referido, cuja qualidade está diretamente ligada à atribuição dos respetivos prémios, os restantes trabalhos reunidos neste volume foram seleccionados entre os melhores apresentados em conferências da área pelos responsáveis dos comités de programas e comissões organizadoras de tais conferências. Temos, assim, um conjunto de trabalhos de grande qualidade que focam diversas questões relacionadas pelo tema patrocinado pela Sociedade de Educação. Em particular, trabalhos completos que abordam questões relacionadas com a concepção de novas ferramentas, materiais e técnicas que facilitam o processo de ensino e aprendizagem e trabalhos de aplicação de métodos de ensino e experiências inovadoras que exploram estas novas técnicas. Grande parte destas questões são abordadas através da formação de disciplinas próprias no âmbito do IEEE, nas principais áreas de Engenharia Electrotécnica, Engenharia de Telecomunicações e Engenharia de Computação.

Com este novo volume pretende-se que o TICAi continue a ser fiel aos objectivos que foram planeados em 2006, contribuído para a disseminação de empregos de qualidade, para melhorar a sensibilização e conhecimento da comunidade latino-americana no campo da aplicação da tecnologia ensino/aprendizagem focada em engenharia, e para que, manifestamente, se afirme como a publicação de excelência no que se refere aos congressos latino-americanos relacionados com as tecnologias de aprendizagem.

Os editores gostariam de agradecer ao Conselho Social da Universidade de Vigo pelo financiamento parcial que permitiu a publicação deste volume TICAi.

Juan Manuel Santos Gago (Capítulo Español de la Sociedad de Educación del IEEE)

Paula Escudeiro (Capítulo Português da Sociedade de Educação do IEEE)

Editores de TICAi 2012

Página en Blanco

Capítulo 1

Análisis de Estabilidad de Sistemas Electrónicos de Potencia orientado a la Práctica Docente

Marina Sanz, *Member, IEEE*, Virgilio Valdivia, *Member, IEEE*, Isabel Quesada, *Member, IEEE*,
Cristina Fernández, *Member, IEEE*, Pablo Zumel, *Member, IEEE*, Antonio Lázaro, *Member, IEEE*,
Andrés Barrado *Senior Member, IEEE*

Title— Teaching the Analysis of the Stability of Power Electronics Systems

Abstract— Due to the requirements for new applications related to telecommunications, the "more electric" vehicle and the incorporation of renewable energy, power electronic systems are shifting from centralized to distributed architectures. As a result, designers face new challenges related to the stability of systems that include several power converters. It becomes essential teaching modeling and analysis strategies oriented to ensure the system stability. This paper is focused on proposing a methodology to teach stability analysis of power electronic systems, oriented either to acquire basic or advance knowledge.

Keywords—Engineering Education, Power Distribution, Power Electronics, Power System Stability

Resumen— Debido a los requisitos de las nuevas aplicaciones relacionadas con las telecomunicaciones, el vehículo "más eléctrico" y la incorporación de energías renovables, los sistemas de distribución de potencia eléctrica están cambiando desde arquitecturas centralizadas a distribuidas. Como consecuencia, los diseñadores se enfrentan a nuevos retos relacionados con la estabilidad de sistemas que incluyen varios convertidores de potencia, y resulta imprescindible la utilización de estrategias de modelado y análisis que garanticen la estabilidad del sistema.

Este artículo propone una metodología docente para el análisis de la estabilidad de los sistemas electrónicos de potencia, tanto para alumnos con conocimientos básicos como avanzados.

Palabras clave— Educación en Ingeniería, Distribución de potencia, Electrónica de Potencia, Estabilidad de Sistemas de Potencia

Este trabajo fue presentado originalmente al Seminario Anual de Electrónica Industrial y Automática (SAAEI 2012). Este trabajo ha sido financiado por el Ministerio de Ciencia e Innovación, a través de los proyectos de investigación SAUCE (DPI2009-12501) y MODUFLAME (DPI2010-21110-C02-02).

Todos los autores pertenecen al Grupo de Sistemas Electrónicos de Potencia del Departamento de Tecnología Electrónica de la Universidad Carlos III de Madrid, Avenida de la Universidad 30, 28911 Leganés, España, (e-mail:marina.sanz@uc3m.es).

I. INTRODUCCIÓN

EN los últimos años, los sistemas de distribución de potencia tradicionales, basados en una arquitectura centralizada, han sido sustituidos progresivamente por sistemas de potencia distribuidos. En la se muestran los diagramas de bloques típicos de un sistema centralizado y uno distribuido. Desde las primeras aplicaciones con sistemas distribuidos de potencia como son los ordenadores o el sector de las telecomunicaciones hasta aplicaciones emergentes en la actualidad como son los sistemas "más eléctricos" de los aviones, barcos, coches; redes de distribución basadas en energías renovables o las microneces y redes inteligentes [1]-[5].

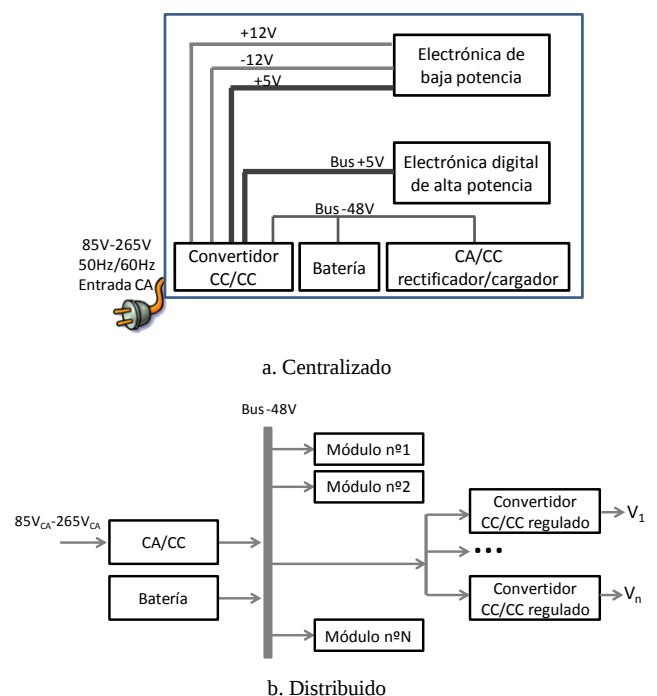


Fig. 1. Sistemas de distribución de potencia eléctrica

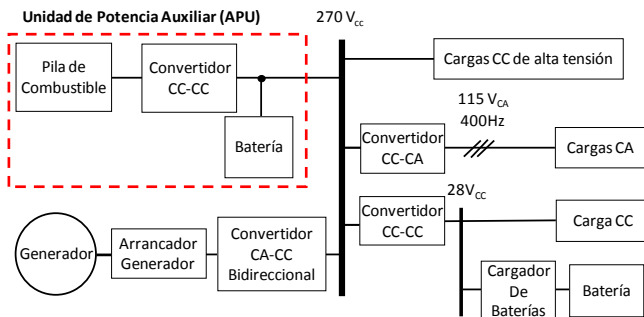


Fig. 2. Sistema de distribución del avión "más eléctrico"

En la Fig. 2 se ilustra un ejemplo de sistema distribuido relacionado con dichas tecnologías emergentes. El uso de estos sistemas distribuidos frente a sistemas centralizados ha sido impulsado por los siguientes factores:

- 1) Incremento de la demanda de potencia eléctrica.
- 2) Introducción en el mercado de convertidores cc-cc modulares con aislamiento, alta densidad de potencia y fiabilidad a un coste razonable.
- 3) Necesidad de sistemas de distribución de potencia flexibles y modulares, que faciliten la reconfigurabilidad de la arquitectura con un reducido ciclo de diseño.
- 4) Mayor importancia de los requisitos de fiabilidad y disponibilidad del sistema, con reducidos costes de mantenimiento e interrupción del servicio.

Como consecuencia, los diseñadores de sistemas electrónicos de potencia tienen que enfrentarse en la actualidad a otros retos. En concreto, uno de los aspectos más importantes a analizar en los sistemas distribuidos de potencia es la estabilidad. De la figura 2, se deduce que en estos nuevos sistemas distribuidos con la creación de buses de distribución intermedios, es necesario utilizar nuevos sistemas de acondicionamiento de potencia desde el bus intermedio a las cargas u otras fuentes de energía. Por lo tanto, el análisis de la estabilidad del sistema es un aspecto complicado que en la actualidad ha requerido el desarrollo de nuevas técnicas de modelado [6].

Teniendo en cuenta esta nueva tendencia, este artículo pretende mostrar de forma sencilla los fundamentos básicos para el estudio y análisis de un sistema electrónico de potencia distribuido, con el objetivo de acercar los principios de la estabilidad de sistemas a la práctica docente.

II. METODOLOGÍA PROPUESTA

La metodología se basa en el uso de herramientas profesionales que permita adaptar el análisis del sistema al conocimiento de los alumnos. En concreto, se pretende que el análisis del sistema de potencia pueda ser realizado por:

- 1) Alumnos con conocimientos básicos en el diseño de sistemas electrónicos de potencia que sólo disponen de conocimientos básicos de estabilidad de sistemas dinámicos.
- 2) Alumnos con conocimientos avanzados que disponen no sólo conocimientos de estabilidad de sistemas dinámicos, sino que también disponen de conocimientos de diseño y modelado de convertidores de potencia.

Por ello, la metodología propuesta se basa en el uso de herramientas de ayuda al diseño profesionales. Se propone

la utilización de herramientas de ayuda al diseño como son el entorno de simulación de circuitos electrónicos, PSIM® (Fig. 3), junto con la herramienta de diseño de reguladores de convertidores electrónicos de potencia SmartCtrl (Fig. 4) [7]. Mediante el uso de ambas herramientas, se pretende diseñar una biblioteca de simulación que contenga distintas topologías de convertidores de potencia tanto no regulados (Fig. 5.a) como regulados (Fig. 5.b).

Los objetivos que se persiguen con esta metodología basada en subcircuitos son:

- 1) Clarificar el esquemático del sistema de potencia considerado, formado por varios convertidores con sus correspondientes lazos de control.
- 2) Permitir el análisis de sistemas electrónicos de potencia tanto a alumnos avanzados como a alumnos con conocimientos básicos.

III. ANÁLISIS DE ESTABILIDAD UN SISTEMA DE POTENCIA

Para ilustrar el análisis básico de la estabilidad en un sistema distribuido de potencia se ha considerado un sistema sencillo, formado por dos convertidores CC-CC reductores conectados en cascada (Fig. 5), operando en modo de

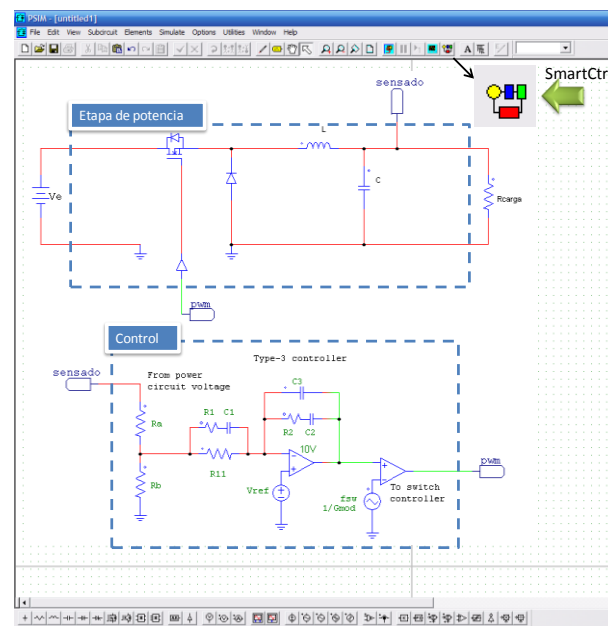


Fig. 3. Entorno de la herramienta PSIM

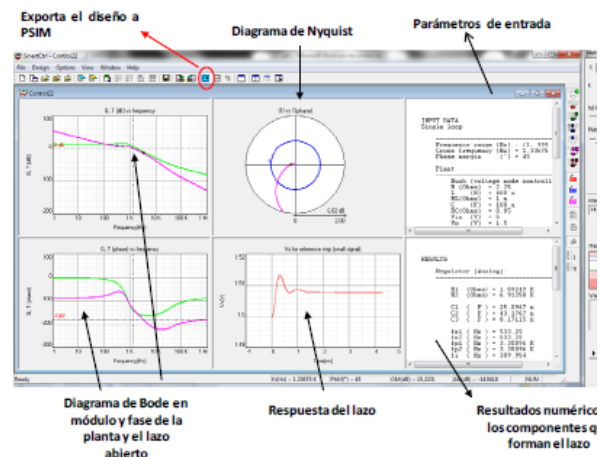


Fig. 4. Entorno de la herramienta SmartCtrl

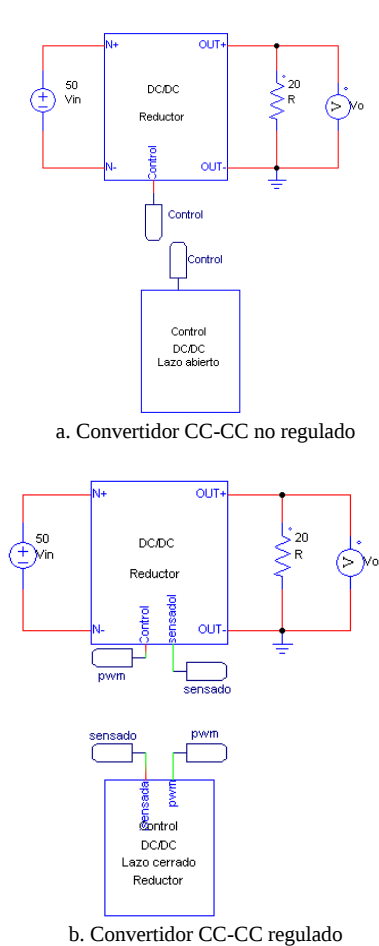


Fig. 6. Biblioteca de convertidores de potencia

conducción continuo. Las características de cada convertidor se especifican en la Tabla I.

El objetivo del análisis consiste en determinar la estabilidad del sistema formado por los dos convertidores. La interacción dinámica de los dos convertidores se puede estudiar en pequeña señal mediante un circuito equivalente basado en impedancias entrada-salida, tal y como se representa en Fig. 7 [8]-[9]. Por lo tanto, la función de transferencia entrada-salida, en el dominio de Laplace, viene dada por la ecuación (1).

$$\frac{V_{o1}(s)}{V_e(s)} = \frac{1}{1 + \frac{Z_o(s)}{Z_i(s)}} \quad (1)$$

Teniendo en cuenta el criterio de Nyquist, la estabilidad del sistema en lazo cerrado viene determinada por la función de transferencia correspondiente al cociente de impedancias, denominado $T(s)$, tal como se expresa en la ecuación (2).

$$T(s) = \frac{Z_o(s)}{Z_i(s)} \quad (2)$$

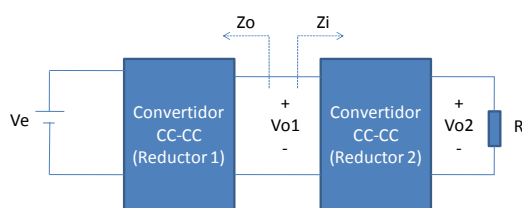


Fig. 5. Sistema formado por dos convertidores CC-CC reductores en cascada

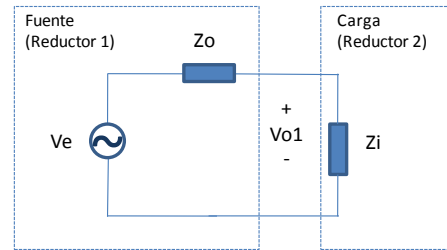


Fig. 7. Circuito equivalente del sistema formado por dos convertidores en cascada

TABLA I.
CARACTERÍSTICAS DE LOS CONVERTIDORES CC-CC REDUCTORES

Parámetro	Reductor 1	Reductor 2
Tensión de entrada	12	5
Tensión de salida	5 V	1,5 V
frecuencia	100 kHz	100 kHz
Potencia	1,5 W	1,5 W
Condensador de entrada	470 μ F	10 μ F/10 m Ω
Condensador de salida	650 μ F/30 m Ω	680 μ F
Inductancia	60 μ H/5 m Ω	50 μ H

Dicho cociente se puede entender como una función de transferencia de lazo abierto en un clásico problema de control, lo cual resulta más sencillo para los alumnos.

Con objeto de ilustrar la estabilidad de un sistema formado por dos convertidores de forma sencilla, se van a analizar dos posibles casos. En el primero se considera que el convertidor que actúa como carga no está regulado, mientras que en el segundo caso dicho convertidor se encuentra regulado. Este problema de análisis de estabilidad se puede plantear en el diseño de un sistema de telecomunicación basado en una arquitectura con un bus intermedio no regulado [1]-[2].

A. Convertidor carga y fuente no regulados: determinación de impedancias de entrada-salida

En este caso, el convertidor que actúa como fuente y el convertidor que actúa como carga están sin regular. Para determinar si el sistema es estable es necesario obtener la impedancia de salida del primero y la impedancia de entrada del segundo. Para ello, se va a hacer uso de los subcircuitos desarrollados en la herramienta PSIM. La obtención de las impedancias de salida y de entrada se realiza mediante un barrido en frecuencia, usando la funcionalidad “AC sweep”. Los circuitos simulados y las impedancias obtenidas se ilustran en la Fig. 8 y la . Para realizar la simulación es necesario fijar el punto de operación de ambos convertidores, conectando una fuente de corriente continua a la salida del convertidor que actúa como fuente, reductor 1 (Fig. 8.a) y una fuente de tensión a la entrada del convertidor que actúa como carga, reductor 2 (a).

En el caso de la impedancia de salida del convertidor que actúa como fuente (reductor 1, Fig. 8.b) se observa que la impedancia de salida viene determinada por el filtro LC de salida. De forma que en bajas frecuencias, la impedancia de salida viene impuesta por la bobina (módulo creciente y fase igual a 90°), y en altas frecuencias la frecuencia viene determinada por el condensador de salida (módulo decreciente y fase igual a -90°).

En el caso de alumnos con conocimientos avanzados, este aspecto se puede explicar mediante el modelo promediado de ambos convertidores (Fig. 8.c). En bajas frecuencias la impedancia de salida del reductor que actúa como fuente

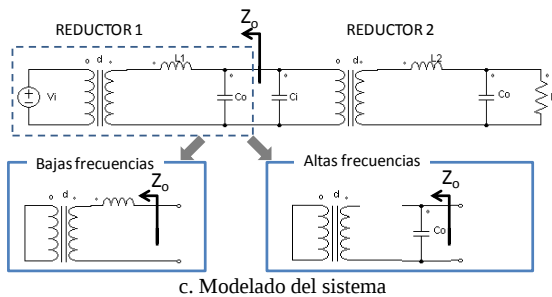
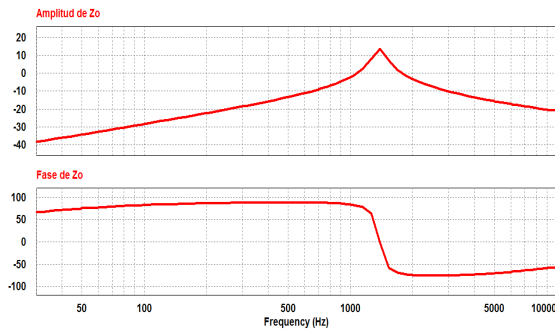
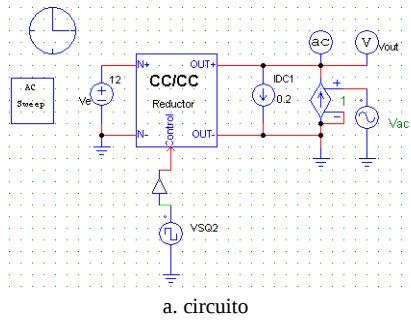


Fig. 8. Impedancia de salida del convertidor fuente (reductor 1)

coincide con la inductancia del filtro de salida, ya que el condensador de salida es un circuito abierto a dichas frecuencias. Mientras que en altas frecuencias, la impedancia de salida es la del condensador de salida del convertidor ya que la inductancia es un circuito abierto. Por otro lado, la impedancia de entrada del convertidor reductor que actúa como carga (reductor 2), mostrada en la .b, permite deducir que en bajas frecuencias el convertidor se comporta como una resistencia positiva (módulo constante y fase 0°) y para altas frecuencias la impedancia de entrada viene determinada por el condensador de entrada del convertidor (módulo decreciente y fase -90°).

Teniendo en cuenta el modelo promediado del sistema (.c) se obtiene la misma conclusión. Por un lado, en bajas frecuencias los condensadores de entrada y salida se comportan como un circuito abierto y la bobina de salida como un cortocircuito. Por tanto, la impedancia es equivalente a la resistencia de carga vista desde el primario, R/d^2 , donde d es el ciclo de trabajo del convertidor carga. Para altas frecuencias la impedancia de entrada viene determinada por el condensador de entrada del convertidor, ya que su impedancia se hace menor que la del resto del circuito a medida que se incrementa la frecuencia.

B. Convertidor carga regulado y fuente no regulado: determinación de impedancias de entrada-salida

En este caso, el convertidor que actúa como fuente está sin regular y el convertidor que actúa como carga opera en bucle cerrado controlando la tensión de salida. Por lo tanto, respecto al caso anterior, sólo es necesario analizar el nuevo valor de la impedancia de entrada del convertidor reductor que actúa como carga.

En la Fig. 10.b se puede observar, que la impedancia de entrada del convertidor reductor, cuando está regulado, tiene un comportamiento de resistencia negativa a bajas frecuencias (módulo constante y fase -180°) y en altas frecuencias el comportamiento sigue estando marcado por el condensador de entrada (módulo decreciente y fase -90°). Esto es debido a que, a bajas frecuencias, y debido al efecto del lazo de control, la tensión de salida permanece constante ante perturbaciones de la tensión de entrada. Como consecuencia de que esta tensión de salida es constante y de que la carga también lo es, la corriente de salida y la que circula por la bobina también son constantes. Por ello, el secundario se comporta como una carga de potencia constante como se refleja en el circuito equivalente de la Fig. 10.c.

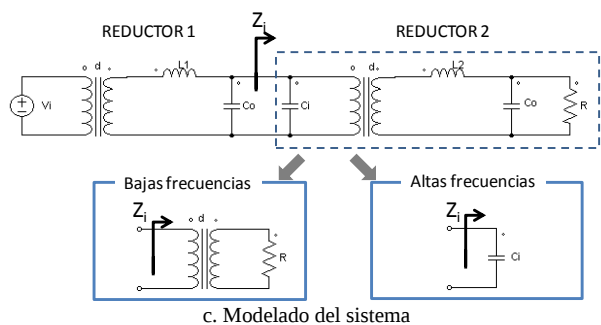
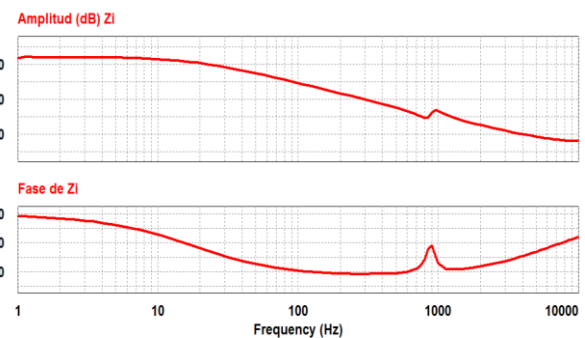
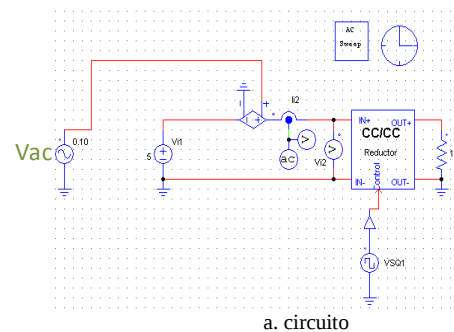


Fig. 9. Impedancia de entrada del convertidor carga no regulado (reductor 2 sin regular)

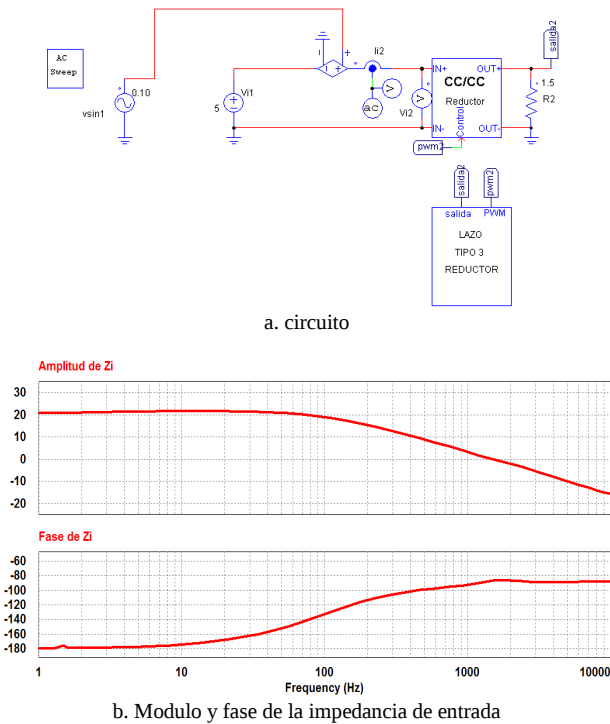


Fig. 10. Impedancia de entrada del convertidor carga regulado (reductor 2 regulado)

La carga de potencia constante se corresponde en pequeña señal con una resistencia negativa. Ello puede originar inestabilidades ya que al incrementar la potencia la impedancia de entrada disminuye en módulo. De ahí que la función de transferencia del sistema tenderá a estar en el semiplano izquierdo, por lo que llegará un momento que se haga inestable tal como se mostrará a continuación al obtener el diagrama de Nyquist del sistema.

A altas frecuencias se obtiene el mismo circuito equivalente que en el caso anterior, es decir, el condensador de entrada predomina en la impedancia de entrada del convertidor.

Una vez determinadas las impedancias correspondientes se va a representar el diagrama de Nyquist correspondiente al cociente de impedancias para ambos casos.

C. Estudio analítico de estabilidad

Primeramente se analiza el caso A, correspondiente a convertidores carga y fuente sin regular. El diagrama de Nyquist correspondiente al cociente de impedancias, (2), se muestra en la . Como se puede observar, el sistema es estable para los distintos niveles de carga considerados (1 A, 4 A y 9 A). Además, debido a que el camino de Nyquist se

encuentra siempre en el semiplano derecho del diagrama Polar, este tipo de sistema no se hará inestable, independientemente del valor de la corriente de carga. A continuación se analiza el caso B, convertidor carga regulado y convertidor fuente sin regular. El diagrama de Nyquist, para distintos niveles de corriente de carga, se muestra en

Fig. 12.

Como se puede ver, debido a comportamiento en bajas frecuencias del convertidor como resistencia negativo, el camino de Nyquist se ubica en el semiplano izquierdo. Por ello, llegado un cierto nivel de corriente de carga (9 A), el sistema se hace inestable porque se rodea el punto (-1,0).

D. Validación del análisis mediante simulación.

El análisis teórico de estabilidad se ha validado mediante simulación. Para ello, se han implementado en PSIM ambos sistemas (casos A y B) y la corriente de carga se ha incrementado gradualmente mediante escalones de carga resistiva: de 1 A a 4 A y de 4 A a 9 A. Los resultados se muestran en la Fig. 13. Como se puede comprobar, el caso A es estable en todo momento. Sin embargo, el caso B se

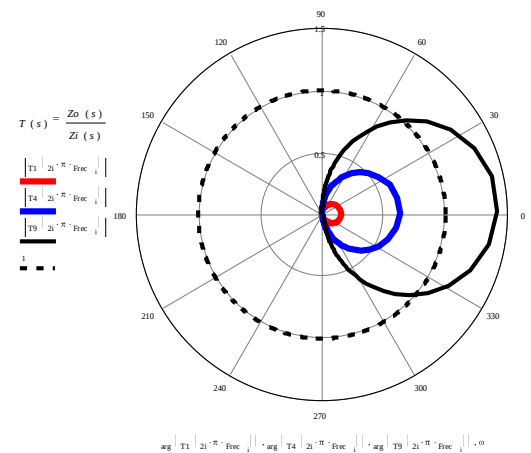


Fig. 11. Diagrama de Nyquist de la función de transferencia $T(s)$ para el sistema de convertidores sin regular (caso A) y distintos niveles de carga: 1 A (rojo), 4 A (azul) y 9 A (negro)

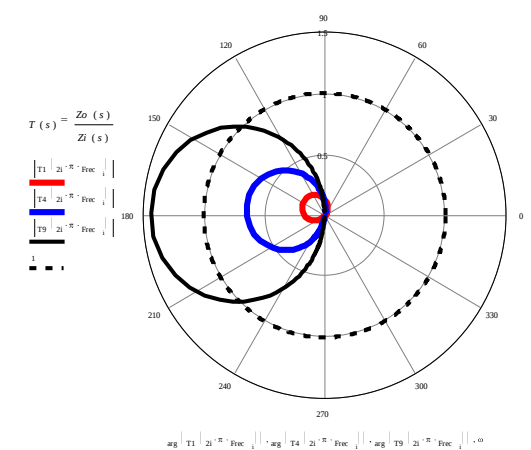


Fig. 12. Diagrama de Nyquist de la función de transferencia $T(s)$ para el sistema con el convertidor carga regulado (caso B) y distintos niveles de carga: 1 A (rojo), 4 A (azul) y 9 A (negro)

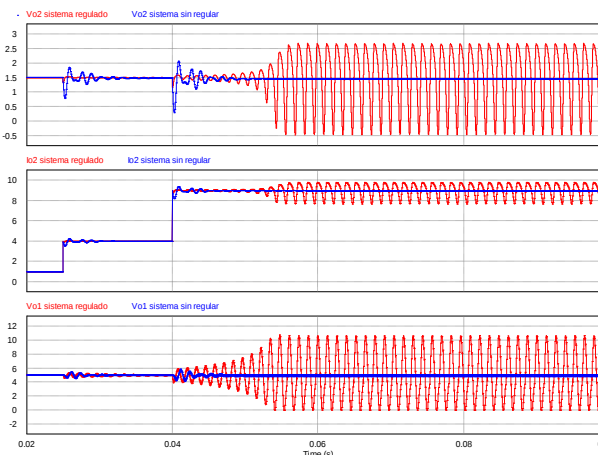


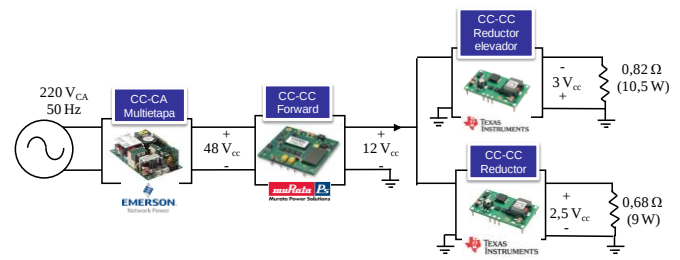
Fig. 14. Simulación del sistema de los dos convertidores reductores para los dos sistemas considerados (casos A y B)

hace inestable cuando la corriente de carga llega a un valor de 9 A. Esto valida el análisis realizado previamente. Si se comparan ambos sistemas, se concluye que sólo se puede producir inestabilidad en el caso de que el convertidor que actúa como carga esté regulado. En este caso, el convertidor se comporta como una resistencia negativa a bajas frecuencias pudiendo alcanzarse la inestabilidad para potencias superiores a un cierto nivel.

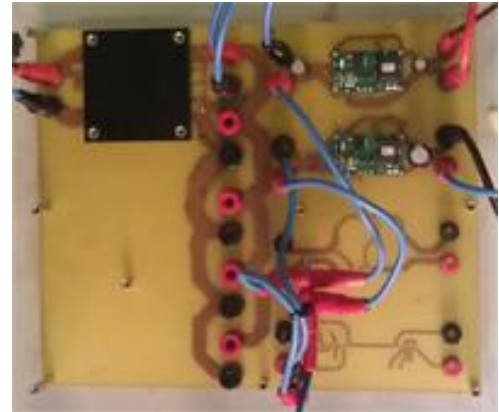
IV. RESULTADOS EXPERIMENTALES

En este apartado se pretenden ilustrar los conceptos de estabilidad mediante un montaje experimental de un sistema distribuido. En concreto, se ha desarrollado un sistema de potencia distribuido basado en bus intermedio, similar a los utilizados en telecomunicaciones (Fig. 14). El sistema tiene la ventaja de que es fácilmente reconfigurable, ya que está basado en módulos de convertidores comerciales, todos ellos regulados, y además todos los convertidores del sistema pueden funcionar de forma independiente. El objetivo es dotar al prototipo de la flexibilidad necesaria para poder realizar diferentes tipos de pruebas dependiendo de la validación experimental que se desee realizar. Por ejemplo, se pueden realizar validaciones de modelado no sólo a nivel de sistema, sino también a nivel de convertidor, con la ventaja de que se han seleccionado convertidores CC-CC con topologías diferentes.

En este artículo el objetivo es ilustrar los conceptos de la estabilidad de dos convertidores conectados en cascada. Uno de los efectos más importantes de la inestabilidad es el comportamiento como resistencia negativa de un convertidor regulado que ha sido mostrado previamente mediante un análisis del sistema de forma analítica o basado en simulación. Para ello, se ha configurado el prototipo de forma que se pueda medir experimentalmente este efecto con una medida sencilla que pueda ser realizada por los alumnos. Se ha alimentado el convertidor CC-CC con topología forward [10] con una fuente de tensión continua y se ha aplicado un escalón de corriente a la salida del convertidor forward en dos situaciones diferentes. Por un lado, se va a realizar la medida conectando una inductancia en serie ($10,3 \mu\text{H}$ con una resistencia serie de $0,11 \Omega$) entre la fuente de alimentación y el convertidor, y por otro lado, se va a eliminar la inductancia en serie. Esta inductancia



a. Diagrama de bloques



b. Fotografía

Fig. 13. Prototipo del sistema distribuido

podría representar la impedancia de un cableado relativamente largo que incrementaría significativamente la impedancia de salida del convertidor que actúa como fuente y, por tanto, potencia los posibles problemas de estabilidad.

En la Fig. 15 se muestra tanto el montaje experimental como el modelado del sistema. Tal como se puede observar, el montaje experimental realizado permite validar el análisis de estabilidad teórico previo. Por un lado, la fuente de tensión continua junto con el condensador electrolítico de 100 mF se comportan de manera similar a una fuente de tensión ideal mientras que el convertidor forward actúa con convertidor carga regulado, que a bajas frecuencias es una carga de potencia constante. Como se puede observar en la Fig. 16, el sistema es inestable cuando la inductancia está presente al incrementar la corriente de carga hasta 11,8 A.

Esto es debido a que la impedancia de la fuente es incrementada, y por tanto, el criterio de estabilidad de Nyquist deja de cumplirse. Por tanto, el ensayo realizado permite ilustrar experimentalmente cómo un convertidor regulado puede provocar que un bus sea inestable.

Por lo tanto, mediante la metodología propuesta es posible mostrar al alumno de forma práctica que para garantizar la estabilidad de un sistema no es suficiente garantizar la estabilidad de los convertidores de manera aislada. Por tanto, se debe realizar un análisis del sistema conjunto para asegurar que no se producen inestabilidades como consecuencia de las interacciones entre los diferentes convertidores.

Esto supone uno de los retos actuales en integración de sistemas de distribución eléctrica en los que conviven múltiples convertidores, muchos de ellos regulados, cuyo

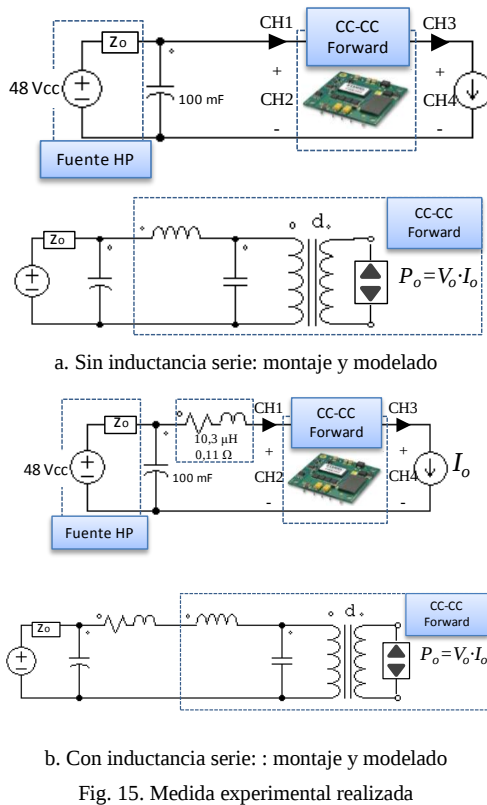


Fig. 15. Medida experimental realizada



a. Sin inductancia serie

b. Con inductancia serie

Fig. 16. Resultados experimentales: escalón de carga de 1,7 A a 11,8 A. Comportamiento como carga de potencia constante puede provocar la aparición de inestabilidades en el sistema.

V. CONCLUSIONES

En este artículo, se ha propuesto una metodología de análisis de la estabilidad de sistemas de potencia que permite, mediante el uso de herramientas de ayuda al diseño, acercar a los alumnos un reto de diseño vigente en numerosos entornos profesionales.

La metodología propuesta presenta como ventaja más importante la posibilidad de adaptar el análisis de la estabilidad a los conocimientos del alumno. Para ello, se ha desarrollado una biblioteca de subcircuitos de distintos convertidores de potencia CC-CC tanto regulados como no regulados. De forma que, el análisis de estabilidad puede ser realizado no sólo por un alumno avanzado con conocimientos de circuitos electrónicos de potencia, sino también por un alumno con conocimientos básicos de estabilidad de sistemas dinámicos.

Por último, se ha desarrollado un prototipo a escala de un sistema distribuido de potencia para un sistema de telecomunicaciones, que es fácilmente reconfigurable a las necesidades de análisis por parte del alumno, ya que está basado en módulos de convertidores comerciales, todos ellos regulados, y además todos los convertidores del sistema pueden funcionar de forma independiente.

REFERENCIAS

- [1] R. Miftakhutdinov, "Power distribution architecture for tele- and data communication system based on new generation intermediate bus converter," proc. INTELEC, 2008, pp. 1-8.
- [2] M. Barry, "Design issues in regulated and unregulated intermediate bus converters", Applied Power Electronics Conference and Exposition (APEC), 2004, pp. 1389-1394.
- [3] F. del Cerro, "Aviones más Eléctricos", 3ª edición del Seminario Anual de CEI-UPM, Madrid, 2010, (<http://www.cei.upm.es>)
- [4] A. Emadi, Sheldon S. Williamson, and Alireza Khaligh, "Power electronics intensive solutions for advanced electric, hybrid electric, and fuel cell vehicular power systems," IEEE Trans. Power Electron., vol. 21, no. 3, pp. 567-577, May 2006.
- [5] D. Boroyevich, "Intergrid. A future electronic energy network?" sesión plenaria APEC 2011, disponible en <http://www.apec-conf.org/images/PDF/2011/Plenary/400-boroyevich.pdf>
- [6] V. Valdivia, A. Barrado, A. Lázaro, P. Zumel, C. Fernández, "Modelado Caja Negra de Convertidores DC-DC Basado en la Respuesta Transitoria y en Algoritmos de Identificación Paramétrica", SAAEI 2010
- [7] <http://www.powersimtech.com/>
- [8] M. Wildrick, F.C. Lee, "A method of defining the load impedance specification for a stable distributed power system", IEEE Trans. Power Electron., vol. 10, págs. 280-285, Mayo 1995.
- [9] J. Sun, "Small-Signal Methods for AC Distributed Power Systems: A review", IEEE Trans. Power Electron., vol. 24, no. 11, págs. 2547, November 2009
- [10] MURATA HALF-BRICK UCH-12/12, 5-D48NBC http://www.murata-ps.com/data/power/uch_series.pdf



Marina Sanz (M'05) received the M.S. and Ph.D. degrees in Electrical Engineering from the Universidad Politécnica de Madrid (UPM), Spain, in 1997 and 2004, respectively.

From 1997 to 2001, she was a Researcher at the UPM. Since 2001, she has been in the Department of Electronic Technology, Carlos III University of Madrid, Leganés, Spain, where she is currently an Associate Professor. Her main research interests include modeling and design of switching-mode power supplies

and power electronics systems, specially based on fuel cells and piezoelectric transformers, and power electronics education.

Dr. Sanz is member of the IEEE Power Electronics Society (PELS), Industrial Electronics Society (IES) and Education Society (EdSoc).



Virgilio Valdivia was born in Barcelona, Spain, in 1983. He received the M.Sc. and Ph.D. degree in electrical engineering from Carlos III University of Madrid, Leganés, Spain, in 2006 and 2013, respectively. From 2006 to 2012, he was with the Carlos III University of Madrid as a Research Engineer. Since 2012, he has been with United Technologies Research Center Ireland, Cork, as a Senior Research Engineer. He has also been a visiting researcher at the European Space Research and Technology Centre in 2009, the Rolls Royce University Technology Centre of the University of Manchester in 2011, and the Center for Power Electronics Systems at Virginia Tech in 2012.

His research interest includes modeling, identification and control of power electronics converters, energy microgrids and aerospace systems.



Isabel Quesada was born in Madrid, Spain, in 1977. She received her M. Sc in electrical engineering in 2005 from the Carlos III University of Madrid, Spain. She received the Ph. D. in Electronic Engineering from the Universidad Carlos III de Madrid in 2011.

She has been involved in power electronics research and development projects since 2002 within the Power Electronics Systems Group of the Carlos III University of Madrid (GSEP). From 2005 onward she has been an Assistant Professor at the Electronic Department of the Carlos III University of Madrid, Spain. Her main research interests are auxiliary railway power supplies, inverters, modulation techniques for power converters and switched-mode power supplies modeling and control.

She is a member of the IEEE Power Electronics Society (PELS) and the IEEE Industrial Electronics Society (IES)



Cristina Fernández (M'05) received the M.S. and Ph.D. degrees in electrical engineering from the Universidad Politécnica de Madrid (UPM), Madrid, Spain, in 1998 and 2004, respectively. From 1997 to 2003 she was a Researcher at the UPM, joining General Electric CR&D (Niskayuna, New York, USA) for a summer internship in 2000. Since 2003, she has been with the Carlos III University of Madrid (Spain), where she is currently an Assistant Professor in the Department of Electronic Technology. Her

current research interests include modular DC-DC converters, techniques for measuring the frequency response of switched-mode power supplies, automatic design of compensators and educational issues on power electronics. She is currently an Associate Editor for the IEEE Transactions on Power Electronics.

Pablo Zumel (M'06) received the B.S. degree in Electrical Engineering from the University of Burgos, Spain, in 1995, the first M.S. degree in Electrical Engineering from the Universidad Politécnica de Madrid (UPM), Spain, in 1999, the second M.S. degree from the Ecole Centrale Paris,



France, in 2000, and the Ph.D. degree from the Universidad Politécnica de Madrid, in 2005. From 1999 to 2003 he was a researcher at the UPM. Since 2003, he has been with the Department of Electronic Technology, University Carlos III of Madrid, Leganés, Spain, where he is currently an Associate Professor. His research interests include digital control in power electronics, power electronics system modeling, vehicular and aircraft power electronic systems and educational topics in power electronics

Antonio Lázaro was born in Madrid, Spain, in 1968. He received the M. Sc. in electrical engineering from the Universidad Politécnica de Madrid, Spain, in 1995. He received the Ph. D. in Electrical Engineering from the Universidad Carlos III de Madrid in 2003.

He has been an Assistant Professor of the Universidad Carlos III de Madrid since 1995. He has been involved in power electronics since 1994, participating in more than 50 research and development projects for industry. He holds seven patents and software registrations and he has published nearly 125 papers in IEEE journals & conferences.



His research interests are switched-mode power supplies, power factor correction circuits, inverters (ups and grid connected applications), modeling and control of switching converters and digital control techniques.



Andrés Barrado was born in Badajoz, Spain, in 1968. He received the M. Sc. degree in electrical engineering from Polytechnic University of Madrid, Spain, in 1994, and the Ph.D. degree from Carlos III University of Madrid, Spain, in 2000. He is Professor at Carlos III University of Madrid, and since 2004 Head of the Power Electronics Systems Group (GSEP). His research interests are: switching-mode power supply, inverters, power factor correction, solar and fuel cell conditioning, behavioural modelling of converters and systems, fuel cell electric vehicle (FCEV) and power distribution systems for aircrafts. He has published over 150 scientific papers in international journals and conference proceedings and holds 11 patents. He has been actively involved in over 65 R&D projects for companies in Europe and the U.S.

Dr. Barrado is a member of the IEEE-PELS-IES Spanish Chapter.

Capítulo 2

Marco para el Desarrollo de la Competencia Transversal “Comunicación Eficaz”

David López, Álex Ramírez

Title— A Framework for developing effective communication skills.

Abstract— There is a considerable consensus among teachers and employers about the importance of communication for engineers. At the same time, there is a consensus on the low communication skills of our graduates. So this skill is seen as essential in the new degrees. But, like other professional skills, we lack the theoretical basis for defining what communication is and how to learn and to evaluate it. This paper proposes a framework for developing this skill in the new Computer Science degree, although it can be applied in other Engineering degrees.

Keywords—Effective communication, professional skills, hard skills.

Abstract— Hay bastante consenso entre los profesores y los empleadores sobre la importancia que tiene para los ingenieros saberse comunicar. También hay consenso respecto a las bajas capacidades comunicativas de nuestros titulados. Esto provoca que la competencia transversal “Comunicación eficaz” sea vista como imprescindible en nuestras titulaciones. Pero, al igual que otras competencias transversales, nos falta base teórica para definir en qué consiste la competencia y cómo trabajarla (y evaluarla). En este trabajo se propone un marco de referencia para desarrollar esta competencia en los estudios superiores de Ingeniería Informática, aunque puede aplicarse a otras ingenierías.

Keywords—Comunicación eficaz, competencias transversales, competencias profesionales.

I. MOTIVACIÓN

UNO de los cambios que nos ha traído la adaptación al Espacio Europeo de Educación Superior (EEES) es la inclusión de las competencias profesionales o transversales en los planes de estudios. No es, sin embargo, una moda europea: en los EE.UU., la *Accreditation Board for*

Engineering and Technology (ABET) ya las incluía en sus *Engineering Criteria 2000* [5], y hay un consenso muy amplio en la necesidad de que los futuros ingenieros dominen estas competencias. Sin embargo, los esfuerzos realizados para que el estudiantado adquiriera las competencias no están teniendo el éxito esperado.

Según Evans y Gabriel [2], el problema principal está en que, para muchos académicos, en una competencia transversal se aplican las siguientes ideas: 1) como habilidad, es un conocimiento práctico; 2) por ser práctico, se puede separar de los conocimientos fundacionales de una asignatura, área o campo de conocimiento – en otras palabras, es discreta; 3) al ser discreta, se puede aplicar de manera amplia, es decir, es transversal en el sentido de generalizable a través de diferentes asignaturas, áreas y campos de conocimiento; y 4) siendo práctica, discreta y generalizable, su conocimiento puede ser aprendido una vez, y para toda la vida. Este último punto es el que marca el fracaso de muchas iniciativas para introducir las competencias transversales. Los autores observan que tener una asignatura en el plan de estudios dedicada a una competencia, y aislada de los conocimientos recibidos en el resto de las asignaturas, no es suficiente para que el alumnado llegue a adquirir esta competencia a un nivel adecuado.

Aunque todas las competencias son importantes, y nos permitirán tener mejores ingenieros, en este artículo nos centraremos en la competencia “Comunicación Eficaz” (o simplemente “Comunicación”), que es una de las competencias en las que hay más consenso respecto a la importancia que tiene para los futuros ingenieros.

Proponemos incluir la competencia en los planes de estudios de cualquier ingeniería (en particular la Informática), pero no por medio de una asignatura o unas pocas actividades, sino por medio de una adecuada planificación a lo largo de los estudios, lo que permitirá que los estudiantes puedan aprender a comunicarse.

Para lograrlo, se debe hacer una planificación sobre qué es lo que debe enseñarse (dividir la competencia en subcompetencias), y a qué nivel de profundidad. Con esto se desarrollará un mapa de la competencia con el que definir cuándo y cómo se realizará este aprendizaje (asignaturas implicadas, actividades a realizar, etcétera). Finalmente se debe desarrollar el material de soporte y la forma en que podemos evaluar la adquisición de la competencia.

Este trabajo fue presentado originalmente en las Jornadas sobre la Enseñanza Universitaria de la informática, Jenui 2011 obteniendo el premio a la mejor ponencia *exaequo*.

David López pertenece al Departamento de Arquitectura de Computadores de la Universitat Politècnica de Catalunya UPC-BarcelonaTECH. Módulo C6, C/ Jordi Girona 1-3 08034 Barcelona, España (+34 934017185; e-mail: david@ac.upc.edu).

Alex Ramírez pertenece al Departamento de Arquitectura de Computadores de la Universitat Politècnica de Catalunya UPC-BarcelonaTECH. Módulo C6, C/ Jordi Girona 1-3 08034 Barcelona, España (e-mail: aramirez@ac.upc.edu).

Este artículo propone un mapa de la competencia Comunicación, así como una reflexión de las características que deberían tener tanto las actividades a implementar como el sistema de evaluación de la competencia. Aunque este mapa se esté implementando actualmente en la Facultat d'Informàtica de Barcelona, el estado es aún embrionario, y no se pueden aportar resultados del mismo.

II. LAS CARENCIAS DE LOS INGENIEROS

En un estudio bastante completo sobre las carencias de los ingenieros realizado en 2004 [3] encontramos una serie de conclusiones que nos deberían llevar a la reflexión:

- La habilidad de comunicarse es “esencial para el éxito del ingeniero”.
- Hay una gran diferencia entre las habilidades comunicativas que requieren los puestos de trabajo y las que tienen los titulados en ingeniería.
- Las habilidades comunicativas se desarrollan poco o de manera inadecuada en las escuelas de ingeniería.
- Las escuelas que quieran distinguirse por proveer a sus graduados la educación de mayor calidad deben “desarrollar fuertes programas de comunicación”.

Según el estudio de Tenopir y King de 2004 sobre la comunicación en la actividad de los ingenieros [7], estos dedican más del 50% de su tiempo laboral a generar y recibir información. Un estudio más reciente [6] realizado entre directivos de departamentos de *Information Technologies* (IT), mostró que las 4 habilidades que más apreciaban estos directivos en un futuro jefe de equipo IT eran: 1) liderazgo, 2) capacidad para comunicarse a múltiples niveles, 3) comunicación verbal y 4) comunicación escrita.

Datos de esta naturaleza han llevado a las escuelas de ingeniería a tomar cartas en el asunto. Durante muchos años ha habido una proliferación de cursos de comunicación en universidades de ingeniería en EE.UU. y Canadá. Sin embargo, los estudiantes de ingeniería siguen puntuando muy bajo en las habilidades de comunicación. ¿Por qué? A nuestro entender por dos motivos: 1) se suele dar un curso de “comunicación” en lugar de introducir realmente la competencia en el plan de estudios y 2) el profesorado no se implica suficientemente en la competencia.

¿Por qué no se implica el profesorado? Debemos reconocer que los ingenieros no hemos aprendido nunca a comunicarnos. Sólo aquellos con un don natural para la comunicación saben hacerlo. Muchos profesores no son conscientes de su baja capacidad de comunicación, pero sólo hace falta asistir a una clase o una presentación de un artículo por parte de uno de nuestros colegas para observar el terrible nivel medio de comunicación de los profesores de Ingeniería en España. Y lo que es peor: muchos profesores no dan importancia a la comunicación.

Como ejemplo, nos centraremos en un aspecto: la escritura. Hay un problema en la capacidad de escritura de nuestros alumnos que los profesores de Ingeniería no reconocemos como propio. En la Universidad española suponemos que un estudiante sabe escribir (en el sentido literario del término) a pesar de las evidencias en contra que encontramos cada día. Desgraciadamente, muchos

profesores opinan que, si los alumnos no saben escribir, no es en la Universidad donde deben aprender, ya que deberían venir con la lección aprendida. Si juntamos ambos datos (ni saben ni les enseñamos), tenemos como resultado ingenieros que no se comunican correctamente por escrito.

¿Dónde aprenden a escribir nuestros estudiantes antes de llegar a la Universidad? No es en clases de matemáticas, ni de física, ni de tecnología. Es en clases de lengua y literatura donde se aprende escritura literaria, que tiene unas características muy diferentes a la escritura necesaria en Ingeniería. Además, los estudiantes tienden a aislar el conocimiento, de manera que lo que aprenden en una asignatura nunca se relaciona con lo que se aprende en otra. Así, lo aprendido en literatura no tiene nada que ver con física, y nuestros estudiantes, habiendo elegido el bachillerato tecnológico, no han aprendido a escribir manuales ni memorias técnicas, ni creen que tenga nada que ver con la Ingeniería.

Además, nuestros estudiantes no perciben como importante la comunicación escrita debido a que pueden entregarnos memorias con faltas de ortografía, con frases sin coherencia de tiempo o género (o directamente sin sentido) y nadie les dice nada. Algunos profesores opinan que no forma parte de sus atribuciones evaluar si el trabajo está bien escrito. Otros no quieren dedicar una parte de la nota a algo que no sea técnico. La cuestión puede ser discutible, pero debemos reflexionar sobre el mensaje que transmitimos a nuestros estudiantes si ignoramos la importancia de una escritura correcta.

Pero la competencia Comunicación es mucho más que saber escribir una memoria. También es saber preparar presentaciones y llevarlas a buen puerto ante diferentes tipos de público, asumiendo el rol necesario en cada caso, así como resumir, escuchar, dialogar, buscar la información más relevante, extraer conclusiones, o participar de manera constructiva en un *brainstorming*.

Hay por tanto una estrecha relación con otras competencias tales como trabajo en equipo, pensamiento crítico (*critical thinking*) o uso adecuado de fuentes de información.

III. EL MAPA DE LA COMPETENCIA

La competencia Comunicación es, para muchos, saber escribir un informe y presentarlo con ayuda de la herramienta *PowerPoint*®. Sin embargo es bastante más que eso. Por ello, el primer paso que debemos dar es identificar qué subcompetencias o atributos componen la competencia comunicación. Estas subcompetencias (a las que a falta de un nombre mejor, llamaremos elementos de la competencia) no se pueden trabajar todas al mismo nivel ni al mismo tiempo. Hace falta, pues, definir para cada uno de estos elementos objetivos específicos para los tres niveles de adquisición que corresponderían a los tres primeros niveles de la taxonomía de Bloom [1] (conocimiento, comprensión y aplicación), que son los que se IEEE y ACM consideran que se deben adquirir en los estudios de grado. A la matriz resultante de cruzar los elementos de la competencia con los objetivos para cada nivel lo denominaremos el Mapa de la Competencia.

A. Elementos que Componen la Competencia Comunicación

Para la competencia Comunicación, tras un largo periodo de consulta bibliográfica y de reflexión, se han identificado los siguientes elementos:

- 1) Utilización de gráficos. Los gráficos se usan principalmente para comunicar información de forma intuitiva y estructurada. Los estudiantes deben saber identificar el tipo de gráfico más adecuado para la comunicación (oral o escrita) que se desea realizar, ya que es fundamental para el éxito de la misma.
- 2) Capacidad de síntesis. Identificar las partes más importantes de un proyecto o escrito, y seleccionar cuáles se desean comunicar es una parte fundamental de la comunicación. Por ejemplo, muchos estudiantes en el momento de presentar el proyecto de final de carrera fallan a la hora de ser sintéticos (si por ellos fuera, se pasarían horas explicando hasta la más nimia decisión de diseño).
- 3) Elaboración de argumentos, razonamientos y conclusiones. Comunicar es convencer. Para ello hay que saber argumentar, realizar razonamientos claros y fáciles de seguir por el destinatario de la comunicación; y sobre todo hay que saber presentar unas conclusiones breves, precisas y claras. No debemos olvidar que una charla será un éxito si al cabo de unos días el público es capaz de recordar algunas conclusiones. Y sólo se conseguirá si estas han sido bien elaboradas y presentadas.
- 4) Elaboración de ejemplos, metáforas y símiles. En el caso de informes o presentaciones orales, comunicarse es acompañar a alguien por un camino que el autor ya ha recorrido. Para ello hay que ser capaz de simplificar el camino todo lo posible. Y no todo se puede explicar con fórmulas. Los estudiantes deben saber elaborar ejemplos adaptados al público receptor de la comunicación, y usar con soltura metáforas y símiles, que son la marca del buen comunicador.
- 5) Elaboración de memorias escritas e informes. Cada tipo de documento tiene unas características especiales. Los alumnos deben tener unos criterios claros sobre cómo se elabora cada uno de ellos, y metodologías para organizar, escribir, incluir citas, etcétera.
- 6) Presentaciones públicas. Los alumnos deben conocer las reglas básicas de una buena presentación: desde la organización hasta el uso de lenguaje corporal, pasando por técnicas para atraer y mantener la atención, cómo contestar preguntas, etcétera.
- 7) Participación en debates y actividades tipo *brainstorming*. Saber comunicarse con un grupo también forma parte de la competencia. El estudiante debe saber las normas básicas de un debate (y de un *brainstorming*, que son diferentes), y cuáles actitudes son positivas y cuáles negativas. Saber cuándo intervenir y cuándo dejar hablar a los demás, usar ejemplos, convencer y dejarse convencer, estar abierto a ideas, ser respetuoso, no interrumpir... en resumen, saber aportar al debate es un tema muchas veces olvidado en el arte de la comunicación.
- 8) Comunicación interpersonal. Incluye escucha activa y comunicación asertiva. La escucha activa se define

como la capacidad de comunicar, con lenguaje no verbal, que estás atento a lo que te están diciendo (asentir de vez en cuando, hacer pequeñas preguntas para aclarar ideas, pero sin cambiar de tema, etc). La comunicación asertiva se define como un comportamiento comunicacional maduro en el cual la persona no agrede ni se somete a la voluntad de otros, sino que manifiesta sus convicciones y defiende sus derechos.

Algunos de estos elementos suelen ser ignorados en las propuestas de aprendizaje de la competencia. Sin embargo, son fundamentales en la comunicación.

B. Objetivos Específicos

Los objetivos específicos para cada uno de los elementos del apartado anterior se pueden encontrar en la Tabla 1.

En esta tabla, para cada uno de los elementos (o subcompetencias) se ofrecen los objetivos específicos de nivel 1, 2 y 3 (correspondientes a los niveles de conocimiento, comprensión y aplicación según Bloom). Nótese que esto no es una rúbrica, y por tanto no sigue la estructura de la misma. Se están utilizando adjetivos que serían inadecuados para una rúbrica dado que no son fácilmente mesurables (por ejemplo: conclusiones adecuadas o buena presentación). La función de los objetivos específicos es describir qué se pretende conseguir con las actividades que se planifiquen para alcanzar dichos objetivos. Sin embargo, los verbos usados (describir, enumerar, identificar, completar, construir, preparar, etcétera) sí son verbos de acción centrados en el estudiante, y están orientados a facilitar el desarrollo de actividades para cubrir estos objetivos. Posteriormente, en la planificación de las actividades específicas y especialmente en las rúbricas que se usen para evaluarlas, es donde debe utilizarse un lenguaje mucho más objetivo y medible.

IV. ESTRATEGIAS

El mapa de la competencia nos permite ver tres puntos débiles de algunas propuestas relacionadas con la competencia Comunicación:

- Muchas de las propuestas se centran en un par de elementos de la competencia (la parte oral y escrita), ignorando el resto.
- Cuando se proponen actividades en asignaturas del plan de estudios, suelen ser directamente de nivel 3.
- Intentamos avanzar en todos los elementos a la misma velocidad, cuando es más que posible que se necesiten unos prerrequisitos (por ejemplo, sería interesante haber superado el nivel 2 del elemento capacidad de síntesis antes de atacar el nivel 2 del elemento elaboración de memorias escritas e informes)

Es decir, solemos trabajar pocos elementos, en paralelo y directamente al nivel de aplicación. Esto lleva a mejorar unos pocos aspectos, pero se fracasa a la hora de conseguir que los estudiantes adquieran una buena capacidad de comunicación.

TABLA I:
MAPA DE LA COMPETENCIA

Elemento	Objetivos de nivel 1	Objetivos de nivel 2	Objetivos de nivel 3
Utilización de gráficos	Definir los diferentes tipos de gráficos de soporte. Explicar en qué casos se suelen usar.	Identificar, dado un gráfico, la información más relevante. Identificar la información redundante o innecesaria. Proponer mejoras.	Dada una información a representar, decidir qué tipo de gráfico es el mejor en función del medio y el público potencial. Implementar este gráfico
Capacidad de síntesis	Dada una fuente (texto, clase, conferencia,...) determinar las informaciones más relevantes / ideas más importantes.	Dada una fuente y un resumen, realizar una crítica del resumen: adecuación de la longitud, ideas que ha obviado o a las que ha dado demasiada importancia, ...	Elaborar un resumen de una fuente, bajo unas restricciones (de tiempo, de espacio, de medio de presentación, ...)
Elaboración de argumentos, razonamientos y conclusiones	Conocer las bases de la argumentación, y cómo elaborar unas conclusiones adecuadas en función del medio (informe, presentación, ...)	Dada una memoria o presentación, identificar estos elementos. Detectar si se ajustan a las bases conocidas.	Dado un trabajo, elaborar una línea argumental, razonando los pasos que se siguen y elaborando y justificando unas conclusiones adecuadas.
Elaboración de ejemplos, metáforas y símiles	Describir en qué consisten estas figuras (tema ligado con lingüística y literatura). Identificar estos elementos en una actividad (texto, clase, presentación, ...)	Dada una actividad, evaluar la efectividad de las figuras, proponiendo alternativas.	Dado un trabajo (propio o ajeno), elaborar las figuras necesarias para una buena explicación.
Elaboración de memorias escritas e informes	Reconocer los diferentes tipos de comunicaciones escritas. Definir las características de una comunicación escrita eficiente y enumerar los pasos a seguir para su elaboración.	Identificar, ante un caso ejemplo, qué criterios cumple y qué deficiencias tiene. Completar ejemplos incompletos. Proponer mejoras.	Dado un trabajo (propio o ajeno), elaborar una memoria o informe escrito adecuado a los criterios aprendidos. Seguir correctamente los pasos de elaboración de una comunicación escrita.
Presentaciones públicas	Describir las reglas básicas de una buena presentación y del material de apoyo (transparencias, vídeo,). Describir las técnicas para mantener la atención del público, lenguaje no verbal, ...	Dada una presentación a la que se asiste, identificar qué se ha hecho bien y qué se ha hecho mal. Reconocer las técnicas utilizadas para realizar la presentación. Proponer mejoras.	Dado un trabajo (propio o ajeno), realizar una presentación pública siguiendo las reglas estudiadas. Romper las reglas de manera adecuada.
Participación en debates y actividades tipo <i>brainstorming</i>	Describir en qué consiste la técnica de <i>brainstorming</i> . Describir las reglas básicas de un buen debate o un <i>brainstorming</i> .	Determinar, dado un <i>brainstorming</i> o un debate al que se ha asistido, qué se ha hecho bien y qué se ha hecho mal. Identificar actitudes positivas y negativas.	Organizar y dirigir un debate o <i>brainstorming</i> . Plantear las reglas y resolver conflictos.
Comunicación interpersonal	Explicar en qué consiste la escucha activa y la comunicación asertiva. Enumerar las características de una comunicación efectiva.	Autoevaluar la capacidad del alumno de estas técnicas. Dada una comunicación, identificar cuándo se usan estas técnicas y su efectividad.	Participar en una comunicación interpersonal usando las técnicas aprendidas.

¿Podemos hacer todo el mapa en una única asignatura? La respuesta es que probablemente es imposible. La mejor manera de aprender la competencia es a lo largo de todo el plan de estudios, lo que además permite integrarla como parte de la profesión.

A. La Asignatura “Comunicación”

Viendo el mapa de la competencia, se podría pensar en tener una asignatura dedicada a comunicación en los primeros cursos, donde se incidiera en los niveles 1 y 2 (conocimiento y comprensión) de todos los elementos, de manera que en las siguientes asignaturas ya pudiéramos realizar actividades orientadas al nivel 3. Sin embargo, la competencia Comunicación no tiene porqué ser más

importante que otras, y no podemos dedicar una asignatura a cada competencia, ni hacer una única asignatura dedicada a todas las competencias, pues al final no serviría de nada.

Si se desea dedicar una asignatura a la comunicación, creemos que es mejor un seminario en últimos cursos dedicado a trabajar el nivel 3 de algunos elementos, usando realimentación. Lo ideal sería un seminario de pocos alumnos (20 como máximo) donde se desarrollaran debates, escritura, presentaciones, comunicación personal, etcétera, pero orientado a que cada estudiante descubriera sus fortalezas y debilidades en comunicación, con consejos sobre cómo potenciar las primeras y mejorar en las segundas. Pero antes de este seminario, el estudiante debe haber aprendido las bases y haber practicado.

B. Distribución de las Competencias a lo Largo del Plan de Estudios

Si queremos que realmente nuestros estudiantes adquieran la competencia “Comunicación”, hace falta distribuir las actividades relacionadas a lo largo del plan de estudios. Para ello es necesario:

- Planificar en qué asignaturas se quiere adquirir cada elemento de la competencia a cada nivel. Una asignatura que trabaje la competencia Comunicación no tiene por qué trabajar todos los elementos de la misma, ni tratar los elementos que trabaje al mismo nivel. Hay que decidir qué celdas del mapa de la competencia se trabajarán en cada asignatura. Un ejemplo podría ser: en la asignatura Estadística se trabajará el elemento “Utilización de gráficos” a nivel 1 y 2, y “Capacidad de síntesis” a nivel 1. No resulta complicado adquirir el nivel 1 y 2 al mismo tiempo si se realizan las actividades adecuadas (lo veremos en la siguiente sección). Posteriormente, en la asignatura Proyecto de Redes se trabajará el elemento “Participación en debates y actividades tipo *brainstorming*” a nivel 1 y 2, y “Capacidad de síntesis” a nivel 2. Y así hasta mapear sobre cada celda al menos una asignatura.
- A la hora de planificar, no hay que forzar las cosas. La distribución de elementos debe ser adecuada a la naturaleza de la asignatura (hay asignaturas donde la elaboración de informes o las presentaciones orales ya forman parte de las actividades). Así pues, más que forzar que se realicen presentaciones en una asignatura donde nunca se han hecho, mejor dejarlo para una asignatura donde siempre se ha defendido de manera oral un proyecto.
- No forzar que muchas asignaturas del mismo nivel trabajen la misma competencia. Trabajar comunicación en 3 asignaturas del tercer cuatrimestre y en ninguna del cuarto cuatrimestre no es una buena solución.
- Una vez adquirida una competencia, exigirla. Si en una asignatura se ha trabajado la capacidad de síntesis a nivel 2, las asignaturas posteriores deberían exigir un nivel de capacidad de síntesis acorde con lo que sabe el alumno. Esto exige una coordinación vertical, de manera que los profesores de una asignatura sepan el nivel de adquisición de cada elemento de la competencia que (se supone) el

alumno ha alcanzado. Esto permitirá que se asienten los conocimientos adquiridos de la mejor manera posible: practicando. Al mismo tiempo se creará una apreciación entre el estudiantado de la importancia de la competencia.

V. ACTIVIDADES Y EVALUACIÓN

A. Tipo de Actividades

No vamos a incluir en esta sección un listado exhaustivo de actividades, pues no es el objetivo de este artículo. Las actividades que se pueden realizar son muchas, y la naturaleza del mapa de la competencia invita al profesor de la asignatura a desarrollar sus propias actividades, ya que como ya se dijo anteriormente, los objetivos se escribieron de manera que sugieran la naturaleza de las actividades a realizar.

Por ejemplo, el elemento “Capacidad de síntesis” tiene como objetivos de nivel 2: Dada una fuente y un resumen, realizar una crítica del resumen: adecuación de la longitud, ideas que ha obviado o a las que ha dado demasiada importancia, etcétera. Esto se puede hacer de muchas maneras:

- El profesor reparte, tras la clase, un resumen escrito pero incompleto de su lección, y pide a los estudiantes que lo completen con sus apuntes (trabajo fuera de horas de clase). Posteriormente, los estudiantes intercambian su trabajo y lo evalúan con ayuda de una rúbrica.
- Los estudiantes observan en sus casas una clase (o un tema, o una demostración) grabada en vídeo. En clase se establece un debate para que acuerden los 3 puntos más importantes de la clase visionada. Puede hacerse entre toda la clase o en grupos. También puede pedirse que contesten un cuestionario con preguntas que lleven a la reflexión como: “¿Cuáles son las 3 ideas más relevantes de la presentación?”, “Indica 5 cosas que no se han hecho bien en las transparencias de la presentación”, “¿Qué tipo de gráfico hubieras utilizado en lugar del que aparece en la transparencia 12?”, dependiendo de qué otros elementos de la competencia se traten en la asignatura.
- Los estudiantes leen, con anterioridad a la clase, un resumen de la misma contestando una serie de preguntas en un cuestionario previo. Después, el profesor imparte su clase y los alumnos critican si el resumen es adecuado a para la clase recibida.

Estos ejemplos tienen un denominador común: se delega trabajo en los estudiantes, de manera que el modelo “profesor explica de manera activa ante alumnos pasivos” no tiene cabida aquí. Todas las propuestas implican que el estudiantado pase unas horas pensando en la asignatura, debido a que discuten cuáles son los temas principales o estudian un resumen antes de recibir la lección. Todo esto lleva a aprovechar mucho más las horas de contacto con el profesor, de manera que aunque se dediquen menos horas “a explicar”, se dedican más a pensar y aprender, por lo que trabajar una competencia no es una pérdida de tiempo, sino una ganancia del aprendizaje.

Esto nos lleva a una reflexión que deberíamos hacer antes de preparar las actividades: pensar en la carga de trabajo. Los créditos ECTS nos marcan las horas de trabajo que debería dedicar un estudiante medio para aprobar la asignatura. Debemos contar con esas horas, y aprovecharlas en actividades que incidan en el aprendizaje. Pero debemos saber calcular cuántas horas ocuparán nuestras actividades, y distribuirlas de manera eficaz. Si tenemos, por ejemplo, una asignatura de 6 ECTS y contabilizamos 25 horas de trabajo por crédito, y entre 17 y 18 semanas por cuatrimestre, el estudiante debería dedicar una media de 8,5 horas a la semana a nuestra asignatura. Lo mejor es planificar exactamente 8,5 horas de trabajo cada semana. Eso significa que si sabemos que la semana que los estudiantes tienen un examen de nuestra asignatura, dedican más horas a estudiar, esa semana deberíamos reducir el resto de las actividades. La buena planificación es fundamental para el éxito del plan de estudios, ya que si esta no existe, las diferentes asignaturas compiten por el tiempo de los alumnos, y estos perciben que trabajan demasiado.

Igualmente, hemos de contemplar el trabajo del profesor. No nos extenderemos aquí en consideraciones al respecto, porque hay buenos trabajos al respecto, como Sánchez *et ál.* [4]; solo comentar que deberíamos aprovechar que los niveles 1 y 2 se pueden desarrollar con actividades que, al ser de conocimiento y comprensión, los alumnos pueden autoevaluarse o hacer evaluación entre pares con ayuda de unas buenas rúbricas.

Igualmente, se pueden hacer actividades basadas en lectura, visualización o análisis de cierto material, y deberíamos pensar que en comunicación hay muchas cosas hechas, por lo que podemos utilizar material existente.

B. Reflexiones sobre la Evaluación

Para que los estudiantes se tomen en serio las competencias transversales, es imprescindible que se evalúen. Esta evaluación puede ser una nota desligada de la “nota técnica” de la asignatura, o bien formar parte de dicha nota, como los laboratorios o el proyecto. Creemos que la segunda opción es la mejor, pero algunos profesores tienen problemas en que la evaluación de una competencia como Comunicación forme parte de la nota. A estos profesores les pedimos que mediten en muchos elementos de la competencia, como saber usar gráficas o capacidad de síntesis, y nos digan si no la están evaluando ya, aunque no lo digan explícitamente: una respuesta bien sintetizada, con buenas conclusiones, debidamente razonada o con buenas gráficas suele obtener mejor nota que otra solución que no cumpla estos parámetros.

Para la evaluación, lo más apropiado es el uso de rúbricas, no sólo porque permite ser más objetivos, sino porque los estudiantes, si conocen la rúbrica, saben lo que les pediremos y se centrarán en ello (y si se ha tenido en cuenta en el diseño de la rúbrica, mejoraremos el aprendizaje).

Una de las cosas en las que hay que incidir es en que una vez adquirida una competencia se ha de exigir. Así pues, si los estudiantes ya han trabajado el elemento elaboración de informes a nivel 3, en las asignaturas posteriores debería exigirse, aunque no se evalúe. Hay muchas soluciones, en particular que la escritura correcta sea *conditio sine qua non* para la aceptación de un informe (podemos devolver un

informe corregido y con nota, pero exigir una reescritura antes de aceptarlo definitivamente).

Por otro lado, no debería preocuparnos hacer actividades de nivel 3 para evaluar el nivel 2. Por ejemplo, trabajar el nivel 2 de presentaciones públicas no significa que los estudiantes no realicen presentaciones (como parece desprenderse de los objetivos, pues realizar presentaciones está a nivel 3), sino que los objetivos pedagógicos (y la evaluación) se centra en el nivel 2, por lo que se evaluará a los estudiantes por los análisis de las presentaciones más que por las presentaciones en sí.

Para finalizar, una última reflexión: se ha demostrado que la realimentación es un elemento fundamental en el proceso de aprendizaje. En el caso de las competencias transversales, más que fundamental es imprescindible para la buena adquisición de estas competencias.

VI. CONCLUSIONES

Una competencia transversal no se puede aprender de una vez y para siempre. Hay que practicarla lo largo de toda la carrera, y por tanto debe introducirse en el plan de estudios en diversas asignaturas que la evalúen explícitamente. Además, las asignaturas que no evalúen la competencia explícitamente deben exigir que se cumpla el nivel adquirido, para que el estudiantado practique sus destrezas.

No es fácil introducir una competencia transversal en el plan de estudios. Es interesante utilizar una herramienta como el mapa de la competencia, similar al que se ha presentado en este trabajo para la competencia Comunicación.

AGRADECIMIENTOS

A la Facultat d'Informàtica de Barcelona, por su apoyo, y en especial a los coordinadores de competencias transversales por sus aportaciones y sus constantes críticas, todas constructivas.

REFERENCIAS

- [1] Bloom, B.S., M. D. Engelhart, E. J. Furst, W. H. Hill and D. R. Krathwohl, *Taxonomy of educational objectives: Handbook I, The cognitive domain*, NY, David McKay & Co., 1956.
- [2] Evans, R. and J. Gabriel. *Performing Engineering: How the Performance Metaphor for Engineering Can Transform Communications Learning and Teaching*. 37th Frontiers in Education Conference, pp. T3B-9/14. Milwaukee, WI, October 2007.
- [3] Reave, L. *Technical Communications Instruction in Engineering Schools: A Survey of Top-ranked US and Canadian Schools*. *Journal of Business and Technical Communications*, 18 (4): 452-490. 2004
- [4] Sánchez, F, J. J. Escribano, M. J. García, J. González, E. Millán "Ideas para reducir el trabajo del prof-EEES-or". JENUI 2010, julio de 2010, pp 301-308.
- [5] Shuman, L.J., M. Besterfield-Sacre and J. McGourty. *The ABET Professional Skills—Can They Be Taught? Can They Be Assessed?* *Journal of Engineering Education*, 94(1), 2005, pp. 41–55.
- [6] Stevenson, D.H. and J.A. Starkweather. *PM critical competency index: IT execs prefer soft skills*. *International Journal of Project Management*, 28(7), Oct. 2010, Pp 663-671
- [7] Tenopir, C. and D. W. King, *Communication Patterns of Engineers*. New York: IEEE/Wiley InterScience, 2004.



Dr. David López (Barcelona, 1967) es Licenciado y Doctor en Informática (*Universitat Politècnica de Catalunya – UPC-BarcelonaTECH*, 1991 y 1998 respectivamente). Más allá de la formación técnica, posee un Postgrado en Arte y Sociedades del Asia Oriental (*Universitat Oberta de Catalunya*, 2008). Su especialidad incluye la arquitectura y estructura de computadores, la educación en ingeniería, y la relación de la tecnología con la sostenibilidad, la ética y los derechos

humanos.

Desde 1991 trabaja como profesor en el *Departament d'Arquitectura de Computadors* de la UPC (Barcelona, España), donde es profesor Titular de Universidad desde 2001. Ha sido consultor de la *Universitat Oberta de Catalunya*. Ha ocupado el cargo de Secretario de Departamento entre 2005 y 2008. Su tesis estuvo relacionada con temas de arquitectura de computadores y compilación, y desde el 2006 ha hecho de la educación en ingeniería y su relación con ética y la sostenibilidad su tema principal de investigación, más de sesenta artículos científicos y divulgativos publicados en los últimos 7 años. Ha dirigido diversos proyectos de cooperación y es uno de los responsables de la implantación en los planes de estudios de informática en la UPC de las competencias relativas a “Sostenibilidad y Compromiso Social” y “Comunicación eficaz oral y escrita”.

El Dr. López es miembro de AENUI, y uno de los editores de la revista de educación *ReVisión*.



Dr. Alex Ramírez es Ingeniero en Informática ('97), y Doctor en Informática ('02, Premio Extraordinario a la mejor Tesis Doctoral) por la Universidad Politècnica de Catalunya (*UPC-BarcelonaTECH*), Barcelona. En 2010 recibió el premio Agustín de Betancourt de al Real Academia de Ingeniería a un joven investigador. Actualmente es Profesor Titular en la UPC, y jefe de equipo en el.

Ha realizado estancias de investigación en Compaq WRL (Palo Alto), Intel MRL (Santa Clara), y NXP (Eindhoven). Ha publicado más de 150 artículos en conferencias y revistas internacionales, y supervisado 10 tesis doctorales. Actualmente dirige el proyecto Mont-Blanc, para el desarrollo de supercomputadores basados en tecnologías de bajo consumo usadas en dispositivos móviles.

Página en Blanco

Capítulo 3

Evaluación Formativa Usando Exámenes No Presenciales

David López, Fermín Sánchez, Josep-Llorenç Cruz, Agustín Fernández

Title—Formative Assessment Using Take-Home Exams.

Abstract—Traditional exams are focused on the summative assessment, not on the formative one. Its aim is to evaluate, not to facilitate learning, so it results in superficial learning rather than deep learning. Thus, students perceive that their short-term future depends on their note in the exam, so their study is guided to pass the examination. In this paper we propose a take-home exam in which students have more time to solve the questions and are not restricted by the sources they can consult, thereby providing a highly educational task in which students experience a deep learning process.

Keywords— Assessment models, formative assessment, summative assessment, skills assessment, learning models

Abstract—Los exámenes tradicionales están orientados a la evaluación sumativa, no a la formativa, y provocan un aprendizaje superficial, más que un aprendizaje profundo. Su objetivo es evaluar, no facilitar el aprendizaje. Los estudiantes perciben que su futuro a corto plazo depende de su nota en un examen, por lo que orientan su estudio a aprobar dicho examen. En este artículo se exponen las ventajas e inconvenientes de realizar un examen no presencial, con evaluación sumativa y formativa, que los estudiantes realizan fuera de clase a lo largo de un periodo de tiempo mucho más largo que el de un examen tradicional, lo que les ayuda a conseguir un aprendizaje profundo.

Este artículo fue presentado originalmente a las XVIII Jornadas de la Enseñanza Universitaria de la Informática, JENUI 2012. El trabajo ha sido desarrollado con el apoyo del Ministerio de Educación de España (proyectos TIN2007-60625 y TIN2007-61763).

David López pertenece al departamento de Arquitectura de Computadores de la Universidad Politécnica de Cataluña, e imparte clase en la Facultad de Informática Barcelona. Dirección: despacho C6-218, UPC- Campus Nord, C/Jordi Girona 1-3 08034 Barcelona, España. (+34 934017185; Email: david@ac.upc.edu).

Fermín Sánchez pertenece al departamento de Arquitectura de Computadores de la Universidad Politécnica de Cataluña, e imparte clase en la Facultad de Informática Barcelona. Dirección: despacho D6-106, UPC- Campus Nord, C/Jordi Girona 1-3 08034 Barcelona, España. Email: fermin@ac.upc.edu.

Josep-Llorenç Cruz pertenece al departamento de Arquitectura de Computadores de la Universidad Politécnica de Cataluña, e imparte clase en la Facultad de Informática Barcelona. Dirección: despacho C6-207, UPC- Campus Nord, C/Jordi Girona 1-3 08034 Barcelona, España. Email: cruz@ac.upc.edu.

Agustín Fernández pertenece al departamento de Arquitectura de Computadores de la Universidad Politécnica de Cataluña, e imparte clase en la Facultad de Informática Barcelona. Dirección: despacho C6-219, UPC- Campus Nord, C/Jordi Girona 1-3 08034 Barcelona, España. Email: agustin@ac.upc.edu.

Keywords—Modelos de evaluación, evaluación formativa, evaluación sumativa, evaluación de competencias, modelos de aprendizaje.

I. REFLEXIONES PREVIAS

A. Competencias Profesionales

El Espacio Europeo de Educación Superior (EEES) supone un cambio en el modelo de Universidad en Europa. La educación pasa de estar centrada en la enseñanza (el profesor) a un modelo centrado en el aprendizaje (los alumnos). Las titulaciones definen una serie de competencias que los alumnos deben adquirir a lo largo de su periodo de formación, y los planes de estudio se deben organizar en función de éstas.

Una competencia profesional es el conjunto de conocimientos, responsabilidades, habilidades y actitudes que describen los resultados del aprendizaje de un programa educativo y que capacitan para el desarrollo de una actividad profesional. Existen dos tipos de competencias:

- Competencias transversales o genéricas: son las que, pese a no estar relacionadas con los conocimientos técnicos propios de la titulación, debe poseer un titulado con ese nivel académico. Se clasifican en sistémicas, instrumentales e interpersonales.
- Competencias técnicas o específicas: son las relativas a los conocimientos técnicos propios de la titulación. Son más volátiles que las transversales. Se clasifican en conceptuales, de procedimiento y profesionales.

Las competencias transversales no tienen por qué estar relacionadas con los conocimientos técnicos de la titulación, pero su posesión se considera básica para todo titulado de cierto nivel académico. Ejemplos de las mismas son: tener una buena capacidad de expresión oral y escrita; ser capaz de buscar, seleccionar e integrar información; o ser capaz de planificar y organizar el estudio, tomando un rol protagonista en el aprendizaje. Estas competencias no se adquieren en una sola asignatura, sino a lo largo de la carrera, de ahí el nombre de “transversales”.

Los exámenes tradicionales suelen limitarse a evaluar las competencias técnicas. Resulta lógico: un estudiante en situación de estrés, ¿cómo puede buscar, filtrar y resumir información, siendo crítico con la misma, si no puede

acceder a nueva información? ¿Cómo puede demostrar una capacidad de comunicación escrita cuando, debido a restricciones de tiempo, muchas veces no puede ni releer su examen?

Los exámenes tradicionales están orientados a calificar los conocimientos adquiridos, más que a ayudar a adquirirlos. Permiten evaluar, pero ¿permiten aprender?

B. Modelos de Evaluación

En [8] se introduce la distinción entre evaluación formativa y evaluación sumativa:

- Evaluación formativa: la información se usa para guiar y mejorar los procesos de enseñanza y aprendizaje.
- Evaluación sumativa: la información se usa para determinar la calificación que acredita el nivel de aprendizaje alcanzado por el alumno.

Los exámenes tradicionales están orientados a realizar la evaluación sumativa, que es una de las tareas más importantes de la universidad: certificar los conocimientos adquiridos por los estudiantes. Sin embargo, cabe preguntarse si un examen tradicional es una buena herramienta para el aprendizaje. La pregunta que planteamos es: ¿un modelo de evaluación basado en exámenes tradicionales influye en el aprendizaje?

Un principio educativo bien conocido afirma que “la evaluación dirige el aprendizaje”. Como indican Felder y Brent[4], si los estudiantes saben que algo será evaluado, harán un intento serio de aprenderlo; sin esta motivación, muchos alumnos de ingeniería decidirán dedicar su tiempo de estudio a cosas que consideran más provechosas.

El sistema de evaluación que escojamos puede influir en el aprendizaje: Gibbs y Simpson [5] presentan diez condiciones bajo las cuales la evaluación ayuda al aprendizaje de los alumnos, demostrando la influencia de la evaluación en el volumen, enfoque y calidad del estudio, y la influencia de la realimentación en el aprendizaje.

En nuestra opinión, ante un examen tradicional los estudiantes orientan su estudio a lo que cuenta (o al menos, a lo que ellos perciben que cuenta) para poder aprobar dicho examen. Y orientan sus esfuerzos de acuerdo a esta percepción, produciéndose lo que Biggs[1] denomina *backwash effect*: un escenario en que el aprendizaje está orientado a cómo aprobar el examen, más que a adquirir competencias.

Así pues, algunos estudiantes realizan un esfuerzo final para memorizar ciertas ideas, o a aprender “recetas” sobre cómo resolver ciertos tipos de problemas (los que han salido en exámenes de años anteriores) en lugar de aprender los conceptos del curso. Y esto lleva a un modelo de aprendizaje erróneo.

C. Modelos de aprendizaje

Podríamos decir que el EEES está basado en el constructivismo, al cambiar el punto de vista del profesor al estudiante, de la enseñanza al aprendizaje. El constructivismo, desarrollado entre otros por Vygotsky y Piaget, indica que el ambiente de aprendizaje más adecuado es aquel donde existe una interacción dinámica entre los instructores, los alumnos y las actividades que proveen

oportunidades para los alumnos de crear su propia verdad, gracias a la interacción con los otros. Esta teoría, por lo tanto, enfatiza la importancia de la cultura y el contexto en el entendimiento de lo que está sucediendo en la sociedad y para construir conocimiento basado en este entendimiento.

A modo de ejemplo, el constructivismo nos dice que si usted, apreciado lector, lee este texto, puede olvidarlo en un pequeño lapso de tiempo. En cambio, si explicara los conceptos descritos a una tercera persona, usando sus propias palabras, y parándose a meditar (y estudiar) cuando encuentra una laguna en su discurso, entonces los conceptos que está leyendo quedarían mucho más grabados en su mente[6].

Hay críticas al constructivismo, en particular debido a que asume que los alumnos quieren aprender (y no aprobar, como pasa demasiado a menudo), e ignora las capacidades cognitivas de la memoria en el aprendizaje. Sin embargo, hay muchos estudios que indican que los métodos desarrollados a partir de estos conceptos tienen una influencia muy positiva en el aprendizaje.

Así, Entwistle[3] nos habla del aprendizaje superficial y del aprendizaje profundo. En esta división, un alumno que haya realizado un aprendizaje superficial estudia sin un propósito o estrategia definida, trata lo aprendido como bloques de conocimiento no relacionados, memoriza hechos y recetas para resolver problemas y encuentra difícil cada idea nueva. Sin embargo, si ha trabajado un aprendizaje profundo es capaz de relacionar las nuevas ideas con conocimientos y experiencias previas, buscar patrones y teorías subyacentes, buscar evidencias y relacionarlas con las conclusiones. El aprendizaje superficial es rápidamente olvidado, mientras que el profundo se recuerda.

Muchos estudiantes, en su ansia por aprobar un examen tradicional que definirá si superan o no la asignatura, realizan un aprendizaje superficial. Aunque no podemos aportar datos concretos para esta afirmación, sí que podemos apuntar ciertos hechos que apuntan en esa dirección:

- Los estudiantes solicitan exámenes de años anteriores resueltos, así como que los profesores resolvamos muchos ejercicios en clase sin ni siquiera haber intentado resolverlos antes por sí mismos (orientación a un esfuerzo final, memorizando recetas).
- Cuando un enunciado de examen tradicional resulta novedoso en su planteamiento (que no más difícil) suele aumentar el número de suspendidos (no hay adaptación a ideas nuevas o a escenarios desconocidos).
- Muchos alumnos muestran un gran desconocimiento de conceptos que se han estudiado en asignaturas anteriores que ya han aprobado (pérdida rápida de conocimientos adquiridos).

A la vista de estos hechos podríamos afirmar que, aunque los estudiantes que han realizado un aprendizaje profundo normalmente aprueban con buena nota un examen tradicional, aprobar un examen tradicional no implica haber realizado un aprendizaje profundo. Es más, cabe plantearse si un examen tradicional es un buen método para facilitar un aprendizaje profundo.

II. PROPUESTA: EXÁMENES NO PRESENCIALES

En este trabajo proponemos un examen no presencial (de ahora en adelante, ENP) en el cual cuando se les proporcione el enunciado de examen a los alumnos, estos se lo puedan llevar a casa para resolverlo, dándoles un largo periodo de tiempo para entregarlo (por ejemplo, una semana o 10 días). A cambio, un ENP no debería poderse contestar en el tiempo de un examen normal, sino que debería requerir un esfuerzo mayor (por ejemplo, 10 horas de trabajo para aprobar, más para sacar una buena nota)

Los ENP tienen un gran inconveniente: ¿cómo garantizamos un comportamiento ético por parte de los estudiantes? Hay mecanismos para garantizar que los estudiantes no hagan trampas, como veremos más adelante, pero primero estudiaremos las ventajas que convierten los ENP en una poderosa herramienta para el aprendizaje.

III. VENTAJAS DE UN ENP

A. *Cambia la Motivación*

En un examen tradicional, ponemos al estudiante en una situación de estrés, dándole un tiempo limitado y acceso a una cantidad de información limitada (a menudo, solamente aquella que ha podido memorizar). En cambio, un ENP no está limitado por el tiempo ni por la disponibilidad de recursos.

Ante la situación de no tener que estudiar para un futuro enunciado desconocido, sino tener que resolver un enunciado conocido disponiendo de tiempo y recursos, los alumnos cambian de mentalidad. Nuestra experiencia indica que los estudiantes intentan dedicar tiempo a contestar todas las preguntas y en profundidad. Para muchos estudiantes su objetivo deja de ser aprobar para convertirse en obtener una buena nota. En parte, este cambio se produce por lo que denominamos el síndrome “si trabajo apruebo”.

Pongamos un ejemplo: sea un estudiante que se plantea dedicar 12 horas a estudiar una asignatura los 10 días anteriores al examen final tradicional, y que dedicará otras 3 horas a resolver el examen en el aula. Muchos estudiantes dedicarán las 12 horas de estudio a revisar una y otra vez problemas de exámenes de años anteriores para tratar de extraer un patrón y aprender recetas de “cómo aprobar el examen”. Sin embargo, son conscientes de que este trabajo puede ser en vano si tienen un mal día, el examen pregunta algo “diferente” o simplemente han errado en su planteamiento de qué estudiar. Es decir (y esto lo sabemos todos de nuestra época de alumnos), estudiar mucho no implica aprobar, y la razón es porque estamos estudiando mal, ya que nos orientamos a un aprendizaje superficial.

Si el mismo estudiante dedica las 15 horas que pensaba dedicar (estudio más resolución de examen) a resolver un ENP, es más que probable que el estudiante acabe aprobando. ¿Ha hecho trampa? No, simplemente su estudio ha sido guiado por las preguntas del examen, de manera que sea más aprovechado. El estudiante tiene la sensación de que todas las horas que dedica se reflejan en la nota final. Y sabiendo que la nota que obtenga será función de las horas dedicadas, la motivación para dedicar tiempo es muy distinta.

B. *Se Da un Aprendizaje Profundo*

Como decíamos en el punto anterior, ante un examen sin la presión del tradicional los estudiantes pueden ser guiados por las preguntas en su proceso de aprendizaje. Se les puede animar a expresar con sus propias palabras lo que han aprendido, sin la presión del tiempo y, sobre todo, permitiéndoles reflexionar, descubrir qué es lo que no habían entendido, estudiarlo de nuevo consultando más fuentes y llenando, por tanto, las lagunas en su conocimiento. Este punto permite un aprendizaje profundo. ¿Por qué?

En parte porque no sólo quitamos la presión de tener restricciones de tiempo y recursos a los estudiantes, sino también a los profesores. Hay veces que no ponemos ciertas preguntas en los exámenes por la cantidad de tiempo y esfuerzo que requeriría contestarlas. Sin embargo, en un ENP podemos hacer preguntas más sofisticadas, complejas y largas, y ser mucho más exigentes con la calidad de las respuestas.

Si los estudiantes son conscientes de que se les exigirán respuestas completas, justificadas, concisas y claras (y viendo que su esfuerzo será recompensado) dedicarán tiempo a pensar las respuestas, a completarlas y a buscar más información, meditando sobre los conceptos preguntados y rellenando los huecos en su conocimiento, y por tanto, realizando un aprendizaje profundo.

C. *Se Puede Preguntar el Temario Completo y en Profundidad*

Otro de los problemas del examen tradicional es que algunos alumnos estudian un subconjunto de temas de la asignatura, dejando algunos sin mirar debido a que raramente aparecen en los exámenes finales, o a que cuando aparecen preguntas de ese tema valen muy pocos puntos, o a que su objetivo es únicamente aprobar, no sacar una buena nota, por lo que tratan de optimizar su esfuerzo enfocándolo a resolver las preguntas de sólo una parte de la asignatura. Del mismo modo, de algunos temas se limitan a estudiar los dos o tres tipos de problemas más “típicos”, sin profundizar en el conocimiento. Esto normalmente se traduce en preguntas que los estudiantes dejan en blanco o a las que responden cualquier cosa para intentar “arañar alguna décima”.

En un ENP, al no estar limitados por el tiempo ni por los recursos a consultar, podemos hacer preguntas que cubran todo el temario. Incluso preguntas que impliquen la lectura de un capítulo de libro o las prácticas de otros estudiantes, la evaluación de un producto o el desarrollo de un pequeño programa para dar con la respuesta.

Como el tiempo no es un problema, podemos incluso exigir que todas las preguntas sean contestadas con una nota mínima, de manera que les guiamos en qué queremos que estudien, y a qué nivel de profundidad, lo que se convierte en una enriquecedora experiencia de aprendizaje.

D. *Es Útil para la Evaluación de Competencias Transversales*

Decíamos que un ENP nos puede permitir ser muy exigentes, ya sea en la cantidad de conceptos preguntados o en la calidad de la respuesta. Esto hace que sea muy útil como herramienta para evaluar competencias transversales

tales como comunicación, lengua extranjera, pensamiento crítico, uso adecuado de recursos de información, sostenibilidad o aprendizaje autónomo.

Por ejemplo, podemos exigir respuestas con ortografía y sintaxis correctas, claramente escritas y razonadas. Podemos hacer preguntas que exijan buscar muchas fuentes de información, tener una visión holística de la asignatura, realizar una crítica de un trabajo o producto o tomar decisiones razonadas entre diversos productos. Incluso podemos exigir conceptos como evaluar el impacto ecológico y social de diversas soluciones a un problema. Y si las fuentes de información están en inglés (o se exigen algunas respuestas en inglés) se evalúa también la lengua extranjera.

Además, un ENP en sí mismo ya requiere planificación, gestión del tiempo, iniciativa, aprendizaje autónomo y razonamiento, dado que es mucho más exigente y largo que un examen tradicional. Incluso se puede evaluar trabajo en equipo (como veremos en una sección posterior) algo complicado en un examen tradicional.

Por supuesto, un ENP también permite evaluar las competencias técnicas (de hecho, mejor que un examen tradicional, al poder ser más exigente y preguntar todo el temario) por lo que puede substituir perfectamente al examen tradicional.

E. Corregir Es Agradable

Muchos profesores consideran que corregir exámenes es la más pesada de las tareas de nuestro oficio. Algunos profesores toman el atajo de hacer exámenes de tipo test, o de respuesta única, de manera que son más fáciles de corregir. A menudo, una baja dedicación del profesorado a preparar un enunciado o a corregir es lo que conduce a exámenes “típicos”, donde siempre se preguntan pequeñas variantes sobre lo mismo, y que resultan en el estudio de recetas por parte de los alumnos, provocando aprendizaje superficial. Y esto es lo que queremos evitar con los ENP.

Sin embargo, poder exigir respuestas completas, bien escritas, razonadas e incluso con buena caligrafía hacen que, de repente, corregir sea mucho más agradable. Incluso, en nuestra experiencia con este tipo de exámenes, hemos leído soluciones que nos han sorprendido con puntos de vista nuevos o informaciones de las que no éramos conscientes, permitiéndonos aprender.

IV. INCONVENIENTES DE UN ENP

Desgraciadamente, no todo son ventajas. También hay inconvenientes, algunos muy obvios y otros no tanto. Por fortuna, estos inconvenientes pueden ser paliados.

A. Comportamiento poco Ético

A todos los profesores nos preocupa que un estudiante pueda superar un examen con métodos poco éticos, y esta preocupación aumenta ante la naturaleza misma del ENP. Podríamos confiar en un sistema de honor como el descrito por Camahort y Abad[2]. La alternativa es atacar la naturaleza misma de las preguntas del examen. Si estas fueran de tipo test o de respuesta única (o muy limitada), la posibilidad de que las respuestas de dos alumnos coincidieran sin que se hubiera producido fraude serían muy

elevadas, de manera que no habría manera de discernir si los alumnos han hecho trampa o no.

Sin embargo, con el tipo adecuado de preguntas es muy difícil que dos respuestas coincidan. Un ENP debe tener preguntas abiertas, con muchas respuestas correctas, y que se pueden contestar con diversos niveles de profundidad. Además, no deberían poder contestarse con un copiar y pegar de algún libro, manual o página web, sino que la respuesta debería exigir un cierto nivel de razonamiento, con la búsqueda y contraste de información. Además, los estudiantes deberían citar sus fuentes y efectuar elecciones dentro de sus respuestas, de manera que fuera muy difícil que dos respuestas coincidieran sin que se hubiera producido fraude. De esta manera, una copia es fácilmente detectable.

Pero incluso podemos ir un poco más allá: usar preguntas abiertas, donde los estudiantes perciban inmediatamente que si copian serán atrapados ipso facto, previene las copias. En nuestro centro las copias detectadas son reportadas al jefe de estudios, y los estudiantes involucrados sufren las consecuencias, que pueden ir desde una anotación en su expediente académico hasta la expulsión de la universidad en caso de reiteración. Si los estudiantes son informados explícitamente sobre estas normativas, y al mismo tiempo saben que esforzándose pueden garantizar el aprobado, concluyen que el riesgo de un comportamiento poco ético no compensa.

Otro tipo de comportamiento inadecuado sería no una copia entre estudiantes del mismo curso, sino la suplantación, es decir, que alguien que no se presenta al examen resolviera el ENP en lugar del estudiante. Este comportamiento puede ser contrarrestado con una prueba de validación presencial. La prueba de validación es una prueba corta donde el estudiante responde una serie de preguntas orientadas a saber si ha sido el autor del contenido del ENP. Las preguntas deben ser tales que no se limiten a “volver a explicar” lo que ya contestaron, sino a realizar nuevos razonamientos que justifiquen la autoría del ENP. Esta prueba de validación debe tener un resultado binario (superada/no superada) y en ningún momento influir en la nota numérica final, más allá de la validación de la autoría del ENP.

Finalmente, algunos colegas nos han planteado un tipo de comportamiento poco ético no contemplado en los casos anteriores: el de estudiantes que resuelvan el examen en grupo, o que lean las respuestas de otros compañeros para “inspirarse”.

Para nosotros, este comportamiento no es problemático. No es sino el equivalente a “estudiar con los compañeros”. Como hemos dicho antes, las respuestas deben ser suficientemente diferentes como para que cada estudiante haya tenido que trabajarla, aunque se junte con otros estudiantes y se hayan explicado cosas. Incluso es bueno que colaboren: es un proceso que ayuda al aprendizaje profundo, y lo importante no es que hayan hecho el examen sin ninguna ayuda, sino que hayan aprendido. Si un compañero ayuda a otro a arrancar, pero las respuestas son lo suficientemente diferentes como para pasar los filtros anti-trampa, entonces ambos alumnos han trabajado y aprendido.

B. Carga de Trabajo y Sincronización

Los ENP requieren un tipo determinado de enunciados. No se puede hacer un examen tipo test o de respuesta única, por lo que el ENP es claramente más costoso de preparar y corregir que un examen de estos tipos. Como hemos indicado anteriormente, los exámenes que inciden sobre el aprendizaje profundo son aquellos que realizan preguntas abiertas, donde no hay preguntas “típicas” y no se pueden aplicar recetas. Por tanto, si queremos hacer un examen que ayude al aprendizaje deberíamos plantear preguntas de este tipo, independientemente de si el examen es presencial o no. Quizá un ENP sea más largo de elaborar y de corregir, pero como también se indicó anteriormente, si exigimos buenas respuestas, corregir deja de ser una tarea pesada para ser más agradable y rápida, de manera que aunque haya que evaluar más preguntas, estas se evalúan más rápidamente que preguntas escritas bajo presión en un examen presencial.

Por lo que respecta al incremento de tiempo para el alumno, no es realmente un problema si está contemplado dentro de los créditos ECTS de la asignatura. El tiempo que antes un alumno dedicaba a estudiar ahora lo dedica resolver el examen realizando, de hecho, un estudio guiado. El tiempo dedicado puede ser el mismo, pero se dedica no a memorizar recetas, sino a resolver problemas y profundizar en conceptos.

El problema con la carga de trabajo para los estudiantes no es el trabajo total que implica un ENP, sino que en momentos determinados del curso los alumnos se vean desbordados de trabajo, por ejemplo si deben realizar diversos ENP simultáneamente. Esto requiere un esfuerzo de coordinación entre profesores para que la carga semanal del estudiante no supere en ningún momento lo razonable para que pueda dedicarse a resolver los ENP, asistir a sus clases, entregar sus prácticas, etcétera. Nuestra recomendación es calcular cuántas horas a la semana deben dedicar los alumnos a nuestra asignatura, y adaptar el tiempo del examen. Por ejemplo, si nuestra asignatura es de 6 créditos ECTS y contamos 25 horas por crédito y 18 semanas de curso (incluyendo las de exámenes), nos sale una dedicación de un poco menos de 8 horas y media semanales. Si calculamos unas 15 horas de dedicación a solventar el ENP, eso significa que, durante casi dos semanas los estudiantes no deberían dedicar a nuestra asignatura más tiempo que el que dedican al examen (es decir, ni clases, ni prácticas, ni presentaciones, ni ninguna otra actividad). Así se elimina la necesidad de sincronización con el resto de asignaturas

V. ELABORANDO ENUNCIADOS PARA UN ENP

En esta sección vamos a analizar cómo deberían formularse las preguntas de un ENP. Sin embargo, sólo es una guía elaborada desde nuestra experiencia, que no abarca todas las áreas de conocimiento de la informática. Debemos decir, pues, que cada profesor debe adaptar el ENP a su asignatura, con la mentalidad abierta y pensando que cualquier conocimiento debe poder preguntarse con cuestiones abiertas, que fuercen a pensar (y a aprender) a los estudiantes.

A. Formato y Condiciones del Examen

La extensión y complejidad del examen eliminan cualquier intento de realizarlo en un espacio de tiempo breve

y sin pausas. Los alumnos deben saber a principio de curso cómo será el examen, en qué fechas se realizará y cuánto tiempo se espera que le dediquen. Conocer las reglas del juego les ayudará a realizar una planificación del tiempo a dedicar durante esos días.

Debe exigirse que el examen se entregue como si fuese un documento final, sin los habituales tachones, frases mal construidas ni incoherencias de los exámenes convencionales. Para que el alumno reflexione sobre las respuestas que va a escribir y evite la tentación de realizar copias literales de párrafos obtenidos de diversas fuentes, se puede pedir que las respuestas sean manuscritas. Es interesante que escriba un borrador de su respuesta y vaya refinándola hasta obtener una respuesta satisfactoria en contenido, síntesis, completitud, claridad y de escritura correcta. Es interesante también que el enunciado disponga de algún sistema (como marcas de agua, por ejemplo) para evitar que lo fotocopien (indicándoles que fotocopiarlo está prohibido), de manera que tengan que estar seguros de su respuesta antes de pasarla a limpio manuscrita.

El enunciado del examen debe tener un espacio asignado para cada respuesta. Esto limita la extensión de la respuesta, forzando al alumno a asimilar y entender el contenido antes de redactarlo con un estilo propio, sintetizándolo en un espacio preestablecido.

Para que los estudiantes se tomen en serio este tipo de examen, las capacidades de buscar, seleccionar, integrar y resumir información, así como las capacidades de argumentar y justificar lógicamente las decisiones tomadas deben ser evaluadas, igual que la concisión/nivel de redacción, la claridad/legibilidad, la gramática, la ortografía y la caligrafía/pulcritud. Es decir, deben evaluarse una serie de competencias transversales.

Algunos profesores han mostrado su preocupación ante el hecho de que, si evaluamos estas competencias en un examen, un estudiante puede aprobar la asignatura con mala nota técnica, pero buena nota en competencias transversales. Para evitar esta situación existen mecanismos, como evaluar la parte técnica con una nota entre 0 y 5, y evaluar las competencias transversales con otra nota entre 1 y 2, siendo la nota final de examen el producto de las dos anteriores. Esto garantiza la necesidad de una nota mínima en la parte técnica para aprobar el ENP, al tiempo que da mucho peso en la nota a las competencias transversales, haciendo que los estudiantes se esfuercen en ellas.

B. Preguntas en un ENP

Para desarrollar un aprendizaje profundo, un estudiante debe entender la respuesta para poder plasmarla con sus propias palabras. Pueden realizarse preguntas cuyo contenido técnico no tenga por qué ser difícil, pero que sea difícil resumirlo en un espacio delimitado, con sus propias palabras y su propio estilo, que será distinto al de sus compañeros.

Deben plantearse preguntas que requieran consultar los apuntes del curso, y los trabajos/ proyectos del curso (si hubiera), especialmente los de sus compañeros si tienen encargos diferentes. Igualmente, se deberían realizar búsquedas en la bibliografía recomendada y en Internet.

Debe proponerse un examen formado por preguntas que no se respondan con una única opción, un número o una simple frase, sino que el alumno necesite elaborar y estructurar sus respuestas. Este tipo de preguntas nos permiten valorar la capacidad del alumno de organizar,

integrar, sintetizar y argumentar la información. Además, podemos valorar su habilidad para utilizar el vocabulario y los conceptos propios de nuestra área de conocimiento.

Hay varios tipos de preguntas que podemos poner en este examen. Un primer tipo son aquellas preguntas donde se debe buscar información de diversas fuentes para generar la respuesta, y la cantidad de fuentes e información es muy extensa. Con este tipo de preguntas podemos valorar la capacidad de buscar, seleccionar e integrar la información obtenida y sintetizarla en una respuesta breve. Resulta interesante plantear alguna pregunta en que sepamos que el primer resultado ofrecido por el buscador más popular de Internet obtenga datos erróneos. Así podemos ver si el alumno se ha quedado únicamente con la primera información obtenida o ha contrastado esa información con distintas fuentes.

Podemos proponer preguntas sobre la opinión de algún producto/sistema/protocolo/algoritmo; preguntas en las que los alumnos deban comparar productos seleccionando las características más destacadas y mostrando las ventajas e inconvenientes de cada uno; y preguntas en las que los alumnos deban realizar una elección de un producto justificando su decisión (que debería ser muy personal y diferente para cada alumno, evitando así las copias).

En los temas novedosos, es habitual que haya bastante desinformación, así como información distorsionada. Se puede proponer alguna pregunta sobre estos temas para ver la capacidad de los alumnos para presentar una información que no es precisa y que puede no ser cierta. Los alumnos deben presentar la respuesta opinando y justificando la credibilidad de sus fuentes.

Otro tipo de preguntas se basa en que el alumno debe seleccionar las 2 ó 3 características más importantes de un producto, justificando por qué cree que esas son las más importantes, o preguntas en las que el alumno debe escoger, entre múltiples opciones posibles, la más adecuada bajo unas determinadas circunstancias (que pueden variar de un alumno a otro).

Para acabar, se puede pedir incluso alguna pregunta que deba resolverse en grupo, discutiendo la respuesta, pero que cada estudiante deba exponer su respuesta desde un punto de vista diferente (de la gestión de redes, de la seguridad, del económico,...).

VI. APLICACIÓN, CONCLUSIONES Y ÚLTIMAS REFLEXIONES

Hemos presentado aquí un trabajo teórico sobre los exámenes no presenciales (ENP). Nuestra intención con este trabajo ha sido establecer las bases teóricas de los ENP, y no describir una experiencia de su aplicación. Sin embargo, nuestra propuesta proviene de la experiencia. Este trabajo está basado en lo que hemos aprendido aplicando ENP en la Facultad de Informática de Barcelona, en una asignatura que se ha impartido 11 cuatrimestres y donde el ENP ha substituido desde el principio al examen tradicional. La experiencia ha sido muy positiva, y los resultados han sido publicados en[7].

Hemos visto a lo largo de este trabajo las grandes ventajas que ofrece un ENP respecto a un examen tradicional, cómo diseñar enunciados y cómo solventar los posibles problemas asociados al ENP (especialmente el de comportamiento fraudulento por parte de los estudiantes). Podríamos acabar aquí concluyendo que el ENP es una poderosa herramienta para promover un aprendizaje profundo, pero queremos acabar con una última reflexión.

Cuando hemos explicado el concepto de ENP en otros foros, algunos colegas nos indicaron que les gustaba mucho la idea, pero para implementarla además del examen final tradicional. Este planteamiento es, para nosotros, un error. Para que realmente sea útil, el ENP debe substituir al examen final. Pensemos que, tal y como hemos descrito el ENP, éste es muy exigente. Si tenemos una asignatura de 6 créditos, a 25 horas de trabajo del estudiante por crédito, y un ENP de 15 horas, éste ya representa el 10% del tiempo total de la asignatura. Como hemos indicado a lo largo del artículo, el objetivo del ENP es guiar el estudio y realizar un aprendizaje profundo, pero tiene un alto coste en dedicación. Si un gran coste no tiene una gran recompensa en la nota, volveremos al caso en que nuestros alumnos sobrecargados no dedicarán tiempo a resolver el ENP, y por tanto perderá todas sus virtudes. Como profesores debemos conseguir que nuestros estudiantes aprendan y se conviertan en los profesionales que la sociedad nos demanda, y los ENP pueden ser una poderosa herramienta para ayudarnos a conseguir este objetivo.

AGRADECIMIENTOS

A los alumnos de APC, que llevan 11 cuatrimestres disfrutando del ENP, por su ilusión y su imprescindible feedback. A la Facultad de Informática de Barcelona, por permitirnos experimentar y por apoyar nuestras locas ideas.

REFERENCIAS

- [1] Biggs, J., The reflective institution: Assuring and enhancing the quality of teaching and learning. *Higher Education* 41(3) 221-238. 2001.
- [2] Camahort, E., Abad, F. Métodos alternativos de evaluación basados en el sistema de honor. *Jenui* 2002. p. 223.
- [3] Entwistle, N.J., Styles of learning and approaches to studying in higher education. *Kybernetes* 30(5/6) 593-602. 2001.
- [4] Felder, R.M., and Brent, R. Designing and Teaching courses to Satisfy the ABET Engineering Criteria. *Journal of Engineering Education*, 92(1), 7-25. January 2003.
- [5] Gibbs, G., Simpson, C. Conditions Under Which Assessment Supports Students' Learning. *Learning and Teaching in Higher Education*, 1(1) 3-31. 2005.
- [6] Lang, H., McBeath, A. "Fundamental principles and practices of teaching: A practical theory-based approach to planning and instruction". Fort Worth: HBJ-Holt, 2003
- [7] López, D., Cruz, J.L., Sánchez, F., and Fernández, A.A Take-home Exam to Assess Professional Skills. 41st *Frontiers in Education Conference*. Rapid City, USA, October 12-15, 2011. Pp. F1C1-6.
- [8] Valero-García M., Díaz de Cerio L.M. Evaluación continuada a un coste razonable. *JENUI* 2003, p. 183.



Dr. David López (Barcelona, 1967) es Licenciado y Doctor en Informática (*Universitat Politècnica de Catalunya – UPC–BarcelonaTECH*, 1991 y 1998 respectivamente). Más allá de la formación técnica, posee un Postgrado en Arte y Sociedades del Asia Oriental (*Universitat Oberta de Catalunya*, 2008). Su especialidad incluye la arquitectura y estructura de computadores, la educación en ingeniería, y la relación de la tecnología con la sostenibilidad, la ética y los derechos

humanos.

Desde 1991 trabaja como profesor en el *Departament d'Arquitectura de Computadors* de la UPC (Barcelona, España), donde es profesor Titular de Universidad desde 2001. Ha sido consultor de la *Universitat Oberta de Catalunya*. Ha ocupado el cargo de Secretario de Departamento entre 2005 y 2008. Su tesis estuvo relacionada con temas de arquitectura de computadores y compilación, y desde el 2006 ha hecho de la educación en ingeniería y su relación con ética y la sostenibilidad su tema principal de investigación, más de sesenta artículos científicos y divulgativos publicados en los últimos 7 años. Ha dirigido diversos proyectos de cooperación y es uno de los responsables de la implantación en los planes de estudios de informática en la UPC de las competencias relativas a “Sostenibilidad y Compromiso Social” y “Comunicación eficaz oral y escrita”.

El Dr. López es miembro de AENUI, y uno de los editores de la revista de educación *ReVisión*.



Dr. Fermín Sánchez Carracedo (Barcelona, 1962) es Técnico Especialista en Electrónica Industrial por la E.A. SEAT (Barcelona, España, 1981), Licenciado en Informática desde 1987 y Doctor en Informática desde 1996, los dos últimos títulos obtenidos en la *Universitat Politècnica de Catalunya (UPC BarcelonaTech, Barcelona, España)*.

Desde 1987 trabaja como profesor en el *Departament d'Arquitectura de Computadors* de la

UPC, donde es profesor Titular de Universidad desde 1997. Ha sido consultor de la *Universitat Oberta de Catalunya (UOC)* desde 1997 hasta 2010 y vicedecano de innovación de la *Facultat d'Informàtica de Barcelona (FIB)* desde mayo de 2007 hasta junio de 2013. Desde julio de 2013 ocupa el cargo de adjunto de innovación en el decanato de la FIB. Tiene varias decenas de publicaciones relacionadas con sus temas de investigación, es revisor de numerosas conferencias y revistas nacionales e internacionales y autor y coautor de varios libros y capítulos de libro. Actualmente trabaja en el desarrollo de nuevas arquitecturas multihebra para procesadores VLIW, la sostenibilidad en las Tecnologías de la Información y la innovación en la educación universitaria.

El Dr. Sánchez es miembro de AENUI, es miembro del Comité Directivo de JENUI desde septiembre de 2006 y ha sido su presidente las ediciones 2011, 2012 y 2013, ha sido miembro del Comité de Organización y Programa de diversas conferencias y otros eventos nacionales e internacionales, es miembro de la ONG TxT (Tecnologia per Tothom) desde 2004, director del MAC (Museo de Arquitectura de Computadores) desde Febrero de 2006 y miembro de la junta directiva del CercleFiber-FIB Alumni desde Noviembre de 2002.

El Dr. Sánchez es miembro de AENUI, ha sido miembro del comité de organización y programa de diversas conferencias y otros eventos nacionales e internacionales, es coordinador en el BSC-CNS (*Barcelona Supercomputing Center – Centro Nacional de Supercomputación*) del programa de movilidad europea *Transnational Access* del HPC-Europa desde Marzo de 2004, es director del MAC (Museo de Arquitectura de Computadores) desde Febrero de 2006 y miembro de la junta directiva del CercleFiber desde Noviembre de 2002.



Josep-Llorenç Cruz Díaz (Barcelona, España, 1970) obtuvo el grado de Ingeniero en Informática en la *Facultat d'Informàtica de Barcelona (FIB)* de la *Universitat Politècnica de Catalunya (UPC)* en 1996. En 2001 se incorporó al *Departament d'Arquitectura de Computadors* como profesor asociado y en el año 2006 obtuvo una posición de profesor colaborador permanente.

Su actividad docente e investigadora se centra en temas de arquitectura de computadores y en la jerarquía de memorias para microprocesadores, en particular: en el banco de registros, así como en la innovación docente y en la ética en la educación en Informática. Es miembro del grupo de investigación ARCO (Architectures and Compilers) de la UPC. Ha participado en varios proyectos de investigación españoles y europeos financiados. Es autor de diferentes artículos en congresos y revistas.



Dr. Agustín Fernández (Barcelona, 1962) es Licenciado y Doctor en Informática (*Universitat Politècnica de Catalunya –UPC–*, 1988 y 1992 respectivamente). Su especialidad incluye la arquitectura y estructura de computadores y la educación en ingeniería.

Desde 1988 trabaja como profesor en el *Departament d'Arquitectura de Computadors* de la UPC (Barcelona, España), donde es profesor Titular de Universidad desde 2003. Es consultor de la *Universitat Oberta de Catalunya (UOC)* desde el año 2000. Ha ocupado el cargo de Secretario de Departamento de 1995 a 1998 y de 2001 a 2005. Sus temas de investigación están relacionados con la arquitectura de computadores, compiladores para arquitecturas de altas prestaciones y procesadores gráficos (GPUs).

Desde junio de 2011 es el director del Departamento de Arquitectura de Computadores de la UPC.

Página en Blanco

Capítulo 4

Laboratorio Multidisciplinar para la Enseñanza de Mecatrónica con LEGO Mindstorm NXT

M. Ochoa-Giménez, J.L. Zamora-Macho and J. Porras-Galán

Title—Multidisciplinary laboratory for teaching mechatronics with LEGO Mindstorm NXT.

Abstract— The aim of this paper is to introduce and increase the use of LEGO NXT at Universities, so the students could put together different knowledge that they had learnt. Computer-aided design, mechanical modelling, system identification and multivariable control are some examples. A LEGO Mindstorm NXT robot is used to illustrate this laboratory, but any other mechanic system can be built. The robot is able to keep balance on a sphere. It is very important not only to obtain a good model and control of the robot, but also carry out useful experiments for students. These objectives are achieved by using different computer tools like Solid Edge ST2 and Matlab/Simulink.

Keywords—Education, LEGO, control, modeling

Abstract— El objetivo de este artículo es introducir e incrementar el uso de LEGO NXT en las universidades de forma que los estudiantes puedan integrar en un mismo proyecto diferentes conocimientos que han ido adquiriendo durante la carrera, como pueden ser el diseño por ordenador, el modelado de sistemas mecánicos, la identificación de sistemas, el control multivariable, etc. Para ilustrar este laboratorio se ha utilizado un robot que mantiene el equilibrio sobre una esfera basado en LEGO Mindstorm NXT, aunque se pueden construir otros. Es muy importante no sólo obtener un buen modelo y diseñar un buen control, sino también llevar a cabo ensayos útiles para los alumnos. Los objetivos de este laboratorio se han conseguido mediante el uso de herramientas informáticas como Solid Edge ST2 y Matlab/Simulink.

Keywords— Educación, LEGO, control, modelado

I. INTRODUCTION

ACTUALMENTE, el uso de LEGO Mindstorm NXT en la docencia ha sufrido un rápido aumento. El impacto que tiene el uso de dicha herramienta se ha estudiado

en [1]. A la hora de poner en marcha un laboratorio multidisciplinar en la universidad, se ha escogido la herramienta de LEGO Mindstorm NXT debido a que permite la reducción del tiempo de montaje de prototipos y, como consecuencia, permite un análisis más en detalle sobre el modelado y diseño de reguladores.

La herramienta de LEGO Mindstorm NXT se puede utilizar para construir cualquier tipo de dispositivos móviles. En este caso, se ha construido un robot móvil debido a que los estudiantes de ingeniería están muy interesados en la robótica. La robótica es uno de los campos más importantes y complejos de la ingeniería, donde múltiples disciplinas contribuyen a desarrollar un proyecto común. Gracias a la integración de estas disciplinas se puede encontrar solución a diversos problemas. Además, estas soluciones pueden ser utilizadas por separado en futuras aplicaciones. Por este motivo, el objetivo de este proyecto es que las universidades puedan disponer de una herramienta muy buena para la docencia. Los estudiantes utilizan la herramienta de LEGO no sólo para su proyecto final de carrera sino también en el laboratorio de Regulación Automática en el Grado en Ingeniería Electromecánica. En este laboratorio los estudiantes aplican modelado no lineal, linealización y métodos de discretización, y control por realimentación de estado.

LEGO Mindstorm NXT es un kit de robótica desarrollado por el MIT para la construcción de robots programables. Combina piezas de LEGO, una CPU programable y múltiples componentes electrónicos como motores de corriente continua, sensores, etc. La CPU incorpora un procesador de 48 MHz, de 32-bits, con una memoria RAM de 64KB y una memoria flash de 256KB. Además, dispone de un procesador de 8 bits para controlar los sensores y los actuadores.

La CPU dispone de cuatro puertos de entrada para los sensores y tres puertos de salida para los actuadores. Dichos puertos tienen un conector RJ12. Por otra parte, dispone de un puerto USB para la descarga del programa y un puerto Bluetooth para las comunicaciones con el PC. El kit básico de LEGO NXT consiste en 519 piezas de LEGO, 3 motores de continua, 4 sensores (ultrasonidos, pulsador, sensor de luz y sensor acústico), 7 cables para conectarlos a la CPU, un cable USB y una CPU programable. Existen diferentes kits de expansión que tienen diferentes piezas para el montaje de los robots y otros tipos de sensores, como pueden ser los giróscopos.

En este caso, se ha construido un robot y se ha utilizado una esfera como sistema de translación. Este tipo de soporte

Este trabajo fue presentado originalmente al SAAE'12

M. Ochoa-Giménez is with the Institute of research in technology, Comillas Pontifical University, Madrid, Spain (phone: +34 91 542 28 00, fax: +34 91 528 31 76, e-mail: miguel.ochoa@iit.upcomillas.es).

J.L. Zamora-Macho is with the Institute of research in technology, Comillas Pontifical University, Madrid, Spain (phone: +34 91 542 28 00, fax: +34 91 528 31 76, e-mail: zamora@iit.upcomillas.es).

J. Porras-Galán is with the Institute of research in technology, Comillas Pontifical University, Madrid, Spain (phone: +34 91 542 28 00, fax: +34 91 528 31 76, e-mail: jporras@dim.ica.upcomillas.es).

Juan Manuel Santos Gago, Paula Escudeiro, editores

TICAI 2012: TICs para el Aprendizaje de la Ingeniería. ISBN 978-84-8158-632-9

©IEEE, Sociedad de Educación: Capítulos Español y Portugués

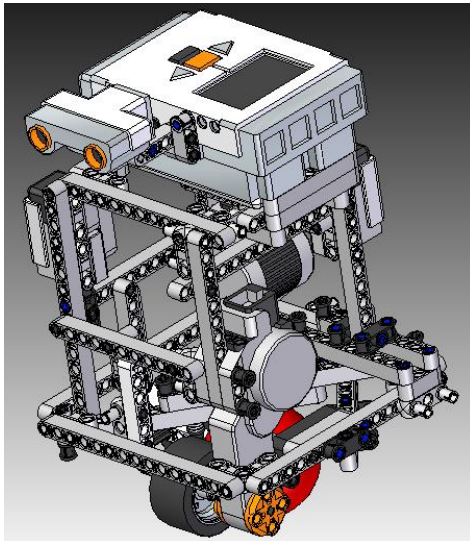


Fig.1: Ensamblaje final del robot en Solid Edge

hace que el robot se comporte como un péndulo invertido. Uno de los ejemplos más famosos de este tipo de comportamiento es el Segway. Sin embargo, el movimiento de inclinación del Segway sólo se define en un único eje al tener una rueda a cada lado del vehículo.

El hecho de tener una esfera como medio de locomoción implica algunas ventajas frente a otros tipos de locomoción de robots. Por ejemplo, el robot humanoide de Honda Asimo [2] requiere de algoritmos mucho más sofisticados y de un equipo que sea capaz de realizar muchos cálculos complejos en poco tiempo. Los robots que se desplazan sobre una esfera pueden ser diseñados muy delgados de forma que puedan acceder a zonas muy estrechas, por lo que son idóneos para su uso en hogares. Además, el robot se puede mover en todas las direcciones sin necesidad de maniobrar. Es capaz de rotar sobre un mismo eje a diferencia de un vehículo de cuatro ruedas que requiere de maniobras. Estas ventajas han provocado que algunas universidades desarrollen sus propios proyectos sobre este tipo de robots como en [3] y [4].

El objetivo principal en este proyecto es la obtención de un modelo preciso del robot y el diseño de un regulador capaz de mantener en equilibrio al robot sobre la esfera. Todos los parámetros del modelo se obtienen mediante el uso de diferentes técnicas que son explicadas en clase. En [5] y [6] se describen dos proyectos sobre robots que se desplazan sobre esferas contruidos con componentes de LEGO NXT. Los actuadores son dos motores de corriente continua colocados uno en perpendicular al otro. Ambos motores tienen incorporado un encoder incremental. Para medir la velocidad de inclinación se utilizan dos giróscopos.

El artículo se estructura de la siguiente forma. En la Sección 2 se detalla la implementación del montaje completo del robot mediante la herramienta Solid Edge ST2. Esta herramienta 3D permite el cálculo de los diferentes parámetros físicos como son los momentos de inercia y la posición del centro de masas. Las piezas de LEGO se han implementado en la herramienta teniendo en cuenta su tamaño y peso. En la Sección 3, se explica la metodología para la obtención del modelo matemático de los actuadores, la cuál incluye diferentes ensayos. En [7] se presenta un método alternativo para la obtención de dichos parámetros. En la Sección 4 se describe el modelo del robot. En la

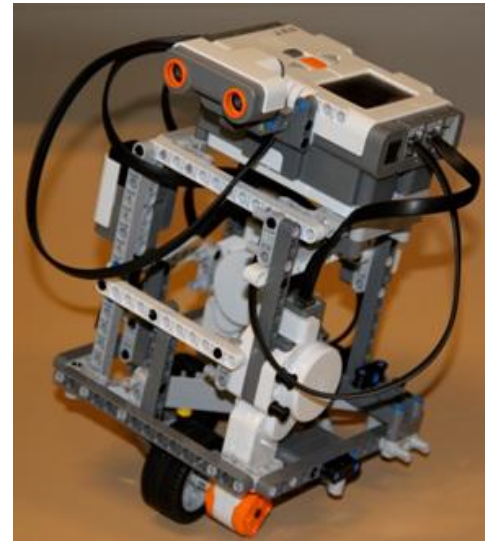


Fig.2: Fotografía del robot real

Sección 5 se presentan los resultados experimentales obtenidos al implementar el regulador diseñado.

II. CÁLCULO DE LOS PARÁMETROS MEDIANTE SOLID EDGE

En esta sección se describe cómo se ha realizado la implementación del robot en una herramienta CAD 3D llamada Solid Edge. Esta herramienta es muy útil para la obtención de los diferentes parámetros del robot como sus dimensiones, peso, momentos de inercia y centro de masas. El diseño del robot está basado en [8]. Para obtener dichos parámetros correctamente es necesario crear todas las piezas de LEGO en la herramienta de Solid Edge. Por este motivo, se ha creado una librería con todas las piezas necesarias de LEGO, la cuál podrán utilizar los estudiantes durante el curso. Cada pieza se ha medido y pesado para incorporarlas al Solid Edge con la mayor precisión posible. La densidad de la pieza se puede calcular mediante:

$$\rho = \frac{m}{V} \quad (1)$$

donde ρ es la densidad, m es la masa y V es el volumen.

A continuación, una vez creada la librería, se procede al montaje del robot en Solid Edge, dividiendo el proceso en diferentes ensamblajes. Gracias a este método, cualquier modificación en las piezas o en los ensamblajes será actualizado automáticamente en todos los ensamblajes que los utilicen. El ensamblado final del robot en Solid Edge se puede ver en la Figura 1. Solid Edge es capaz de determinar el centro de masas y los momentos de inercia del robot. Estos parámetros se utilizarán en las ecuaciones que modelan el robot descritas en la Sección 4. La Figura 2 muestra una fotografía del robot real montado con piezas de LEGO NXT.

Alguno de los parámetros se pueden comprobar con el robot real. El peso del robot obtenido en Solid Edge es de 678.84 gramos. Este valor se puede comprobar al pesar el robot con una báscula de precisión, la cuál indica un valor de 682.2 gramos. Esto supone que Solid Edge tiene un error menor del 1%. De igual modo, el centro de masas se puede localizar en el robot real. Esto se puede conseguir sujetando el robot mediante una barra que le atraviese de lado a lado. Al equilibrarse el robot, el centro de masas tiene que situarse

TABLA I
MOMENTOS DE INERCIA DEL ROBOT [GR·MM²]

I_{xx}	$3.53 \cdot 10^6$	I_{yy}	$1.58 \cdot 10^6$	I_{zz}	$3.48 \cdot 10^6$
I_{xy}	$5.12 \cdot 10^4$	I_{yz}	$1.04 \cdot 10^5$	I_{yz}	$1.31 \cdot 10^5$

El eje y es perpendicular a la superficie.

en un punto a lo largo de la vertical. Esta línea imaginaria se puede marcar con un hilo y el proceso se puede repetir cambiando de sitio la barra.

La intersección de los dos hilos determina la posición del centro de masas. La distancia desde el centro de masas al centro de la esfera es de 125 mm. El valor obtenido mediante Solid Edge es de 123 mm, produciendo un error en la estimación de dicho punto menor del 2%. Como consecuencia, con Solid Edge se pueden obtener valores suficientemente precisos para utilizarlos en el modelo. Además, se confirma que las piezas creadas en la librería son suficientemente precisas para que los estudiantes puedan utilizarlas sin problemas. En este caso, se han utilizado piezas de LEGO NXT para construir este robot, pero la misma metodología se podría utilizar para piezas de otros materiales.

Es importante destacar que el movimiento del robot se puede separar en dos movimientos independientes en dos ejes perpendiculares. Esta hipótesis se puede adoptar debido a que los momentos de inercia principales son más de cien veces mayores que los momentos de inercia entre ejes como se puede ver en la Tabla I. Se ha considerado que dichos momentos de inercia son correctos. En la Sección 3 se describe el modelo de los actuadores.

III. MODELO DE LOS MOTORES DE LEGO NXT

Se han realizado diferentes ensayos para poder determinar los parámetros del motor. Todos estos ensayos pueden realizarlos fácilmente los estudiantes. Los motores de corriente continua se pueden modelar como una parte eléctrica y otra mecánica. El esquema de dichos modelos se puede ver en la Figura 3 y Figura 4 respectivamente. La variable de entrada es la tensión del motor y la variable de salida es el ángulo girado. Las ecuaciones del modelo son:

$$u(t) = R_m \cdot i_L + L_m \cdot \frac{di_L(t)}{dt} + e(t) \quad (2)$$

$$T_m(t) - T_r(t) = J_m \cdot \frac{d\omega(t)}{dt} + D_m \cdot \omega(t) \quad (3)$$

donde $u(t)$ es la tensión del motor, i_L es la corriente del motor, R_m es la resistencia eléctrica, L_m es la inductancia, $e(t)$ es la fuerza electromotriz, T_m es el par motor, T_r es el par resistente, J_m es la inercia, D_m es la fricción viscosa y $\omega(t)$ es la velocidad angular del motor. Además, (4) y (5) establecen la relación entre la parte mecánica y la parte eléctrica:

$$e(t) = K_e \cdot \omega(t) \quad (4)$$

$$T_m(t) = K_t \cdot i_L(t) \quad (5)$$

donde K_e y K_t son las constantes del motor.

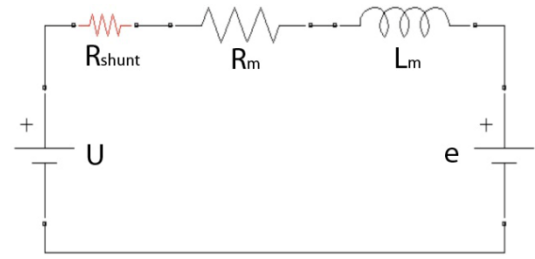


Fig.3: Esquema eléctrico del motor

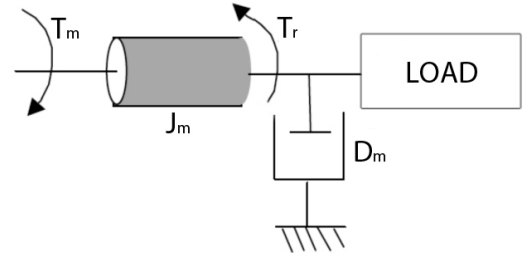


Fig.4: Esquema mecánico del motor

Como consecuencia, es necesario calcular varios parámetros. Dichos parámetros se pueden obtener realizando medidas durante diferentes ensayos. Para ello, se han pelado los cables que conectan los motores a la CPU de LEGO. La información que se transmite por los cables se puede ver en [8]. Parte de la información son la tensión del motor y los pulsos del encoder.

A. Resistencia eléctrica del motor R_m

La resistencia del motor se puede determinar midiendo con un multímetro entre los terminales del motor sin carga. El valor obtenido es de 4.5 ohms.

B. Constantes eléctrica y mecánica del motor K_e y K_t

Como se describe en [8], la tensión del motor es controlada mediante un convertidor DC-DC. Se han realizado varias medidas en régimen permanente con distintos valores del factor de servicio (denominado D). Es importante tener en cuenta que la ecuación (2) en régimen permanente se reduce a:

$$u(t) = R_m \cdot i_L + e(t) \quad (6)$$

Los resultados de este ensayo se muestran en la Tabla II. Se ha utilizado una regresión lineal para obtener un valor único de la constante K_e . La Figura 5.a muestra dicha regresión lineal. El valor final que se ha obtenido es $0.4723 \text{ v} \cdot \text{s/rad}$, con un valor de offset de 0.0314. Utilizando el sistema internacional de unidades, K_e y K_t tienen el mismo valor (K_t en $\text{N} \cdot \text{m/A}$).

TABLA II
MEDIDAS EXPERIMENTALES DEL ENSAYO DEL MOTOR

D[%]	U[V]	I[A]	e[V]	$\omega[\text{rad/s}]$	K_e
10	0.0665	0.024	0.557	0.3753π	0.4724
30	2.02	0.03	1.885	1.234π	0.4862
50	3.44	0.038	3.269	2.136π	0.4871

K_e está en unidades del sistema internacional

C. Inductancia del Motor L_m

Para calcular el valor de la inductancia del motor se ha conectado en serie una resistencia. Dicha resistencia debe tener un valor pequeño comparado con el valor de la resistencia del motor. En este caso, se ha escogido un valor de 0.47 ohmios. La corriente por el motor (que se mide como la tensión en la resistencia) se ha medido con un osciloscopio. Gracias a esta medida se puede obtener el valor de la inductancia utilizando la pendiente de la corriente por el motor. Teniendo en cuenta (2), se puede despejar el valor de L_m ya que es el único parámetro desconocido en dicha ecuación. Este proceso se ha repetido para diferentes valores de ciclo de trabajo para contrastar los valores de inductancia obtenidos. Finalmente, el valor de la inductancia es 4.5 mH.

D. Fricción Viscosa del Motor D_m

En régimen permanente, (3) se puede reducir a:

$$T_m(t) - T_r(t) = D_m \cdot \omega(t) \quad (7)$$

Teniendo en cuenta (7), el par motor T_m se puede calcular utilizando diferentes valores de D . Se ha utilizado una regresión lineal nuevamente para obtener un valor único de D_m . La Figura 5.b muestra los resultados de dicha regresión lineal. El valor final que se ha obtenido es 0.001 [N·m/rad]. El offset de esta regresión es el par resistente T_R y su valor es 0.01 [N·m].

A. Inercia del Motor J_m

Para la obtención del valor de la inercia del motor es necesario utilizar la respuesta transitoria de la velocidad del motor. Por este motivo, se ha realizado un registro en tiempo real del ensayo mediante el puerto de comunicaciones Bluetooth del que dispone la CPU de LEGO. El tiempo, el factor de servicio y la cuenta del encoder son enviados. Este registro se guarda en el Workspace de Matlab. La relación matemática entre la cuenta del encoder y el ángulo girado se puede encontrar en [9]. El único parámetro desconocido es J_m , ya que todos los demás ya han sido previamente obtenidos. Para este ensayo es necesario configurar el convertidor del motor en modo *coast/float*. En este modo, el motor es desconectado completamente de la batería en la fase de frenado. Como consecuencia, el par motor es igual a cero y (3) se reduce a:

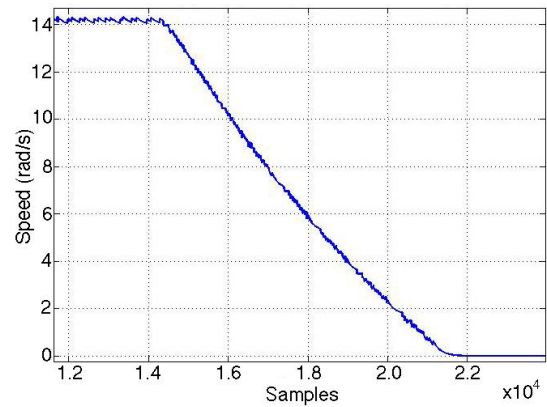


Fig.6: Respuesta del motor en modo coast/float

$$J_m \cdot \frac{d\omega(t)}{dt} + D_m \cdot \omega(t) + T_r(t) = 0 \quad (8)$$

El motor es acelerado hasta llegar a régimen permanente y después es desconectado. La Figura 6 muestra el transitorio obtenido con el ensayo. El valor final obtenido de J_m es $3.38 \cdot 10^{-3} \text{ kgm}^2$. También se ha realizado otro tipo de ensayo para contrastar el valor de la inercia. En este caso, la variable de entrada, que es la tensión del motor, se ha utilizado como señal de entrada a un algoritmo basado en mínimos cuadrados lineales. Dicho algoritmo minimiza el error que se obtiene entre el ensayo registrado y la simulación con el modelo del motor. La inercia del motor y la constante del motor se dejan como grados de libertad. Como consecuencia de este método se han obtenido valores muy similares a los obtenidos anteriormente.

Finalmente se ha diseñado e implementado un control PID para comprobar los resultados. Se ha utilizado la librería de Matlab ECRobot, la cual se encuentra detallada en [10]. La Figura 7 y 8 muestran la comparación entre la simulación y el ensayo de la velocidad angular y el ángulo girado del motor. Como se puede ver, el modelo obtenido responde de forma similar al motor real.

A continuación, en la Sección 4 se describe en detalle el modelo del robot.

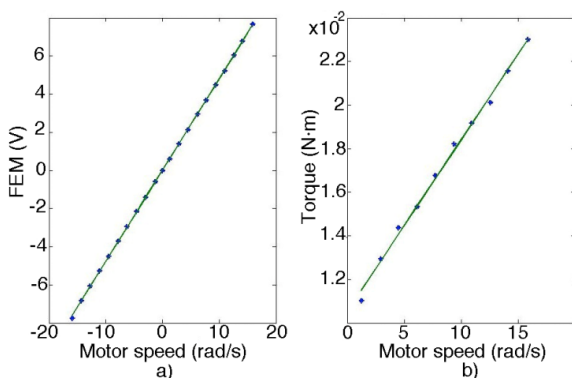


Fig.5: Regresión lineal para a) K_e y K_t y b) fricción viscosa. Se han utilizado velocidades positivas y negativas

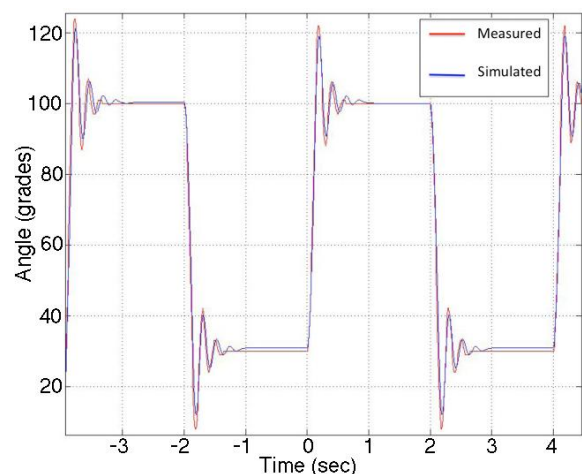


Fig.7: Comparación entre ensayo y simulación para el ángulo girado del motor.

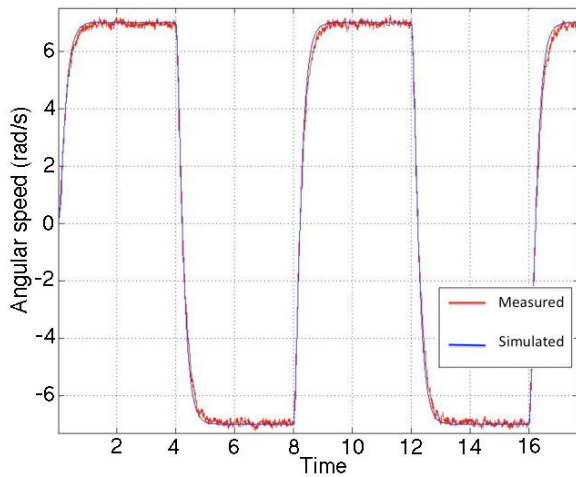


Fig.8: Comparación entre ensayo y simulación para la velocidad angular del motor.

IV. MODELO DEL ROBOT

El comportamiento del robot es como un péndulo invertido en dos dimensiones. Como se ha comentado previamente en la Sección 2, se ha asumido que los dos ejes en los que se puede dividir el movimiento son independientes. Por tanto, el modelo que se describe a continuación es unidimensional y será duplicado para el otro eje.

Por otro lado, se asume que la fricción que existe entre la esfera y la superficie es muy alta, por lo que no existe deslizamiento. Esto implica que la velocidad lineal se puede calcular como el producto del ángulo girado por el radio de la esfera. De igual modo, se puede asumir que la fricción entre la parte inferior del chasis del robot y la esfera es prácticamente nula y, por tanto, se puede despreciar en el modelo.

Las ecuaciones de dinámica de Newton-Euler se han utilizado en este caso. Sin embargo, se pueden utilizar otro tipo de ecuaciones para modelar el robot como en el caso de [6], en el que se utilizan las ecuaciones de Euler-Lagrange. La Figura 9 muestra el esquema de la dinámica y cinemática del robot.

Las ecuaciones del robot obtenidas a partir de este esquema son:

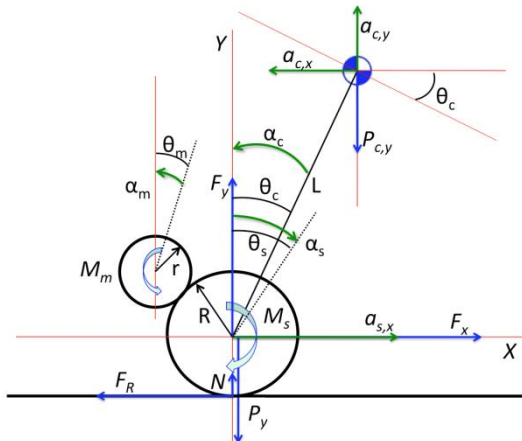


Fig.9: Esquema de la dinámica y cinemática del robot

$$F_x = m_c \cdot a_{c,x} \quad (9)$$

$$F_y - m_c \cdot g = m_c \cdot a_{c,y} \quad (10)$$

$$-M_z + F_x \cdot L \cdot \cos\theta_c + F_y \cdot L \cdot \sin\theta_c = I_c \cdot \alpha_c \quad (11)$$

donde m_c es la masa del robot, a_c es la aceleración lineal del centro de masas, M_s es el par alrededor del centro de la esfera, I_c es el momento de inercia del robot, L es la distancia desde el centro de masas al centro de la esfera y θ_c es el ángulo de inclinación. Es importante tener en cuenta la dirección de rotación del motor en el esquema. De igual modo, las ecuaciones de la esfera y de la rueda se pueden escribir como:

$$F_x - F_r = m_s \cdot a_{s,x} \quad (12)$$

$$F_y + m_s \cdot g - N = 0 \quad (13)$$

$$M_s + F_r = I_s \cdot \alpha_s = \frac{I_s}{R} \cdot a_{s,x} \quad (14)$$

donde m_s es la masa de la esfera, a_s es la aceleración lineal de la esfera, F_r es la fuerza de rozamiento entre la esfera y la superficie de apoyo, R es el radio de la esfera e I_s es la suma de los momentos de inercia de la esfera, del motor y de la rueda alrededor del centro de la esfera. Finalmente, la cinemática del sistema se puede escribir como:

$$a_{c,x} = a_{s,x} - \alpha_c \cdot L \cdot \cos\theta_c - \omega_c^2 \cdot L \cdot \sin\theta_c \quad (15)$$

$$a_{c,y} = \alpha_c \cdot L \cdot \sin\theta_c - \omega_c^2 \cdot L \cdot \cos\theta_c \quad (16)$$

V. RESULTADOS EXPERIMENTALES

En esta sección se presentan los resultados experimentales obtenidos de un ensayo con el robot real para validar el modelo obtenido anteriormente. Sin embargo, un ensayo en lazo abierto no se puede realizar al ser una planta inestable. Por este motivo, es necesario diseñar e implementar un regulador en lazo cerrado para poder comparar el sistema real con una simulación del modelo. En este caso, se ha escogido un control por realimentación de estado, aunque también podrían utilizarse otros algoritmos de control. Se han fijado los polos de lazo cerrado y se han despejado los valores de las ganancias para las variables realimentadas. Las variables de estado son el ángulo de inclinación, la velocidad de inclinación y la velocidad lineal. Los polos se han fijado inicialmente en una configuración Butterworth. Una vez comprobado con el robot real que se mantiene en equilibrio, el regulador se ha modificado para mejorar el comportamiento del robot. Finalmente, el amortiguamiento ζ de los dos polos dominantes se ha fijado en 0.8 y la pulsación natural se ha establecido en 0.4 veces la pulsación del polo más rápido de la planta.

Todas las señales relevantes para el análisis se han registrado y enviado en tiempo real mediante la conexión Bluetooth del que dispone la CPU de LEGO. La Figura 10 muestra la respuesta del ángulo de inclinación en grados durante el ensayo. El robot ha sido ligeramente perturbado con dos golpes para comprobar su rechazo frente a perturbaciones. En régimen permanente, el ángulo está

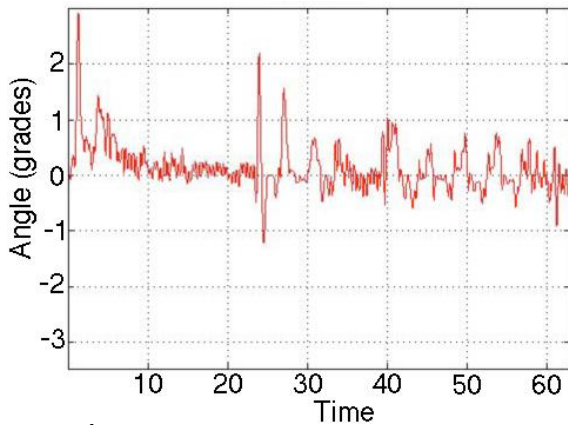


Fig.10: Ángulo de inclinación durante el ensayo con el control por realimentación de estado. Las perturbaciones se han aplicado a los 25 y 40 segundos

siempre en torno a cero y el robot es capaz de volver a su estado correctamente después de las perturbaciones. Se han llevado a cabo otro tipo de ensayos para comprobar su comportamiento frente a otro tipo de perturbaciones y frente a cambios en el modelo. A modo de ejemplo, se ha puesto el robot sobre una superficie inclinada y se ha colocado un peso sobre el robot para modificar su centro de masas y su peso. Finalmente, la Figura 11 muestra la comparación entre el robot real y el simulado frente a un cambio en la referencia de velocidad lineal.

VI. CONCLUSIONES

En este artículo se ha propuesto la puesta en marcha de un laboratorio multidisciplinar basado en el uso del LEGO Mindstorm NXT. Para ilustrar el laboratorio se ha estudiado un robot que mantiene el equilibrio sobre una esfera. Sin embargo, la herramienta de LEGO NXT permite el montaje de cualquier tipo de dispositivo móvil. Los estudiantes pueden aplicar diferentes metodologías, conocimientos y herramientas informáticas en un mismo proyecto. Además, los estudiantes pueden diseñar su propio robot, implementarlo en Solid Edge con las librerías de piezas de LEGO, obtener tanto las ecuaciones del modelo como los parámetros físicos del robot, diseñar e implementar algoritmos de control y finalmente realizar ensayos con el sistema real para comparar los resultados con los obtenidos por simulación. Como trabajo futuro se pretende mejorar el tiempo de muestreo de las señales a través del Bluetooth para obtener datos más precisos durante los ensayos.

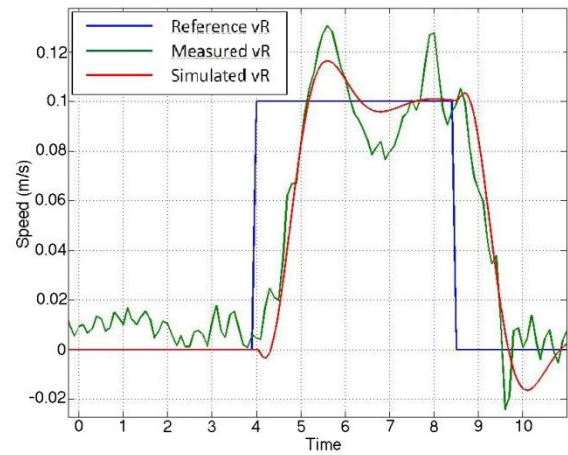


Fig.11: Comparación entre simulación y ensayo de la velocidad lineal del robot V_r

REFERENCIAS

- [1] Panadero, C. F and Román, J. V and Kloos, C. D. Impact of learning experiences using LEGO Mindstorms® in engineering courses. Education Engineering (EDUCON), 2010 IEEE, pages 503-512, 2010.
- [2] Chestnutt, J. and Lau, M. and Cheung, G. and Kuffner, J. and Hodgins, J. and Kanade, T. Locomotion among dynamic obstacles for the Honda ASIMO. Conference on Intelligent Robots and Systems, San Diego, November, pages 629-634, 2007.
- [3] Lauwers, T. B. and Kantor, G. A and Hollis, R. L. A dynamically stable single-wheeled mobile robot with inverse mouse-ball drive. International Conference on Robotics and Automation, 2006. ICRA 2006. Proceedings 2006 IEEE, pages 2884-2889, 2006.
- [4] ETH Zurich Rezero. Focus Project Ballbot. <http://www.rezero-ethz.ch>, 2010.
- [5] Fong, J., Uppill, S. and Cazzolato, B. Design and build a ballbot. Faculty of Engineering, computer and mathematical sciences. Mechatronics Honours Project. University of Adelaide, Australia.
- [6] Yamamoto, Y. NXT Ballbot Model-based Design. Applied Systems First Division, Cybernet Systems Co.14, Japan, 2009.
- [7] Gonçalves, J. and Lima, J. and Malheiros, P. and Costa, P. Sensor and actuator stochastic modeling of the Lego mindstorms NXT educational kit. 2010.
- [8] Yamamoto, Y. NXT Ballbot Building Instructions. Applied Systems First Division, Cybernet Systems Co.14, Japan, 2009.
- [9] Gasperi, M., Hurbain, P., Hurbain, I. Extreme NXT: Extending the LEGO Mindstorms NXT to the next level. Technology in action press, Berkeley, 2007.
- [10] Chikamasa, T. Embedded Coder Robot NXT Instruction Manual. Applied Systems First Division, Cybernet Systems Co.14, Japan, 2008.



sistemas, el modelado de sistemas y el procesamiento de señales.

M. Ochoa-Giménez nació en Madrid en 1986. En 2009 obtuvo el título de Ingeniero Técnico Industrial, especialidad de Electrónica Industrial, y en 2011 el título de Ingeniero en Automática y Electrónica Industrial, ambos por la Universidad Pontificia Comillas de Madrid. Desde Noviembre de 2011 trabaja como Investigador en Formación en el Instituto de Investigación Tecnológica (IIT) de la Universidad Pontificia de Comillas de Madrid. Sus áreas de estudio son los sistemas de control aplicadas a la electrónica de potencia y a la robótica, la identificación de



procesamiento de señal.

J.L. Zamora-Macho nació en Badajoz (España) en 1967. En 1991 obtuvo el título de Ingeniero Industrial, especialidad de Electrónica, por la Universidad Pontificia Comillas de Madrid (Comillas). De 1991 a 1997 fue Investigador en Formación del Instituto de Investigación Tecnológica (IIT). En 1997 se doctoró en Ingeniería Industrial por la Universidad Pontificia Comillas. Actualmente, es Investigador del IIT y Profesor del Departamento de Electrónica y Automática. Sus áreas de estudio son el control, la identificación de sistemas, la electrónica y el



Las técnicas de fabricación, la robótica, el diseño mecánico, la inteligencia artificial y la acústica.

J. Porras-Galán nació en Madrid (España) en 1972. Es Ingeniero Industrial del ICAI (1996) y Doctor Ingeniero Industrial (2001) por la Universidad Pontificia Comillas de Madrid. En 1996 se acogió a una beca de doctorado y formación docente en el Dpto. de Ingeniería Mecánica, finalizando su doctorado en Noviembre de 2001. Entre 2000 y 2001 trabajó como profesor por horas en el Dpto. de Ingeniería Mecánica. Actualmente es profesor del Dpto. de Ingeniería Mecánica del ICAI y miembro del IIT. Sus áreas de estudio son

Página en Blanco

Capítulo 5

Investigación Práctica en Educación: Investigación-Acción

Mercedes Marqués, Reina Ferrández-Berrueco

Title—Practical Research in Education: Action Research.

Abstract—This paper describes the methodology of action research, an educational research methodology in which professors investigate on their own teaching practices. In this work we also justify the need of using such methodology when professors intend to innovate or improve their teaching. Although this methodology is well known in the field of Social Sciences, it is unknown for many professors working in other areas such as Engineering. This seems to be a good reason for us to present this methodology in the scope of JENUI.

Keywords—Research in education, action research, educational innovation, practical research.

Abstract—En este artículo se expone la metodología de la investigación-acción, una metodología utilizada en investigación educativa en la que el profesor investiga sobre su propia práctica docente. En el trabajo también se realiza una justificación de la necesidad de aplicar una metodología como esta cuando nos proponemos llevar a cabo proyectos de mejora o de innovación en la docencia universitaria. Aunque esta metodología es bien conocida en el ámbito de las Ciencias Sociales, resulta desconocida para una parte importante del profesorado que trabajamos en otras áreas como las Ingenierías, por lo que consideramos muy interesante dar a conocer esta metodología en el ámbito de las JENUI.

Keywords—Investigación educativa, investigación-acción, innovación docente, investigación práctica.

I. MOTIVACIÓN

EN los últimos siete años hemos revisado cerca de 40 trabajos de investigación educativa elaborados por profesorado universitario de ingenierías en informática que han sido remitidos a JENUI o, más recientemente, a EDUCON¹. Aproximadamente, una cuarta parte de esos trabajos tenían un mismo error: una falta de coherencia en algún punto de su desarrollo. Esa falta de coherencia ha implicado su no aceptación en el congreso. Que esto suceda

con tal frecuencia es, sin duda, un motivo para reflexionar, no sólo por el rechazo sufrido sino por cómo ha afectado dicha falta de coherencia a la investigación realizada.

El profesorado que firma estos trabajos se ha tomado la molestia de intentar aplicar alguna innovación en su metodología, la ha puesto en práctica, ha medido su impacto y, más tarde, lo ha recogido todo en un informe que envía a un congreso de educación universitaria. ¿Cómo es posible que un trabajo realizado con tanto empeño resulte rechazado por una falta de coherencia? ¿Ha sido tan solo un problema al escribir el artículo o el problema se encuentra también en la investigación llevada a cabo?

Generalmente, cuando los profesores universitarios de informática investigamos en educación, no seguimos una metodología. Quizás porque, en muchas ocasiones, ni siquiera somos conscientes de que estamos investigando. Llevamos años investigando en nuestra área de conocimiento y, en cuanto a metodología investigadora se refiere, nos encontramos en el nivel de la competencia inconsciente: la habilidad investigadora ya es automática. Si nuestro objetivo es reducir el consumo de un cluster de computadores cuando lleva a cabo computaciones matriciales, realizamos distintos tipos de acciones que persiguen reducir dicho consumo (apagar nodos cuando no se usan, reducir la frecuencia del procesador en función de la carga, etc.) y medimos el consumo durante nuestras experimentaciones, por supuesto. Un análisis cuantitativo de los datos recogidos y su posterior interpretación nos ayudará a establecer modelos a seguir para conseguir nuestro objetivo: reducir el consumo energético.

Sin embargo, un profesor que busca, por ejemplo, reducir el abandono de su asignatura por parte de los alumnos, elige realizar una serie de acciones que cree que pueden ayudar a conseguirlo, pero acaba midiendo el número de aprobados sobre el número de presentados, y analizando el motivo por el cual en el grupo de la tarde las notas son mejores que en el de la mañana. En algún momento, una distracción (la diferencia de rendimiento entre los alumnos de la mañana y de la tarde) le ha apartado de su objetivo: que abandonen menos estudiantes. El trabajo no solo fue rechazado: es posible que los profesores no llegaran a saber si sus acciones tuvieron el efecto deseado.

Se puede decir que muchos profesores universitarios de informática nos encontramos, en cuanto a investigación educativa se refiere, en el nivel de la incompetencia inconsciente: no sabemos, y no sabemos que no sabemos.

¹ Este trabajo fue presentado originalmente a las XVII JENUI de 2011.

M. Marqués pertenece al Departamento de Ingeniería y Ciencia de la Computación, Universitat Jaume I de Castellón, España (teléfono: +34 964 728298; fax +34 964 728486; e-mail: mmarques@uji.es).

R. Ferrández pertenece al Departamento de Educación, Universitat Jaume I de Castellón, España (e-mail: ferrande@uji.es).

¹ Annual Global Engineering Education Conference Sponsored by the IEEE Education Society.

Mediante este trabajo pretendemos que, quienes se encuentren en esta situación, puedan pasar al nivel de la incompetencia consciente: que sepan lo que no saben. Cuando uno se encuentra en este nivel del aprendizaje, es consciente de sus limitaciones y está en disposición de aprender para compensarlas. Pasar al siguiente nivel, el de la competencia consciente, es sólo cuestión de ponerse manos a la obra: llevar a cabo proyectos de investigación educativa de manera sistemática. Seguir la metodología de la investigación-acción es nuestra propuesta.

Para presentar esta metodología, introducimos en el siguiente apartado la figura del profesor investigador como el profesor que investiga sobre su propia práctica. La metodología que usa habitualmente el profesor-investigador es la investigación-acción, que se introduce en el apartado III, y se presenta con detalle en los apartados IV y V. El apartado IV se centra en la identificación del problema o área de mejora, y el apartado V recorre las etapas que siguen a esta identificación y que conforman un ciclo de investigación-acción. Cerramos este trabajo en el apartado VI con unas conclusiones que servirán para valorar la metodología expuesta.

II. EL PROFESOR-INVESTIGADOR

La investigación educativa se ha realizado casi siempre lejos de las aulas. Expertos en psicología y expertos en educación elaboran teorías sobre el aprendizaje y construyen conocimiento de carácter universal que es validado experimentalmente. El profesorado, en las aulas, se encuentra muchas veces problemas diferentes a los abordados por los investigadores, y el conocimiento educativo que utiliza es el que valida con su propia práctica.

Recientemente, ha surgido una nueva manera de entender la relación entre enseñanza e investigación, considerando ambas como una actividad integrada. Desde luego, tiene sentido esta visión integrada, ante la cual podemos plantearnos si no deberían entrar en las aulas los investigadores para entender la naturaleza de la enseñanza. Sin embargo, existen multitud de argumentos [5] en contra de que los profesores sean objeto de investigación por parte de personas externas: la práctica educativa es compleja, los datos recogidos en una primera observación serán distintos de los recogidos en la siguiente, cada profesor se rige por unas teorías implícitas y unas intenciones, del mismo modo que el alumnado tiene sus propias percepciones. Demasiadas variables para tenerlas en cuenta en unas observaciones puntuales.

Sabemos que la enseñanza no es una actividad técnica, que no se rige por leyes científicas ni consiste solamente en aplicar teorías. Son los profesores, gracias a su actividad cotidiana, quienes disponen de los datos necesarios para comprender lo que sucede en las aulas.

El movimiento del profesorado como investigador surge, pues, de la mano de Stenhouse [11], un pedagogo británico que defendía que son los mismos profesores quienes deben estudiar su propia labor y reflexionar sobre ella de manera crítica. Se trata de que el profesorado pruebe las teorías educativas en sus clases y que, de esta manera, la teoría se desarrolle a través de la práctica. Elliot [3] va más allá: de ver la práctica como espacio de aplicación de la teoría, pasa a considerar que la reflexión sobre la práctica puede llegar a

revelar la teoría inherente a la misma, y que incluso permite teorizar sobre la práctica.

La figura del profesor-investigador (el profesor que investiga sobre su propia práctica) ha ido cogiendo fuerza en los últimos años en los niveles de enseñanza obligatoria [7, 2]. Como indica Latorre [5]:

«La literatura especializada destaca el éxito de la investigación como modelo de formación de los docentes de primaria y secundaria. A través de la investigación, el profesorado puede llegar a profesionalizarse, a interesarse por los aspectos pedagógicos de la enseñanza, y a motivarse por integrar investigación y docencia; todo ello conduce a una mayor satisfacción profesional, a mejorar los programas académicos y el aprendizaje del alumnado, y a avanzar en el conocimiento educativo. Desde esta perspectiva, la capacitación del profesorado no depende tanto de la asimilación de teorías y técnicas científicas, ni del aprendizaje de competencias didácticas como del desarrollo de la comprensión reflexiva sobre su práctica, y de la reflexión e indagación de sí mismos. Lo anterior no significa que desestimemos las competencias didácticas del docente, sino que la docencia, considerada como actividad investigadora, requiere un nuevo perfil de docente. No se trata de sustituir unas cualidades por otras, sino de integrar ambas en el perfil de docente investigador, que supere la situación actual donde docencia e investigación continúan separadas.»

En cuanto al ámbito universitario, la figura del profesor-investigador también está emergiendo gracias, en parte, a la influencia de los programas de formación del profesorado universitario [9], y también a la moderna preocupación por evaluar la eficacia de las universidades [10].

III. LA INVESTIGACIÓN-ACCIÓN

Entre las distintas metodologías de investigación educativa, la que se adapta al perfil del profesor-investigador es la denominada investigación-acción. Elliot [3] define la investigación-acción como «un estudio de una situación social con el fin de mejorar la calidad de la acción dentro de la misma». Así, la investigación-acción conlleva la comprobación de ideas en la práctica como medio para mejorar las condiciones sociales e incrementar, a la vez, el conocimiento. En este proceso de investigación la importancia principal está en la acción: es la que conduce la investigación y es la fuerza que la motiva.

Latorre [5] hace una amplia revisión de las características de la investigación-acción desde la perspectiva de distintos autores. Recogemos aquí las que consideramos de mayor relevancia:

- *Es cíclica.* Cada ciclo se inicia considerando un problema práctico, que se analiza con el objetivo de mejorar la situación en la que tiene lugar. A continuación, se elabora un plan estratégico que se lleva a cabo a la vez que se observa su desarrollo y sus resultados. Por último, se analizan estos resultados, se reflexiona y se evalúa el impacto de la acción, siendo habitual que esto dé lugar a la identificación de otra área de mejora sobre la que iniciar un nuevo ciclo.
- *Es crítica.* En la investigación-acción se reflexiona de manera objetiva sobre el proceso y sobre sus resultados; implica registrar y analizar también nuestros propios

juicios, reacciones e impresiones en torno a lo que ocurre.

- *Es participativa y colaborativa.* La investigación-acción implica al investigador como foco principal de la investigación, pero debe realizarse junto a otras personas, debe ser un trabajo colaborativo ya que esta manera de trabajar enriquece todo el proceso. Estas personas serán los propios alumnos involucrados en la investigación, también profesores de la misma asignatura o profesores que buscan el mismo tipo de mejora, o simplemente compañeros que están dispuestos a compartir una discusión de trabajo con una postura crítica.
- *Es una forma rigurosa y sistemática de investigación.* La investigación-acción lleva a generar teoría desde la práctica.

La investigación-acción propone, pues, mejorar la educación a través del cambio y aprender a través de las consecuencias de los cambios. Y dichos cambios no se producirán solamente a nivel práctico, también se darán a nivel mental. Esto significa que se debe estar dispuesto a cambiar la propia comprensión no sólo de la situación real que requiere un cambio, sino también de otros aspectos relacionados con el aprendizaje, la enseñanza y la evaluación. Los estudios realizados sobre las creencias de autoeficacia docente de los profesores [8] (capacidad percibida para ayudar a nuestros alumnos a aprender) demuestran que son estas creencias el motor principal de nuestra actuación docente. Los profesores tendemos a emplear más o menos estrategias didácticas en función del grado de confianza que tenemos para utilizarlas de forma eficaz, en función de nuestras creencias en cuanto a nuestra autoeficacia. Poner en práctica cambios requiere, o conlleva, según se vea, aumentar el sentimiento de autoeficacia. Y para ello no siempre es suficiente aprender nuevas estrategias didácticas; quizás necesitemos cambiar creencias sobre el aprendizaje, sobre la enseñanza, sobre la evaluación, sobre nosotros mismos y, cómo no, sobre nuestros estudiantes.

Una vez introducida la metodología de la investigación-acción, los siguientes apartados detallan cada una de las etapas a seguir en un proyecto de este tipo.

IV. EL FOCO DE UN PROYECTO DE INVESTIGACIÓN-ACCIÓN

La etapa con la que se inicia todo proyecto de investigación-acción es la identificación del área que queremos mejorar, lo que denominamos el problema o, en general, el foco del proyecto. Tras esta etapa vendrán uno o varios ciclos de investigación-acción, cuyas fases se detallan en el apartado V.

Antes de entrar en materia, detengámonos por un momento en el profesor que va a llevar a cabo la investigación. En el apartado II se ha dejado constancia de que el profesor-investigador resulta un modelo adecuado para la formación inicial del profesorado, tanto de primaria y secundaria [5], como de universidad [9]. Tanto creemos que esto es así, que a nuestros estudiantes del Máster en Profesorado de Secundaria que impartimos en la Universitat Jaume I, les pedimos hacer uso de esta metodología para llevar a cabo su Trabajo Final de Máster. Pero no sólo en

formación inicial es adecuado este método, también lo es en cualquier etapa del desarrollo profesional del docente.

Valero-García [12] nos muestra las etapas que caracterizan el desarrollo profesional de los docentes según Kugel [4]. En cada una de estas etapas, el foco de atención es distinto y, en consecuencia, las preguntas que se plantea el profesor también lo son. Como se observa en la tabla de la Fig. 1, al principio de la carrera docente el profesor centra la atención en sí mismo. Pasar de esta primera etapa a la segunda es cuestión de tiempo, ya que lo que el profesor necesita es coger confianza y sentirse cómodo en clase. Sin embargo, pasar de la segunda etapa a la tercera puede ser un proceso largo, o puede ser traumático (como en el caso del profesor Valero-García), o puede ser que todavía no haya sucedido. Plantearnos una mejora educativa mediante la investigación-acción nos permitirá entrar de lleno en esta tercera etapa ya que el foco de atención de un proyecto de este tipo deben ser los alumnos.

Suponiendo, pues, que nos encontramos ante una situación de nuestra práctica docente que queremos mejorar, llevar a cabo un proyecto de investigación-acción requiere plantearnos una pregunta de este estilo: «¿Qué puedo hacer para mejorar mi práctica docente?». Es esencial la manera en que se plantea la pregunta: el foco son los alumnos, pero el sujeto es el propio profesor. Así, son ejemplos correctos de preguntas: «¿Qué puedo hacer para que mis alumnos aprendan de manera autónoma? ¿Qué puedo hacer para que mis alumnos estén motivados?». Mientras que los siguientes ejemplos corresponden a formulaciones incorrectas: «¿Por qué muchos de mis alumnos acaban abandonando la asignatura? ¿Por qué mis alumnos no piensan?».

Resulta interesante, en esta etapa inicial, preguntarse también porqué hemos identificado este área de mejora, cuál es la preocupación que nos mueve a cambiar. De este modo, descubriremos algunas de nuestras creencias (y valores), ya que, como se ha citado anteriormente, son el motor de nuestra actuación docente.

V. FASES DE UN CICLO DE INVESTIGACIÓN-ACCIÓN

Tras la identificación del problema iniciaremos un primer ciclo de investigación-acción que consta de las fases que se detallan a continuación.

Foco de atención	Preguntas que caracterizan esta etapa
Yo mismo	¿Seré aceptado por mis alumnos? ¿Sobreviviré a la siguiente clase? ¿Descubrirán que después de todo tampoco sé tanto de este tema?
Mi temario	¿Cómo puedo explicar este tema con la mayor claridad? ¿Cuáles son los mejores ejemplos? ¿Cómo puedo mejorar mi colección de transparencias?
Mis alumnos	¿Por qué no están aprendiendo? ¿Qué otras cosas puedo hacer para que lo aprendan? ¿Cómo puedo hacer que sean más autónomos?

Figura 1: Etapas que caracterizan el desarrollo profesional de los docentes, según Kugel [4] (tabla tomada de ValeroGarcía [12]).

A. Fase 1: Estudio del Problema

Una vez tenemos clara el área de mejora sobre la que queremos actuar, debemos realizar un reconocimiento de la misma, un diagnóstico. Necesitamos evidencias que nos sirvan de punto de partida y con las que poder comparar cuando estemos llevando a cabo nuestras acciones de mejora. Nos fijaremos también en qué contexto tiene lugar el problema, en qué medida es un problema y qué es lo que sucede realmente.

Una vez realizado el diagnóstico podemos lanzar hipótesis sobre posibles acciones y cómo podrían ayudar a mejorar la situación problemática que queremos cambiar.

Es en esta fase cuando se debe realizar una revisión bibliográfica, tanto sobre el tema de nuestra investigación como de las acciones que hemos considerado en nuestras hipótesis. Las fuentes consultadas darán solidez al informe que escribiremos más adelante para dar a conocer nuestra investigación, un informe que podrá ser enviado a la próxima edición de JENUI.

B. Fase 2: Elaboración del Plan de Acción

En este momento, nos encontramos en disposición de diseñar nuestro plan de mejora: el plan de acción. Este plan guardará coherencia con el diagnóstico del problema realizado en la fase 1 y con la información obtenida en la revisión documental realizada en esa misma fase.

El plan de acción debe ser estratégico, debe contener los pasos a realizar, el cronograma que se va a seguir, las personas que van a intervenir, las metas a conseguir. Debemos trazar planes flexibles ya que podemos encontrar limitaciones (materiales, organizativas, sociales) que requieran introducir cambios.

Además, el plan de acción debe contener una serie de indicadores que serán los que utilizaremos para medir el impacto de la mejora. Hay que prestar una especial atención aquí ya que, durante la acción, se deberá observar cualquier situación que contenga dichos indicadores. Esta observación se realizará para tomar datos que puedan servir como evidencias del cambio. Es importante tener en cuenta la relevancia de las evidencias: deben servir para demostrar que lo que ha ocurrido es debido a la intervención realizada, que realmente ha sido su influencia la que ha provocado el cambio.

C. Fase 3: Acción y Observación

Durante la puesta en práctica del plan de acción es necesario supervisar que ésta se lleva a cabo del modo planificado, a la vez que documentar el proceso de investigación. Se trata, pues, de obtener evidencias de que el plan de acción se está ejecutando y de que lo que se está haciendo tiene un impacto. En esta fase es fundamental registrar con detalle cómo se desarrolla la acción (por ejemplo, mediante un diario), y también recoger todos los datos relacionados con los indicadores que hayamos fijado en la fase anterior. La recolección de estos datos debe ser sistemática y, si es posible, debe llevarse a cabo desde tres perspectivas distintas:

- Observando el efecto de la acción, tanto por parte del investigador como por parte de otros colegas. El investigador puede registrar en un diario sus observaciones y a la vez reflexionar sobre lo sucedido.

Cuando es otro quien nos observa, es importante que lo haga utilizando una guía de observación [1].

- Preguntando a los estudiantes implicados en la investigación mediante cuestionarios, entrevistas, grupos de discusión, etc.
- Analizando todo tipo de material relacionado con los indicadores establecidos: grabaciones (audio o vídeo), trabajos de alumnos, diarios de clase, exámenes, etc.

El objetivo al recoger la información es reducir la situación real a una representación que nos resulte más fácil de analizar.

D. Fase 4: Reflexión

Con esta fase finaliza un ciclo de investigación-acción. Es el momento de analizar e interpretar los datos recogidos para obtener evidencias que prueben los efectos de la acción. Esta fase resultará compleja ya que los datos son irrepetibles y pueden ser interpretados de distintas formas; es, al fin y al cabo, una investigación cualitativa, habitual en las Ciencias Sociales y nada frecuente en las Ingenierías. Es quizás en esta fase donde más expuestos estamos a caer en incoherencias, por lo que requiere de cierto rigor. Es preciso cuestionarse cómo se llega a cada conclusión y si hay otras formas de interpretar la información; ser consciente de lo que se está dando por sentado, qué suposiciones son las que llevan a las conclusiones a las que estamos llegando; qué punto de vista se está adoptando y si hay algún otro punto de vista que se deba considerar. Desde luego que en el ámbito de la investigación social existen estrategias que permiten validar una investigación de este tipo, pero consideramos que hacer un repaso de las mismas queda fuera de la intención de este trabajo.

En ningún momento se debe perder de vista la situación que se quería mejorar para poder argumentar correctamente cómo se ha hecho evidente esa mejora.

La reflexión que se realiza tras el análisis y la interpretación de los datos debe permitirnos teorizar, construir modelos, y también adoptar una postura crítica. Una investigación-acción no tiene un punto final porque siempre plantea nuevos interrogantes. No siempre funcionan las estrategias utilizadas para dar una solución al problema; o sí funcionan, pero surgen nuevas situaciones que requieren nuevos cambios, así que es habitual que en este punto se inicie un nuevo ciclo de investigación-acción.

El último paso de esta fase consiste en elaborar un informe de la investigación que se ha llevado a cabo: el artículo que enviaremos a JENUI, u otros congresos o revistas [6]. Quienes asistimos a estas jornadas cada año sabemos que la mejor manera de validar una investigación docente es haciéndola pública en un entorno como JENUI.

VI. CONCLUSIONES

En este trabajo hemos presentado la metodología de investigación-acción como una propuesta para realizar nuestras investigaciones educativas en el ámbito de la enseñanza universitaria de la informática. Esta metodología, además de ser una guía sistemática que nos permitirá llevar a cabo investigaciones coherentes, también nos ayudará a evolucionar en nuestro desarrollo profesional cambiando no sólo nuestras prácticas sino también nuestras ideas, nuestras

concepciones sobre la enseñanza, el aprendizaje y la evaluación.

Centrar el foco de la investigación en un cambio de la práctica docente para mejorar el aprendizaje es sólo el primer paso. Realizar un completo diagnóstico de la situación concreta a mejorar, hacer una revisión bibliográfica, diseñar un plan de acción, fijar los indicadores y establecer los mecanismos para llevar a cabo la observación del proceso, son pasos que constituyen, de por sí, una garantía para la mejora. Queda poner en práctica el plan de acción, observar y, a continuación, evaluar la acción y reflexionar de manera crítica. Muy probablemente, encontraremos que la situación seguirá siendo susceptible de mejora, por lo que volveremos a planificar, actuar, observar y reflexionar en un nuevo ciclo de investigación-acción. Y, en algún momento, al cerrar alguno de estos ciclos, elaboraremos un informe para dar a conocer nuestros resultados de investigación.



Mercedes Marqués Nació en Valencia en 1965. Obtuvo su título de Licenciada en Informática en la Universidad Politécnica de Valencia en 1990 y es Doctora en Informática por la Universitat Jaume I de Castelló desde 2010.

Es Profesora Titular de Universidad en el Departamento de Ingeniería y Ciencia de los Computadores de la Universitat Jaume I de Castellón, en la que imparte clases desde 1993. Ha publicado más de 20 artículos sobre docencia, ha dirigido diversos proyectos de

innovación educativa y lidera el Seminario Permanente de Innovación Educativa sobre Eficiencia Docente en Informática, dedicado a la práctica reflexiva de la docencia. Además, imparte cursos de formación para profesorado universitario y de enseñanza secundaria. Actualmente es coordinadora de la especialidad de Ciencias Experimentales y Tecnología del Máster en Profesor/a de Educación Secundaria Obligatoria y Bachillerato, Formación Profesional y Enseñanzas de Idiomas.

La Dra. Marqués es miembro de AENUI, la Asociación de Enseñantes Universitarios de la Informática. Obtuvo el Premio a la Excelencia Docente Universitaria correspondiente al curso 2011/2012 de la Universitat Jaume I de Castelló.

- ### REFERENCIAS
- [1] J. M. Barceló, T. Cortes, A. Fernández, J. García, E. Morancho, and M. Valero-García, "Observar las clases de nuestros compañeros puede ayudarnos a mejorar (y a ellos también). Un experimento y una propuesta", Report UPC-DAC-1999-66, Universitat Politècnica de Catalunya, 1999. Disponible en web.
 - [2] A. Bosco, "La construcción de la innovación educativa en el marco de un proyecto de investigación: el caso del School+ y la investigación-acción", *Educar*, núm. 34 (2004), pp. 131-157.
 - [3] J. Elliot, *El cambio educativo desde la investigación acción*, Morata, 1993.
 - [4] P. Kugel, "How professors develop as teachers", *Studies in Higher Education*, vol. 18, núm. 3, 1993.
 - [5] A. Latorre, *La investigación-acción. Conocer y cambiar la práctica educativa*, Graó, 2003.
 - [6] D. López, "Investigar en educación: guía práctica", JENUI 2009.
 - [7] A. Martín Muñoz, T. Muñoz Arrabal, and A. Rodríguez Cardena, "Experiencias de investigación-acción sobre el aprendizaje por descubrimiento de los circuitos eléctricos", *Enseñanza de las Ciencias*, núm. 7(2) (1989), pp. 168-172.
 - [8] L. Prieto Navarro, *Autoeficacia del profesor universitario: eficacia percibida y práctica docente*, Narcea, 2007.
 - [9] S. Rodríguez Espinar, "Nuevos retos y enfoques en la formación del profesorado universitario", *Revista de Educación*, núm. 331 (2003), pp. 67-99.
 - [10] M. Rodríguez Rojo, "La investigación cualitativa acerca sus pasos a la universidad", *Educar*, núm. 34 (2004), pp. 97-111.
 - [11] L. Stenhouse, *La investigación como base para la enseñanza*, Morata, 1987.
 - [12] M. Valero-García, "El desarrollo profesional del docente: una visión personal", 2010. Disponible en web.



Reina Ferrández-Berruero Nació en Santander en 1966. Obtuvo su título de Licenciada en Filosofía y Ciencias de la Educación en la Universitat de València en 1989 y es Doctora en Ciencias de la Educación por la Universitat de València desde 1999.

Es Profesora Titular de Universidad en el Departamento de Educación de la Universitat Jaume I de Castellón, en la que imparte clases

desde 2001, si bien se encuentra vinculada a la misma desde 1992 como responsable de la puesta en marcha de los sistemas de evaluación de la docencia y calidad universitaria. Toda su actividad investigadora se ha centrado en la calidad en educación sobre todo en lo relacionado a procesos de mejora e indicadores de calidad en educación superior, habiendo participado en varios proyectos europeos a este respecto. Su actividad docente y profesional se integra dentro del área de métodos de investigación en educación siendo asesora en este aspecto de multitud de proyectos de investigación en el ámbito educativo. Ha dirigido diversos proyectos de innovación educativa y ha sido la impulsora y coordinadora del Máster en Profesor/a de Educación Secundaria Obligatoria y Bachillerato, Formación Profesional y Enseñanzas de Idiomas hasta julio de 2012.

Página en Blanco

Capítulo 6

Contenidos Audiovisuales en la Docencia Universitaria: de su Producción a la Validación de su Eficacia como Material Educativo

Carina S. González-González, Román Estévez, David Cabrera-Primo, Pablo China-Martín

Título— Contenidos audiovisuales en la docencia universitaria: de la producción a la validación de su eficacia como material educativo.

Resumen— El Espacio Europeo de Educación Superior plantea un nuevo modelo de enseñanza-aprendizaje que requiere la creación de nuevos entornos de enseñanza-aprendizaje, más centrados en los estudiantes, en la adquisición de competencias y la evaluación continua. En este sentido, la creación de materiales didácticos, especialmente en formatos digitales, que faciliten el aprendizaje autónomo y su oferta en la red a través de repositorios públicos juega un papel estratégico. Por otra parte, la explosión del fenómeno de los MOOCs (Cursos Online Masivos en Abierto) durante 2012 y la creciente expansión de cursos abiertos con contenidos en formato audiovisual, despiertan interrogantes en cuanto a la eficacia de este tipo de contenidos frente a los tradicionales. Por ello, en este artículo analizaremos como caso particular, el sistema de producción de contenidos audiovisuales de la Universidad de La Laguna, presentando su evaluación por parte del profesorado así como de la comprobación de la eficacia en el aprendizaje de las píldoras audiovisuales por parte del alumnado. Los resultados que se presentan en este artículo muestran a un profesorado universitario predispuesto para la producción de contenidos audiovisuales y a un alumnado que demuestra la eficacia de los contenidos audiovisuales como material educativo frente a los materiales tradicionales impresos.

Palabras clave— Contenidos Audiovisuales, Experiencia, Media, Recursos Didácticos, Software, TIC, Universidad, Vídeos Educativos.

Carina S. González-González es Dr. Informática. Profesora del Departamento de Ingeniería en Sistemas y Automática y Arquitectura y Tecnología de Computadores. IP Grupo i-TED (Interacción, Tecnología y Educación). Universidad de La Laguna. Dirección postal: Avda. Astrofísico Sánchez S/N, CP 30206, La Laguna, Tenerife.; e-mail: cjgonza@ull.es.

Román Estévez es Licenciado en Pedagogía, Magister en Informática. Grupo i-TED (Interacción, Tecnología y Educación). Universidad de La Laguna. (e-mail: romceg@ull.edu.es)

David Cabrera Primo es Ingeniero Informático. Grupo i-TED (Interacción, Tecnología y Educación). Universidad de La Laguna. (e-mail: dacapri@ull.es).

Pablo China-Martín es Ingeniero Informático. Universidad de La Laguna. (email: pchina@ull.es).

I. INTRODUCCIÓN

La aportación más significativa de las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC en adelante) aplicadas a la enseñanza universitaria es su capacidad para vertebrar soluciones dentro de los diversos procesos de actualización y mejora de la enseñanza y el aprendizaje en la universidad. Las TIC posibilitan el desarrollo de una enseñanza abierta y flexible no exclusivamente desarrollada en el aula y, por tanto, se muestran como uno de los instrumentos más prometedores, aportando soluciones para el desarrollo de una docencia que prioriza como puntos fuertes el diseño formativo basado en el desarrollo de las capacidades del alumno y la tutoría, aspectos claves del Espacio Europeo de Educación Superior (EEES en adelante).

El EEES plantea un nuevo modelo de enseñanza-aprendizaje en donde los estudiantes tendrán que dedicar más número de horas al trabajo personal y los profesores impartirán menos clases teóricas. En este sentido, la incorporación de las TIC en la docencia universitaria juega un papel clave, en concreto las plataformas de teleformación que permiten las modalidades de enseñanza-aprendizaje online actualmente más extendidas de eLearning y bLearning [1]. Asimismo, el auge de los smartphones (teléfonos inteligentes) y tablets (tabletas), han facilitado el impulso de unos tipos de contenidos digitales distintos a los tradicionales textos en pantalla y ha propiciado la investigación y experimentación de nuevas prácticas educativas y materiales didácticos audiovisuales acordes a las características de los nuevos dispositivos. Esta modalidad se ha denominado “Mobile Learning” (m-Learning).

En esta búsqueda de nuevos modelos de docencia en red que potencien la calidad de la enseñanza en el modelo del EEES, las universidades han seguido diferentes caminos y han encontrado algunas soluciones comunes que dan respuesta a la necesidad de producir y gestionar contenidos audiovisuales, al mismo tiempo de velar por la calidad y eficacia de los mismos. En cuanto a la gestión de la producción de contenidos audiovisuales en las universidades, podemos destacar algunas soluciones de software libre que se han extendido en las universidades

españolas por su solidez y madurez a nivel de implantación y desarrollo: POLIMEDIA, PUMUKIT o OPENCAST MATTERHORN [2, 3].

Por ello, en este trabajo analizaremos como caso particular, la experiencia desarrollada en la Universidad de La Laguna, analizando la herramienta de producción y gestión audiovisual dpCat (del inglés dynamic production catalog) [4] en la cual se basa el servicio ULLMedia [5], y la evaluación del profesorado [6] y el alumnado sobre la utilidad y eficacia de los contenidos audiovisuales [7].

II. PRODUCCIÓN DE CONTENIDOS EDUCATIVOS AUDIOVISUALES

Normalmente el profesorado universitario usa sistemas generales comerciales como Youtube para albergar y utilizar videos en su docencia, así como también utiliza el Campus Virtual como plataforma para albergar el contenido multimedia [8]. En este ultimo caso, supone el problema adicional que el contenido multimedia sobrepasa los recursos de espacio disponibles en el Campus Virtual. Por este motivo, en las universidades se han desarrollado distintos sistemas de producción de contenidos audiovisuales, que funcionan como repositorio digital de objetos multimedia al mismo tiempo que permiten su distribución y publicación en los diferentes repositorios federados.

Para la creación de los sistemas de contenidos audiovisuales la mayoría de universidades sigue la arquitectura PDP (Producción, Distribución y Publicación) [5]. En esta arquitectura se pueden diferenciar tres niveles que forman parte del proceso de creación de contenidos audiovisuales:

- El *nivel de producción*, se refiere a los distintos procesos necesarios para la creación de contenidos audiovisuales, bien a través de programas informáticos o bien a través de señales de audio y vídeo.
- El *nivel de distribución*, se refiere a los distintos procesos necesarios para hacer llegar los contenidos digitales a los usuarios, siendo necesario la correcta catalogación, indexación y almacenamiento de los mismos a través de esquemas complejos de metadata y repositorios accesibles de manera síncrona y asíncrona.
- El *nivel de publicación*, se refiere a los procesos necesarios para difundir los contenidos digitales a todo el público potencial.

Como iniciativas actuales más relevantes en el ámbito de los sistemas PDP de contenidos audiovisuales, podemos citar al proyecto internacional Opencast [9] y al proyecto español ARCA [10]. Opencast es una iniciativa dirigida por instituciones universitarias para ofrecer una guía e información para ayudar a elegir la mejor opción para distribución y uso de recursos multimedia online. En cuanto a ARCA, es un proyecto creado para federar la información relativa a los contenidos multimedia y emisiones vía streaming que ofrecen los integrantes de la red académica y de investigación nacional RedIRIS. Podemos decir que ARCA es un agregador RSS para la comunidad académica, que recoge automáticamente toda la información presente en una serie de documentos .XML que las distintas instituciones adscritas elaboran con información sobre sus

contenidos y la integra en una base de datos para mostrársela al usuario de forma inteligible, navegable y susceptible de búsquedas.

En un análisis de las soluciones utilizadas por otras universidades que envían sus contenidos a ARCA se observan dos tendencias: a) crear sistemas propios o bien b) utilizar la solución creada por la Universidad de Vigo, denominado PuMuKIT. Como mencionamos anteriormente, destacan las soluciones de la PuMuKIT de Universidad de Vigo y Polimedia de la Universidad Politécnica de Valencia, al ser proyectos consolidados y que se han extendido al resto de universidades. Como herramientas relevantes en el ámbito internacional, citaremos a los sistemas de grabación y distribución de clases magistrales Project Box [11], EYA [12], VirPresenter [13], y CARMUL [14], entre otros.

En la siguiente sección describiremos la experiencia llevada a cabo en la Universidad de La Laguna en el desarrollo y puesta en marcha de un sistema PDP de contenidos digitales para la docencia universitaria, denominado ULLMedia.

III. HACIA UNA SOLUCIÓN AUTOMATIZADA: EL CASO DE LA UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Como el resto de universidades españolas, la Universidad de La Laguna se encuentra inmersa en los procesos de cambio motivados por el EEES y la sociedad de la información. Por ello, con el objetivo de impulsar la innovación educativa y la introducción de las TIC en los procesos de enseñanza-aprendizaje y en concreto, en relación al Objetivo 1.4 “Promoción de contenidos educativos digitales” del Eje Estratégico 1 Enseñanza-Aprendizaje de la CRUE-TIC, se desarrollan y ponen en marcha dos proyectos relacionados con los contenidos digitales: el proyecto de Creación del Centro de Producción, Publicación y Distribución de Contenidos Digitales [15] y el proyecto Estructurante TIC y Educación [16]. Asimismo, se incorporan a la Convocatoria de Proyectos de Innovación Educativa de la Universidad de La Laguna los aspectos relacionados con los procesos de integración de las TIC en la docencia universitaria, con diferentes tipos de proyectos, entre los cuales, se introducen los proyectos de creación de Materiales Didácticos Digitales (MDD), destinados a la creación de materiales digitales, audiovisuales o interactivos, módulos de aprendizaje y laboratorios virtuales y artículos docentes, en formato de objetos de aprendizaje y los proyectos de creación de contenidos en abierto, correspondientes a proyectos de creación de asignaturas completas en formato OpenCourseWare (OCW) [17]. Como respuesta a este impulso a los contenidos digitales dentro de los proyectos tecnológicos de apoyo a la docencia universitaria, nace ULLMedia, el sistema de PDP de contenidos educativos audiovisuales para la docencia universitaria de la Universidad de La Laguna [18].

Los contenidos de ULLMedia siguen el formato de “píldora de conocimiento” de la tecnología Polimedia [19].

En su primer prototipo, se ha seguido en la fase de producción el modelo Polimedia y en la fase de publicación y distribución el modelo Pumukit. Actualmente, ULLMedia se basa en un sistema para la gestión de la producción audiovisual (SPGA) denominado dpCat, que permite automatizar el proceso completo PDP. Las características de este sistema son las siguientes:

- Solución autónoma, una única herramienta para producir, distribuir y publicar contenidos digitales. Compatible, escalable. Mínima dependencia tecnológica. Fácil de usar y administrar.
- Plataforma Web, accesible desde cualquier dispositivo, multilinguaje.
- Proceso de postproducción personalizable mediante plantillas, permite generar las píldoras de conocimiento de diferentes aspectos y características.
- Metadatos, permite la catalogar de manera estándar y compatible siguiendo los esquemas LOM y DC, permitiendo además gestionar el ciclo de vida de los metadatos de cada producción.
- Comunicación, completo sistema de notificaciones que permite comunicarse de manera muy sencilla con el sistema, además de incluir diferentes procesos de validación de la producción.
- Publicación en múltiples repositorios, incluye una videoteca privada, accesible sólo para operadores del sistema y un completo sistema de conectores que permite interactuar con diferentes plataformas públicas de publicación de contenidos audiovisuales como por ejemplo: Youtube, Vimeo, etc.

La arquitectura PDP (Fig. 1) se implementa en la herramienta dpCat de la siguiente manera:

1. **Fase de producción**, comprende dos momentos: a) procesos asociados a la generación o grabación del contenido propiamente dicho y b) el material grabado se post-produce de manera automática, sin intervención de personal técnico mediante el uso de una plantilla.
2. **Fase de distribución**, una vez producido el contenido, debe ser validado y catalogado. Para ello, dpCat automáticamente notifica al autor y al operador responsable, el resultado del proceso de producción y siendo responsables de validar y catalogar el resultado final de la producción a través de un formulario de respuesta simple.
3. **Fase de publicación**, tras validar y catalogar la producción, la misma pasa automáticamente a la videoteca privada que incluye dpCat. Llegados a este punto dpCat puede gestionar manual o automáticamente la publicación de los contenidos en uno o varios repositorios públicos.

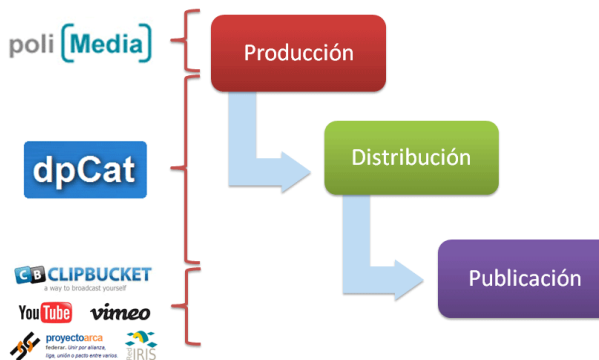


Fig. 1: Detalle arquitectura PDP en la herramienta dpCat.

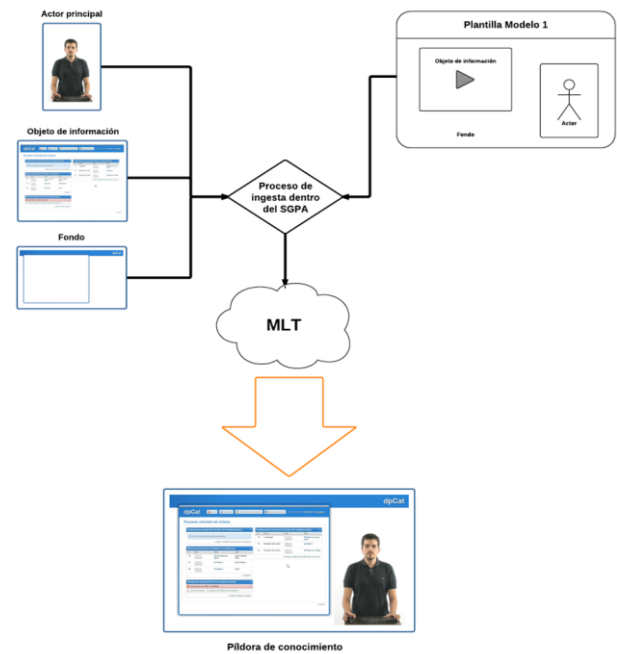


Fig. 2: Modelo conceptual del proceso de creación de una píldora audiovisual con la herramienta dpCat.

Para la realización de dpCat se han utilizado diferentes lenguajes de programación web como HTML, CSS, JAVASCRIPT, PYTHON, algunos frameworks de desarrollo como DJANGO, MLT y JQUERY y como base de datos a PostgreSQL. Destacaremos el proceso de automatización de la producción audiovisual ventajas del framework MLT, ya que es capaz de realizar composiciones multipista, aplicar filtros, transiciones, efectos, etc. a contenidos multimedia, y todo ello a través de scripts creados en formato XML. La Fig. 2 muestre el modelo conceptual de la producción de una píldora audiovisual utilizando el framework MLT.

IV. VALIDACIÓN DE LA EFICACIA DE LAS PÍLDORAS AUDIOVISUALES

a) Profesorado

En su fase de diseño, prueba y puesta a punto, el sistema fue validado con trece grupos de investigación del Proyecto Estructurante TIC y Educación (TICED), Ref. APD08/09, con casi un centenar de profesores e investigadores en tecnologías aplicadas a la educación, antes de lanzarlo y ofertarlo a toda la comunidad universitaria.

La Tabla 1 presenta algunos resultados de la evaluación realizada con 96 profesores participantes del proyecto TICED sobre la herramienta ULLMedia y en concreto sobre la “píldora” audiovisual como recurso didáctico.

Esta validación ha incluido no solo la validación técnica del sistema ULLMedia, sino que también incorporó la validación de la estructura del material didáctico audiovisual y las necesidades de formación para poder utilizar dicho sistema. El objetivo final de la evaluación fue conocer el grado de satisfacción y los tipos de usos del sistema de producción, publicación y distribución de píldoras audiovisuales hacían los usuarios, para poder así mejorarlo.

b) Alumnado

En cuando a la evaluación del sistema por parte del alumnado, al no ser los usuarios del sistema en sí mismo,

TABLA I
RESULTADOS CUESTIONARIO PROFESORADO

Pregunta	Grado			
	Nada			Mucho
	1	2	3	4
¿En que medida la píldora ULLMedia cumple con los objetivos propuestos?	0%	4,5%	68,2%	27,3%
¿En que medida los recursos ayudarán a la adquisición de aprendizajes duraderos y significativos en los estudiantes?	0%	18,2%	50%	31,8%
¿En que medida las píldoras facilitarán la adaptación de la enseñanza a las características individuales de los estudiantes?	0%	36,4%	50%	13,6%
¿En que medida en la que los recursos obtenidos son aptos para ser reutilizados en otras áreas, disciplinas y/o contextos educativos?	4,5%	18,2%	50%	27,3%
¿Que grado de reutilización tiene el recurso?	0%	31,8%	54,5%	13,6%
¿En que medida los recursos contribuirán a optimizar el tiempo destinado a la formación y autorización?	0%	18,2%	50%	31,8%
¿En que medida los recursos ayudarán a optimizar el tiempo destinado a la construcción de sesiones formativas (Módulos de Aprendizaje, Unidades Didácticas, asignaturas...) en las asignaturas?	0%	9,1%	68,2%	22,7%
¿En que grado el recurso es fácil de utilizar e integrar en su práctica docente?	0%	9,1%	54,5%	36,4%
¿En qué medida me siento satisfecho con el uso del servicio ULLmedia?	0%	0%	40,9%	59,1%
¿En qué medida el servicio ULLmedia es necesario para la ULL?	0%	0%	41,4%	58,6%

sino de las píldoras como material educativo, se evaluó la eficacia de las mismas frente a los materiales tradicionales. Para ello, se realizó un estudio piloto cuasi experimental en la que se contrastó la eficacia didáctica de una píldora de conocimiento audiovisual, con la eficacia de los apuntes tradicionales en papel o su equivalente en documento PDF, Word, Powerpoint o similares.

La hipótesis planteada fue que el uso de la píldora de conocimiento audiovisual favorecería más el aprendizaje por parte del estudiante, lo cual debería verse reflejado en una prueba de conocimientos objetiva e idéntica que se les pasaría a los alumnos al finalizar la lectura o visualización del documento impreso o de la píldora, respectivamente. La justificación de esta hipótesis se ubica en el contexto del e-learning tradicional, debido a los materiales educativos tradicionalmente utilizados por los profesores en las plataformas de teleformación actual son mayoritariamente documentos .pdf, presentaciones .ppt y páginas web. Actualmente y con el auge de los MOOCs en donde los contenidos son fundamentalmente audiovisuales, los formatos tradicionales de los materiales educativos quedan obsoletos. Asimismo, los cursos virtuales se utilizan como

apoyo a la docencia presencial (blearning), por tanto, se siguen utilizando “apuntes” impresos complementados con recursos digitales.

Así pues, esta experiencia piloto intentará responder a esta pregunta: *¿Es significativamente superior la nota media obtenida por alumnos a los que se les ha proporcionado una píldora de conocimiento audiovisual para el estudio de un tema de Ingeniería Informática, de la nota media obtenida por alumnos a los que se les proporcione un documento impreso a modo de apuntes tradicionales o fotocopias, con los mismos contenidos de estudio de la píldora?*

La muestra del estudio estuvo compuesta por 75 estudiantes de ingeniería divididos en 2 grupos, un grupo control y un grupo experimental.

La metodología empleada corresponde a una investigación cuasi-experimental, en condiciones reales, con grupos naturales y tipo correlacional causal con medición de la variable dependiente (Vd) de estudio (nota o puntuación en conocimientos sobre unos contenidos a priori desconocidos) en 2 momentos, uno "Pre-Test" y otro "Post-Test".

En este experimento la variable independiente (Vi) fue la aplicación de uno u otro material de estudio: el documento impreso con los contenidos de estudio (grupo 1 o control), o la píldora de conocimientos audiovisual (grupo 2 o experimental) (Tabla 2).

Los contenidos a tratar fueron totalmente nuevos para ambos grupos de alumnos (curricularmente). El experimento tuvo lugar en el contexto normal de clase presencial de los alumnos, sin uso del aula virtual. Los instrumentos formativos utilizados (píldora audiovisual y material impreso) tuvieron los mismos objetivos educativos y contenidos equivalentes. Asimismo, siguieron una misma estructura, orden de contenidos y mismos esquemas explicativos.

Los resultados obtenidos, tanto en los grupos generales, como en cada uno de ellos muestran mejoras significativas en el aprendizaje con ambos materiales (Tabla 3), siendo visiblemente mayor en el grupo experimental (píldora audiovisual) (Tabla 4) que en el grupo control (material impreso) (Tabla 5).

TABLA II
ESQUEMA DEL EXPERIMENTO

Grupo 1 (control)	Pre -Test	Aplicación del material didáctico: Documento impreso	Post-Test
Grupo 2 (experimental)	Pre -Test	Aplicación del material didáctico: Píldora audiovisual	Post-Test



Fig. 3. Instrumento 1: Píldora Audiovisual

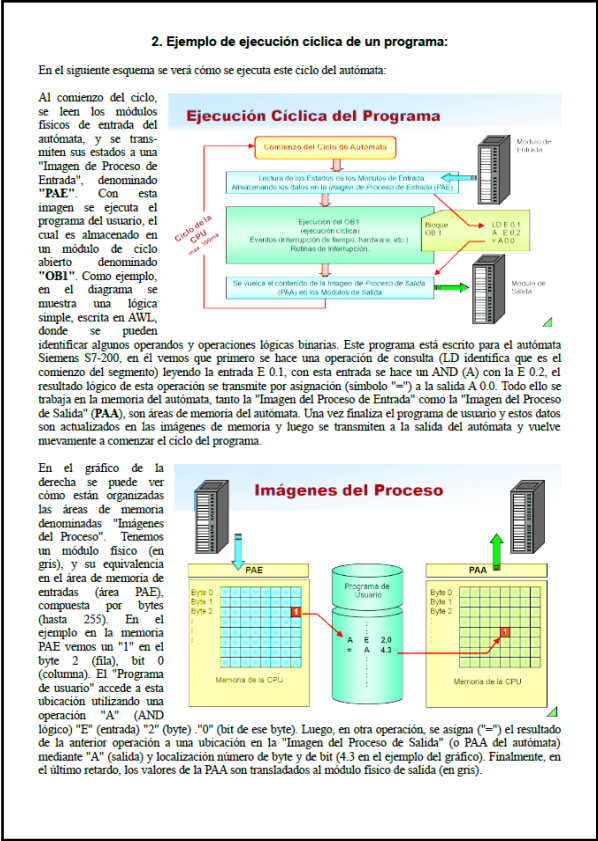


Fig. 4. Instrumento 2: Documento impreso

Grupos 1 y 2	Pre-Test		Post-Test	
Nota media	1'60		3'60	
Mejora media	2'00			
Aprobados	14	20%	59	84'3%
Suspensos	56	80%	11	17'7%
N	70	100%	70	100%

Grupo 1	Pre-Test		Post-Test	
Nota media	1'84		3'31	
Mejora media	1'47			
Aprobados	11	24'44%	36	80%
Suspensos	34	75'56%	9	20%
N	45	100%	45	100%

Grupo 2	Pre-Test		Post-Test	
Nota media	1'16		4'12	
Mejora media	2'96			
Aprobados	3	12%	23	92%
Suspensos	22	88%	2	8%
N	25	100%	25	100%

V. CONCLUSIONES

En este artículo se ha presentado la solución tecnológica adoptada por la Universidad de La Laguna para la producción y gestión de contenidos audiovisuales, que para la gestión de la producción audiovisual, distribución y publicación adopta el sistema dpCat, una solución que automatiza todo el proceso de ingesta de producción audiovisual hasta su distribución en distintos canales. Como resultado, ULLMedia es una solución integral para todas las fases de producción, publicación y distribución de contenidos audiovisuales.

Asimismo, se presentó la validación realizada con el profesorado, que incluía no solo la validación técnica del sistema ULLMedia, sino la validación de la estructura del material didáctico audiovisual y la formación necesaria para poder utilizar dicho sistema. Podemos concluir en base a la las respuestas de los usuarios de ULLMedia su aceptación es positiva, destacando que consideran que los contenidos audiovisuales favorecen la adquisición de aprendizajes significativos y duraderos en los alumnos en un 81.8%. Asimismo, el profesorado piensa que este tipo de recursos audiovisuales facilitan la adaptación de la enseñanza a las características individuales de cada alumno (63.6%), y que los recursos ayudan al profesor a programar y construir sus sesiones formativas (90.9%). Asimismo, el grado de reutilización de los recursos es percibido positivamente por los usuarios en un 77.3%, aunque dicho grado de reutilización estimado en la práctica será algo inferior (68.2%) a las posibilidades reales de los recursos. La facilidad de uso e integración del recurso es percibida favorablemente en un 90.9%, así que ésta no sería la razón principal de la anterior afirmación. También se observa una clara percepción de que los materiales ayudan a optimizar el tiempo de formación y tutorización (81.8%) de la actividad educativa. Finalmente, podemos observar que hay una total unanimidad (100%) en la intención de utilizar los recursos obtenidos en el Campus Virtual de la ULL, e igualmente (100%) en la opinión de que ULLMedia es un servicio necesario para la ULL.

Por otra parte, el Vicerrectorado de Calidad Institucional e Innovación Educativa de la ULL desde el curso 2010-2011 ha abierto una nueva línea basada en esta y otras herramientas tecnológicas desarrolladas en el marco del Proyecto Estructurante TIC y Educación (TICED) en la Convocatoria de Proyectos de Innovación Educativa de Base TIC y la ha consolidado en la convocatoria del curso 2011-2012. De los servicios tecnológicos de apoyo los proyectos de innovación educativa de base TIC que se implantaron en

ese momento, el servicio de producción de contenidos audiovisuales fue el más demandado (18%) [20]. Este resultado muestra la gran aceptación por parte de la comunidad universitaria de este tipo de servicios.

La eficacia y eficiencia en la producción de contenidos audiovisuales en ULLMedia viene dada por la relación en el tiempo empleado en la grabación de una píldora (20 minutos promedio), igual al tiempo en obtener un resultado de alta calidad, listo para ser utilizado en cualquier plataforma. La satisfacción del profesorado puede explicarse debido a que no requiere emplear mucho tiempo en la preparación del material y puede llevarse el mismo día de la grabación un material listo para ser utilizado. Esta producción rápida y eficaz hace que la demanda del servicio vaya en aumento, estando solo disponibles en su fase inicial para los grupos de investigación y los proyectos de innovación educativa, desde su puesta en producción en Julio de 2010, durante la fase de experimentación se produjeron 34 series, 261 vídeos y 10283 horas de producción audiovisual. En el curso 2011-2012 ULLMedia se ha consolidado como un servicio abierto a toda la comunidad universitaria, con una convocatoria abierta y permanente y como resultado podemos destacar que el finalizar 2012 se habían realizado 401 producciones (90 horas), 331 producciones validadas por usuario 331 (75 horas), 325 producciones publicadas (73 horas), 26 producciones propias (reportajes, entrevistas, eventos,...) y 137 píldoras de conocimiento. Estos datos indican que es una herramienta con creciente demanda por parte del profesorado.

Respecto a la validez pedagógica de las píldoras educativas podemos decir que todavía falta explorar aún más el alcance de las mismas en su incorporación en la docencia universitaria en red. En este artículo hemos presentado los resultados de un estudio cuasi-experimental con 75 estudiantes de ingeniería, que divididos en un grupo control y un grupo experimental, validaron la eficacia de la píldora audiovisual como material didáctico frente al material impreso. Si bien se encontraron diferencias significativas en el aprendizaje en ambos grupos, comparando sus resultados de las notas (0-5) en el pre-test y post-test, en el grupo control la mejora media fue de 1,47 frente a la mejora media del grupo experimental que fue de 2,96. Por tanto, el resultado de este estudio piloto apoya la idea de que las píldoras de conocimiento audiovisuales tienen mayor impacto didáctico frente a los tradicionales apuntes en folios impresos o su equivalente en documento PDF estático de solo lectura.

Si bien, creemos necesario seguir haciendo pruebas, aumentando el tamaño de la muestra y con mayor número de experimentos cruzados y mediciones, estos resultados animan a seguir explorando sus posibilidades como herramientas que promueven el aprendizaje autónomo, combinadas con otras herramientas y plataformas para docencia en red, y en cursos online masivos abiertos.

AGRADECIMIENTOS

La creación de la herramienta ULLMedia ha sido posible gracias a la financiación del Proyecto Estructurante TIC y Educación Ref. APD08/09 de la Agencia Canaria de Investigación, Innovación y Sociedad de la Información,

Fondos FEDER. Asimismo, merecen especial reconocimiento el equipo de investigadores, diseñadores y técnicos informáticos que han desarrollado y validado la herramienta ULLMedia.

REFERENCIAS

- [1] Area, M., San-Nicolás M^B, Fariña, E. (2010). Buenas prácticas de aulas virtuales en la docencia universitaria semipresencial. *Teoría de la Educación, Educación y Cultura en la Sociedad de la Información*. TESI, 11 (3), 2010, 7-31
- [2] Turró, C., Ferrando, M. Busquets J., Cañero A. (2009). Polimedia: a system for successful video elearning. *Eunis 2009 International Conference*, Santiago de Compostela.
- [3] Goyanes V., Sánchez A., González R., Pousada J.M. (2010). OPENCAST y Matterhorn. Software abierto para la grabación automatizada de clases, gestión y distribución de vídeo por Internet. *RedIRIS: boletín de la Red Nacional de I+D RedIRIS*, N^o. 88-89, 2010, págs.141-147.
- [4] Cabrera D. y China P. (2011). dpCat: Herramienta Web para la gestión de producciones audiovisuales en arquitecturas PDP. González C.S. (dir). Proyecto Final de Carrera en Ingeniería Informática. Escuela Técnica Superior de Ingeniería Informática Universidad de La Laguna.
- [5] González, C.S., Cabrera, D., Barroso, A. & López, D. (2010). ULLMedia: Sistema PDP de Contenidos Multimedia de la ULL. *Actas del congreso de Informática CEDI. Taller de Ingeniería del Software en learning*. Valencia, Septiembre 2010.
- [6] González C.S., Estévez R. (2011). La "Píldora" ULLmedia como recurso didáctico. Libro "Nuevas Tendencias en TIC y Educación".
- [7] Estévez R. (2013). Evaluación de la eficacia de las píldoras de conocimiento audiovisuales a través de un estudio piloto cuasi experimental. González C.S. y Moreno L. (dirs). Proyecto Fin de Máster. Máster en Técnicas en Investigación, Desarrollo e Innovación en Ciencias e Ingeniería. Universidad de La Laguna.
- [8] González, C.S. (2010). Usos y prácticas docentes en las aulas virtuales universitarias. En: El aprendizaje de los estudiantes universitarios: Estrategia, estilos y evaluación. ANECA. Encuentros sobre Calidad en la Educación Superior 2010. Oviedo.
- [9] Proyecto OpenCast: <http://www.opencastproject.org/>
- [10] Proyecto ARCA: <http://arca.rediris.es/>
- [11] Denoue, L., Hilbert, D. M., Adcock, J., Billsus, D. & Cooper, M. (2005) ProjectorBox: Seamless presentation capture for classrooms. In *Proceedings of E-Learn 2005*. Vancouver, Canada.
- [12] Zennaro, M., Fonda O. & Canessa, E. (2007). EyA: Enhance your Conference Audience using Apple Technologies. Poster presented at (WWDC07 - Apple Developers Conference, USA).
- [13] Mertens, R., Ketterl, M. & Vornberger, O. (2007). The virtPresenter lecture recording system: Automated production of web lectures with interactive content overviews. *IJITSE 4(1)*, UK.
- [14] Kameda, Y, S. Nishiguchi, M. Minoh, (2003). CARMUL : Concurrent Automatic Recording for Multimedia Lecture, *IEEE ICME 2003*, pp.667-680.
- [15] González C.S. (2011). Informe de actuaciones del Proyecto del Creación del Centro de Producción, Publicación y Distribución de Contenidos Digitales de la Universidad de La Laguna 2009-2010. Vicerrectorado de Ordenación Académica. Universidad de La Laguna.
- [16] González, C.S., Estévez R., Cabrera D., Barroso A., García J., Reyes C., Gutiérrez M. & Aguilar E. (2010). TICED: Herramientas de soporte a la I+D+I en TIC y Educación. *Nuevas Tendencias en TIC y Educación*. Volumen I. 24-31.
- [17] Convocatoria de Proyectos de Innovación Educativa de La Universidad de La Laguna (2011). Vicerrectorado de Calidad Institucional e Innovación Educativa. Universidad de La Laguna. Disponible en: http://www.ull.es/view/institucional/ull/Proyectos_de_Innovacion_Educativa/es
- [18] González, C.S. (2011). CampuS+ ULL. Proyecto de transformación tecnológica del Campus Virtual de la ULL. Universidad de La Laguna. Disponible en: <http://slidesha.re/1f1liM>
- [19] Beck, Robert J. (2009), "What Are Learning Objects?", *Learning Objects*, Center for International Education, University of Wisconsin-Milwaukee., retrieved 2009-10-23.
- [20] González b, C.S. (2011). Informe de actuaciones del Proyecto Estructurante TIC y Educación. Ref. APD08/09 (2009-2010). Vicerrectorado de Investigación, Innovación y Desarrollo Tecnológico. Universidad de La Laguna. Agencia Canaria de Investigación, Innovación y Sociedad de la Información.



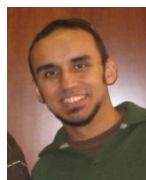
Carina González es Profesora Contratada Doctora del Departamento de Ingeniería de Sistemas y Control, y Arquitectura de Computadores de la Universidad de La Laguna. Realizó su doctorado en Ciencias de la Computación, especializándose en técnicas de Inteligencia Artificial e Interacción

Persona-Computadora, llevando a cabo su tesis sobre el desarrollo de Sistemas Tutores Inteligentes (ITS) para la educación de niños con necesidades educativas especiales (síndrome de Down y Dislexia). Sus principales áreas de interés de investigación son las aplicaciones de las técnicas de Inteligencia Artificial, multimedia, interfaces adaptativas y videojuegos sociales en Educación. También tiene una amplia experiencia en la aplicación de *buenas prácticas* en E-Learning y sistemas LMS. Fue Vicerrectora de Innovación Educativa y Tecnología y Directora de la Unidad de Enseñanza Virtual de la Universidad de La Laguna desde 2005 hasta 2011.



Pablo Chinae es ingeniero en Informática, se inició desde muy joven en el mundo de la informática y las nuevas tecnologías, comenzando sus primeros pasos en el desarrollo de software a los 10 años. Ya a mediados de los 2000 entra en el mundo del software libre donde se implica en varios proyectos existentes. De la misma manera realiza varios desarrollos independientes, algunos bastante

exitosos, como una aplicación multimedia para el entorno KDE, que aún hoy sigue siendo la más descargada dentro de su categoría; o una extensión para Wordpress, que entró en la lista TOP 50 y llegó a ser citada y recomendada en la revista de tirada internacional "Linux Magazine". En 2006 forma parte de la creación del evento tecnológico TLP Tenerife (antes conocido como TenerifeLanParty), como administrador de sistemas y jefe de la división técnica y de desarrollo, donde creó algunas aplicaciones pioneras en este tipo de eventos, como la identificación de usuarios con uso de tecnología RFID. En la actualidad sigue formando parte de la celebración de este evento que, a día de hoy, es de los más importantes de España y con gran reconocimiento internacional. También participó como desarrollador freelance, en 2008, en la creación de IBERONESIA, la red de medición de ozono de la Agencia Estatal de Meteorología. En el 2010 entra en la Unidad para la Docencia Virtual de la Universidad de La Laguna (ULL), donde crea y administra el sistema que gestiona toda la producción audiovisual de contenidos didácticos para e-learning. Aquí también realiza la integración de sistemas de webconference en el Campus Virtual, aporta soporte y formación para los sistemas de videoconferencia utilizados para la impartición de varias titulaciones presenciales a distancia; y trabaja en la inclusión de nuevos recursos a la comunidad docente como el broadcasting en directo a través de internet.



Román Carmelo Estévez García es licenciado en Pedagogía por la Universidad de La Laguna. Se especializó en Tecnologías de la Información y la Comunicación aplicadas en la Educación. Trabajó en varios proyectos de creación de materiales didácticos, algunos de los cuales obtuvieron premios nacionales por parte del Ministerio de Educación, Cultura y Deportes. Máster en Técnicas de Investigación, Desarrollo e

Innovación en Ciencias e Ingeniería. Actualmente es técnico pedagogo en la Unidad para la Docencia Virtual, área de Materiales Audiovisuales (ULLmedia), y doctorando en el programa de Doctorado en Física e Ingeniería de la Universidad de La Laguna.



David Cabrera Primo es ingeniero en Informática, entusiasta de las nuevas tecnologías, en especial aquellas relacionadas con el desarrollo Web usable y accesible. En 2003 comienza su carrera profesional como Freelance acometiendo proyectos de diseño, creación y desarrollo de soluciones Web para pequeñas y medianas empresas. Siempre ha caracterizado sus proyectos con un sello personal

donde impera la sencillez y la facilidad de uso, conciliando en la medida de lo posible tecnología, usabilidad y accesibilidad. Desde 2007 es responsable técnico de los servicios que desarrolla, gestiona y administra la Unidad para la Docencia Virtual de la Universidad de La Laguna (ULL), donde se especializa en entornos LMS (Learning Management System) y procesos de enseñanza-aprendizaje virtual vinculados a la definición funcional y despliegue del Campus Virtual de la ULL que cuenta con más de 30.000 usuarios. Ha participado en varios proyectos de investigación, todos ellos relacionados con las tecnologías de interacción natural, realidad aumentada y visión por ordenador en colaboración con el departamento de Ingeniería de Sistemas y Automática y Arquitectura y Tecnología de Computadores de la ULL donde ha colaborado en la elaboración de artículos científicos publicados en diferentes medios, destacando su participación como ponente en el Congreso Español de Informática 2010 y la obtención de una solicitud de patente. En la actualidad se encuentra inmerso en varias iniciativas empresariales entre las que se encuentran proyectos innovadores como: Kuipro: Quick Production (<http://www.kuipro.com>), Incrediball (<http://www.incrediball.org>), Funmusic (<http://www.funmusic.es>) o Pinvalley (<http://www.pinvalley.com>), además de colaborar en la organización del evento TLP Tenerife (<http://www.tlp-tenerife.com>) de impacto internacional.

Página en Blanco

Capítulo 7

Creación de Herramientas Software de Apoyo a la Comunicación Alternativa y Aumentativa

Marta García Azpiroz, Sandra Baldassarri, Javier Marco

Title—Creating Software Tools to Support Alternative and Augmentative Communication.

Abstract—This paper presents the results of an End-of-Degree Project that links the areas of Special Education and Information and Communication Technology (ICT). In this project we develop two tools to support Alternative and Augmentative Communication that provide solutions adapted to the limitations of special education students in communication, learning and social development. The first tool, AraBoard, allows the creation and edition of communication boards (AraBoard Constructor) and their visualization (AraBoard Player). The second tool, Acoti, allows the generation of interactive pedagogical activities to work on the tabletop NIKVision. The main features that distinguish our tools are that they are multiplatform, low-cost, highly configurable, and adaptable to a wide range of users' needs.

Keywords—Alternative and Augmentative Communication, Assistive Communication, Usability, Accessibility, Complex Communication Needs, Educational Tools

Abstract— Este artículo presenta los resultados obtenidos en un Proyecto Fin de Carrera que vincula el área de la Educación Especial con las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC). En el proyecto se han generado dos herramientas de apoyo a la Comunicación Alternativa y Aumentativa que proporcionan respuestas adaptadas a las limitaciones de los alumnos de educación especial en comunicación, aprendizaje y desarrollo social. La primera herramienta, AraBoard, permite la creación y edición de tableros de comunicación (AraBoard Constructor) y su posterior visualización (AraBoard Player). La segunda herramienta, Acoti, permite generar actividades pedagógicas interactivas destinadas a funcionar sobre el *tabletop* NIKVision. Ambas herramientas son multiplataforma, de bajo coste, y adaptables a las distintas necesidades de los usuarios.

Keywords— Comunicación Alternativa y Aumentativa, Comunicación Asistida, Usabilidad, Accesibilidad, Necesidades Complejas de Comunicación, Herramientas Educativas

Este trabajo surge de la colaboración existente entre el Colegio Público de Educación Especial Alborada y el GIGA-AffectiveLab de la Universidad de Zaragoza. Fue presentado originalmente como Proyecto Fin de Carrera en la Universidad de Zaragoza en Junio de 2012. Posteriormente, obtuvo el premio al mejor Proyecto Fin de Carrera en el ámbito de la educación, por El Capítulo Español de la Sociedad de Educación del IEEE.

I. INTRODUCCIÓN

EN los colegios de educación especial se escolarizan alumnos que manifiestan necesidades, capacidades e intereses muy diferentes, si bien todos ellos presentan necesidades específicas de apoyo educativo significativas, como consecuencia de padecer un grado de discapacidad muy severo. En la gran mayoría de los alumnos se encuentran afectadas de forma importante las funciones de comunicación, así como los procesos de relación con el entorno físico y social, los de adquisición de habilidades de autonomía y, en general, los procesos básicos de aprendizaje. El desarrollo personal de cada alumno en los ámbitos cognitivo, social o comunicativo condiciona su capacidad de relación con sus iguales, con los adultos y con el medio que le rodea.

Muchos alumnos deben apoyarse en el uso de recursos de distinta complejidad tecnológica para poder comunicarse, como por ejemplo: tableros de comunicación, comunicadores, pulsadores, etc. Los Sistemas de Comunicación Aumentativos y Alternativos ayudan al alumno a superar esas dificultades y transmitir, aunque sea de manera muy elemental, la esencia del mensaje, así como tomar conciencia de la posibilidad de influir en el entorno mediante intervenciones de naturaleza comunicativa.

Estos sistemas tienen ciertas limitaciones en su adaptabilidad debidas, en su mayor parte, a que la capacidad para usar estos programas varía de un usuario a otro. Por lo tanto, dentro de este contexto de desarrollo, se vio la necesidad de desarrollar nuevas tecnologías que diesen respuestas adaptadas a las diversas limitaciones presentes en alumnos de colegios de educación especial.

II. ESTADO DEL ARTE

La comunicación constituye una de las formas en que las personas interactúan entre sí y es la base del aprendizaje y la adquisición de conocimientos. Existen muchas formas de comunicación: gestual, a través de signos, mediante imágenes, verbal, escrita, etc. A veces, en determinadas personas, pueden aparecer problemas en la comunicación debidos, entre otras causas, a trastornos auditivos, retrasos en su desarrollo o lesiones cerebrales, como puede ser la parálisis cerebral infantil (PCI) en el caso de los niños. Esto puede provocar graves dificultades en el habla, lo que les impide expresar sus necesidades, deseos o pensamientos de

una forma adecuada. En este contexto surge el término de Comunicación Alternativa y Aumentativa.

La Comunicación Alternativa y Aumentativa (CAA) [1] [2] es el término general que abarca los métodos de comunicación utilizados para complementar o sustituir el habla o la escritura en personas que presentan discapacidad en la producción o la comprensión del lenguaje hablado o escrito.

Como apoyo para facilitar la comunicación, surgen los Sistemas de Comunicación Aumentativa y Alternativa (SAAC) [3], que son formas de lenguaje diferentes del habla, que se utilizan cuando ésta se encuentra seriamente afectada. Los sistemas aumentativos complementan el lenguaje oral cuando, por sí sólo, no es suficiente para entablar una comunicación efectiva con el entorno. Los alternativos, lo sustituyen cuando éste no es comprensible o está ausente. Los SAAC son una herramienta de apoyo al lenguaje expresivo y/o comprensivo, un medio de expresión, o un medio de expresión y comprensión. Los SAAC se clasifican en [4]:

- “No asistidos” o “sin ayuda”: se basan en el cuerpo del usuario para transmitir mensajes y no requieren del uso de un instrumento exterior.
- “Asistidos” o “con ayuda”: precisan de un dispositivo externo que actúe como soporte del sistema.

Este trabajo se centra únicamente en el estudio y desarrollo de SAAC asistidos. Existen diferentes tipos de SAAC asistidos en función de la tecnología empleada como soporte. Según los materiales y el soporte que se utilicen, los métodos de comunicación pueden variar desde dispositivos que producen una salida de voz y/o producción escrita en el caso de los comunicadores, a papel y lápiz para los libros o tableros de comunicación en soporte papel [5].

Entre los SAAC con ayuda destacan por su popularidad los comunicadores y los tableros de comunicación.

Los comunicadores (Fig. 1) son dispositivos electrónicos creados específicamente para la comunicación. Su contenido es fijo y viene predefinido. Con ellos, el usuario puede producir mensajes de forma relativamente rápida y sencilla presionando las teclas del dispositivo, y éste se encarga de transformar el mensaje asociado a cada tecla en voz.

Los tableros de comunicación (Fig. 2) son uno de los SAAC más utilizados hoy en día. Un tablero de comunicación es una superficie donde se sitúan los elementos necesarios para la comunicación, como pueden ser pictogramas, letras, sílabas, etc. Estos elementos representan acciones, sentimientos, objetos y personas que puedan tener cierta relación con el usuario y su entorno. El usuario señala las imágenes para poder realizar demandas, comunicarse y compartir sus ideas y pensamientos.

Los tableros de comunicación proporcionan un lenguaje visual a personas que no pueden hablar, leer, ni escribir, o tienen dificultades para hacerlo. Están constituidos por símbolos pictográficos, dibujos sencillos e iconográficos,



Fig 1. Diferentes comunicadores electrónicos

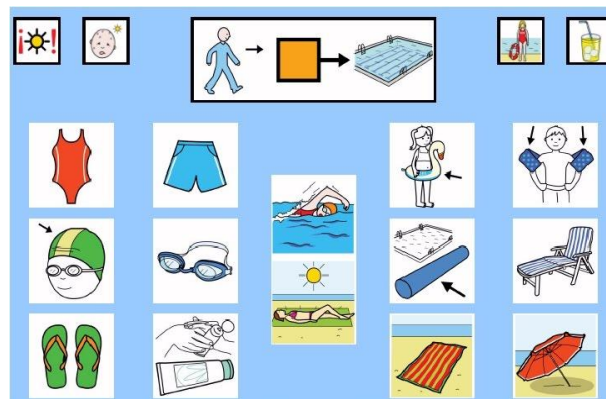


Fig 2. Tablero de Comunicación en formato papel

que permiten comunicarse de una forma fácil, ya que representan las palabras y conceptos más característicos y habituales que el usuario utiliza. Los elementos pictográficos que componen los tableros de comunicación reciben el nombre de pictogramas. Un pictograma es un diagrama que utiliza imágenes o símbolos para mostrar datos para una rápida comprensión. Los pictogramas se clasifican por categorías, empleando un código de colores: los verbos en color verde, los sustantivos en color naranja, etc.

Hoy en día, la informática y las nuevas tecnologías juegan un papel decisivo en los SAAC asistidos. Los nuevos dispositivos informáticos ofrecen un amplio abanico de posibilidades comunicativas no sólo mediante recursos gráficos, sino también mediante la inclusión de contenidos multimedia que pueden ser fácilmente personalizados. Dentro de los SAAC de más alta tecnología, cabe destacar un SAAC asistido, de naturaleza muy diferente a los comunicadores y los tableros de comunicación. Este sistema, que ha sido desarrollado por el GIGA-AffectiveLab [6] en colaboración con el CPEE Alborada [7], consiste en una aplicación educativa basada en la superficie de interacción tangible (*tabletop*) denominada NIKVision (Fig. 3) [8]. Los niños interactúan con la aplicación a través de la manipulación de objetos convencionales (normalmente juguetes) sobre su superficie. Estos objetos tienen asociada una representación virtual que se proyecta sobre la superficie NIKVision. De esta manera las imágenes de los objetos sirven de guía a los usuarios para realizar manipulaciones de los objetos sobre la mesa.

La aplicación está orientada a alumnos con Necesidades Complejas de Comunicación (NCC) en el marco de la



Fig 3. Alumno interactuando sobre la superficie NIKVision

Educación Especial, asistiéndoles en el proceso de adquisición de competencias comunicacionales, y en particular, a su preparación para poder llegar a utilizar otro tipo de SAAC, como por ejemplo un comunicador o un tablero de comunicación sobre soporte electrónico.

Una vez establecidas las líneas que guían este proyecto en el marco de la CAA, se ha realizado un análisis de los SAAC existentes y las necesidades reales de los alumnos con problemas comunicativos. A partir de las directrices de los profesionales del CPEE Alborada, y tomando como base las aplicaciones estudiadas y las conclusiones obtenidas, se deduce que este tipo de aplicaciones tienen que cumplir tres características principales:

- Adaptabilidad al mayor número de plataformas informáticas posibles, principalmente a aquellas que sean más accesibles tanto económicamente como funcionalmente.
- La construcción de los tableros debe ser rápida y sencilla, y debe permitir la incorporación de recursos con los que los usuarios están más familiarizados (audios/imágenes de su vida cotidiana).
- Adaptabilidad y accesibilidad del mayor número de usuarios posibles, y diseñar las aplicaciones con el fin de abarcar a cuantos más colectivos sea posible.

A continuación, se explican los dos escenarios que se van a desarrollar: En primer lugar, una herramienta software que permite construir y reproducir tableros de comunicación; y en segundo lugar, una aplicación para la generación de juegos pedagógicos interactivos destinados a funcionar sobre superficies interactivas. En los apartados posteriores se expone la dinámica de ambas herramientas como escenarios donde implantar las conclusiones obtenidas con los profesionales del CPEE Alborada.

III. ARABOARD: CONSTRUCCIÓN Y REPRODUCCIÓN DE TABLEOS DE COMUNICACIÓN

A. Visión General del Sistema

AraBoard es una herramienta software para crear y visualizar Tableros de Comunicación que permiten trasladar el concepto tradicional de tablero a las diversas plataformas informáticas actuales: dispositivos móviles, tablets, pizarras digitales y equipos informáticos convencionales.

La herramienta AraBoard consta de dos aplicaciones independientes y diferenciadas, pero complementarias entre sí: por un lado la aplicación para el tutor, AraBoard Constructor, donde los tutores del usuario (familiares, profesores, terapeutas o cualquier otro personal de apoyo y,

en algunos casos particulares, el propio usuario final) pueden crear y editar tableros de comunicación, y adaptarlos a las necesidades específicas de cada persona; y por otro lado, la aplicación para el usuario final, AraBoard Player, que permite la reproducción y visualización de tableros de comunicación y que será utilizada generalmente por niños que presenten algún tipo de discapacidad comunicativa.

Tal y como se muestra en la Figura 4, ambas aplicaciones residen dentro de la memoria dispositivo junto con los tableros de comunicación creados por la aplicación.

Para el almacenamiento de los tableros se ha utilizado la tecnología XML, ya que permite un acceso rápido, sencillo y estructurado a los datos de cada tablero. Cada tablero de comunicación se almacena en un fichero XML. Desde el fichero XML se referencia a cada uno de los recursos gráficos y los audios que componen cada una de las celdas del tablero. Estos recursos se almacenan en dos directorios separados dentro del dispositivo del usuario (los ficheros de imagen en el directorio “imágenes”, y los ficheros de en el directorio “audios”).

Por otro lado, podemos observar como AraBoard se comunica directamente a través de Internet con el servidor del portal web de ARASAAC [9] para tener acceso a la colección de Pictogramas (Fig. 4, esquina superior izquierda). Esta comunicación permite realizar la búsqueda de cualquier pictograma contenido en la base de datos de ARASAAC, y su descarga instantánea junto con la locución correspondiente. El principal beneficio de este mecanismo es que no es necesario tener la base de datos de pictogramas descargada en el dispositivo del usuario, sino que está disponible a través de la web, y por tanto, en el mismo instante que un nuevo pictograma se añade el portal web de ARASAAC, es accesible desde AraBoard.

B. AraBoard Constructor

La aplicación AraBoard Constructor (Fig. 5) posibilita la creación y edición de tableros de comunicación adaptados a las necesidades particulares de cada usuario.

Desde esta aplicación es posible definir y configurar todos los elementos -visuales, auditivos, textuales, de apariencia, etc.- que componen el tablero de comunicación, así como modificar sus dimensiones (número de filas y columnas y disposición de celdas).

Para la personalización de los elementos que componen el tablero, la aplicación permite que el usuario incorpore:

- Recursos procedentes de la colección de pictogramas de ARASAAC: Para la obtención de estos recursos, la aplicación necesita comunicarse con la API de ARASAAC para que le transfiera los resultados de las búsquedas coincidentes con la palabra y el idioma que

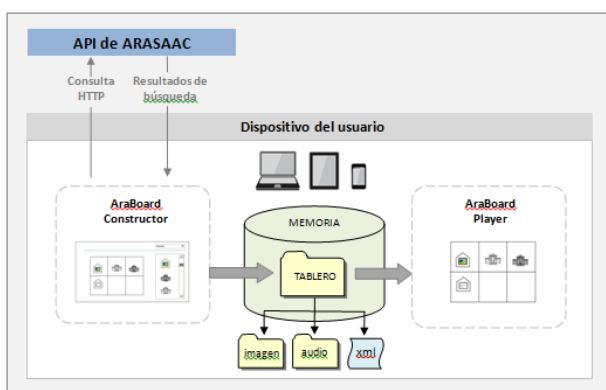


Fig 4. Visión general de AraBoard

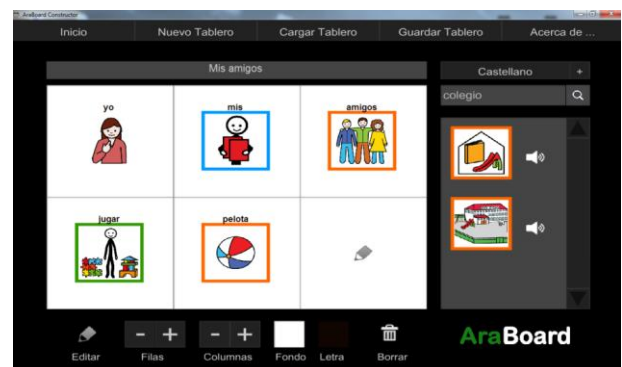


Fig 5. AraBoard Constructor para PC

el usuario haya introducido a través del buscador de la interfaz. Para establecer esta comunicación, la aplicación envía una consulta http a la API, especificando el idioma y la palabra a buscar, y ésta le proporciona todos los datos coincidentes, que son tratados por la aplicación y mostrados al usuario.

- Recursos propios: Para la incorporación de recursos propios, la aplicación facilita la carga de imágenes y de audio almacenados en la máquina del usuario.

Una vez se ha construido el tablero, la aplicación permite guardar el proyecto del tablero de comunicación, creando un directorio en la máquina del usuario donde se almacena un fichero XML con la estructura del tablero, junto con todos los elementos que lo componen (audios e imágenes). Los tableros de comunicación construidos serán utilizados por la aplicación AraBoard Player, que permitirá al usuario interactuar con ellos.

C. AraBoard Player

AraBoard Player (Fig. 6) es una aplicación que permite al usuario final utilizar los tableros de comunicación generados previamente por la aplicación AraBoard Constructor. El usuario interactúa con el tablero señalando las distintas celdas que lo componen, y una vez se ha señalado una celda, se ejecuta el audio asociado a ella. El mecanismo de reproducción de audio está diseñado de manera que aunque no se señale con exactitud la celda deseada, siempre se ejecutará el audio asociado a la celda más cercana a la zona en la que se ha pulsado.

IV. ACOTI: GENERACIÓN Y EJECUCIÓN DE ACTIVIDADES PEDAGÓGICAS

La segunda herramienta desarrollada permite la creación y ejecución de actividades pedagógicas interactivas destinadas a funcionar en el *tablet* NIKVision.

Esta herramienta facilita la labor de los educadores del centro permitiéndoles, sin necesidad de tener conocimientos de programación, configurar las actividades de apoyo al aprendizaje utilizando sus propios recursos de imágenes o sonidos y ejecutarlos sobre el *tablet* NIKVision.

Las actividades que pueden ser configuradas son actividades de aprendizaje de abstracción y clasificación de objetos. El tutor puede crear cualquier tipo de actividad que consista en definir una o varias áreas en una determinada zona de la superficie tangible, y asignar a cada área un conjunto de juguetes correctos. De esta manera, el profesor puede elaborar actividades ajustadas a los intereses del alumno o grupo de alumnos que vayan a participar en la actividad, y guardarlas en ficheros



Fig 6. AraBoard Player para PC

independientes para usarlas posteriormente. La aplicación busca la participación activa del alumno, proporcionándole respuestas inmediatas a sus acciones, reforzando el valor del éxito y del fracaso frente al objetivo a completar.

A. Entorno de aplicación del sistema

El sistema Acoti permite la creación y ejecución de actividades pedagógicas interactivas destinadas a funcionar sobre el *tablet* NIKVision, superficie horizontal interactiva desarrollada por el Affective Lab del grupo GIGA de la Universidad de Zaragoza. La superficie NIKVision está diseñada principalmente para que niños pequeños puedan aprender y jugar utilizando objetos y juguetes con los que están acostumbrados a interactuar.

En la Figura 7 se pueden observar los elementos de la arquitectura hardware de NIKVision. Para el reconocimiento y seguimiento de los objetos dispuestos en la mesa (Fig. 7 - 1), se ha adoptado el framework ReacTIVision [10] [11], el cual analiza la imagen capturada por una cámara de vídeo colocada en el interior de la mesa (Fig. 7 - 2) con el fin de detectar visualmente los objetos colocados en la superficie.

La ventaja de este sistema es que no requiere añadir electrónica especial en los objetos a ser utilizados en las aplicaciones, ya que basta con pegar un marcador impreso, o fiducial (Fig. 8), en la base del objeto seleccionado para la interacción de manera que pueda ser identificado por ReacTIVision.

Tanto el software de reconocimiento visual, como el software de las aplicaciones informáticas, se ejecutan en un ordenador convencional (Fig. 7 - 3), que gestiona las salidas de la imagen digital de NIKVision: una en la superficie de la mesa donde tiene lugar la manipulación de los objetos (Fig. 7 - 4 y 5) y la otra a través de un monitor colocado en la mesa frente a los niños (Fig. 7 - 6).

La Figura 9 muestra los componentes de la arquitectura software de NIKVision. En ella se distinguen tres partes diferentes:

- **Tabletop NIKVision:** Superficie horizontal interactiva sobre la que los usuarios interactúan colocando objetos. Sobre dicha superficie se proyecta la aplicación que sirve de guía para las manipulaciones de los objetos sobre la mesa. Los objetos colocados sobre su

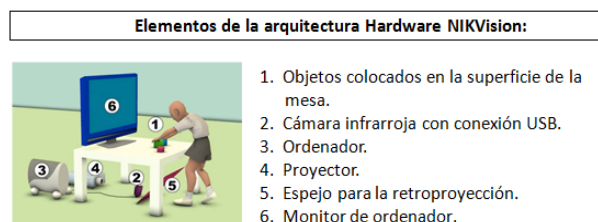


Fig 7. Arquitectura hardware de NIKVision

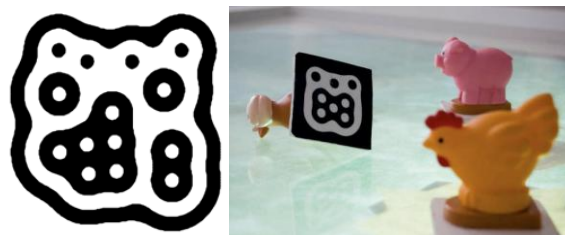


Fig 8. Izquierda: Fiducial de ReacTIVision. Derecha: Fiducial pegado a la base de un juguete

superficie son captados por una cámara web, que se encarga de enviar las imágenes a un software de reconocimiento visual.

- **ReacTIVision:** Permite abstraernos del acceso al hardware y de los algoritmos de detección visual de objetos e interacciones del usuario sobre la mesa. Esto se consigue mediante la comunicación con el entorno de desarrollo Adobe Flash, a través del envío de mensajes mediante el protocolo de comunicación TUIO [12] [13], basado en el envío de paquetes UDP.

▪ **Aplicación en el entorno Adobe Flash (Acoti):** La aplicación Acoti es la encargada de cargar y gestionar todos los elementos que componen una actividad o juego, así como de gestionar el transcurso de la misma en función de las acciones realizadas por el usuario. Para detectar y programar el comportamiento asociado a dichas acciones, Acoti establece comunicación con las interfaces del protocolo TUIO, que le permitirán identificar si se ha añadido, eliminado, o modificado un juguete de la superficie del *tabletop*, y cuáles son sus características actuales (fiducial, posición en pantalla,...).

Este trabajo se centra en la última etapa de la arquitectura software de NIKVision mediante la implementación de la herramienta software Acoti.

B. Visión General del Sistema

La aplicación Acoti es una herramienta que permite configurar juegos y actividades pedagógicas interactivas destinadas a funcionar sobre NIKVision. Las actividades que se pueden diseñar con esta aplicación son juegos didácticos de abstracción y clasificación de objetos. De manera general, se puede crear cualquier actividad que consista en definir una o varias áreas en una determinada posición del *tabletop*, y asociar a cada una de ellas un conjunto de juguetes correctos en dicha área. Cada uno de los juguetes lleva asociado en su base un identificador o fiducial, que será identificado por el software de ReacTIVision, y accesible desde la aplicación Acoti a través de las funciones de las interfaces TUIO.

En la dinámica de interacción de esta actividad, el alumno aborda la tarea de completar las áreas visibles en la representación gráfica del escenario proyectado sobre la superficie del *tabletop*, ubicando los objetos en las zonas adecuadas. Para indicar a los alumnos si están jugando de forma correcta o incorrecta se les proporciona feedback gráfico y auditivo, que les sirve de guía para completar la actividad, y refuerza el concepto de éxito o los guía para un nuevo intento.

El software desarrollado durante este proyecto permite la configuración de actividades para el *tabletop* sin necesidad de programación, mediante la edición ficheros XML de configuración de la actividad. De esta manera se permite la

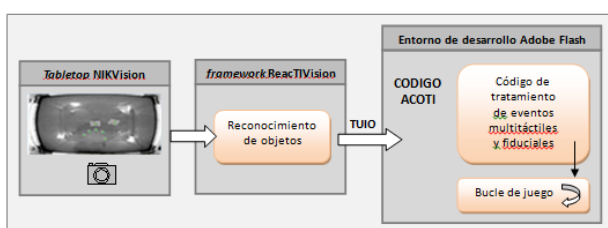


Fig 9. Arquitectura software de NIKVision

variación del nivel de dificultad de las actividades según el alumno.

Para el almacenamiento de las actividades se ha optado por utilizar la tecnología XML, ya que permite un acceso rápido, sencillo y estructurado a los datos de cada actividad. Cada uno de estos ficheros XML almacena una secuencia de tareas que el niño debe completar para superar la actividad. Dentro de cada tarea puede haber una o más áreas de juego definidas, que contienen una lista de fiduciales correctos e incorrectos. Cuando el niño manipula un objeto sobre la mesa, la aplicación comprueba si el fiducial del objeto manipulado está colocado dentro del área a la que pertenece, y en función del resultado de esta comprobación actualiza el estado del juego.

C. Resultados Obtenidos

La Figura 10 muestra imágenes de actividades creadas con Acoti y del uso de las mismas. Como se puede comprobar, tanto las actividades como los recursos empleados son muy variados. En las Figuras 10.a y 10.b, se observa la ejecución de un juego de secuencias en el que los alumnos deben completar secuencias de colores con los juguetes del color correspondiente. En las figuras 10.c y 10.d se contempla el típico juego de vestidos, en el que los alumnos tienen que vestir a los personajes que aparecen en la pantalla según las estaciones que se muestre como fondo de la aplicación. Las figuras 10.e y 10.f muestran un juego en el que van apareciendo pictogramas de ARASAAC de alimentos, y los niños deben colocarlos dentro del carrito de la compra.

En cuanto a los recursos empleados, se observa en algunos de los juegos se usan juguetes propios, como es el caso de las figuras 10.a, 10.b y 10.f. En otras se emplean dibujos elaborados por los alumnos, Figura 10.c y 10.d. Y en la figura 10.e, se recurre al uso de pictogramas de ARASAAC.

V. CONCLUSIONES

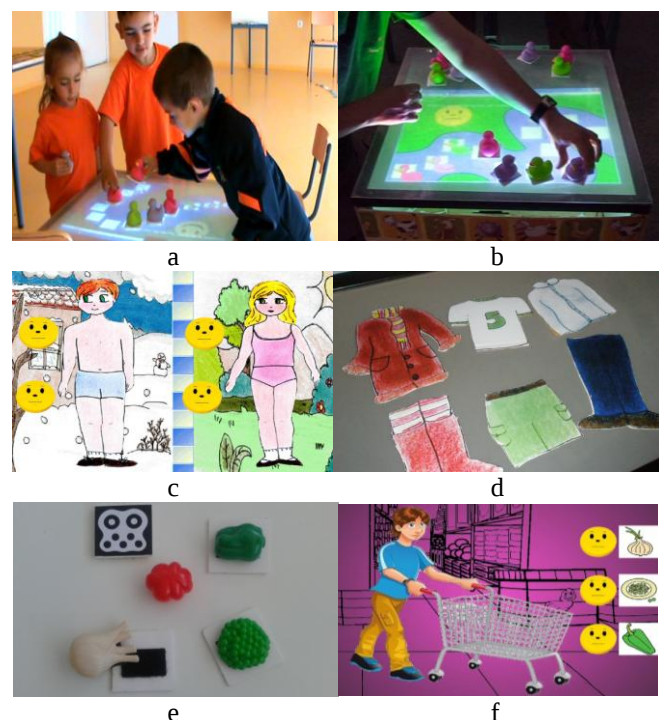


Fig 10. Juegos ejecutados por Acoti sobre la superficie NIKVision

Con la realización de este proyecto fin de carrera se han diseñado e implementado un conjunto de herramientas de apoyo a la comunicación aumentativa y alternativa fácilmente configurables para adaptarlas a los distintos niveles de discapacidad comunicativa presentes en el alumnado del CPEE Alborada, y que son fáciles de usar por los profesores, tutores y familiares de los alumnos, así como por los propios alumnos. Concretamente los hitos que se han conseguido son:

- Una herramienta para la construcción y reproducción de tableros de comunicación.
- Una herramienta para la generación y ejecución de actividades didácticas fácilmente configurables.

En el caso de la primera herramienta, se ha obtenido una versión de la aplicación (*AraBoard v1.0*) lo suficientemente estable para ser distribuida con garantías de tener un buen funcionamiento. Actualmente, gracias a las continuas sugerencias de los usuarios, AraBoard sigue en desarrollo y ya existe una nueva versión de la aplicación (*AraBoard v2.0*) en la que se han añadido nuevas funcionalidades.

A día de hoy, la aplicación AraBoard cuenta con aproximadamente 12900 descargas desde SourceForge[14], y más de 5000 descargas en Google Play [15][16]. Por otro lado, AraBoard ha sido publicada en el catálogo “*Mi software de comunicación*” [17], y está teniendo una difusión importante, especialmente en países de habla hispana.

En cuanto al segundo objetivo planteado, también se ha diseñado e implementado una herramienta, denominada Acoti, que permite la generación y ejecución de actividades didácticas sobre la superficie interactiva NIKVision. La aplicación ha permitido generar diversas actividades definidas y adaptadas a los distintos niveles cognitivos de los alumnos. Esta herramienta está siendo utilizada actualmente por los profesores y alumnos del CPEE Alborada, y ha sido expuesta y utilizada por alumnos de primaria, participantes en la “*V Semana de la Ingeniería y la Arquitectura*”, celebrada en la Universidad de Zaragoza del 5 al 9 de Noviembre de 2012 y por alumnas de secundaria, en las jornadas del “*Girls’ Day*”, también celebradas en Zaragoza, el 28 de Marzo de 2012.

En ambos casos, las dos aplicaciones han permitido cumplir con los objetivos previstos y han superado con éxito las expectativas de los usuarios finales, tanto los alumnos o personas con limitaciones en la comunicación, como padres, tutores, profesores, etc.

REFERENCES

- [1] Augmentative and alternative communication. Wikipedia. http://en.wikipedia.org/wiki/Augmentative_and_alternative_communication
- [2] American Speech-Language-Hearing Association (ASHA). <http://www.asha.org/>
- [3] Abadín, C. I. Delgado Santos, A. Vigara Cerrato. Comunicación aumentativa y Alternativa. Guía de referencia. Edición CEPAT, 2009.
- [4] R. Sánchez Montoya. Ordenador y discapacidad. Madrid. Ciencias de la educación preescolar y especial. ISBN: 8478694021, 2002.
- [5] Alcantud, F. Las Tecnologías de la Información y de la Comunicación y los Trastornos Generalizados del Desarrollo. Universitat de Valencia, 2004
- [6] GIGA Affective Lab. <http://giga.cps.unizar.es/affectivelab/>

- [7] Colegio Público de Educación Especial. Alborada. C.P.E.E. Alborada. <http://centros6.pntic.mec.es/cpee.alborada/>
- [8] J.Marco, E.Cerezo, S. Baldassarri, E. Mazzone, J. Read. Bringing Tabletop Technologies to Kindergarten Children. 23rd BCS Conference on Human Computer Interaction. pp. 103-111, 2009.
- [9] Portal Aragonés de la Comunicación Alternativa y Aumentativa <http://catedu.es/arasaac/index.php>
- [10] Kaltenbrunner, M., Bencina, R.: "ReactIVision: A Computer-Vision Framework for Table-Based Tangible Interaction". Proceedings of the first international conference on "Tangible and Embedded Interaction" (TEI07). Baton Rouge, Louisiana, 2007.
- [11] Framework de ReactIVision. <http://reactivision.sourceforge.net/>
- [12] Kaltenbrunner, M., Bovermann, T., Bencina, R., Costanza, E.: "TUIO - A Protocol for Table-Top Tangible User Interfaces". Proceedings of the 6th International Workshop on Gesture in Human-Computer Interaction and Simulation (GW 2005), Vannes, France, 2005.
- [13] Especificación del protocolo TUIO. <http://www.tuio.org/?specification>
- [14] AraBoard, SourceForge. <http://sourceforge.net/projects/ara-board/>
- [15] AraBoard Constructor, Google Play. <https://play.google.com/store/apps/details?id=air.AraBoardConstructor&hl=es>
- [16] AraBoard Player, Google Play. <https://play.google.com/store/apps/details?id=air.AraBoardplayer&hl=es>
- [17] Catálogo “Mi software de comunicación”. Publicado por la Editorial Ceapat-Imsero (2012).



Marta García Azpiroz recibió el título de Ingeniería Informática en 2012 por la Escuela de Ingeniería y Arquitectura (EINA) de Zaragoza, España. Trabajó como becaria en el laboratorio GIGA-Affective Lab, del Departamento de Informática e Ingeniería de Sistemas (DIIS) de la Universidad de Zaragoza, durante el curso académico 2011/2012. En la actualidad trabaja como desarrolladora software de juegos.



Sandra Baldassarri recibió el título en Ciencias de la Computación por la Universidad de Buenos Aires, Argentina, en 1992, y su doctorado en Ingeniería Informática por la Universidad de Zaragoza, España, en 2004. En la actualidad, es profesora contratada doctora en la Universidad de Zaragoza (España), y miembro fundador del AffectiveLab del Grupo de Informática Gráfica Avanzada (GIGA) de la Universidad de Zaragoza. Sus intereses de investigación incluyen: Virtual humans, computación afectiva, interfaces multimodales y la interacción tangible y natural.



Javier Marco es doctor en Informática por la Universidad de Zaragoza. El objetivo de su tesis doctoral fue investigar nuevas formas de aplicar recursos tecnológicos en entornos de Educación Infantil y Especial, a través de la utilización de Interfaces Tangibles, todo ello aplicando técnicas de Diseño Centrado en el Niño. Forma parte del comité científico del congreso Interacción y Tangible and Embedded Interaction. Ha sido investigador visitante en el ChiCI Group de la Universidad de Central Lancashire, Inglaterra, grupo de referencia Internacional en el diseño y evaluación de nuevas tecnologías para niños, y en el M-ITI de la universidad de Madeira, (Portugal) bajo en un programa de colaboración con la Universidad Carnegie Mellon, Estados Unidos.

Capítulo 8

Sistema de Garantía de Calidad para Modalidades de Enseñanza Online y Tendencias hacia Recursos Educativos en Abierto

Miguel Gea, Rosana Montes-Soldado, Miguel González Laredo, María José Álvarez Suárez

Abstract— The adoption of the European Higher Education Area (EHEA) has been included changes in current titles and the recognition of different modalities of study (including online and mixed modes) and process for quality assurance based on agencies such as ANECA. But nowadays, there is not a general framework for quality assurance on distance learning, just only some indicators. In this paper we describe the reference model used in the University of Granada that can be used as a basis for evaluation method for open educational resources (OER).

Keywords— EHEA, Quality Management, e-Learning, virtual campuses.

Resumen— La adaptación de los títulos de Grado al modelo de EEES ha incorporado como novedad el reconocimiento de tres modalidades de estudio (presencial, semipresencial y a distancia) además de incorporar un procedimiento para el seguimiento y evaluación de los títulos (Sistema de Garantía de la Calidad) que será evaluada por una entidad externa (ANECA o agencias locales). Si embargo, en todo este proceso, no existe un modelo unificado de referencia para el seguimiento de la calidad en las asignaturas con soporte virtual, y sólo se dispone de algunas directrices en el procedimiento VERIFICA. En este artículo se presenta el modelo que actualmente se está implantando en la Universidad de Granada, y que puede aplicarse a futuros modelos de evaluación para recursos abiertos de aprendizaje (OER).

Palabras clave— EEES, Garantía de la Calidad, e-learning, campus virtuales

I. INTRODUCCIÓN

CON la implantación del EEES en las universidades nos encontramos como novedades muy importantes la necesidad de un proceso de seguimiento y

evaluación de los títulos que es evaluado externamente por agencias (ANECA), y para las que se ofrece un procedimiento (VERIFICA) que permite evaluar las propuestas de cada plan de estudio de títulos universitarios oficiales. Además, recoge las modalidades semipresencial y a distancia así como usa serie de recomendaciones para su impartición. En este sentido, nos encontramos con una serie de directrices, en algunos casos ambiguas, y que puede ocasionar diferentes interpretaciones y modelos de implementación en cada Universidad. Podemos ver que el marco de referencia en calidad en el que se mueve la enseñanza en modalidad online (ya sea parcial o totalmente a distancia) está todavía en desarrollo. Por ejemplo la norma ISO 19796:2005 [1] para describir, comparar, analizar e implementar aproximaciones de gestión y aseguramiento de la calidad en la formación virtual está parcialmente definida. La norma (española) UNE 66181:2008 [2] permite caracterizar la calidad de la formación virtual mediante los aspectos de accesibilidad, empleabilidad, interactividad, tutorización y nivel de reutilización, especialmente orientado hacia acciones formativas. Por otra parte, existen sellos de acreditación de instituciones UNIQUe [3] que es un procedimiento para la certificación de los mecanismos de innovación y mejora del aprendizaje mediante TIC respaldado por EFQUEL (European Foundation for Quality in Europe). Podemos consultar en este el trabajo de J.R.Hilera [4] una lista exhaustiva de métodos y su campo de aplicación. En otros ámbitos, por ejemplo se han aplicado normativas de calidad interuniversitarias como la guía @fortic [5] para tener criterios homogeneizados en calidad de formación a distancia en cursos ofertados entre universidades públicas andaluzas. Sin embargo, la ausencia de un modelo normativo unificado para todas las universidades españolas, hace necesario una interpretación de las directrices del procedimiento VERIFICA para crear un modelo de seguimiento de calidad coherente y extrapolable entre universidades [6]. Esto es de especial relevancia para adoptar mecanismos de colaboración (creación de campus virtuales compartidos, títulos interuniversitarios, etc.) y de creación de contenidos educativos en abierto. A continuación vamos a presentar el modelo que se está actualmente aplicando en la Universidad de Granada.

M. Gea, Dpt de Lenguajes y Sistemas informáticos. Director del Centro de Enseñanzas Virtuales de la Universidad de Granada. Email: mgea@ugr.es

R. Montes-Soldado, Dpt. Lenguajes y Sistemas informáticos de la Universidad de Granada. e-mail: rosana@ugr.es

M. González Laredo es Ingeniero Informático por la Universidad de Granada. Técnico de e-Learning en Fundación General Empresa Universidad de Granada. e-mail: mglaredo@fundacionugrempresa.es

M. J. Álvarez Suárez es Licenciada en Biblioteconomía y Documentación por la Universidad de Granada. Técnico de e-Learning y formación en Fundación General Empresa Universidad de Granada. e-mail: mjalvarez@fundacionugrempresa.es

II. MODELO DE ASEGURAMIENTO DE LA CALIDAD EN FORMACIÓN ONLINE

Este modelo se aplica para las modalidades semipresenciales y a distancia, aplicado exclusivamente a la parte no presencial del curso (ya que existen otros procedimientos para la parte presencial). Las etapas que han conformado el control de seguimiento de la calidad técnico-pedagógica del plan de apoyo a la virtualización de esta asignatura se resumen en el siguiente diagrama.

La metodología empleada en el Plan de apoyo a la modalidad online de asignaturas de grado y posgrado establece tres fases principales:

- La **fase inicial** se centra en proporcionar la formación del profesorado en esa modalidad, ofreciendo un apoyo técnico-pedagógico para orientar en todo momento a los profesores implicados en la acción formativa. En esta fase se evalúa principalmente si el montaje de la asignatura cumple con unos requisitos mínimos en cuanto a la preparación de los materiales docentes, la existencia de una guía de estudio clara y adaptada a la modalidad no-presencial, así como la existencia de actividades y pruebas de evaluación al alumnado.
- La **fase intermedia** de seguimiento se centra en la evaluación de la realización de la acción docente. Se cuenta con herramientas de recogida y análisis de la satisfacción del alumnado, así como herramientas para la recogida y análisis de los resultados académicos. Con ello se obtienen evidencias del uso de las herramientas de comunicación, el cronograma de trabajo planificado, la gestión de incidencias o sugerencias y se conoce la satisfacción de los usuarios. Con esos marcadores podemos otorgar suficiente información a los profesores implicados en la asignatura para que efectúen las correspondientes modificaciones al plan inicial de trabajo.
- La **fase final** de evaluación, es muy similar a la fase intermedia, salvo que se realiza una vez que la acción formativa ha finalizado y se pueden obtener conclusiones concretas y estadísticas académicas finales. La evaluación realizada sobre las evidencias anteriormente mencionadas mide, además, si la revisión efectuada en la fase intermedia obtuvo una mejora en el desarrollo de los estudios. Las conclusiones se plasman

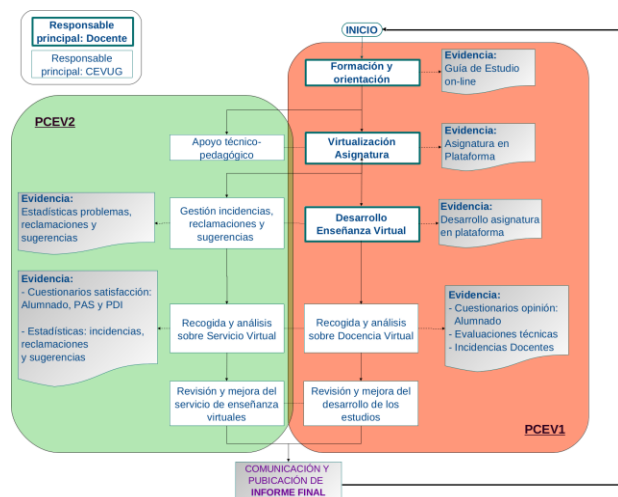


Fig. 1. Flujograma del proceso “Evaluación de la calidad de las Enseñanza online” de la UGR.

en un informe final que se valora con profesores, coordinadores de titulaciones, y se incorpora como documentación a la comisión del sistema de garantía de calidad.

En cada una de estas etapas se identifica a todos los actores: profesores, estudiantes, personal técnico de apoyo, coordinadores y equipos de seguimiento de calidad de cada título, con procedimientos para la evaluación en las siguientes dimensiones:

- Procedimiento para la evaluación y mejora de la calidad de la enseñanza virtual y del profesorado (PCEV1)
- Procedimiento para la evaluación y mejora de la satisfacción de los distintos colectivos implicados en el servicio de enseñanza virtual oficial y la gestión de sus problemas (PCEV2)
- Procedimiento para la evaluación y mejora del rendimiento académico.

TABLA I:
PROCEDIMIENTO PARA LA EVALUACIÓN Y MEJORA DE LA CALIDAD DE LA ENSEÑANZA VIRTUAL Y DEL PROFESORADO (PCEV 1)

Evaluación y mejora de la calidad de la enseñanza virtual y de la labor del profesorado responsable de la misma, se realizará tomando como referente las siguientes variables e indicadores:

- La planificación y el diseño de la enseñanza virtual.
- La Planificación de la guía de estudio online: Actualización y Cambios en la planificación con respecto al curso anterior
- La estructura de la guía de estudio online
 - Contenidos online
 - Metodología de enseñanza-aprendizaje
 - Nivel de concreción de tutorización on-line.
 - Diversidad de actividades formativas dirigidas mediante plataforma.
 - Diversidad de recursos materiales basados en tecnologías estándares y abiertas (SCORM, PDF, distintos paquetes ofimáticos, etc.).
 - Funcionamiento correcto de los recursos docentes generados (actividades, enlaces entre materiales, etc.).
 - Temporización - cronograma
 - Diversidad de sistemas de evaluación adaptados al entorno virtual.
 - Existencia de requisitos técnicos necesarios para el desarrollo de la formación virtual
- El desarrollo de la enseñanza y cumplimiento de la planificación diseñada.
 - Metodología de enseñanza-aprendizaje online
 - Existencia de tutorización virtual.
 - Diversidad de actividades formativas dirigidas mediante plataforma.
 - Diversidad de recursos materiales basados en tecnologías estándares y abiertas (SCORM, PDF, distintos paquetes ofimáticos, etc.).
 - Funcionamiento correcto de los recursos docentes generados (actividades, enlaces entre materiales)
 - Diversidad de sistemas de evaluación adaptados
- La actuación docente virtual del profesorado.
 - Se recogerán aspectos relativos a la docencia virtual.

- Los criterios evaluados se enmarcan dentro de los siguientes bloques:
- Planificación de la docencia no presencial.
- Competencias de docencia no presencial.
- Interacción virtual profesor/a-alumno/a.
- Evaluación de los aprendizajes en el entorno virtual.

TABLA II:
PROCEDIMIENTO PARA LA EVALUACIÓN Y MEJORA DE LA
SATISFACCIÓN Y LA GESTIÓN DE SUS PROBLEMAS (PCEV 2)

La evaluación y mejora de la satisfacción de los distintos colectivos implicados en las enseñanzas virtuales oficiales del Centro de Enseñanzas Virtuales de la Universidad de Granada se realizará tomando como referente las siguientes variables e indicadores y colectivos

Grado de satisfacción con...	PDI	Alum	PAS ^{te} cn
La información y el asesoramiento recibidos sobre la modalidad virtual de un Grado/Posgrado.	X	X	X
Apoyo técnico y orientación al alumnado para el uso de los medios de teleformación disponibles para la enseñanza virtual	X	X	
Apoyo técnico y pedagógico al profesorado para la consecución de la enseñanza virtual planificada	X		
La gestión de las matriculaciones y medios telemáticos de acceso	X	X	X
Las plataformas de teleformación y recursos de comunicación online (plataforma moodle, videoconferencia, aula virtual, adobe connect, etc.)	X	X	X
La planificación, desarrollo y recursos de la enseñanza virtual (recursos online adecuados, cumplimiento de fechas, distribución de sesiones presenciales..)		X	X
Grado de cumplimiento de expectativas sobre los servicios asociados a la modalidad virtual de enseñanza	X	X	
El seguimiento y control de la calidad del desarrollo de la enseñanza virtual	X		X
La coordinación (técnica y administrativa) entre las universidades colaboradoras en la enseñanza virtual (si procede)	X	X	X
La coordinación (técnica y administrativa) entre las distintas unidades/servicios implicados en la enseñanza virtual.	X	X	X
La atención a reclamaciones y sugerencias relacionadas con la enseñanza virtual, medios telemáticos y plataformas de teleformación	X	X	X

La evaluación y mejora de la gestión y atención de incidencias, sugerencias y reclamaciones técnicas o de gestión del servicio de enseñanza virtual en el grado/postgrado se realizará sobre las siguientes variables e indicadores:

- Existencia, disponibilidad y acceso telemático de un sistema para la resolución de incidencias.
- Existencia, disponibilidad y acceso telemático de un sistema para la recogida y atención de sugerencias o reclamaciones.
- Transparencia y claridad del proceso seguido en la gestión de incidencias.
- Transparencia y claridad del proceso seguido en la gestión de sugerencias y reclamaciones.
- Tipología y número de incidencias.
- Tipología y número de sugerencias y reclamaciones realizadas.
- Tiempo medio transcurrido entre la recepción de incidencias y su respuesta telemática.
- Tiempo medio transcurrido entre la recepción de las reclamaciones/sugerencias y su respuesta telemática.

TABLA III:
PROCEDIMIENTO PARA LA EVALUACIÓN Y MEJORA DEL
RENDIMIENTO ACADÉMICO (PCEV 3)

La evaluación y mejora relativa a los Resultados Académicos se realizará tomando como referente las estimaciones realizados sobre los siguientes indicadores relativos a la titulación:

- Tasa de graduación Porcentaje de estudiantes que finalizan la enseñanza en el tiempo previsto en el plan de estudios o en un año académico más en relación con su cohorte de entrada.
- Tasa de abandono: Relación porcentual entre el número total de estudiantes de una cohorte de nuevo ingreso que debieron obtener el título el año académico anterior y que no se han matriculado ni en ese año académico ni en el anterior.
- Tasa de eficiencia: Relación porcentual entre el número total de créditos del plan de estudios a los que debieron haberse matriculado a lo largo de sus estudios el conjunto de graduados de un determinado año académico y el número total de créditos en los que realmente han tenido que matricularse.
- Tasa de éxito: Relación porcentual entre el número total de créditos superados (excluidos adaptados, convalidados y reconocidos) por el alumnado de un estudio y el número total de créditos presentados a examen.
- Tasa de rendimiento: Relación porcentual entre el número total de créditos superados (excluidos adaptados, convalidados y reconocidos) por el alumnado en un estudio y el número total de créditos matriculados.
- Duración media de los estudios. Duración media (en años) que los estudiantes tardan en superar los créditos correspondientes al plan de estudios (exceptuando el proyecto fin de carrera, si es el caso).

Se han creado las correspondientes herramientas (para los procedimientos) que son los instrumentos para la recogida de información y documentos generados:

- Evaluación de la planificación y el diseño de la enseñanza virtual
- Evaluación del desarrollo de la enseñanza virtual.

- Cuestionario de opinión del alumnado sobre la labor docente del profesorado en enseñanzas virtuales oficiales
- Cuestionario de satisfacción del alumnado con el servicio de enseñanza virtual.
- Cuestionario de satisfacción del profesorado con el servicio de enseñanza virtual.
- Cuestionario de satisfacción del PAS y técnicos con el servicio de enseñanza virtual
- Formulario web de incidencias, reclamaciones y sugerencias.

Con toda estas herramientas se obtienen una serie de evidencias (a partir de los criterios marcados previamente a cumplir como objetivos de calidad) que facilitan el aseguramiento de las directrices específicas propuestas en el procedimiento VERIFICA relativas al acceso y admisión de estudiantes, personal académico, recursos materiales y servicios, y planificación de las actividades docentes.

III. EXPERIENCIA 2011-2013

Los dos procedimientos principales de nuestro SGC-EV son **PCEV1** y **PCEV2**. Estos procedimientos están centrados, respectivamente, en la Calidad de la Docencia Virtual y la Calidad del Servicio Técnico-pedagógico. El servicio lo definimos como el valor añadido (humano, técnico y de infraestructura) que aporta el Centro de Enseñanzas Virtuales a la Universidad de Granada en cualquier modalidad oficial que no sea 100% presencial.

En los dos últimos años académicos hemos recogido y procesado más de 2.000 cuestionarios online en Títulos de Grado y más de 1.500 en Títulos de Posgrado; todo ello dentro del sistema definido oficialmente y descrito en el apartado anterior.

Un dato muy destacable es como, en el ámbito de las enseñanzas de posgrado, el número de cuestionarios que hemos podido analizar se ha cuadruplicado en el curso 2012-2013. Esto ha sido posible gracias a varios factores interrelacionados:

- el esfuerzo del centro a nivel formativo y de comunicación del SGC-EV.
- un aumento de la implicación de coordinadores y profesores virtuales en las distintas etapas del SGC-EV.
- la promoción de una mayor colaboración por parte de toda la comunidad universitaria implicada, fundamentalmente de los alumnos de másteres oficiales no 100% virtuales.

Uno de los objetivos marcados para la mejora del servicio tras el curso 2011-2012 fue lograr un apoyo y contacto con los usuarios más eficaz desde el centro, ya que dentro del procedimiento PCEV2 la cuestión “Atención a reclamaciones y sugerencias del servicio de EV (PCEV2_04_7)” fue la menos valorada (media de 2,5). En el curso 2012-13 se realizaron mejoras en la estructura organizativa del apoyo a los usuarios y se terminó de integrar a todo el personal del centro en nuestro gestor de atención de incidencias.

Si bien es cierto que en este ámbito, “Satisfacción con el Servicio de Enseñanzas Virtuales (PCEV2)”, todos los indicadores han mejorado su media entre los dos últimos cursos académicos, precisamente PCEV2_04_7 ha sido el que ha experimentado un incremento promedio mayor. Por

lo tanto, las acciones correctivas han tenido un resultado directo en la satisfacción de nuestros usuarios.

En el ámbito de PCEV1 (“Opinión sobre la Docencia Virtual”):

- el indicador con mayor incremento promedio de satisfacción entre los alumnos fue “Se ha facilitado la flexibilidad en el seguimiento de la formación online” (PCEV1_03_10).
- mientras que el aspecto de mayor descenso fue “Aportación general tutor importante e-aprendizaje” (PCEV1_03_11).

Actualmente, el equipo técnico-pedagógico que asesora a los coordinadores y profesores y realiza las evaluaciones de calidad, está trabajando bajo una nueva estrategia de seguimiento para lograr mejorar la estrategia de los docentes virtuales y por tanto la satisfacción de los alumnos con su aportación al proceso de enseñanza-aprendizaje online.

IV. CONOCIMIENTO EN ABIERTO Y SISTEMA DE CALIDAD

Una posible aplicación de estos modelos es la creación y certificación de recursos educativos en abierto (OER en sus siglas inglesas). Existen multitud de repositorios OER online además del conocido MIT Open CourseWare (<http://ocw.mit.edu/>), la Universidad Virtual Africana (<http://oer.avu.org/>) o la iniciativa de contenidos abiertos de la Open University (<http://oci.open.ac.uk/>) por citar algunos. A estas iniciativas se han unido el modelo de cursos masivos en abierto (MOOCs, *Massive Online Open Courses*), que si bien no se puede considerar en sí un OER, sí se puede contemplar como modalidad abierta estructurada en contenidos y tutores para el aprendizaje, y que se está posicionando como una apuesta firme para apoyar el aprendizaje de por vida (*lifelong learning*) tan útil para los distintos segmentos de la sociedad (profesionales en formación permanente, jubilados con interés, jóvenes con dudas ante su futuro formativo, desempleados en constante mejora de su currículum, etc.).

En todos los casos, el establecimiento de un conjunto de reglas regulatorias en cuanto a la calidad de los materiales es absolutamente necesario, y debe permitir al alumno seguir de forma independiente el curso basado en recursos abiertos. Compartir conocimiento y desarrollar un entendimiento común en forma de cursos compartidos e impartidos entre varias universidades no es una iniciativa nueva. Lo que sí es innovador es el aseguramiento de la calidad, el reconocimiento de aprendizajes previos, la transferencia y los temas institucionales que surgen como resultado de ofrecer certificación de cursos basados en OER a los estudiantes. Es por ello que el proyecto europeo OERtest [7] tiene como objetivo apoyar la integración de los recursos educativos abiertos en la educación superior y proponer un marco de aprendizaje basado en Recursos Educativos Abiertos, en forma de cursos compartidos entre varias universidades, estimulando el intercambio de ideas entre expertos de la Educación Superior sobre el calidad en elearning, el reconocimiento de aprendizajes previos, la transferencia y los temas institucionales (como estrategia de desarrollo, financiación de las universidades asociadas, cuestiones administrativas, etc.). Estas actividades se concentraron en cuatro áreas principales denominados *briefing papers* que abarcan los siguientes temas: métodos

de evaluación, requisitos y normas sobre los recursos, credencialización, certificación y reconocimiento (institucional) y colaboración inter-institucional.

Este proceso basado en recursos educativos abiertos lo hemos analizado como una desagregación de los procesos académicos que normalmente se llevan a cabo dentro de una sola institución. Nos referimos a las actividades de diseño del curso, la propia realización de éste, y otros aspectos como la evaluación y concesión de créditos. Éstos los hemos considerado como separables, teniendo en cuenta además las posibles procedencias del alumnado, es decir, si son los propios estudiantes de una universidad, o estudiantes potenciales de la institución, incluso pueden ser personas que no tienen ninguna relación con esa universidad antes o después de la adjudicación de los créditos.

V.CONCLUSIONES Y TRABAJOS FUTUROS

En este artículo hemos abordado la necesidad de buscar procedimientos de seguimiento y evaluación de acciones formativas en modalidad online, y que faciliten la cooperación entre universidades para desarrollar acciones formativas conjuntas o creación de materiales docentes en abierto con procesos de aseguramiento de la calidad. Hemos presentado la metodología desarrollada en el contexto de la Universidad de Granada y se está evaluando, dentro del contexto de un proyecto europeo, la aplicabilidad a recursos educativos en abierto debido al incremento que se ha generado en torno a esta corriente de aprendizaje informal.

AGRADECIMIENTOS

Este proyecto ha sido parcialmente financiado con el proyecto LLP de la EACEA[8]

OERtest (ref. 510718-LLP-2010-ES-ERASMUS-EVC). Este artículo refleja únicamente los puntos de vista de sus autores y la Comisión Europea no se hace responsable de los contenidos y de las opiniones expresadas en el mismo.

REFERENCIAS

- [1] ISO/IEC 19796-1:2005, Information technology -- Learning, education and training -- Quality management, assurance and metrics - Part 1: General approach. International Standard Organization, Geneva, Switzerland (2005)
- [2] UNE 66181:2008, Gestión de la calidad. Calidad de la Formación Virtual. AENOR: Spanish Association for Standardization and Certification, Madrid, Spain (2008)
- [3] Hilera, J.R., Hoya, R. (2010). Estándares de e-learning: guía de consulta. Universidad de Alcalá. ISBN: 978-84-693-0263-7. Online en: <http://www.cc.uah.es/hilera/GuiaEstandares.pdf>. Acceso el 15/10/2011
- [4] UNIQUE, <http://unique.europace.org>
- [5] Guía @FORTIC: Guía para la evaluación de acciones formativas basadas en tecnológicas de la información y la comunicación. UCUA. Córdoba. 2005. Campus Andaluz Virtual (CAV), <http://www.campusandaluzvirtual.es>

- [6] M. Gea, M. González Laredo, M. J. Álvarez Suárez, R. Montes Soldado. Proceso de Evaluación en Títulos Universitarios con Modalidad Virtual. IEEE RITA. Revista Iberoamericana de Tecnologías del Aprendizaje, ISSN: 1932-8540. Vol 5, nº 3, pp 97-104, 2010. IEEE Education Society, Vigo (Es)
- [7] OERtest: comprobación de la viabilidad para la certificación de cursos OER <http://oer-europe.net> y <http://repository.oer-europe.net>
- [8] The Education, Audiovisual and Culture Executive Agency <http://eacea.ec.europa.eu>



Miguel Gea Megías es Doctor en informática y Profesor Titular de Universidad en el Dpto. de Lenguajes y Sistemas Informáticos de la Universidad de Granada. Sus líneas de investigación son la Interacción Persona Ordenador y Sistemas colaborativos y elearning, de los cuales ha realizado publicaciones, tesis y proyectos, y ha sido uno de los miembros fundadores de la Asociación de la Interacción Persona Ordenador (AIPO). Desde el 2008 es Director del Centro de Enseñanza Virtuales de la Universidad de Granada, y en ese tiempo ha coordinado varios proyectos europeos relacionados con calidad en elearning y movilidad virtual. En este período se ha conseguido que la Universidad sea una de las primeras instituciones europeas con el certificado uNIQUE de la EFQUEL (European Foundation for Quality in Elearning).



Rosana Montes Soldado es Doctora en Informática por la Universidad de Granada, profesora del Departamento de Lenguajes y Sistemas Informáticos y Secretaria del Centro de Enseñanzas Virtuales. Sus áreas de investigación son la informática gráfica, la web 2.0, el desarrollo de aplicaciones móviles, la enseñanza en abierto, gestión y configuración de plataformas de e-Learning, y creación de comunidades de aprendizaje y comunidades de prácticas. Ha estado involucrada en diferentes proyectos europeos sobre e-Learning como son "Mobi-Blog - the European Weblog Platform for Mobile Students", "Hextlearn - Higher Education exploring ICT use for Lifelong Learning", "Movinter - Enhancing Virtual Mobility to foster institutional cooperation and internationalisation of curricula". Así mismo ha sido la coordinadora de "OERtest - Testing the Feasibility of OER-Course Certification".



Miguel González Laredo es Ingeniero Informático (2003) y Posgrado en Ingeniería del Software (2006) por la Universidad de Granada (UGR). Hasta 2007 se dedicó a la consultoría informática en Madrid (Fujitsu Services y Universidad Autónoma de Madrid) y la investigación nacional e internacional sobre Software Colaborativo (CSCW), con el Dpto. de Lenguajes y Sistemas Informáticos de la UGR. En 2007 regresa a Granada para desempeñar un perfil multidisciplinar en el Centro de Enseñanzas Virtuales; destacando proyectos de integración de sistemas, procesos y gestión de la calidad. Tras realizar diversos proyectos como freelance, con empresas e-Learning; actualmente compagina su trabajo en la UGR con la promoción del Software Libre, en la Empresa y para el Emprendimiento, desde la Asociación Gcubo.



María José Álvarez Suárez es Licenciada en Documentación (2000) y Master en Intervención Psicopedagógica (2007) por la Universidad de Granada (España). Desde el 2004 trabaja como técnica en formación virtual en el Centro de Enseñanzas Virtuales de la Universidad de Granada (CEVUG). Es miembro del grupo de investigación "Documentación, Información y Comunicación" de la misma universidad. Sus trabajos de investigación se han centrado en temáticas relacionadas con el e-learning y redes sociales.

Página en Blanco

Capítulo 9

Serious Games Network

P. Latorre Andrés, F. Serón Arbeloa, C. Vaz de Carvalho, *Senior Member, IEEE*

Title — Serious Games Network

Abstract — Serious Games can be defined as (digital) games used for purposes other than mere entertainment. Serious Games can be applied to a broad spectrum of areas, e.g. educational, healthcare, training in hazardous environments or situations. Game-based Learning, one aspect of Serious Games, is also more and more explored for all levels of education in different subjects, such as History. SEGAN (SErious Games Network) created a Community of Practice on the Serious Games subject. The main objective was to create a stable (but expanding) consortium to exchange ideas and experiences related to Serious Games. The SEGAN Network invites the people of the community of Archaeology, Cultural Heritage and Ancient History interested in Serious Games to join the net and to participate in their activities.

Keywords — Serious Games, Game Based Learning, Community of Practice

Resumo— Jogos Sérios podem ser definidos como jogos (digitais) utilizados para outros fins que não o puro entretenimento. O conceito de Jogos Sérios pode ser aplicada a uma ampla gama de áreas, como educação, saúde e formação. A rede SEGAN (Serious Games Network) visa criar uma comunidade de trabalho e prática sobre a questão dos Jogos Sérios que permita trocar ideias e experiências sobre esta área.

SEGAN convida as pessoas da comunidade de Arqueologia, Património Cultural e História a aderir à rede e a participar das suas atividades.

Palavras-chave—Jogos Sérios, Aprendizagem Baseada em Jogos, Comunidades de Prática

I. INTRODUÇÃO

VÁRIOS autores definem Jogos Sérios como jogos (digitais) utilizados para outros fins que não o mero entretenimento. Estes jogos podem ser usados num largo espectro de áreas, por exemplo, educação, saúde, a formação profissional ou o treino em ambientes ou situações perigosas [1].

Já se realizaram diversas investigações relativas à utilização e integração das TIC em contexto de sala de aula

[2-3]. No entanto, é claro que estes estudos, por si só, não produzem qualquer impacto na promoção do sucesso educativo ou do desempenho dos alunos. Portanto, é essencial mudar paradigmas, métodos e estratégias de ensino.

Os Jogos Sérios no âmbito da educação concentram-se no desenho específico de um processo de aprendizagem, criando cenários-réplicas de contextos reais através de ambientes gráficos interativos e imersivos (gráficos 2D/3D, som e animação). Essa interatividade torna também possível conhecer o impacto das ações do jogador, por meio de respostas a perguntas ou a situações desse cenário virtual.

Estes jogos são úteis para a educação e formação dado que em vez de oferecer cursos tradicionais ou estáticos baseados em papel ou no modelo online tradicional, os jogos podem oferecer ambiente incrivelmente imersivos e envolventes, onde os utilizadores aprendem fazendo, mesmo que cometam erros. Esta abordagem desenvolve o trabalho em equipa, as competências pessoais e sociais, a liderança e a colaboração. Os jogos ajudam ainda a tomar decisões, a compreender sistemas complexos, a procurar estratégias [4]. Segundo Prensky [5], as forças militares americanas usam mais de cinquenta jogos diferentes para ensinar vários tópicos, desde estratégia a táticas militares. Um desses jogos é o America's Army [6], lançado em 2002, que tem mais de dois milhões de utilizadores registados. Hussain [7] analisou o uso deste jogo multijogador para treinar competências de trabalho em grupo no exército dos EUA e concluiu que este ambiente era adequado para suscitar e melhorar comportamentos de trabalho em equipa.

O efeito mais marcante do uso de Jogos Sérios é a motivação acrescida o que já foi verificado nos três principais sectores que usam Jogos Sérios: educação, defesa e medicina. Mais ainda, combinar Jogos Sérios com a aprendizagem colaborativa apoiada por computador permite o contacto com outras realidades culturais (quando feito internacionalmente) e permite introduzir outros atores na educação e formação. Projetos anteriores mostraram provas que os alunos passavam a mostrar mais interesse na aprendizagem colaborativa, e que a quantidade e a qualidade da interação social entre professores e alunos aumentavam.

De acordo com [8], quanto mais realistas forem os cenários de um Jogo Sério, mais valiosa é a experiência, uma vez que se pode rapidamente transformar em situações de vida ou negócio real.

Os jogos colocam o jogador no limite das suas capacidades, com objetivos ambiciosos mas atingíveis, o que o motiva a tentar dar o seu melhor e a evoluir, sendo

Este trabalho foi apresentado originalmente no III Congreso Internacional de Arqueología e Informática Gráfica, Patrimonio e Innovación

P. Latorre Andrés e F. Serón Arbeloa pertencem ao grupo GIGA da Universidade de Saragoça, Espanha (e-mail: platorre@unizar.es, fseron@unizar.es).

C. Vaz de Carvalho pertence ao grupo GILT do Instituto Superior de Engenharia do Porto, Portugal (e-mail: cmc@isep.ipp.pt)

Juan Manuel Santos Gago, Paula Escudeiro, editores

TICAI 2012: TICs para el Aprendizaje de la Ingeniería. ISBN 978-84-8158-632-9

©IEEE, Sociedad de Educación: Capítulos Español y Portugués

estes objetivos traçados mediante as suas capacidades atuais. Existe a sensação de que se está prestes a atingir o objetivo, prestes a passar ao próximo nível [9]. É esta percepção que motiva o jogador e o leva a passar horas a jogar, mantendo um alto grau de concentração. É esta sensação que se pretende que os Jogos Sérios despertem nos jogadores, para melhorar o processo de aprendizagem. Entre as inúmeras vantagens na utilização de jogos na aprendizagem, destacam-se as seguintes [10]:

- Motivar e aumentar a atenção do jogador;
- Desenvolver capacidades intelectuais e motoras;
- Tornar o jogador mais criativo na resolução de problemas;
- Criar uma forte vontade de superar as dificuldades e problemas que surjam;
- Aumentar a confiança nas suas capacidades;
- Criar um sentido de segurança e de realização;
- Criar experiência numa área de formação;
- Perceber a aplicabilidade das matérias abordadas;
- Permitir uma evolução em fatores chave de produtividade;
- Criar um sentido de rivalidade saudável entre jogadores;
- Aumentar o relacionamento e colaboração entre indivíduos;
- Reforçar relações pessoais.

Já existem alguns jogos baseados, mais ou menos livremente, em Arqueologia, Património Cultural e História. A sua utilização como Jogos Sérios, incluindo o seu uso para fins científicos e pedagógicos é mais rara. Um excelente relatório sobre o estado da arte em Jogos Sérios em Património Cultural pode ser obtido em [11].

Moloney et al foram dos primeiros a abordar o uso de ambientes colaborativos baseados em jogos para o projeto arquitectónico [12]. Atualmente, o grupo Interactive Media Architecture Group in Education (IMAGINE) Lab, do Instituto de Tecnologia da Geórgia, está na vanguarda do uso de Jogos Sérios em Arquitetura. Os investigadores criam ambientes de alta resolução, quase-jogos, através de motores de jogos de vídeo e integrando modelos arquitetónicos para que os jogadores possam entender melhor a visão, dinâmica e contexto do conceito para um ambiente construído.

A experiência anterior dos autores, em conjunto com parceiros de outras cinco universidades, foi através do projeto SELEAG, financiado pela Comissão Europeia, cujo

objetivo principal era o de avaliar o uso de Jogos Sérios para a aprendizagem de história, cultura e relações sociais. Como resultado, foi desenvolvido um jogo extensível, online, multi-idioma, multijogador, colaborativo e social: TIMEMESH.

II. A REDE SEGAN

No âmbito do Programa Lifelong Learning e outros, houve diversos projectos, com bons resultados, que abordaram o tema dos Jogos Sérios. Olhando para os repositórios Adam, Eve e EST, podemos ver que existem cerca de 35 projectos Leonardo e 65 projetos LPP em que os jogos têm uma função educativa. O que também é claro é que os bons resultados destes projectos geralmente se aplicam a fins muito específicos. E, infelizmente, a maioria destes resultados terminam num website fechado após a conclusão do projeto. Faltava uma iniciativa que agregasse esses resultados e as organizações e indivíduos que ganharam experiência, conhecimento e know-how no decorrer desses projetos. É chegado assim o momento de sistematizar as abordagens europeias para os Jogos Sérios, combinando teoria, investigação e prática de uma maneira única e holística.

Este esforço deve também ser visto no âmbito dos requisitos de Literacia Digital da Sociedade do Conhecimento. Hoje, mais do que nunca, é vital que todos adquiram um conjunto de competências básicas em tecnologias de informação que lhes permita executar tarefas como cidadãos de um mundo interconectado. Um importante estudo realizado pela OCDE trouxe maior atenção a este assunto: "Os alunos que usaram computadores durante vários anos têm melhores resultados que a média. Por outro lado, aqueles que não têm acesso a computadores ou que os usam apenas por um curto período de tempo tendem a ficar para trás" [13]. O mesmo estudo faz uma observação importante acerca da discriminação de género: "As raparigas sentem-se menos confiantes no uso do computador, especialmente em tarefas de alto nível como programação ou apresentações multimédia. Isso faz com que as raparigas tendam a usar menos o computador que os rapazes."

A necessidade de combinar os requisitos de alfabetização digital com o apoio do desenvolvimento das competências profissionais, pessoais e sociais através da educação e formação motivou o uso de ambientes interativos, imersivos, amigáveis e atraentes como os que os Jogos Sérios podem oferecer. No entanto, há uma falta de metodologias e modelos pedagógicos validados que integrem estas novas ferramentas.

Em resumo, é necessário investigar as iniciativas atuais, disseminar produtos e resultados, analisar a teoria e a prática e propor iniciativas sistemáticas de implementação de Jogos Sérios. Além disso, é necessário reunir a massa crítica para formar redes e comunidades, analisar metodologias e discutir e elaborar recomendações. É este o trabalho da rede SEGAN – Serious Games Network.

É também necessário que esta rede comece já a olhar para o futuro dos Jogos Sérios, incluindo:

- O uso de plataformas de comunicação emergente (PDAs, Smartphones, Tablet PCs, Consolas de jogos) que já estão a ser amplamente utilizadas por todos.



Fig. 1 Jogo TIMEMESH e cenário das Descobertas

- A definição e criação de conteúdos flexíveis e personalizados para os perfis individuais dos alunos.
- A integração de princípios conectivistas e construtivistas para assegurar uma abordagem social.
- Uma mudança nas práticas educativas, colocando o aluno no centro da aprendizagem.

A rede SEGAN reúne entidades que exploraram os Jogos Sérios no âmbito das suas actividades diárias ou como parte de projetos (europeus ou nacionais). Além dos três projetos apresentados de seguida, os parceiros do consórcio já estiveram envolvidos em mais de 15 projetos nesta área, como: Chimer, eMapps.com, EU Manažer, NFV-ICT, E-Office, Multimedia Environmental Almanac, ENVI Game, IMAGINE, ENTITLE, Untold Stories, ATHENA, DigiBIC, Linked Heritage, CTCES e SELEAG.

A. Objectivos

A rede SEGAN (Serious Games Network), parcialmente financiada pela União Europeia, criou uma comunidade de prática sobre este tema. O principal objetivo é o de criar um consórcio estável para a troca de ideias e experiências relacionadas com Jogos Sérios. Esta rede virtual será apoiada por eventos presenciais, de forma a aumentar a visibilidade e a consciencialização dos benefícios e impacto do Jogos Sérios para a aprendizagem e contribuir para a sua adoção e utilização eficaz.

Os objectivos concretos são:

- A criação de um portal social online (<http://seriousgamesnet.eu/community>) de apoio à Comunidade de Prática, organizado em Grupos de Interesse abordando Tecnologia, Design, Avaliação, Jogos Sérios para Formação, para o Ensino Superior, para o Ensino Básico e Secundário e para a Mudança Social que irão produzir relatórios anuais sobre a concepção, desenho, desenvolvimento e avaliação de Jogos Sérios e a sua utilização em contextos específicos;
- Um grupo do Facebook, complementar ao portal social, disponível em <http://www.facebook.com/groups/segan>. Este grupo permite tornar mais dinâmica a interacção da comunidade.
- O desenvolvimento de um repositório com produtos e projetos relacionados com Jogos Sérios;
- A produção de documentos de referência na concepção, desenvolvimento e avaliação de Jogos Sérios;
- A criação de eventos locais de formação e disseminação de processos de concepção e desenvolvimento de Jogos Sérios;
- A criação de uma série de conferências e escolas de verão anuais;
- A preparação de uma pós-graduação sobre Jogos Sérios e um conjunto de módulos de formação derivados do referido programa;
- Finalmente, criar uma associação europeia que garanta a continuidade da rede depois da conclusão do projeto.

A primeira edição da Conferência/Escola de Verão teve lugar em Setembro de 2012, em Saragoça e a segunda edição em Julho de 2013, em Tallinn, na Estónia. Cada Escola de Verão dura 4 dias, com 7 horas de trabalho por dia. Os tópicos abordados abrangem o desenho e o desenvolvimento de Jogos Sérios. Os formadores são professores das instituições parceiras da rede a que se juntam professores convidados. Os workshops locais são pequenos eventos (12 formandos, 4 horas) que cada parceiro organiza localmente. Estes eventos têm fins de divulgação, mas também objectivos técnicos.

Alguns destes eventos foram organizados pelos parceiros para apresentar a rede, para explicar e demonstrar Jogos Sérios e, também, para mostrar como desenhar e desenvolver Jogos Sérios. Webinars, ou seminários online onde um palestrante convidado desenvolve um determinado tema. Exemplos de webinars já realizados são: What are Serious Games, Game-Based Learning, Learning Transfer from Games.

Com estes resultados, será possível resolver os problemas descritos anteriormente:

- A falta de utilização e de informação relativa aos recursos e projectos de Jogos Sérios;
- A falta de uma comunidade ativa neste âmbito;
- A falta de uma estratégia para promover a utilização de Jogos Sérios.

B. Metodologia

A metodologia de crescimento da rede passa pelo desenho e desenvolvimento das ferramentas que suportam a Comunidade de Prática e desenvolvê-la até que assumam um estatuto de Associação Europeia. As tarefas inerentes relacionam-se, por um lado, com o desenvolvimento da Comunidade e, por outro lado, a divulgação da rede de forma a atrair novos membros.

Os marcos mais importantes são:

Marco 1 - Especificação da Comunidade de Prática

Marco 2 - Estabelecimento da Comunidade de Prática

Marco 3 – Formalização da Associação Europeia

C. Participantes

Os parceiros da rede na sua definição inicial são universidades e empresas privadas num total de 13 entidades. A parceria foi criada respeitando alguns critérios básicos:

- A definição de um núcleo de parceiros que trabalharam juntos antes para garantir a estabilidade dos processos, a comunicação e a obtenção de resultados;
- A inclusão de parceiros com um forte envolvimento no mundo académico e/ou com a indústria;
- Um número adequado de parceiros iniciais, que cria um núcleo forte para a Comunidade de Prática e fornece a base para o crescimento;
- Uma grande cobertura de países e culturas, como contributo para a diversidade de pontos de vista e diferentes abordagens para o assunto.

A parceria inclui diferentes tipos de parceiros que têm diferentes funções de acordo com a sua especialização.

Existem várias Instituições de Ensino Superior envolvidas na investigação e aplicação educacional de Jogos Sérios em diferentes níveis (ensino básico, secundário e superior). O Instituto Superior de Engenharia do Porto já liderou projetos sobre Jogos Sérios para a educação básica e tem uma larga experiência no uso das TIC no Ensino Superior.

As Faculdades de Educação da Universidade de Ljubljana (Eslovénia) e Central Lancashire (Inglaterra) têm grande experiência no desenvolvimento e implementação de metodologias pedagógicas em particular usando jogos educativos. Essa experiência também está presente na Universidade de Zaragoza (Espanha), Universidade de Tessália (Grécia), Universidade de Tallinn (Estónia), Cork Institute of Technology (Irlanda), Katholieke Hogeschool St. Lieven (Bélgica) e Universidade Complutense de Madrid (Espanha). Cada uma destas Universidades participa no projeto com um grupo de investigação nesta área a que se juntam grupos de Computação Gráfica Avançada (GIGA, UNIZAR) e Inteligência Artificial (UCM) são relevantes para apoiar o desenvolvimento de jogos.

O consórcio inclui ainda uma empresa privada, Virtual Campus Lda, especializada no desenvolvimento de conteúdos didáticos, incluindo jogos. Três outras empresas, ANDAMIO, ACCORD e CORDIA têm experiência prévia na utilização de Jogos Sérios para a formação e desenvolvimento pessoal.

O consórcio representa também uma boa combinação de entidades públicas e privadas. Combina organizações com e sem fins lucrativos o que facilita a sustentabilidade dos resultados. É geograficamente e culturalmente representante da Europa, mas mantém uma dimensão que é viável, eficaz e que pode vir a ter um alcance mundial.

III. CONCLUSÕES

Os Jogos Sérios têm o potencial de promover as características essenciais de diferentes disciplinas académicas. Para isso os criadores de jogos esbatem a fronteira entre o jogo e a realidade incentivando os jogadores a envolver-se numa experiência virtual que os prepara para os desafios do mundo real. Isso tem sido reconhecido pelos diferentes sectores de actividade de tal modo que a indústria dos Jogos Sérios está a ter um rápido crescimento produtos para a Defesa, o mercado empresarial, a educação e a saúde. Também porque os fenómenos atuais de interação online, das redes sociais e das tecnologias Web 2.0/3.0 facilitam a adoção destas tecnologias por uma força de trabalho tecnologicamente avançada.

No entanto, construir um bom jogo sério ainda é uma operação bastante exigente: designers educativos e designers de jogos devem colaborar para fornecer uma experiência de aprendizagem divertida, envolvente e eficaz.

Em geral, o crescente corpo de evidências recolhidas mostra que os Jogos Sérios são, na verdade, uma forma eficaz de aprendizagem. A Arquitetura é uma das áreas que pode contribuir para a indústria de Jogos Sérios, e, ao mesmo tempo, beneficiar-se dela. Agora é hora de saltar das implementações casuísticas para a sua aplicação sistemática. É esse o papel da rede SEGAN.

AGRADECIMENTOS

O trabalho descrito neste artigo foi patrocinado pelo projeto “Serious Games Project – SEGAN”, no. 519332-LLP-1-2011-1-PT-KA3-KA3NW do programa Lifelong Learning da Agência Education, Audiovisual and Culture Agency da Comissão Europeia e ainda pelo projeto “Replikants: Towards a New Generation of Human like Agents”, TIN2011- 24660, S. G. P. I., do Ministerio da Ciência e Inovação (Espanha).

REFERÊNCIAS

- [1] Susi, T. “Serious Games – An Overview”, Technical Report HS- IKI - TR-07-001. School of Humanities and Informatics. University of Skövde, Sweden, 2007
- [2] Franssila, H. & Pehkonen, M. “Why do ICT-Strategy implementation in schools fail and ICT-Practices do not develop?” In *Media Skills and Competence Conference Proceedings*. Tampere, Finland pp. 9-16, 2005
- [3] Wallin, E. “The Rise and Fall of Swedish Educational Technology 1960–1980”. *Scandinavian Journal of Educational Research*, Vol. 5, pp.437–460, 2005
- [4] Andrade, F. *Possibilidades de uso do RPG*. [Online] <http://www.historias.interativas.nom.br/educ/rpgtese.htm>, 2012
- [5] Mcmeans, Cristal. Advantages Of Using 5s Simulation Games. *articlesnatch.com*. [Online] 16 de fevereiro de 2011. [Citação: 4 de outubro de 2011.] <http://www.articlesnatch.com/Article/Advantages-Of-Using-5s-Simulation-Games/1984525>.
- [6] America's Army. [Online] [Citação: 20 de 10 de 2011.] <http://www.americasarmy.com>
- [7] Hussain, T. S. & Ferguson, W. “Efficient development of large-scale military training environments using a multi-player game”. In *Proceedings of the 2005 Fall Simulation Interoperability Workshop*, pp. 421-431. Orlando, FL, September, 2005
- [8] e-VITA, [Online] <http://www.evita-project.eu/>, 2012
- [9] Batista, R., Carvalho, C.V. “Learning Through Role Play Games”, *Proceedings of FIE 2008 - 38th IEEE Annual Frontiers in Education Conference*, October, 2008
- [10] Riyis, Marcos T. RPG e Educação. [Online] http://www.jogodeaprender.com.br/artigos_1.html, 2011
- [11] Anderson, E.F. “Developing Serious Games for Cultural Heritage: A State-of-the-Art Review”, *Virtual Reality* 14(4), Springer, pp. 255-275, 2010
- [12] Moloney, J., Amor, R. String C.V.E. “Advances in a Game Engine-Based Collaborative Virtual Environment for Architectural Design”, in *Proceedings of the International Conference on Applications of Virtual Reality*, Blacksburg, 2003, September 156-168, pp.24-26, 2003
- [13] OECD, *Assessing the Effects of ICT in Education: Indicators, Criteria and Benchmarks for International Comparisons*, [Online] <http://www.oecd.org/fr/sites/educeri/>, 2010



Francisco Séron Arbeloa é Professor Catedrático da Universidade de Zaragoza, Espanha e Director do Grupo de Informática Gráfica Avanzada, da mesma Universidade. Orientou cerca de 20 Doutoramentos na área da Computação Gráfica e liderou um conjunto assinalável de projectos na mesma área. Para além da actividade académica, tem experiência empresarial neste

domínio.



Pedro Latorre Andrés é Licenciado em Ciências Físicas pela Universidade de Zaragoza e Doutor Engenheiro em Informática pela mesma Universidade. É Professor Titular de Universidade do Departamento de Informática e Ingeniería de Sistemas.



Carlos Vaz de Carvalho é licenciado e mestre em Engenharia Electrotécnica e de Computadores pela Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto e doutorado em Sistemas e Tecnologias de Informação pela Escola de Engenharia da Universidade do Minho. É membro do IEEE desde 2000 e *Senior Member* desde 2012.

Actualmente, é Director do Grupo de Investigação GILT (Graphics, Interaction and Learning Technologies). Foi Director (2001-2005) de eLearning do Instituto Superior de Engenharia do Porto e do Laboratório de eLearning desta instituição, tendo dirigido, entre 1997 e 2000, a unidade de Ensino a Distância do Instituto Politécnico do Porto. Ao longo da sua carreira foi autor de mais de 150 publicações e comunicações sobre este tema, incluindo nove livros.

Página en Blanco

Capítulo 10

PRAXIS: O Centro Europeu de Excelência para Projectos/Estágios

Nuno Escudeiro, Paula Escudeiro

Title — PRAXIS: the European Centre for Project/Internship Excellence

Abstract — Project/Internship course units are particularly valuable to undergraduate degrees. It is through this type of courses that students have the chance to practice their technical skills in a real-world-like setting and experience soft skills that are a key factor for employability. There are many distinct flavors of Project/Internship courses throughout Europe. Nevertheless, there is a lack of foundation supporting innovation, development and dissemination of the field. The purpose of PRAXIS is to fill this gap and set a European dimension to this instructional paradigm. In this paper we describe the PRAXIS concept, its development plan and the foreseen outcomes.

Keywords — Project/Internship, Centre of Excellence, European market

Resumo— As unidades curriculares de projecto/estágio são particularmente valiosas para cursos de licenciatura. É através deste tipo de cursos que os alunos têm a oportunidade de praticar as suas capacidades técnicas num cenário virtual do mundo real e experimentar *soft skills*, que são um fator-chave para a empregabilidade. As unidades curriculares de Projecto / Estágio são muito distintas em toda a Europa. No entanto, há uma falta de suporte e apoio à inovação, desenvolvimento e difusão desta área. O objetivo do PRAXIS é preencher esta lacuna e definir um novo paradigma de ensino de dimensão europeia. Neste artigo descrevemos o conceito PRAXIS, o seu plano de desenvolvimento e os resultados previstos.

Palavras-chave— projecto/estágio, Centro de Excelência, Mercado Europeu

I. INTRODUÇÃO

UNIDADES de Projecto / Estágio (PI) do curso criam um ambiente único e exclusivo para fortalecer as capacidades/competência dos alunos em relação a *soft skills*, tais como, trabalho em equipe, liderança, comunicação, iniciativa, focalização. Melhorar e gerir eficientemente e eficazmente estas competências nos alunos raramente é feito por qualquer outro tipo de abordagem. A PI é

provavelmente a maneira mais eficiente para melhorar estas competências nos alunos uma vez que mesmo sendo uma unidade curricular PI reduzida tem um impacto significativo nas competências dos alunos. É a configuração apropriada para melhorar domínio afetivo dos alunos, um domínio importante na sociedade de hoje, em qualquer área de estudo. Este tipo de processo/modelo educativo é muito adequado ao paradigma de Bolonha: despertar o interesse do Espaço Europeu de Educação Superior (EEES) e de todos os actores dentro dele. Apesar da relevância e valor acrescentado deste tipo de processo/modelo educativo, apesar do grande interesse que suscita em instituições de ensino superior (IES), não há nenhum conjunto europeu que aborde especificamente a área e não há esforço planeado para melhorar e inovar na área. O objetivo da rede PRAXIS é definir uma dimensão europeia de PI que suporte qualquer tipo de processo/modelo educativo no sentido de fomentar o trabalho em equipa.

A missão do PRAXIS " é tornar-se reconhecido como a maior autoridade mundial na área de PI através da criação e manutenção de um ambiente que promove e apoia a inovação na área destinada a melhorar a empregabilidade dos alunos, competências e atitudes suaves. Os nossos objetivos são: (a) promover um Centro Europeu de Excelência no domínio das iniciativas PI alavancando interesses comuns e promover a cooperação entre as partes interessadas, criando um ambiente para discutir e promover a inovação na área, juntando esforços e aproveitando as sinergias e os resultados uns dos outros, (b) definir um mercado europeu de PI maximizando as hipóteses dos alunos encontrarem uma área de projeto que corresponda às suas necessidades e, ao mesmo tempo, estabelecendo um lugar para implementar unidades curriculares de projeto inovadoras, tornando-as visíveis e disponíveis para os alunos.

A percepção desta oportunidade de poder contribuir para a EEES, fornecendo uma base para apoiar a inovação na área de PI, surgiu da nossa experiência anterior em questões de PI relacionados, a partir de todos os contactos e discussão em torno destes assuntos que temos vindo a promover nos últimos anos e do nosso trabalho anterior em equipas de projetos multinacionais, principalmente no MUTW - Multinacional Undergraduate Team Work, um Projeto Multilateral Erasmus, co-financiado pela União Europeia a partir de outubro 2009 até dezembro de 2011 [1].

Este trabalho foi apresentado originalmente no Encontro European Study Group with Industry - ESGI86, Porto

N. Escudeiro pertence ao grupo GIGA da Universidade do Porto, Portugal (e-mail: nfe@isep.ipp.pt)

P. Escudeiro pertence ao grupo GILT do Instituto Superior de Engenharia do Porto, Portugal (e-mail: pmo@isep.ipp.pt)

Juan Manuel Santos Gago, Paula Escudeiro, editores

TICAI 2012: TICs para el Aprendizaje de la Ingeniería. ISBN 978-84-8158-632-9

©IEEE, Sociedad de Educación: Capítulos Español y Portugués

No restante do artigo, vamos descrever brevemente as motivações do PRAXIS, os seus objectivos, o plano de trabalho que estamos a aplicar para implementar o PRAXIS e algumas considerações finais.

II. RELATED WORK

Existem diversos tipos de cursos PI ao longo do EHEA, tais como:

- Equipas multinacionais de estudantes trabalhando nas suas instituições de origem a comunicar virtualmente (MUTW)
- Equipas multinacionais trabalhando numa instituição de acolhimento (Semestre Europeu Projeto de Copenhagen University College of Engineering).

Equipas multidisciplinares (unidade curricular de projeto da Universidade do Minho, em Portugal e no Projeto Internacional Integrado da Universidade Fontys na Holanda)

- Unidade curricular de projecto desenvolvida numa empresa ou num laboratório de pesquisa (a maioria das universidades de engenharia)

- Unidades curriculares pequenas do projeto em execução no final do semestre (LAPR unidade curricular no Instituto Superior de Engenharia do Porto, em Portugal)

Alguns projetos europeus e outras iniciativas voltadas para as competências dos alunos demonstram o interesse nesta área:

- FS- Biotech - as futuras competências para a biotecnologia "Habilidades para transformar o futuro", um projecto Erasmus, coordenado pela Universidade Católica do Porto, que promove a cooperação entre empresas e universidades e da adaptação dos currículos às empresas precisa em termos de competências valorizadas

- EUROPLACEMENT é outro projeto LLP que se concentra no desenvolvimento de competências transferíveis dos diplomados, e fornece-los com os procedimentos para a experiência de trabalho de qualidade, adaptado para melhorar seus próprios conjuntos de competências existentes

Embora não tenhamos encontrado nenhum concorrente direto para o PRAXIS – ou seja alguém que está preocupado com um estudo abrangente do campo e apostando na inovação e na promoção da empregabilidade dos alunos - há muitas instituições que oferecem estágio para estudantes. O interesse em PI e na área da empregabilidade dos alunos é notória. A questão é que não há nenhum hub centralizado declarou para juntar todos os actores e promover a inovação e a troca de experiências nesta área. O PRAXIS irá definir uma instalação desse tipo, com o objetivo de unir esforços, promover a consciência, aproveitando sinergias e incentivando a inovação e a disseminação das melhores práticas

III. MOTIVATIONS AND OBJECTIVES

A falta de base de apoio à inovação no campo da PI é a principal motivação para o Práxis. Há uma oportunidade para preencher essa lacuna e para conferir uma dimensão

europeia para a área, captando os alunos, IES, empresas e do EEES, em geral, com um vasto conjunto de oportunidades para crescer e lucrar com este paradigma de ensino.

A criação de um centro de excelência e um mercado virtual para PI marca claramente uma posição pioneira na área. A centralização da informação para esta área de actuação assegura um acesso privilegiado à informação aos actores a uma dimensão europeia. Esta dimensão europeia estará direccionada para os alunos, que terão a oportunidade de escolher a oferta que mais se adequa às suas necessidades, e aos professores, que terão à disposição os recursos para discutir e partilhar as suas ideias na área, uma contribuição clara para o desenvolvimento de EHEA.

Já existem vários tipos distintos de cursos de PI, com enorme mais-valia para os actores, oferecidos regularmente em instituições de ensino superior europeu. No entanto, essas oportunidades não estão disponíveis nem são do conhecimento de todos os alunos que possam estar interessados participar. A divulgação é algo difícil de se considerar individualmente, por várias razões, tais como a falta de recursos e motivação. Os benefícios destas iniciativas não são explorados devido à sua abrangência local. Ter os meios para expô-los em todo o mundo, certamente irá gerar economias de escala e incentivar a inovação na área contribuindo para a exploração das melhores práticas na área.

A empregabilidade do aluno é melhorada por cursos de PI de uma forma que não é facilmente alcançável por outros tipos de abordagens. Os cursos PI irão reforçar nos estudantes a capacidade para desenvolver competências e *soft skills*, paralelamente à formação de competência técnica. Este intercalar produz bons e rápidos resultados. No entanto, não há nenhum desenvolvimento conjunto do campo. Há uma janela de oportunidade para definir a agenda e promover a inovação na área na Europa que o PRAXIS pretende explorar, incorporando novas qualificações no EEES.

O *frontend* tanto do Centro Europeu de Excelência PI quanto no mercado de PI estará disponível gratuitamente on-line alcançando uma cobertura mundial. Estas ferramentas permitem definir um ponto de encontro para os actores na área. A operacionalização deste procedimento irá impor a cooperação multilateral para discutir questões relevantes e organizar a mobilidade dos estudantes e seleção de cursos PI no exterior. Esta cooperação tem garantia de qualidade, uma vez que o objetivo concreto principal é: melhorar os valores do aluno na relação valor-trabalho-mercado.

Tanto o mercado de PI como o do Centro Europeu de Excelência PI, são os produtos inovadores desenvolvidos através do PRAXIS. Estes produtos tem estarão disponíveis na internet estando apoiado por tecnologias TIC. O recurso abrangente sobre materiais de PI, a serem recolhidos e mantidos pelo PRAXIS, incluindo conteúdo e material didático, principalmente voltadas para estudantes e materiais técnicos, principalmente direccionado aos docentes das instituições de ensino superior, para os empregadores e outras partes interessadas, também será suportado pelas TIC.

O tipo de abordagem pedagógica dos PI, bem como o foco do práxis, é altamente eficiente, até mesmo nos cursos de curta duração uma vez que o PI tem alto impacto ao nível das competências dos alunos. As condições em que os

alunos fazem a sua selecção de cursos de PI em exclusivo, permitirá contribuir significativamente para melhorar as suas competências e *soft skills* e, como consequência, a sua empregabilidade.

Do ponto de vista da produtividade, o PRAXIS promove a reutilização das melhores práticas na área, tornando os cursos PI mais eficazes, amplamente disponíveis, contribuindo assim para a Estratégia Europa 2020.

A. Mission

A Nossa missão é ser reconhecida como a principal autoridade mundial na área de Projecto / Estágio, com o objetivo de melhorar a empregabilidade dos alunos e *soft skills*. A nossa atividade, focada em alcançar uma reputação generalizada, irá basear-se no Centro de Excelência Europeu de Projecto / Estágio e sobre o Mercado Virtual de Estágio.

B. Goals

Os nossos objetivos estratégicos são:

- Promover um Centro Europeu de Excelência no domínio das iniciativas de Projecto / Estágio, aproveitando interesses comuns; promover a cooperação entre as partes interessadas, criando um ambiente para discutir, colaborar e disseminar as ofertas; promover a inovação na área; unir esforços e explorar sinergias e resultados de cada um dos intervenientes.

C. Added value

O PRAXIS atua num campo estreitamente relacionadas com as iniciativas emblemáticas da Estratégia Europa 2020. Os principais resultados do praxis, são o mercado de PI e o Centro Europeu de Excelência PI, fornecendo meios para que os alunos tenham vantagens competitivas no que se refere á ampla oferta mundial, seleccionando o estágio PI mais apropriado aos seus interesses. Estas ferramentas vitais disponíveis livremente numa rede mundial facilitará a obtenção das competências certas pretendidas por cada um.

As principais questões de Bolonha 2.0 também são abordadas ao longo do processo de desenvolvimento e exploração da rede. O PRAXIS fornece um acesso facilitado às iniciativas, ampliando o estado de arte, através da implementação de ferramentas focalizadas nesse objectivo.

A criação de um cluster e do quadro necessário para promover o tipo de abordagem pedagógica PI e questões relacionadas, contribuirá para o EEES numa área que pode trazer importantes benefícios para todos os actores a baixo custo. A visão do PRAXIS é compatível com a exposição do que já existe na expectativa de que esta exposição, num cenário adequado, irá promover a discussão e a inovação. O mercado PI promove a reutilização das melhores práticas. Reutilizar, nesse sentido, significa guardar, recebendo os benefícios de baixo custo.

A cooperação europeia é uma condição sine-qua-non para a rede praxis. Os objetivos do PRAXIS não são realizáveis sem um grupo representativo que tenha o poder de influenciar a opinião e incentivar. Quanto maior for o consórcio, maior a probabilidade de termos sucesso.

IV. WORK PLAN

O PRAXIS é um projeto de três anos co-financiado pela União Europeia, decorrendo entre Outubro de 2011 e Setembro de 2014.

O principal foco do projeto durante o primeiro ano foi a análise/levantamento da informação da área e design dos modelos e ferramentas para descrever e operar sobre ela. Durante este primeiro ano, mapeamos e modelamos a área de actuação do Práxis.

Entendemos por área de actuação a ampla área de projecto / estágio e os tipos de abordagens pedagógicas semelhantes, juntamente com todas as iniciativas relacionadas para melhorar a empregabilidade dos alunos. Um mapa detalhado da área de actuação, mostrando claramente onde estamos e quais são as necessidades do mercado, permitir-nos-á identificar oportunidades de inovação e de melhoria. As *buzzwords* PRAXIS para o primeiro ano do projeto irão estar na base do mapeamento.

O segundo ano será focalizado na criação e implementação do centro de excelência na área e no mercado virtual de PI (PI representa o Projecto / Estágio). Projetando o mercado e o centro de excelência, bem como configurá-los para as oportunidades identificadas anteriormente, garantindo ao mesmo tempo a massa crítica necessária, serão as principais realizações do segundo ano do projeto. O nosso segundo ano será guiado pelos aspectos inovadores inerentes à área.

O terceiro e último ano será centrado na exploração e sustentabilidade para assegurar a continuidade do praxis após o suporte financeiro. Estaremos focados na identificação de oportunidades para a ampliação do consórcio e em fazer do PRAXIS uma marca de renome no EEES e no exterior.

V. CONCLUSÕES FINAIS

No consórcio PRAXIS, estamos profundamente convencidos de que é possível melhorar a qualidade da maioria dos currículos atuais de cursos de graduação sem exigir mudanças estruturais que forcem as instituições a aplicar recursos demasiado exigentes quer financeiros quer de tempo. Referimo-nos a melhorias na empregabilidade dos alunos, no desenvolvimento das *soft skills* dos alunos que são bastante importantes na economia de hoje e do mercado de trabalho, tal como é reconhecido pela UE. Estes conceitos são transversais à maioria, para não dizer a todas, as áreas de estudo. Deste modo o PRAXIS será valioso para a maioria das áreas de estudo.

A relação custo / benefício de iniciativas em unidades curriculares PI é, provavelmente, uma das mais baixas no desenvolvimento curricular, exigindo pequenas mudanças para proporcionar grandes melhorias. Quase todos os cursos de graduação contêm uma unidade curricular PI nos seus currículos. Tudo o que precisamos é aproveitar essas unidades de curriculares para fornecer aos alunos, e também aos seus futuros empregadores e da sociedade em geral, todos os benefícios que eles podem disfrutar e que são muito mais do que aqueles fornecidos actualmente pelas unidades curriculares PI comuns de hoje.

Oferecendo formação valiosa aos alunos, de um lado, e ser reconhecido pela sociedade como uma instituição de

ensino superior de valor, por outro lado, estão entre os objectivos gerais de qualquer instituição de ensino superior. A rede PRAXIS vai ao encontro desses objectivos, uma vez que irá criar novas condições para melhorar "competências sem nenhum custo adicional e sem necessidade de mudanças estruturais nos graus e currículos dos alunos. Deste ponto de vista, tudo o que se está a fazer no PRAXIS é fornecer um canal de distribuição para as melhores práticas de PI que estarão disponíveis para uso por qualquer instituição de ensino superior sem custos adicionais de qualquer espécie. Com o PRAXIS todos serão capazes de beneficiar das melhores práticas e contribuir para a inovação no campo PI.

AGRADECIMENTOS

O trabalho e os resultados descritos neste trabalho são fruto do trabalho e dedicação de todos os parceiros envolvidos no consórcio PRAXIS

(www.praxisnetwork.eu).

Este trabalho foi financiado com o apoio da Comissão Europeia sob concessão 518811-LLP-1-2011-1-PT-ERASMUS-ENW. Esta publicação reflecte apenas as opiniões do autor, e a Comissão não pode ser responsabilizada por qualquer uso que possa ser feito das informações nele contidas.

REFERÊNCIAS

- [1] Multinational Undergraduate Team Work – Excellence in International Capstone Projects, Escudeiro, N.F., Escudeiro, P.M. Eds, IOS Press BV, Netherlands, 2011.



Nuno Filipe Escudeiro, Doutorado em Engenharia Informática, é Professor no Instituto Superior de Engenharia do Porto no Departamento de Engenharia Informática. Investigador no grupo de investigação LIAAD, INESC Porto L.A.. Supervisor dos estágios dos alunos a nível internacional, com forte impacto nos currículos centrados na empregabilidade dos estudantes e promoção de competências transversais. Coordenador Erasmus do Departamento de Engenharia Informática. Coordenador e/ou parceiro de Projectos Nacionais e Internacionais.



Paula Maria de Sá Oliveira Escudeiro, Doutorada em Engenharia Informática/Sistemas e Tecnologias da Informação na Educação/Sistemas Multimédia, Professora Adjunta do Instituto Superior de Engenharia do Porto, no Departamento de Engenharia Informática, onde lecciona regularmente as disciplinas de Engenharia de Software (Licenciatura Eng^a Informática) e Sistemas Multimédia em Aprendizagem, Concepção e Autoria Multimédia e Aplicações Gráficas Avançadas (Mestrado Eng^a Informática – Ramo Sistemas Gráficos e Multimédia). Directora de curso da Pós Graduação em Tecnologias e Informática Aplicadas à Educação. Elemento da Comissão Nacional de Projectos Europeus (Proalv). Avaliadora Externa de Projectos Europeus. Exerceu cargo/funções de Subdirectora do Departamento de Engenharia Informática, Directora e Fundadora do Laboratório de Multimédia do Departamento de Engenharia Informática, Directora de Sistemas de Informação do Instituto para o Desenvolvimento Tecnológico, Vice-Presidente do Conselho Pedagógico, Directora do Núcleo de Desenvolvimento de Produtos Multimédia para o Instituto Nacional de Administração, Elemento da Subcomissão de Avaliação da Qualidade para o Instituto Superior de Engenharia do Porto. Desempenha actualmente o cargo de Coordenadora da área de investigação *Learning Technology* no GILT-Graphic Interaction & Learning Technologies. Exerce actividades de Investigação no grupo de investigação e colabora em acções Formativas e de Extensão em Instituições Nacionais e Internacionais. Coordenadora e/ou parceira/ elemento do consórcio em mais de 15 Projectos Internacionais. Coordenadora de Projectos Nacionais financiados pela Fundação para a Ciência e Tecnologia (FCT).

Capítulo 11

Modelação Procedimental de Ambientes Rodoviários para Simulação de Condução

Carlos Campos, Miguel Leitão, António Coelho

Procedural Modeling of Road Environments for Driving Simulation.

Abstract — Modeling of road environments for driving simulation can become a time consuming and resources intensive task if automatic modeling methods are not used.

Road environments used in driving simulation have to meet high specification requirements and realism. The driving simulation for scientific purposes also requires the coexistence of a semantic description of the environment, which will allow the placement of simulation actors and the production of reports.

This article presents a methodology proposal for the procedural modeling of appropriate road environment for real-time simulation. The proposed methodology integrates procedural modeling of road environments in a single process, that may include the determination of road node and interchanges, in order to produce the geometric model and the semantic description of all involved elements. This design methodology is intended to remap the concepts and practices used in road engineering, thus producing road environments similar to those found in the real world. It allows easy interaction ports, even for users not expert in computer engineering at any stage of the specification process. This enables to produce road environments that meet the particular specifications of each experimental application.

Assessment of the obtained models is being conducted, either for its layout and the generated road network as well as evaluation of the whole process of automatic model generation. It is envisaged that the proposed methodology efficiently generates 3D models of excellent quality and suitable for use in scientific purposes visual simulation systems.

Keywords — Ambientes Rodoviários, Modelação 3D, Modelação Procedimental, Simulação de Condução.

Este trabalho foi originalmente apresentado no EPCG20 – 20º Encontro Português de Computação Gráfica que decorreu em Viana do Castelo em 2012.

C. Campos, professor Assistente no Departamento de Engenharia Eletrotécnica, School of Engineering, Polytechnic of Porto and INESC Porto, Portugal.

M. Leitão, professor Coordenador no Departamento de Engenharia Eletrotécnica, School of Engineering, Polytechnic of Porto and INESC Porto, Portugal.

A. Coelho, professor Auxiliar no Departamento de Engenharia Informática, Engineering faculty of the University of Porto and INESC Porto, Portugal.

Resumo — A modelação de ambientes rodoviários para simulação de condução pode-se tornar uma tarefa morosa e dispendiosa de recursos, se não se recorrer a métodos de modelação automática.

Os ambientes rodoviários utilizados na simulação de condução têm que obedecer a elevados requisitos de especificação e de realismo. A simulação de condução para fins científicos requer ainda a coexistência de uma descrição semântica do ambiente, que permitirá a colocação de atores durante a simulação e a produção de relatórios relativos à simulação.

Este artigo apresenta uma proposta de uma metodologia para a modelação procedimental de ambiente rodoviários adequados para simulação em tempo real. A metodologia proposta integra a modelação procedimental de ambiente rodoviários num único processo desde a determinação dos nós de ligação até à obtenção do modelo geométrico e da descrição semântica de todos os elementos envolvidos. No desenho desta metodologia pretendeu-se mapear os conceitos e práticas utilizadas em engenharia de vias, produzindo assim ambientes rodoviários semelhantes aos encontrados em traçado real. Será possível a interação, por utilizadores não especialista em engenharia informática, em qualquer fase do processo de especificação do ambiente permitindo cumprir as especificações particulares de cada ensaio experimental.

Estão previstas tarefas de avaliação dos modelos obtidos, quer a nível do seu traçado, da rede rodoviária gerada, assim como avaliação de todo o processo automático de geração de modelos.

Prevê-se que a metodologia proposta permita obter de forma eficiente modelos 3D de excelente qualidade e adequados à utilização em sistemas de simulação visual para fins científicos.

Palavras chave — Ambientes Rodoviários, Modelação 3D, Modelação Procedimental, Simulação de Condução.

I. INTRODUÇÃO

A criação de ambientes rodoviários de grandes dimensões, adequados para simulação de condução para fins científicos é uma tarefa morosa e dispendiosa de recursos. A criação de ambientes rodoviários virtuais requer a correta modelação de redes rodoviárias e a manipulação de objetos 3D tradicionais à região em que se insere, que é necessário integrar. Esta tarefa pode-se tornar demasiado trabalhosa e dispendiosa em termos de recursos se não se possuir uma metodologia automática de

geração de ambientes virtuais.

Uma alternativa à realização de experiências de condução em ambiente real é a simulação de condução, que para além de um evidente aumento das condições de segurança, permite o controlo e monitorização de diferentes variáveis que seria inatingível em condições de tráfego real. A simulação de condução permite a realização de estudos experimentais impraticáveis em condições reais, uma vez que reflete condições de total segurança para os participantes em eventos de tráfegos de alto risco, como por exemplo: estudo de manobras de ultrapassagem com risco de colisão frontal. Os simuladores de condução para fins científicos são requeridos por utilizadores nas mais diversas áreas, como por exemplo: engenharia de vias, psicologia e ergonomia.

Para a implementação de experiências de simulação de condução, além da geração do modelo visual do ambiente rodoviário deverá ser criada a correspondente definição semântica. A definição semântica é uma descrição de alto nível, de caracterização do ambiente rodoviário, que vai permitir parametrizar o modelo dinâmico do ambiente virtual. No caso específico de simulação de condução permite parametrizar: o comportamento dos atores, os eventos de tráfego específicos de cada experiência, a produção de relatórios, entre outros. Sempre que se deseje incluir participantes virtuais ou avaliar desempenhos de participantes humanos, é fundamental que outros níveis de informação coexistam com a informação geométrica [24]. Adicionalmente, a definição semântica é também utilizada para geração de relatórios relativos à experiência de simulação de condução.

As ferramentas tradicionais de modelação de ambientes virtuais não permitem a criação conjunta destas duas representações.

A conceção estratégica de uma rede rodoviária implica definir que nós, (e.g. cidades, cruzamentos, rotundas), são interligados e qual o tipo de estrada utilizado. Esta definição envolve normalmente especialidades muito diversas, para além da Engenharia de vias e requer a análise da rede como um todo. Deste processo resulta essencialmente a definição topológica da rede que especifica as ligações entre nós e os respetivos tipos de via.

A partir da definição topológica da rede, é possível passar ao planeamento individual de cada estrada. Recorrendo a métodos de engenharia de vias, é criado um corredor entre os dois pontos de ligação, a uma escala que permita tratar a morfologia do terreno e respetivas condicionantes. Sobre esse corredor são depois traçados um conjunto de alinhamentos retos, que posteriormente irão permitir obter o traçado da via.

Nesta fase, são normalmente utilizadas aplicações de projeto de vias de comunicação, tais como o Civil3D. Estas aplicações exigem uma exaustiva interação com o utilizador e requerem deste um grande nível de conhecimento específico da área de vias de comunicação [2]. Não são portanto adequadas à obtenção rápida de ambientes virtuais para simuladores por preparadores de outras áreas. Por outro lado, o Civil3D, não gera informação semântica suficiente para ser

utilizada em simulação em tempo real.

As metodologias mais recentes de geração de ambientes rodoviários para a criação da rede obrigam à prévia definição do terreno, definição dos nós ou cidades de ligação e pontos de interesse a ligar pela rede rodoviária [13].

Atualmente existem ferramentas que permitem a geração automática de ambientes rodoviários adequados para simulação de condução para fins científicos, mas requerem a prévia especificação do eixo da via, normalmente a partir de dados de projeto. Estas ferramentas possibilitam um elevado nível de controlo por parte do utilizador, permitindo cumprir as especificações particulares de cada projeto [16] [6].

Não é conhecida nenhuma metodologia que gere automaticamente um ambiente rodoviário que cumpra os requisitos para uso em simulação de condução para fins científicos. Por outro lado, os ambientes rodoviários gerados deverão apresentar um traçado semelhante ao encontrado em estradas reais. Adicionalmente deverá existir a possibilidade de interação no processo de geração do ambiente rodoviário, de forma a permitir a parametrização de pormenores específicos de cada projeto.

Neste artigo, apresenta-se uma metodologia inovadora para obtenção de redes rodoviárias de grandes dimensões de forma rápida e eficiente. A rede rodoviária será obtida a partir da definição de um conjunto de nós de interligação. Posteriormente com base na definição topológica da rede será determinado o traçado para cada via. No cálculo do traçado da via serão mapeados os métodos utilizados em engenharia de vias, para além de outros contributos identificados em trabalhos semelhantes [11] [10] [25] [20] [13].

O utilizador deverá poder interagir em qualquer fase do processo de geração do ambiente rodoviário, permitindo definir critérios específicos de cada modelo, produzindo ambientes totalmente controláveis.

No caso de não existir nenhuma especificação inicial, a metodologia proposta será capaz de gerar um ambiente rodoviário aleatoriamente.

A. Organização do Artigo

Na secção 2. É apresentado o estado da arte nas áreas relevantes para a definição da metodologia proposta e são apresentados os trabalhos relacionados mais significativos.

A secção 3. Descreve de forma detalhada a metodologia que se propõe para preparação de ambientes destinados a simuladores de condução.

Na secção 4. É apresentada a análise crítica da metodologia proposta e apontadas as direções para os próximos desenvolvimentos.

II. ESTADO DA ARTE

A. Redes Rodoviárias

Uma rede, como por exemplo uma rede rodoviária pode ser definida por um conjunto de nós e ligações que os interligam (1).

$$R = (N, L) \quad (1)$$

onde, R representa a rede, N os nós da rede e L as ligações entre os diferentes nós da rede.

Cada ligação faz a interligação entre dois nós distintos (2).

$$L = \{(N_i, N_j)\} \quad (2)$$

onde, L representa a ligação, N_i e N_j os nós extremos da ligação.

Um percurso P (3), com extensão K através de uma rede, corresponde a uma sequência de ligações de nós, entre cada par de nós temos uma ligação L.

$$P = \langle N_0, N_1, \dots, N_k \rangle \quad (3)$$

onde, P representa um percurso na rede, N_0 a N_k representam os nós interligados nesse percurso.

No caso de uma rede rodoviária, os nós correspondem a pontos de ligação e as ligações a estradas. Uma rede rodoviária pode ser definida por uma estrutura hierárquica de ligações em 3 níveis: rede de autoestradas, rede de estradas secundárias, rede de estradas urbanas [23] [26].

As redes rodoviárias são planeadas para ligar pontos de interesse, permitindo a deslocação de pessoas para os diversos pontos, tentando minimizar os custos de construção e os custos de operação. Os custos de construção estão associados à implantação em terreno real da via, em que engloba os encargos da própria via e também os custos com aterros, terraplanagens, expropriações, entre outras variáveis. Os custos de operação estão relacionados com a deslocação entre dois pontos e entra no seu cálculo vários fatores, como por exemplo: combustível, extensão do percurso, tempo de duração da viagem, entre outros.

O planeamento de uma rede rodoviária tem como objetivo a otimização dos custos de construção e operação da rede e também a minimização dos impactos desta rede no meio ambiente, procurando cumprir os níveis de segurança, satisfazer os padrões dos níveis de serviço e satisfazer a necessidades dos utentes.

B. Conção de Vias de Comunicação

A conção de uma via parte inicialmente por uma decisão estratégica de que pontos, nós ou cidades, a nova estrada irão interligar. Essencialmente esta decisão é tomada tendo em consideração parâmetros como: crescimento demográfico, nível de serviço, estudos de tráfego e custo de construção.

Um projeto de uma estrada desenvolve-se de acordo com as seguintes fases: programa preliminar, estudo prévio e projeto de execução [11]. O programa preliminar fornecido pelo dono da obra é basicamente um caderno de encargos constituído por disposições gerais, elaborado sobre carta militar à escala de 1:5000/1:10000, onde figuram as características específicas pretendidas e que condicionaram a escolha do traçado.

O estudo prévio não tem como função fornecer os elementos definitivos, nem a pormenorização necessária à execução da obra. O objetivo principal é o de apontar uma ou

várias soluções alternativas para o traçado. O estudo de traçado nesta fase é realizado tipicamente à escala de 1:2500/1:5000 sobre carta militar ou levantamentos topográficos. É nesta fase que intervêm os estudos de tráfego, geológicos e geotécnicos, paisagísticos e de impacto ambiental.

Finalizado e aprovado o estudo prévio, segue-se o projeto de execução. O traçado está aproximadamente definido e o trabalho consiste agora no detalhe do estudo. O projeto de execução deve conter a pormenorização necessária à implantação da via rodoviária. Um projeto de execução de uma estrada envolve várias especialidades de engenharia civil, tais como: traçado, terraplenagens, drenagem, pavimentação, sinalização e segurança, obras de arte e obras acessórias. O traçado geométrico da via é a primeira tarefa a ser realizada, onde se define a diretriz (traçado em planta), o perfil longitudinal (traçado em altimetria) e o perfil transversal.

Para obter o traçado da diretriz de uma estrada, em engenharia de vias, pode ser utilizado o conceito de linha dos zeros (figura 4).

Após estudo do traçado da via desenvolvem-se as restantes especialidades, sendo geralmente os estudos conducentes à seleção dos dispositivos de sinalização a adotar, um dos últimos a ser realizados. Na tarefa da sinalização, fazem sempre parte do projeto dois tipos de sinalização, uma referente à marcação horizontal e a outra referente à sinalização vertical. Na sinalização vertical existem ainda duas famílias, sendo uma referente à sinalização de código e a outra respeitante à sinalização de orientação, setas direcionais, pórticos e painéis laterais.

A definição do traçado deverá obedecer aos critérios estabelecidos nas normas aplicáveis. Em Portugal essas normas são definidas pela entidade Estradas de Portugal, que é responsável pela tutela da rede rodoviária [10].

C. Modelação de Ambientes Virtuais

A modelação de ambientes virtuais pode ser organizada em dois grupos, modelação de ambientes de cidade e modelação de ambientes rodoviários, à semelhança da classificação apresentada por Smelik et al. em 2009 [21]. Tipicamente estes trabalhos são orientados para a qualidade dos modelos obtidos, não existindo uma preocupação muito forte na criação de modelos de redes viárias, principalmente segundo as normas de traçado, de forma a produzir traçados semelhantes aos reais. Na criação da rede urbana podem adotar um ou mais padrões predefinidos de malha rodoviária. Tipicamente as redes de estradas urbanas seguem um determinado padrão: ortogonal, radial ou em ramificação [22]. Mesmo os trabalhos mais relevantes de geração automática de redes viárias não abordam a possibilidade de utilização em simulação de condução em tempo real para fins científicos [20] [13].

Paris et al. apresentam uma metodologia para a geração de cidades virtuais, baseada na modelação procedimental baseada em sistemas L [19]. Neste trabalho é apresentada uma aplicação apelidada de *CityEngine*, que é capaz de modelar completamente uma cidade, com um conjunto reduzido de

dados de entrada e completamente controlável pelo utilizador. O mapa de estradas é gerado recorrendo a uma extensão dos sistemas L, *Extended L-Systems*.

Che et al. apresentam um trabalho que aborda a problemática da modelação interativa de uma rede de estradas de uma grande área urbana [7]. Os autores descrevem um método, em que o utilizador pode criar uma rede de estradas ou modificar uma já existente a partir de um esboço. Descrevem uma abordagem baseada em *Tensor Field* para guiar a criação da rede de estradas e gerar a aparência global do mapa rodoviário da área urbana a modelar.

Uma proposta para a modelação procedimental de um ambiente virtual, a partir de um esboço inicial, é apresentada por Smelink et al. em 2008 [20]. O autor descreve um processo em que o ambiente virtual é criado de forma hierárquica. Partindo do modelo do terreno segue-se o modelo hidrográfico, o modelo da vegetação, o mapa rodoviário, e por último o modelo da cidade. A geração do modelo virtual global resulta da fusão das várias camadas não esquecendo a adequação do modelo de terreno às restantes definições [15]. Para a geração do modelo geométrico do ambiente rodoviário são exploradas as técnicas apresentadas por Kelly et al. em 2008 [14].

Nos trabalhos apresentados por Bayarri et al., são descritas metodologias para a geração de ambientes rodoviários adequados para simulação de condução a partir de dados de projeto [3] [18]. São contempladas modelações de curvas com a utilização de clotóides e é considerado o traçado em altimetria. Existe uma especial atenção na preparação dos modelos obtidos para a visualização em tempo real. Algumas destas metodologias foram já adotadas anteriormente por outros trabalhos no âmbito deste tema [5] [6].

Thomas et al. apresentam uma cidade virtual, em que é possível encontrar diferentes atores, como: peões, veículos a circular nos diferentes sentidos, transportes públicos e veículos conduzidos por outros condutores, num complexo ambiente rodoviário urbano [24]. O ambiente urbano é criado recorrendo ao modelador interativo VUEMS [9]. Os modelos são criados sobre uma definição de terreno em mapa de elevação. Em simultâneo com a criação do modelo da cidade é gerado um modelo semântico. A criação do modelo semântico de acordo com o mapa rodoviário é também utilizada em outros trabalhos relacionados [6] [3] [18] [24]. O uso de um modelador interativo não permite a geração de um ambiente rodoviário de forma automática e eficiente.

Galin et al. apresentam um método para a criação de estradas [12]. É utilizado o conceito de anisotropia para determinar o melhor percurso para a estrada a projetar. É descrito que o processo de gerar uma via é dividido em duas fases. Primeiro são determinados pequenos segmentos entre o ponto de origem e o ponto de destino segundo uma grelha com espaçamento regular. Na segunda fase, mediante os segmentos determinados anteriormente sobre a grelha regular, é calculado o traçado do eixo da via em planta. Na determinação do traçado do eixo da via utilizam técnicas de suavização de

curvas apresentadas por Walton et al. em 2005 [25].

A metodologia apresentada suaviza de forma aproximada o traçado em altimetria, utilizando modelos paramétricos genéricos. Para avaliar as diferentes direções do traçado da via, em cada ponto de análise, recorrem a uma função que avalia o custo de cada hipótese. Na função de custo é considerada a construção sobre água, a inclinação longitudinal da via e a curvatura do traçado, resultante do enquadramento da morfologia do terreno.

Galin et al. em 2011 apresentam um método de geração hierárquica de uma rede de estradas em 3 níveis: rede de autoestradas, rede primária e rede secundária. A geração da rede rodoviária global é iniciada pela criação da rede de autoestradas, seguida da rede principal e por último a rede secundária. No final, recorrem a um método para efetuar a junção entre as diferentes redes viárias criadas, eliminando a existência de estradas muito próximas, com diferentes origens e partilham o mesmo destino [1]. Na implementação apresentada o modelo rodoviário gerado é organizado em apenas 2 níveis: geração da rede topológica, e geração do modelo geométrico. Para a geração da rede, a metodologia apresentada, parte dos seguintes dados de entrada: terreno, cidades e pontos de referência, definidos pelo utilizador.

Em [17] é proposto um *standard* (linguagem declarativa) para especificação de uma rede viária utilizando uma sintaxe própria em XML. Para a criação do modelo da rede viária é utilizado o modelador interativo *Road Designer*.

Ferramentas tradicionais, como por exemplo *CyberCity*, *Citygen*, podem ser utilizadas para criar modelos virtuais, mas ainda continua a ser uma tarefa complexa e morosa [8] [Kelly, 2008].

Um simulador de condução para fins científicos requer a preparação de bases de dados com a descrição de cenas de regiões geograficamente extensas, com estradas corretamente modeladas em função das normas e tradições do país que se pretende simular.

Para além do modelo visual é necessário garantir a coexistência de uma base de dados semântica, estruturada de forma hierárquica para consulta exhaustiva em tempo real durante a simulação. É também necessário que os modelos de ambientes rodoviários sejam modelados segundo normas de traçado e adequados a simulação de condução para fins científicos.

Os trabalhos relacionados estudados são tipicamente desenvolvidos para a indústria do entretenimento e orientados para a qualidade de visualização.

Na maior parte destas implementações o modelo rodoviário gerado não verifica as normas de traçado sendo uma das lacunas que se pretende colmatar com a elaboração desta proposta. Para atingir esse objetivo, perspetiva-se que a integração dos métodos utilizados em engenharia de vias venham permitir obter traçados semelhantes aos encontrados em traçado real.

Por outro lado é necessário criar em paralelo com o modelo virtual, uma descrição semântica associada à rede rodoviária

de modo a que o modelo virtual possa ser utilizado em simulação em tempo real. Esta descrição semântica é importante para a simulação, na medida em que permite a inclusão de atores, assim como também para a produção de relatórios relativos à tarefa de condução.

Parte dos trabalhos relacionados implementam modelos virtuais de cidades, mas não permitem a implementação ou reprodução em ambiente virtual de traçados reais, sendo uma das funcionalidades que também se pretende abranger.

Por isso torna-se necessário desenvolver uma nova abordagem na geração de ambientes rodoviários adequados para simulação de condução com fins científicos de forma automática.

III. PROPOSTA

A metodologia que se apresenta, integra num único processo, a criação automática de um ambiente rodoviário, desde os nós de ligação até à geração do modelo geométrico. Esse ambiente rodoviário deverá ser gerado com base em normas de projeto de redes de estradas do País ou região que se pretende representar.

O preparador do ambiente virtual poderá interagir em qualquer fase do processo, de forma a permitir adequar o modelo de saída às especificidades concretas do projeto a implementar, obtendo modelos totalmente controláveis. No caso de não existir uma especificação inicial, será possível gerar de forma automática um ambiente rodoviário completo.

Com base em métodos de traçado de engenharia de vias, tal como em projeto de vias, será possível obter modelos rodoviários realistas, semelhantes aos encontrados em traçado real e adequados para simulação de condução com fins científicos.

Na proposta que se apresenta, a criação do ambiente rodoviário ao longo de todo o processo é realizada de forma hierárquica, como se ilustra na figura 1.

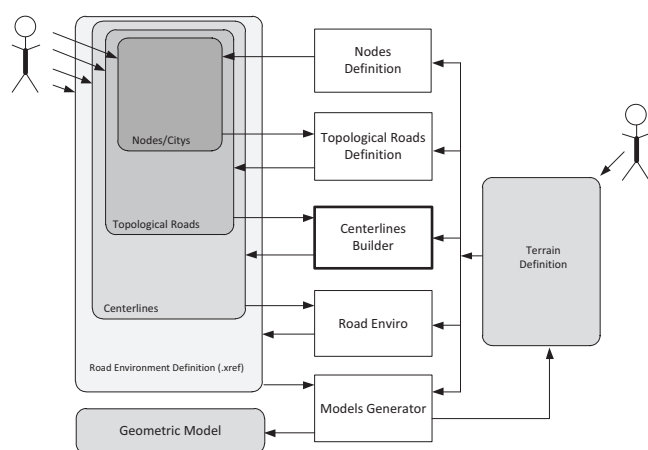


Fig. 1. Diagrama funcional

No final do processo, obtém-se uma definição com toda a especificação do ambiente rodoviário, segundo uma ontologia, que corresponderá à definição semântica. Esta definição permitirá no final do processo de geração da definição do ambiente criar o respetivo modelo geométrico, representado

pelo bloco da esquerda na figura 1 (*Road Environment Definition*).

Na hierarquia da figura 1, do diagrama funcional da metodologia concebida para a geração de um ambiente rodoviário de forma automática, a criação da definição de um ambiente rodoviário inicia-se pelo módulo *Nodes Definition*. Os módulos adjacentes dão continuidade ao processo de geração de um ambiente rodoviário. Sendo que o módulo *Centerline Builder* é aquele que se destaca mais nesta proposta, pois será onde se centrará mais a inovação na criação de uma definição de uma via, mapeado os métodos utilizados em engenharia de vias. Como se pode ver no diagrama, na coluna da esquerda tem-se no final dos processos obtém-se uma única definição de ambiente rodoviário que permitirá que o módulo *Models Generator* gere automaticamente o modelo visual. Também se pode observar no diagrama a possibilidade de interação do utilizador em qualquer fase do processo. Por último pode-se ver que em todo o processo a definição do terreno é considerada como um dos dados de entrada, podendo ser editada pelo módulo de geração do modelo visual, permitindo que a nova definição seja utilizada como modelo de entrada num novo processo.

O módulo *Nodes Definition* tem como função, no caso de não existir nenhuma definição, gerar automaticamente uma definição simplificada de nós sobre uma área de terreno. A definição de terreno poderá ter associado um conjunto de restrições que deverão ser consideradas. Cada nó associado à sua posição geográfica poderá ter um conjunto de parâmetros que possam ser úteis no processo de geração do modelo visual assim como posteriormente para a simulação. Um dos parâmetros a ter em consideração depois na geração da rede topológica será o fator de importância associado a cada nó [14] [26].

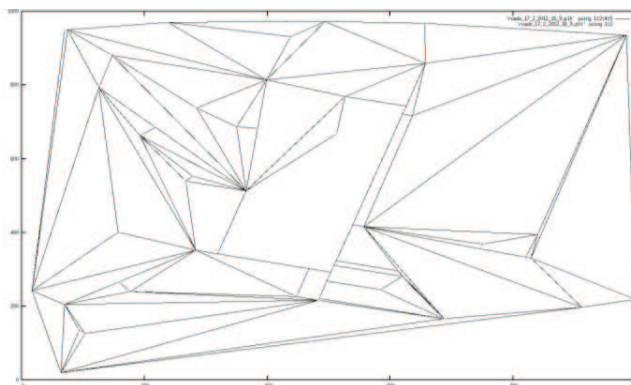


Fig. 2. Rede Topologica.

O segundo bloco do diagrama *Topological Roads Definition* tem como objetivo criar uma definição simplificada de um mapa rodoviário de alto nível e associado a esse mapa, uma definição topológica da rede. Este módulo terá a capacidade de criar nós adicionais de interligação, neste caso com fator de importância zero. Na imagem da figura 2, apresenta-se um exemplo de estudo de uma definição de uma rede topológica gerada por este módulo.

Além de definir que nós se interligam através de estradas,

será necessário definir um conjunto de parâmetros, relativos ao perfil da via, necessários para a modelação e simulação. Esta análise começará por tratar as redes e os nós com maior importância à semelhança do que acontece noutros trabalhos [23] [26] [13]. Após a geração da rede topológica, será necessário proceder à sua otimização, simplificando a topologia da rede, podendo inclusive criar nós de ligação adicionais [1].

O terceiro bloco, *Centerlines Builder* é o módulo irá determinar o traçado de cada estrada e o qual se tenciona dar mais ênfase nesta proposta. A partir da definição do mapa rodoviário gerado anteriormente, este módulo, tem como objetivo gerar o eixo da via de cada estrada. Para obter o traçado da via, neste processo serão mapeados os conceitos associados ao projeto de vias rodoviárias, assim como respeitar as normas de traçado. [10] [11].

O processo de geração do eixo da via passará por criar um corredor a diferentes escalas entre o ponto de origem e o ponto de destino, sobre uma grelha regular. Sobre esse corredor com maior resolução, tipicamente à escala de 1:1000, serão criados um conjunto de alinhamentos retos que depois permitirão obter o traçado da via em planta (figura 3).

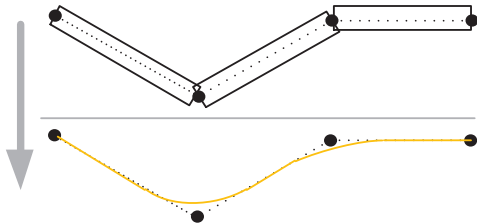


Fig. 3. Eixo da via

Para calcular o traçado da via, neste processo serão utilizados métodos de engenharia de vias para obter o eixo da via, como por exemplo, poderá ser utilizado o conceito de linha dos zeros para determinar a diretriz de uma via sobre as diferentes curvas de nível do terreno [11]. A linha dos zeros por definição é o lugar geométrico dos pontos de interseção da normal às curvas de nível do terreno com o eixo da via, como se ilustra na figura 4.

A linha dos zeros possibilita que num traçado de uma estrada entre dois pontos, P_A e P_B , com diferentes cotas, Z_A e Z_B , o eixo da via mantenha sempre o mesmo declive ao longo do traçado entre P_A e P_B . Para traçar a linha dos zeros é necessário inicialmente calcular a dimensão do segmento entre curvas de nível adjacentes, tendo posteriormente esses segmentos comprimento constante ao longo do traçado sobre as diferentes curvas de nível.

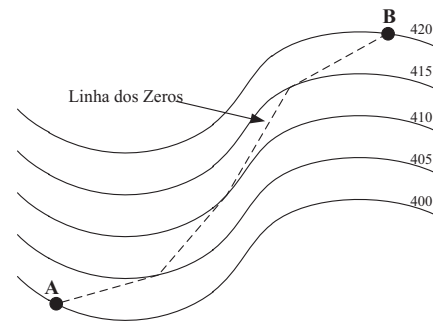


Fig. 4. Linha dos zeros

Posteriormente será calculado o traçado em altimetria de acordo com a topologia do terreno.

O bloco *Road Enviro* será responsável por gerar informação adicional relativa ao meio envolvente à rede rodoviária. Esta informação será útil para gerar o modelo visual e criar um ambiente rodoviário envolvente o mais real possível, com objetos que tradicionalmente se encontram no meio rodoviário que se pretende simular. O principal objetivo deste módulo é tornar o meio rodoviário envolvente mais imersivo, de modo a ser utilizado em experiências de realidade virtual com fins científicos.

O último bloco, *Model Generator* a partir das definições geradas pelos módulos anteriores, irá gerar o modelo visual do ambiente rodoviário. Para a criação do modelo geométrico, pretende-se mapear métodos desenvolvidos em trabalhos anteriores [6]. Toda a informação gerada na especificação por cada um dos módulos apresentados anteriormente constitui a definição global da ambiente, sendo depois utilizada por este módulo para criar o modelo geométrico, como se ilustra na figura 5.

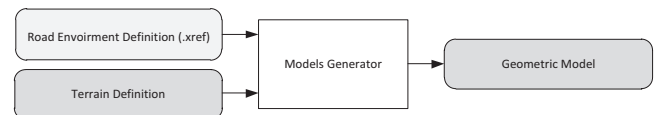


Fig. 5. Geração do modelo

A definição semântica é descrita sobre uma ontologia no ficheiro de definição do ambiente rodoviário, sendo obtida como resultado da execução de todo o processo de geração do modelo virtual.

No processo de geração do modelo de ambiente rodoviário é considerada a especificação do modelo de terreno, que no final, estará em concordância com o respetivo modelo geométrico da rede rodoviária e todos os elementos 3D envolventes.

Os modelos de ambientes rodoviários serão gerados em pré processamento, permitindo exportar os modelos obtidos para outros sistemas de simulação.

A. Avaliação

A avaliação e validação da metodologia proposta terão como base a realização de estudos experimentais de geração

de ambientes rodoviários para fins concretos. Isso implicará o recurso a métodos de avaliação experimental em que envolva o recurso à metodologia desenvolvida para geração de ambientes rodoviários. Tal como referido anteriormente, um dos objetivos da metodologia proposta é que seja passível de ser usada por utilizadores não especialistas em engenharia informática. Para tal ira-se recorrer a utilizadores das diferentes áreas científicas, que tipicamente realizam trabalho experimental em simuladores de condução. Para avaliar a usabilidade da metodologia desenvolvida poderão ser utilizadas métricas como: o tempo e o grau de conhecimento prévio necessário para gerar um ambiente rodoviário, assim como o nível de interação necessário para produzir um modelo de ambiente que cumpra os requisitos exigidos.

A avaliação de uma rede de dados ou rede rodoviária é uma tarefa que deverá ser realizada para permitir classificar a rede obtida. Um método a utilizar consistirá em calcular a distância mínima entre todos os pares de nós [4]. Para cada par de nós, essa distância permitirá associar um índice a cada estrada envolvida nesse percurso. Esse índice, associado a parâmetros de construção e utilização da rede, permitirá avaliar a eficiência da rede gerada.

O custo global da rede é calculado, considerado o custo de deslocação de veículos de todos os nós para todos os nós e assumindo que essa deslocação é realizada pelo percurso mais curto da rede rodoviária.

Para uma estrada (AB), como se pode ver pela equação (4), o valor adicionado ao segmento AB é determinado em função da sua extensão e do fator de importância dos nós extremos da ligação (nó de origem/ nó de destino). Sendo o segmento AB o percurso associado apenas a uma estrada.

$$\text{Peso}(AB) = \text{dist}(AB) * (FI_{orig} + FI_{dest}) \quad (4)$$

onde, $\text{Peso}(AB)$ corresponde ao valor a adicionar ao segmento AB, $\text{dist}(AB)$ é a distância entre o ponto A e o ponto B na estrada, FI_{orig} é o fator de importância do nó de origem e FI_{dest} o fator de importância do nó de destino.

A avaliação do traçado de uma estrada poderá ser realizada, utilizando um conjunto de métricas como por exemplo: extensão das retas, média do raio de curvatura, integral da curvatura, concordância em altimetria, entre outras. Esta análise permitirá validar se a estrada gerada pela metodologia proposta possui um aspeto semelhante ao encontrado em traçado real.

Outra abordagem, consiste em recorrer à colaboração da engenharia de vias para avaliação do traçado obtido.

IV. CONCLUSÕES

Um simulador de condução requer a preparação de modelos de ambientes rodoviários corretamente modelados, semelhantes aos encontrados em traçado real e representativos do País ou região que se pretende simular.

A metodologia apresentada permitirá gerar qualquer tipo de ambiente rodoviário de forma automática, com base em dados

de projeto, de sistemas de informação geográfica ou de outras fontes. Será possível gerar qualquer tipo de ambiente rodoviário, como por exemplo: rural, urbano e extraurbano.

Para além destas funcionalidades, a metodologia apresentada permitirá gerar modelos com elevado realismo, de forma automática e de interação simples para o preparador da experiência. Pretende-se que o utilizador possa interagir no processo de modelação de modo a definir a aparência do modelo final para se adequar a cada caso específico, produzindo modelos totalmente controláveis.

A metodologia apresentada, na geração do ambiente rodoviário permite entrar em consideração com a definição do modelo do terreno. Está contemplada, na proposta apresentada, a adequação do modelo de terreno ao ambiente rodoviário gerado após a geração do modelo geométrico.

Estas características permitirão obter uma grande diversidade de modelos de redes viárias, com vias corretamente modeladas, com inclusão de sinalização de trânsito e mobiliário urbano envolvente. Possibilitarão obter modelos de excelente qualidade, reduzindo drasticamente o trabalho e os custos envolvidos na preparação de experiências de simulação de condução, uma vez que evitam a modelação integral do ambiente por parte do utilizador, principalmente a prévia obtenção do traçado da via a partir de dados de projeto.

A avaliação a realizar incluirá o estudo do traçado das estradas criadas, do modelo de rede viária, assim como de todo o processo automático de geração do modelo rodoviário.

A realização deste trabalho vem trazer um contributo inovador na especificação e geração automática de ambientes rodoviários destinados a simulação em tempo real. No cálculo do traçado de uma estrada pretende-se desenvolver uma nova abordagem, recorrendo a métodos desenvolvidos em trabalhos semelhantes e principalmente a métodos utilizados em projeto de vias.

Uma das principais vertentes de aplicação desta metodologia será a geração de ambientes rodoviários adequados à simulação de condução, permitindo a realização de estudos científicos nas mais diversas áreas.

No futuro próximo será possível apresentar resultados concretos obtidos segundo a metodologia apresentada.

V. AGRADECIMENTOS

A realização desta proposta contou com o contributo especial do diretor do laboratório de análise de tráfego, onde se encontra instalado o simulador de condução DriS, Prof. Dr. Carlos Rodrigues do Departamento de Engenharia Civil da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.

REFERENCIAS

- [1] ALT H., GODAU M.: Measuring the resemblance of polygonal curves. In Symposium on Computational Geometry, pp. 102–109. 1992.
- [2] Autodesk, Civil3D, aplicação de projeto de vias de comunicação, informação disponível em: <<http://www.autodesk.pt>>, em Janeiro 2012.
- [3] Bayarri, S; Fernandez, M; Perez, M; Virtual Reality for driving simulation-Bayarri, Vol. 39, n.º 5, Communications of the ACM, 1996.

- [4] Black, P.; "Dijkstra's algorithm", in Dictionary of Algorithms and Data Structures, documento disponível em: <http://www.nist.gov/dads/HTML/dijkstraalgo.html>
- [5] Campos, C.; Cunha, V.; Leitão, J.; Geração de Ambientes Rodoviários para Simulação de Condução, 12º encontro Português de Computação Gráfica, p. 143-147, Outubro de 2003.
- [6] Campos, C.; Leitão, J.; Rodrigues, C.; Mo-delação de Ambientes Rodoviários de Grandes Di-mensões, 15.º Encontro Português de Computação Gráfica, Outubro de 2007.
- [7] Chen, G.; Esch, G.; Wonka, P.; Muller, P.; Zhang, E.; Interactive Procedural Street Modeling, ACM SIGGRAPH, 2008.
- [8] CyberCity 3DTM; CyberCity: modelador interativo de ambientes virtuais, <http://www.cybercity3d.com/>, Junho 2012.
- [9] Donikian, S.; VUEMS: A Virtual Urban Environment Modeling System, Computer Graphics International, pp. 84-92, 1997.
- [10] Normas de traçado, Junta Autónoma das Estradas, Atual Estradas de Portugal (EP), ISBN-96379-6-2, 1994.
- [11] França, A.; Apontamentos de vias de comunicação, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, consultado em Julho de 2011.
- [12] Galin, E.; Peytavie, A.; Maréchal, N.; Guérin, E.; Procedural Generation of Roads, EUROGRAPHICS, Volume 29, 2010.
- [13] Galin, E.; Peytavie, A.; Guérin, E.; Benes, B.; Authoring Hierarchical Road Networks, Pacific Graphics, Volume 30, 2011.
- [14] Kelly, G.; McCabe, H.; Citygen: An Interactive System for Procedural City Generation. GDTW, UK, 2008.
- [15] Latham, R.; Burns, D.; Dynamic Terrain Modification Using a Correction Algorithm, IMAGE 2006 Conference Scottsdale, Arizona, Julho 2006.
- [16] Leitão, J.; Agentes Autónomos Controláveis em Simuladores de Condução, tese para obtenção do grau de Doutor, pela Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, em Setembro de 2000.
- [17] OpenDRIVE, Format Specification REV 1.3, documento disponível em: <http://www.opendrive.org/docs/OpenDRIVEFormatSpecRev1.3D.pdf>, Agosto de 2010.
- [18] Pareja, I.; Bayarri, S.; Rueda, S.; Modelado de calidad para la visualización interactiva de carreteras, IX Congreso de Ingeniería Informática, 1999.
- [19] Parish, Y.; Muller, P.; Procedural Modeling of Cities; ACM Computer Graphics (Proceedings of SIGGRAPH'2001), pp. 301-308, 2001.
- [20] Smelik R. M.; Tutenel T.; Kraker K.J.; Bidarra R.; A Proposal for a Procedural Terrain Modelling Framework, EGVE Symposium, 2008.
- [21] Smelik, R.; Kraker, J.; Groenewegen, S.; Tu-tenel, T.; Bidarra, R.; A Survey of Procedural Meth-ods for Terrain Modelling, Proceedings of the CASA Workshop on 3D Advanced Media In Gaming And Simulation, 2009.
- [22] Sun, J.; Baciú, G.; Yu, X.; Green, M.; Template-Based Generation of Road Networks for Virtual City Modeling, VRST'02, pp 33-40, NY USA, 2002.
- [23] Teoh, S.; Algorithms for the Automatic Genera-tion of Urban Streets and Buildings, Proceedings of the International Conference on Computer Graphics and Virtual Reality (CGVR'08), Julho 2008.
- [24] Thomas, G. and Donikian, S.; Modelling Virtual Cities Dedicated to Behavioural Animation. EUROGRAPHICS 2000, vol. 19(3), 2000.
- [25] Walton D., Meek D.: A controlled clothoid spline, Computer & Graphics, vol. 29, 2005.
- [26] Weber, B.; Müller, P.; Wonka, P.; Gross, M.; Interactive Geometric Simulation of 4D Cities, Eurographics, vol. 28, 2009.



Carlos Campos é professor Assistente no Departamento de Engenharia Eletrotécnica do Instituto Superior de Engenharia do Porto. Concluiu o Mestrado em Engenharia Eletrotécnica, Sistemas de Decisão e Controlo, pelo Instituto Superior Técnico em 2006. Obteve Licenciatura e Bacharelato em Engenharia Eletrotécnica e Computadores pelo Instituto Superior de Engenharia do Porto. Participou em diversos projetos de investigação científica, onde resultaram diversas publicações em conferência e revista.

Atualmente é também aluno de doutoramento, no Programa Doutoral em Engenharia Informática na Faculdade de Engenharia da Universidade do

Porto, onde desenvolve trabalho de investigação na área da computação gráfica, simulação visual, e modelação procedimental.



Miguel Leitão é Professor Coordenador no Departamento de Engenharia Eletrotécnica no Instituto Politécnico do Porto e investigador no INESC Porto. Concluiu o doutoramento em Engenharia Eletrotécnica e Computadores pela Universidade do Porto em 2000. Obteve Licenciatura e Mestrado pela Universidade do Porto e Bacharelato pelo Politécnico do Porto. Nos seus 25 anos de experiência em investigação, foi autor de mais de 30 publicações científicas e participou em mais de 20 projetos de investigação.

Os seus atuais interesses de investigação incluem computação gráfica, simulação visual, e realidade virtual.



António Coelho é Professor Auxiliar do Departamento de Engenharia Informática da Faculdade de Engenharia do Porto e investigador no INESC Porto. Licenciou-se em Engenharia Eletrotécnica e de Computadores na Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto em 1994, a que se seguiu o mestrado na mesma área em 1997. Concluiu o seu doutoramento em 2006, também na mesma área. Desenvolve as suas atividades de investigação no INESC Porto, nas áreas da Computação Gráfica, dos Sistemas Geoespaciais e dos Jogos de Computador, tendo participado em diversos projetos de investigação. É autor de diversas publicações, destacando-se a coautoria de um livro de ensino da programação, publicações em revistas indexadas no ISI Web of Science e no ISI Journal Citation Reports.

Página en Blanco



*Financiado a través de la acción complementaria
TIN2009-07333-E/TSI*



IEEE

**Capítulos Español y Português
de la Sociedade de Educação**



Consello Social
Universidade de Vigo