

## *LITE (Laboratory of Information Technologies in Education), URJC*

**Ángel Velázquez, Francisco Almeida, Isidoro Hernán, Raquel Hijón, Estefanía Martín, Maximiliano Paredes, Antonio Pérez Carrasco, Diana Pérez Marín, Manuel Rubio, Liliana Santacruz, Jaime Urquiza**

Departamento de Lenguajes y Sistemas Informáticos I  
Escuela Técnica Superior de Ingeniería Informática  
Universidad Rey Juan Carlos  
C/ Tulipán s/n, 28933 Móstoles, Madrid  
angel.velazquez@urjc.es

**Resumen:** Se presenta el grupo de investigación LITE (Laboratory of Information Technologies in Education), de la URJC. Sus líneas principales de investigación son visualización del software, sistemas educativos basados en taxonomías educativas, CSCL, sistemas basados en dispositivos móviles, eLearning/bLearning e interfaces adaptativas. De forma paralela, también hemos propuesto y evaluado diversas innovaciones docentes en programación.

**Palabras clave:** Visualización del software, CSCL, dispositivos móviles, taxonomías educativas, eLearning/bLearning, interfaces adaptativas, innovación docente.

**Abstract:** The research group LITE (Laboratory of Information Technologies in Education), at the URJC, is presented. Its main research lines are: software visualization, educational systems based on educational taxonomies, CSCL, systems based on mobile devices, eLearning/bLearning, and adaptive interfaces. In parallel, we have proposed and evaluated several innovations for programming education.

**Key words:** Software visualization, CSCL, mobile devices, educational taxonomies, eLearning, adaptive interfaces, educational innovation.

### 1. Introducción

La Universidad Rey Juan Carlos comenzó ofrecer sus servicios en otoño de 1997 con cuatro titulaciones de primer ciclo, entre ellas las Ingenierías Técnicas en Informática de Gestión y de Sistemas. Ya desde otoño de 1998 se hizo un esfuerzo por crear grupos de investigación en el área de conocimiento de Lenguajes y Sistemas Informáticos. Uno de estos grupos estaba dirigido por Ángel Velázquez. El grupo se vertebró alrededor de la programación y la informática educativa. Hubo altas y bajas de miembros, así como algunos cambios de nombres, perdurando algo más el de ViDo (Grupo de Visualización y Documentación). Su composición y

nombre actual (LITE) quedaron básicamente fijados en 2005, aunque desde entonces el grupo ha crecido con nuevos miembros y se han abierto nuevas líneas de investigación.

Las principales líneas de investigación actual se presentan en los seis apartados siguientes. Los primeros cinco apartados presentan distintas clases de sistemas educativos: de visualización del software, basados en taxonomías educativas, colaborativos, adaptativos y de eLearning o bLearning. También presentamos algunos trabajos de innovación docente. Como fuente complementaria de información, puede consultarse el sitio web del grupo<sup>1</sup>.

<sup>1</sup> <http://www.lite.etsii.urjc.es/>

## 2. Sistemas de Visualización del Software

Resaltamos esta línea de investigación no sólo por el número de miembros de LITE que trabajan en ella, sino sobre todo por su importancia en la consolidación del grupo. Aunque las contribuciones sobre visualización se remontan a 1989, sólo a partir de 1999 tomó consistencia esta línea de investigación con el entorno de programación WinHIPE. Hay que señalar que los sistemas de visualización desarrollados siempre tienen un fin docente y se han utilizado y evaluado en nuestra docencia universitaria. A continuación presentamos los sistemas WinHIPE, SOTA, VAST y SRec, así como otras contribuciones generales.

### 2.1. WinHIPE

WinHIPE [Pareja et al. 07] es un entorno integrado de programación funcional que evalúa expresiones funcionales siguiendo un modelo de reescritura. Es un sistema visualizador de programas que muestra automáticamente en un formato mixto de texto y gráficos las expresiones intermedias producidas durante una evaluación (véase Figura 1). La reproducción de estas visualizaciones estáticas permite construir animaciones discretas. Jaime Urquiza realizó su tesis sobre el desarrollo de algunas partes de WinHIPE y, especialmente, sobre su evaluación y uso educativo.

Probablemente la característica más destacada de WinHIPE sea su filosofía de manejo de animaciones, basada en la metáfora del documento electrónico [Velázquez et al 08a]. Al igual que un documento electrónico, una animación se debe manejar de forma atómica, independientemente de que esté formada por elementos heterogéneos. La ventaja principal de esta filosofía es la facilidad de manejo de las animaciones (creación, modificación, etc.). Esta filosofía se ha extendido al manejo de colecciones de animaciones [Urquiza & Velázquez 05].

El desarrollo de WinHIPE también dio lugar a aportaciones técnicas específicas, como la generación de “miniaturas” de visualizaciones o dos técnicas de visualización de foco+contexto.

WinHIPE se utilizó desde el curso 1997-98 en una asignatura de lenguajes de programación, para ayudar

al aprendizaje del paradigma funcional. Se realizaron diversas evaluaciones para tratar de encontrar la forma de uso más eficaz tanto de la propia herramienta como de las animaciones generadas con ella [Urquiza & Velázquez 12a] [Urquiza & Velázquez 12b]. Se comparó un enfoque activo y constructivista (la construcción de animaciones por parte de los estudiantes) con otros dos enfoques: uno menos activo (la consulta de animaciones disponibles en la web) y otro que representa el enfoque clásico (no usa las animaciones de programas). Los resultados muestran que tanto la construcción como la consulta de animaciones, se deben utilizar de forma combinada. A corto plazo, la construcción de animaciones parece recomendable para conceptos de complejidad media, mientras que la consulta de animaciones ofrece los mejores resultados para conceptos de complejidad alta [Urquiza & Velázquez 12a]. A largo plazo, la construcción y la consulta de animaciones mejoran por igual el porcentaje de aprobados con respecto al enfoque clásico, pero hay que destacar que la construcción de animaciones mejoró la motivación de los estudiantes con respecto a los otros dos enfoques estudiados [Urquiza & Velázquez 12b].

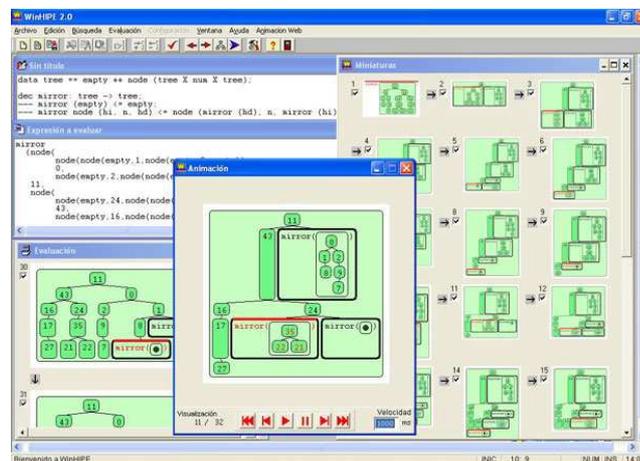


Figura 1. Interfaz de usuario de WinHIPE

WinHIPE también se utilizó para el aprendizaje de algoritmos. En este caso se comparó la construcción de animaciones con su consulta. Los resultados mostraron que la construcción de animaciones motivaba más a los estudiantes, haciendo que estos trabajaran más sobre los algoritmos estudiados y obtuvieran mejores calificaciones en los test realizados [Urquiza & Velázquez 07].

## 2.2. SOTA y VAST

Una línea de investigación posterior se centró en la visualización del procesamiento de lenguajes de programación, en la que destacan dos sistemas: SOTA y VAST.

SOTA es un sistema de animación de tablas de símbolos que visualiza el proceso de construcción de las tablas durante la compilación de los programas. Esta herramienta se ha evaluado comparándola con el enfoque típico de enseñanza donde no se usan este tipo de animaciones. El resultado más relevante es que los estudiantes que usan SOTA desarrollan mejores especificaciones de compiladores dedicadas a la gestión de la tabla de símbolos. También hemos detectado que estos estudiantes parecen estar más seguros de sus conocimientos sobre tablas de símbolos y tienen una buena opinión de la herramienta [Urquiza et al. 11].

VAST es un sistema de visualización del análisis sintáctico. Su desarrollo y evaluación constituyó la tesis de Francisco Almeida. VAST proporciona independencia de las herramientas de generación automática utilizadas por los estudiantes [Almeida et al. 09] [Almeida & Urquiza 09]. Una de sus aplicaciones más novedosas es la visualización de las diferentes estrategias de recuperación de errores sintácticos [Almeida et al. 10].

VAST se ha evaluado tanto desde el punto de vista educativo como en usabilidad y calidad. Analizando el impacto educativo de la utilización de la herramienta, se han obtenido diferencias estadísticamente significativas en el aprendizaje del estudiante. Además, se ha observado que los alumnos que utilizan VAST son capaces de realizar las tareas con mayor rapidez. En cuanto a la facilidad de uso y calidad, VAST ha seguido un desarrollo centrado en el estudiante. A partir de los comentarios y sugerencias de los alumnos se han ido añadiendo nuevas características y funcionalidades.

## 2.3. SRec

Otra línea de investigación pretende aunar las visualizaciones de programas y de algoritmos. Para ello, se desarrollan sistemas de visualización de programas Java mediante representaciones gráficas

genéricas propias de técnicas de diseño de algoritmos. Esta línea se comenzó con el sistema de visualización de la recursividad SRec [Velázquez et al. 08b], cuyo desarrollo y evaluación fue el objeto de la tesis de Antonio Pérez Carrasco.

SRec genera automáticamente visualizaciones de algoritmos recursivos, destacando los árboles de recursión (véase Figura 2). Podemos resaltar varios aspectos. En primer lugar, se basa en una arquitectura y un flujo de trabajo genéricos que permiten generar automáticamente visualizaciones a partir de la información de la ejecución de cualquier algoritmo [Fernández et al. 07].

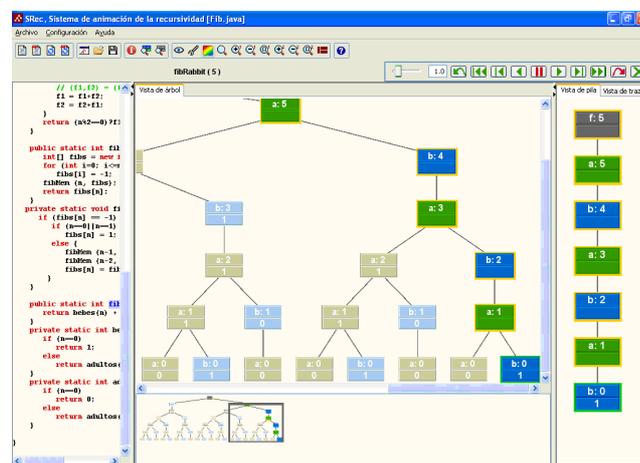


Figura 2. Interfaz de usuario de SRec

En segundo lugar, proporciona un gran apoyo a tareas de análisis exploratorio mediante un alto número de funciones de interacción con las visualizaciones (aparte de la propia animación): filtrado de datos, selección de nodos, reordenación de elementos, etc.

Por último, SRec se ha desarrollado y mejorado mediante un diseño centrado en el usuario, basado principalmente en evaluaciones de usabilidad con alumnos [Pérez Carrasco & Velázquez 10]. Una lección paradójica ha sido que la incorporación en un sistema de nuevas funciones, a petición de los usuarios, puede redundar en mayor complejidad del sistema y por tanto en menor usabilidad.

El objetivo final de esta línea de investigación es disponer de sistemas de visualización adaptados a las principales técnicas de diseño de algoritmos: divide y vencerás, vuelta atrás y programación dinámica. Actualmente hemos desarrollado un prototipo de

SRec ampliado para visualizar algoritmos de divide y vencerás. También hemos analizado las ilustraciones de dichas técnicas de diseño incluidas en libros de texto prestigiosos. A partir de su análisis, pretendemos diseñar visualizaciones adecuadas y desarrollar sistemas que las soporten.

#### 2.4. Contribuciones Generales

Podemos destacar, en el marco de la tesis de Jaime Urquiza, un análisis del estado de la cuestión sobre las distintas clases de evaluación realizadas sobre sistemas de visualización [Urquiza & Velázquez 09]. Sorprendentemente, se detectó que el proceso de evaluación de usabilidad de este tipo de herramientas era bastante mejorable. Por otro lado, en lo que a los resultados de las evaluaciones educativas se refiere, se constata el hecho de que los sistemas de visualización ayudan en la enseñanza, aunque no queda totalmente claro ni las condiciones específicas de uso ni las características clave para hacer de ellas herramientas educativas eficaces.

Se han realizado varias contribuciones generales al campo de visualización del software. Podemos destacar nuestra participación en el “Working group (WG) on improving the educational impact of algorithm visualization” del congreso ITiCSE 2002. La principal aportación del WG fue la llamada “taxonomía de la implicación” [Naps et al. 2003] que se basa en la hipótesis de que, para que las animaciones sean eficaces educativamente, lo más importante no son las propias visualizaciones sino cómo se usan. Sobre esta hipótesis, se formularon cinco formas eficaces de implicar a los alumnos. Actualmente, la taxonomía es uno de los principales marcos usados para el diseño de visualizaciones educativas del software.

Posteriormente, varios miembros del grupo han participado en otros WGs sobre visualización: tecnologías XML para especificación de animaciones [Naps et al. 05], integración con libros electrónicos y courseware [Rößling et al. 06], así como en plataformas de eLearning [Rößling et al. 08].

También hemos realizado algunos estudios sobre la interacción en la visualización del software. Se trata de una línea alternativa a la taxonomía de la

implicación, en la que analizamos con más detalle el papel de la interacción y del tiempo.

### 3. Sistemas Basados en Taxonomías Educativas

Algunos de los sistemas de visualización descritos en la sección anterior se caracterizan por que están diseñados para analizar software o, en términos didácticos, están orientados al nivel de análisis de la taxonomía de Bloom. Podemos señalar otros sistemas diseñados a partir de objetivos educativos, para las materias de programación orientada a objetos (POO) y algoritmos voraces.

Con respecto a la POO, se ha desarrollado un conjunto de 5 sistemas sencillos orientados a los niveles inferiores de la taxonomía de Bloom. Estos sistemas han constituido el núcleo de la tesis doctoral de Isidoro Hernán Losada. Se caracterizan por generar problemas para los alumnos, corregir sus soluciones y realimentar a los alumnos sobre éstas. Como ejemplo representativo, podemos tomar un sistema (anónimo) para la comprensión de la herencia [Hernán et al. 08]. Este sistema se ha evaluado, dando como resultado una mejora significativa en la comprensión de los alumnos. Un sexto sistema con un planteamiento distinto es TextOO [Lázaro et al. 05], un sistema interactivo orientado al nivel de aplicación que soporta el modelado OO a partir de enunciados en lenguaje natural y corrige los modelos desarrollados por los alumnos.

Con respecto a los algoritmos voraces, se ha desarrollado un sistema orientado a niveles superiores (análisis y evaluación), que raramente son soportados por otros sistemas. GreedEx es un sistema que soporta el aprendizaje por descubrimiento de los fundamentos de los algoritmos voraces, en concreto de las funciones de selección [Velázquez et al. 09]. El sistema implementa un método experimental con el que el alumno debe generar datos, medir el comportamiento de distintas funciones de selección y determinar cuáles producen resultados óptimos. Se trata de un sistema extensible que soporta un número fijo de problemas (actualmente seis, entre ellos variantes del problema de la mochila). Su evolución ha estado guiada por los resultados de evaluaciones de usabilidad. En la Sección 7 esbozamos el marco

didáctico del que forma parte. Recientemente se ha ampliado y evaluado GreedEx para la discusión colaborativa entre alumnos, aunque aún no se han analizado los datos obtenidos. Otros retos pendientes son su generalización a un dominio más amplio de problemas y la evaluación de su eficacia educativa.

Actualmente estamos abriendo una línea de investigación que amplía nuestro interés en los objetivos pedagógicos a los efectos emocionales de los sistemas educativos en los alumnos, combinando incluso ambas clases de objetivos para el diseño y análisis de sistemas.

#### **4. Sistemas Colaborativos**

En esta sección describimos algunos esfuerzos centrados en el desarrollo y uso de sistemas colaborativos, destacando AULA y MOCAS.

##### **4.1. AULA**

La plataforma AULA (A Ubiquitous Language Appliance) [Paredes et al. 08] fue el resultado de la tesis doctoral de Maximiliano Paredes. AULA da soporte a la composición colaborativa de redacciones como actividad para el aprendizaje de un segundo idioma. La plataforma está formada por varias herramientas que explotan las capacidades de visualización y movilidad de la computación ubicua. AULA define un marco educativo para los diferentes agentes y proporciona soporte a las diferentes necesidades mediante varias herramientas. Esas herramientas pueden utilizarse tanto con dispositivos móviles (p.ej. smartphones) como fijos (p.ej. PCs de sobremesa o portátiles) y su interfaz de usuario y funcionalidad se adaptan a las características y capacidad del dispositivo.

AULA se basa en una metodología de aprendizaje colaborativo [Paredes et al. 02] [Paredes et al. 07]. Al comienzo de la sesión, el profesor explica a los alumnos el tipo de documento que tienen que escribir y les indica su título. Como consecuencia, en los dispositivos de los alumnos se visualiza el título de la composición y pueden comenzar a escribir fragmentos de texto, estructurados en bloques de aspecto (secciones) e idea (párrafos de las secciones). A continuación, estos fragmentos son propuestos al

grupo, apareciendo en todos los dispositivos móviles (junto con las propuestas de otros miembros). Las herramientas de correo electrónico y chat en AULA aportan una importante ayuda en ese momento para discutir y argumentar sobre las propuestas. Además, los alumnos que se encuentren presencialmente en el aula podrán argumentar y exponer sus ideas de forma verbal y mediante una pizarra de edición. Una vez consensuadas las propuestas que deben formar parte del documento y rechazadas definitivamente las demás, los alumnos se centran en la redacción del documento final añadiendo pequeñas frases y completando de esta forma el documento.

##### **4.2. CIF y MoCAS**

Recientemente hemos desarrollado un marco instruccional que combina la taxonomía de Bloom con el aprendizaje colaborativo, denominado Collaborative Instructional Framework (CIF) [Serrano et al., 12]. Este marco instruccional ayuda al profesor (en el diseño de la actividad a realizar en clase) y al alumno (en la realización de la actividad). El marco instruccional está complementado con una herramienta llamada MoCAS (Mobile Collaborative Argument Support). MoCAS soporta la interacción del usuario mediante una variedad de dispositivos, como son PC, smartphones, pizarras de proyección, etc. e implementa las actividades básicas que propone CIF para alcanzar los objetivos educativos propuestos en el nivel de análisis de la taxonomía de Bloom.

MoCAS dota al proceso de enseñanza-aprendizaje de una herramienta novedosa y motivadora, y soporta la instrucción de una clase colaborativa. También destaca su mecanismo de registro de las aportaciones de los alumnos, que facilita la evaluación de las actividades realizadas por el profesor.

Se ha evaluado la eficiencia del aprendizaje de CIF y de MoCAS [Serrano et al., 12]. Los alumnos se organizaron en cuatro grupos y se impartieron las clases con estrategias diferentes: 1) aprendizaje colaborativo, 2) aprendizaje colaborativo con CIF, 3) aprendizaje colaborativo con CIF y MoCAS y 4) clases magistrales. Se comprobó una mejora estadísticamente significativa en la eficiencia del aprendizaje usando CIF y MOCAS.

## 5. Sistemas Adaptativos

Desde hace años, se han utilizado diversos métodos y técnicas de adaptación para personalizar tanto los contenidos como la navegación entre los mismos, dependiendo de los intereses y objetivos de los usuarios. En el caso de usuarios con algún tipo de discapacidad son aún más importantes ya que permiten que los usuarios puedan tener acceso a la información y realizar actividades en un entorno adaptado a sus capacidades. En este sentido, investigadores del grupo LITE junto con investigadores del grupo GHIA (también presente en este monográfico) han organizado dos ediciones del taller internacional *User Modeling and Adaptation for Daily Routines: Providing Assistance to People with Special and Specific Needs* (UMADR) celebrado dentro del congreso internacional *User Modeling, Adaptation and Personalization* (UMAP) y actualmente están editando un libro sobre sistemas adaptativos y usuarios con necesidades especiales.

Con el surgimiento de nuevas tecnologías, como los dispositivos móviles o las superficies táctiles, los sistemas adaptativos han ido evolucionando. En este sentido, se desarrollaron dos sistemas adaptativos educativos: CoMoLE y DEDOS. CoMoLE es un sistema adaptativo que permite adaptar las actividades dependiendo de las características personales de los usuarios, de sus acciones de interacción con el sistema y del contexto en el que se encuentran [Martín & Carro 09]. DEDOS<sup>2</sup> es una aplicación que permite el desarrollo y realización de actividades educativas en superficies multicontacto [DEDOS]. Esta herramienta es el resultado de una colaboración de la Fundación Síndrome de Down y miembros de los grupos LITE y GHIA. La interacción con este tipo de dispositivos permite realizar diferentes gestos con las manos. Según las necesidades y habilidades de los usuarios, es posible que se requiera una adaptación de la interacción (p.ej. si el usuario tiene algún tipo de problema motor sería necesario adaptar la interacción y cambiar gestos complejos como arrastrar un elemento a realizar una simple selección) [Roldán et al. 11].

<sup>2</sup> <http://hada.ii.uam.es/dedos/>

## 6. eLearning y bLearning

Las tecnologías de la Información y Comunicación han permitido también el desarrollo de nuevos sistemas educativos tanto en el ámbito e-learning, esto es, enseñanza vía web sin profesor, como b-learning, esto es, enseñanza complementaria a clases cara-a-cara con el profesor. En las siguientes secciones se presentan los trabajos más relevantes realizados por el grupo en estos campos.

### 6.1. eLearning

Como bifurcación de la línea de visualización del software, Raquel Hijón desarrolló su tesis doctoral sobre visualización de la actividad de los alumnos en plataformas de eLearning. Han desarrollado varios sistemas, como CTT [Hijón et al. 07]. También se ha experimentado con alumnos de diversas titulaciones y diversos cursos académicos desde 2004. Un estudio interesante consistió en comparar los patrones de uso de plataformas de eLearning en dos universidades europeas con distintos contextos pedagógicos y sociales [Hijón et al. 08a].

Se han propuesto mejoras para predecir y aumentar el rendimiento de los alumnos [Hijón et al. 10], mejorado notablemente la facilidad y eficiencia de realizar *learning analytics* en el LMS de Moodle con el sistema Merlin-Mo [Hijón et al. 08b]. Asimismo, se ha estudiado la participación de los alumnos en foros [Hijón et al. 09b] y chats de Moodle. Los desarrollos realizados han dado lugar a un modelo de datos para el seguimiento de la interacción en plataformas de eLearning basadas en web 2.0 [Hijón et al. 09a].

Actualmente se está evaluando con los alumnos un nuevo sistema de repaso de conocimientos en el LMS de Moodle, llamado Merlin-Know, que con la ayuda de un avatar, guía al estudiante a través de un proceso de aprendizaje mucho más asíncrono y personalizado. Asimismo, se ha creado un sistema de alertas para Moodle, llamado Merlin-Alert, que permite definir alertas en cada uno de los recursos disponibles, de forma que tanto el profesor como el alumno estén informados de la evolución del curso (profesor) y personal (alumnos) en cuanto a plazos recomendados en cada recurso disponibles en el curso.

## 6.2. bLearning

En el campo de investigación en *blended learning*, en el grupo se ha explorado la combinación de clases presenciales con el uso de las herramientas on-line como las Will Tools [Pérez-Marín, 2009] para que los estudiantes puedan repasar lo aprendido en clase con contenidos adicionales y ejercicios de tipo pregunta-respuesta corta a realizar en cualquier momento, desde cualquier ordenador conectado a Internet y a su propio ritmo [Pérez-Marín et al. 2012].

Se han analizado también las diferencias entre estudiantes de perfil técnico (por ejemplo, estudiantes de Ingeniería Informática) respecto a estudiantes de perfil más humanista (como por ejemplo, estudiantes de Educación Infantil) a la hora de seguir este tipo de metodología para aumentar la motivación y proporcionar la retroalimentación más adecuada en cada caso [Pérez-Marín & Pascual, 2010] [Pérez-Marín & Pascual, 2012].

Recientemente también se está trabajando en la generación automática de preguntas adaptadas al diálogo mantenido entre la aplicación informática y el estudiante [Redondo & Pérez-Marín, 2012] y en el desarrollo de agentes conversacionales pedagógicos, esto es, sistemas informáticos que interactúan en lenguaje natural como soporte al proceso educativo que son una de las líneas de investigación principales en el *workshop* internacional *Adaptation and Personalization in E-B/Learning using Pedagogic Conversational Agents* (APLEC) que organiza anualmente el grupo junto con investigadores de la UNED y de la RWTH University Aachen de Alemania, y constituyen varios capítulos del libro *Conversational Agents and Natural Language Interaction: Techniques and Effective Practices* [Pérez-Marín & Pascual, 2011], siendo además uno de los temas de interés de la Red Temática en Sistemas de Diálogo a la que pertenecen algunos investigadores del grupo.

## 6.3. Otras Líneas Relacionadas

Actualmente se están desarrollando proyectos en relación con la tecnología de objetos de aprendizaje, uno de ellos consistente en la implementación de un visor SMIL que muestre contenidos educativos

etiquetados con meta-datos, mediante diferentes plantillas de presentación.

También se están analizando las posibilidades de la realidad aumentada en la educación para proporcionar nuevas formas de aprendizaje visual e interactivo, y cómo la habilidad para transferir aprendizaje de un contexto a otro se puede convertir en una competencia significativa gracias al uso de esta tecnología. Así, los estudiantes serán capaces de construir nuevo conocimiento basado en las interacciones con los objetos virtuales, que aportan datos a su entorno y podrán encontrar una conexión entre sus vidas y su educación a través de una capa contextual.

## 7. Innovación Docente

Es difícil desligar el desarrollo de sistemas educativos de su uso docente innovador. Más aún cuando el desarrollo de algunas herramientas ha ido unido a su uso en asignaturas de programación. Repasemos algunas propuestas desarrolladas conjuntamente con sistemas educativos:

- Una asignatura de lenguajes de programación para primer curso de ingeniería informática [Velázquez 05]. Se estudiaron alternativas y se diseñó razonadamente una asignatura, que se basó en WinHIPE para la impartición de programación funcional durante los cursos comprendidos entre 1997-98 y 2004-05.
- Prácticas de compiladores [Urquiza et al. 10]. A partir de nuestra experiencia docente en procesadores de lenguajes, se han ido realizando una serie de cambios en la organización de las prácticas que han permitido disminuir drásticamente la tasa de abandono.
- Método didáctico para el aprendizaje de algoritmos voraces [Velázquez 12]. Es un conjunto formado por el sistema GreedEx ya mencionado, el método experimental en el que se basa, materiales docentes desarrollados y una organización específica de las clases. Se ha usado, evaluado y mejorado desde el curso 2007-08. Destaca la importancia del análisis realizado del contenido de las prácticas de los alumnos. Sus resultados permitieron identificar malentendidos e intervenir en la asignatura, quedando reducidos o eliminados en cursos posteriores; en definitiva, permitieron mejorar el

método didáctico completo. Actualmente estamos analizando los resultados de una evaluación de eficacia educativa.

También podemos citar otras innovaciones desligadas de sistemas:

- Aprendizaje activo de la POO [Hernán et al. 10]. Se combinaron varios métodos de aprendizaje activo en el curso académico 2008-09. Su evaluación ha mostrado mayor motivación y mejores resultados por parte de los alumnos.
- Método formal de diseño de funciones recursivas finales [Rubio 10]. Pretende facilitar su diseño a partir de funciones recursivas no finales. Se evaluó el rendimiento académico de los alumnos, con resultados positivos.
- Modelos conceptuales de algoritmos voraces [Velázquez 11]. Se han mejorado los modelos conceptuales usados en los libros de texto sobre distintos aspectos de los algoritmos voraces, integrándose desde el curso 2010-11 en una asignatura de algoritmia. Pueden complementarse con el método didáctico basado en funciones de selección, antes citado.

## Agradecimientos

Los trabajos presentados se han financiado con diversos proyectos competitivos. Continuamos trabajando en algunas de estas líneas con la financiación del proyecto “AlgoTools: Herramientas cognitivas para el aprendizaje activo de la algoritmia”, ref. TIN2011-29542-C02-01, del Ministerio de Economía y Competitividad.

## Referencias

- [Almeida & Urquiza 09] F. Almeida, J. Urquiza, “Syntax trees visualization in language processing courses”, 9th IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies (ICALT 2009), pp. 597-601
- [Almeida et al. 09] F. Almeida, J. Urquiza, Á. Velázquez, “Visualization of syntax trees for language processing courses”, *Journal of Universal Computer Science*, Vol 15, N 7, pp. 1.546-1.561, Abril 2009
- [Almeida et al. 10] F. Almeida, J. Urquiza, Á. Velázquez, “Educational visualizations of syntax error recovery”, 1<sup>st</sup> Annual IEEE Engineering Education Conference (EDUCON 2010), 2010, pp. 1019 - 1027
- [Fernández et al. 07] L. Fernández, A. Pérez Carrasco, Á. Velázquez, J. Urquiza. “A framework for the automatic generation of algorithm animations based on design techniques”, *Creating New Learning Experiences on a Global Scale – EC-TEL 2007*, E. Duval, R. Klamma y M. Wolpers (eds.), Springer-Verlag, LNCS 4753, 2007, pp. 475-480
- [Hernán et al. 08] I. Hernán, C. Lázaro, Á. Velázquez. “An educative application based on Bloom’s taxonomy for the learning of inheritance in oriented-object programming”, *Computers and Education: Towards Educational Change and Innovation*, A. Mendes, I. Pereira, R. Costa (eds.), Springer-Science, 2008, pp. 157-166.
- [Hernán et al. 10] I. Hernán, C. Lázaro, E. Martín, “Active learning in telecommunication engineering: A case study”, 1<sup>st</sup> Annual IEEE Engineering Education Conference (EDUCON 2010), 8 pp.
- [Hijón et al. 07] R. Hijón, I. López, Á. Velázquez, F. Domínguez, “An access monitoring tool based on cookies for course management systems”, *Blended Learning*, J. Fong y F. L. Wang (eds.), Pearson, 2007, pp. 292-302
- [Hijón et al. 08a] R. Hijón, Á. Velázquez, B. Barn, S. Oussena, “A comparative study on the analysis of students’ interactions in e-Learning”, 8th IEEE International Conference on Advance Learning Technologies (ICALT’08), pp. 20-22
- [Hijón et al. 08b] R. Hijón, Á. Velázquez, “How to improve assessment of learning and performance through interactive visualization”, 8<sup>th</sup> IEEE International Conference on Advance Learning Technologies (ICALT’08), pp. 472-476
- [Hijón et al. 09a] R. Hijón, Á. Velázquez, J. Rodríguez, “Model for an interaction assessment strategy in hybrid learning including Web 2.0 resources”, *Handbook of Research on Hybrid Learning Models: Advanced Tools, Technologies, and Application*, F. L. Wang, J. Fong, R. C. Kwan (eds.), IGI Global, pp. 450-465
- [Hijón et al. 09b] R. Hijón, Á. Velázquez, “Improving the analysis of students’ participation

- & collaboration in Moodle forums”, *Advanced Learning*, R. Hijón (ed.), In-tech, pp. 259-274
- [Hijón et al. 10] R. Hijón, Á. Velázquez, “From the discovery of students access patterns in e-learning including web 2.0 resources to the prediction and enhancement of students’ outcome”, *E-learning Experiences and Future*. S. Soomro (ed.), In-tech, pp. 275-293
- [Lázaro et al. 05] C. Lázaro, Á. Velázquez, I. Hernán, F. Gortázar, M. Gallego. “TextOO: Learning object oriented modeling using enunciates”, *Fifth Koli Calling Conference on Computer Science Education*, T. Slakoski, T. Mäntylä, M. Laakso (eds.), 2005, pp. 181-182
- [Martín & Carro 09] E. Martín, R.M. Carro, “Supporting the development of mobile adaptive learning environments: A case study”, *IEEE Transactions on Learning Technologies*, Vol 2, N 1, pp. 23-36, Enero-Marzo 2009
- [Naps et al. 03] T.L. Naps et al., “Exploring the role of visualization and engagement in computer science education”, *ACM SIGCSE Bulletin*, Vol 35, N 2, pp. 131-152, Junio 2003
- [Naps et al. 05] T.L. Naps et al., “Development of XML-based tools to support user interaction with algorithm visualization”, *ACM SIGCSE Bulletin*, Vol 37, N 4, pp. 123-138, Diciembre 2005
- [Paredes et al. 02] M. Paredes, P.P. Sánchez, M. Ortega, Á. Velázquez, “A ubiquitous computing environment for language learning”, *Human Computer Interaction with Mobile Devices*, F. Paternò (ed.), Springer-Verlag, LNCS 2411, pp. 339-343, 2002
- [Paredes et al. 07] M. Paredes, P.P. Sánchez, M. Ortega, Á. Velázquez, “Collaborative composition in foreign language with handheld computing and web tools”, *Journal of Universal Computer Science*, Vol 13, N 7, pp. 707-717, 2007
- [Paredes et al. 08] M. Paredes, A.I. Molina, M.A. Redondo, M. Ortega, “Designing collaborative user interfaces for ubiquitous applications using CIAM: The AULA case study”, *Journal of Universal Computer Science*, Vol. 14, N. 16, pp. 2680-2698, Octubre 2008
- [Pareja et al. 07] C. Pareja, J. Urquiza, Á. Velázquez, “WinHIPE: An IDE for functional programming based on rewriting and visualization”, *ACM SIGPLAN Notices*, Vol 42, N 3, pp. 14-23, 2007
- [Pérez Carrasco & Velázquez 10] A. Pérez Carrasco, Á. Velázquez, “Multiple usability evaluations of a program animation tool”, *10th IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies (ICALT 2010)*, Mohamed Jemni, Kinshuk, Demetrios Sampson y J. Michael Spector (eds.), pp. 452-454
- [Pérez-Marín 09] D. Pérez-Marín. “Adaptive computer assisted assessment of free-text students’ answers: an approach to automatically generate students’ conceptual models”, *VDM Springer-Verlag*
- [Pérez-Marín & Pascual 10] D. Pérez-Marín, I. Pascual, “Showing automatically generated students’ conceptual models to students and teachers”, *International Journal of Artificial Intelligence for Education*, 20, pp. 47-72
- [Pérez-Marín & Pascual 11] D. Pérez-Marín, I. Pascual (eds.), *Conversational Agents and Natural Language Interaction: Techniques and Effective Practices*, IGI Global
- [Pérez-Marín & Pascual 12] D. Pérez-Marín, I. Pascual. “A case study on the use of blended learning to encourage Computer Science studies review techniques”, *Journal of Science Education and Technology*, Vol 21, N 1, pp. 74-82
- [Pérez-Marín et al. 12] D. Pérez-Marín, L. Santacruz, M. Gómez. “A proposal for a blended learning methodology and how to apply it with university students”, *Procedia – Social and Behavioral Sciences Journal* (in press)
- [Redondo & Pérez-Marín 12] A. Redondo, D. Pérez-Marín, “A procedure to automatically adapt questions in student – Pedagogic conversational agent dialogues”, *Springer-Verlag, LNCS 7138*, pp. 122-134
- [Roldán et al. 11] D. Roldán, E. Martín, P. A. Haya, M. García-Herranz, “Adaptive activities for inclusive learning using multitouch tabletops: An approach”, *Int. Workshop on Personalization Approaches in Learning Environments*, held in conjunction with the 19th User Modeling, Adaptation and Personalization conference (UMAP 2011), Gerona, 15 Julio 2011, pp. 42-47

- [Rößling et al. 06] Guido Rößling et al., “Merging interactive visualizations with hypertextbooks and course management”, ACM SIGCSE Bulletin, Vol 38, N 4, pp. 166-181, Junio 2006
- [Rößling et al. 06] Guido Rößling et al., “Enhancing learning management systems to better support Computer Science education”, ACM SIGCSE Bulletin, Vol 40, N 4, pp. 142-166, 2008
- [Rubio 10] M. Rubio, “Tail recursive programming by applying generalization”, 15th Annual Conference on Innovation and Technology in Computer Science Education (ITiCSE 2010), pp. 98-102
- [Serrano et al. 12] L.M. Serrano, M. Paredes, Á. Velázquez, “Evaluation of a collaborative instructional framework for programming learning”, 17th Annual Conference on Innovation and Technology in Computer Science Education (ITiCSE 2012), aceptado
- [Urquiza et al. 10] J. Urquiza, F. Almeida, A. Pérez, “Reorganización de las prácticas de compiladores para mejorar el aprendizaje de los estudiantes”, XVI Jornadas de Enseñanza Universitaria de la Informática (JENUI 2010), pp. 85-92
- [Urquiza et al. 11] J. Urquiza, F. Manso, Á. Velázquez, M. Rubio, “Improving compilers education through symbol tables animations”, 16th Annual Conference on Innovation and Technology in Computer Science Education (ITiCSE 2011), pp. 203-207
- [Urquiza & Velázquez 05] J. Urquiza, Á. Velázquez, “Effortless construction and management of program animations on the Web”, Advances in Web-Based Learning – ICWL 2005, R.W.H. Lau, Q. Li, R. Cheung, W. Liu (eds.), Springer-Verlag, LNCS 3583, pp. 163-173
- [Urquiza & Velázquez 07] J. Urquiza, Á. Velázquez, “An evaluation of the effortless approach to build algorithm animations with WinHIPE”, Electronic Notes in Theoretical Computer Science, Vol 178, pp. 3-13, 2007
- [Urquiza & Velázquez 09] J. Urquiza, Á. Velázquez, “A survey of successful evaluations of program visualization and algorithm animation systems”, ACM Transactions on Computing Education, Vol 9, N 2, artículo 9, Junio 2009
- [Urquiza & Velázquez 12a] J. Urquiza, Á. Velázquez, “Comparing different educational uses of functional program animations”, 17th Annual Conference on Innovation and Technology in Computer Science Education (ITiCSE 2012), aceptado
- [Urquiza & Velázquez 12b] J. Urquiza, Á. Velázquez, “A long-term evaluation of educational animations of functional programs”, 12th IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies (ICALT 2012), aceptado
- [Velázquez 05] Á. Velázquez. “A programming languages course for freshmen”, 10<sup>th</sup> Annual Conference on Innovation and Technology in Computer Science Education (ITiCSE 2005), pp. 271-275
- [Velázquez 11a] Á. Velázquez, “The design and coding of greedy algorithms revisited”, 16th Annual Conference on Innovation and Technology in Computer Science Education (ITiCSE 2011), pp. 8-12
- [Velázquez 12] Á. Velázquez, “Refinement of an experimental approach to computer-based, active learning of greedy algorithms”, 17th Annual Conference on Innovation and Technology in Computer Science Education (ITiCSE 2012), aceptado
- [Velázquez et al. 08a] Á. Velázquez, C. Pareja, J. Urquiza, “An approach to effortless construction of program animations”, Computers & Education, Vol 50, N 1, pp. 179-192, Enero 2008
- [Velázquez et al. 08b] Á. Velázquez, A. Pérez Carrasco, J. Urquiza, “SRec: An animation system of recursion for algorithm courses”, 13<sup>rd</sup> Annual Conference on Innovation and Technology in Computer Science Education (ITiCSE 2008), pp. 225-229
- [Velázquez et al. 09] Á. Velázquez, C. Lázaro, I. Hernán, “Asistentes interactivos para el aprendizaje de algoritmos voraces”, IEEE Revista Iberoamericana de Tecnologías del Aprendizaje, Vol 4, N 3, pp. 213-220, agosto 2009