

**Novática**, revista fundada en 1975 y decana de la prensa informática española, es el órgano oficial de expresión y formación continua de **ATI** (Asociación de Técnicos de Informática), organización que edita también la revista **REICIS** (Revista Española de Innovación, Calidad e Ingeniería del Software). **Novática** edita asimismo **UPGRADE**, revista digital de **CEPIS** (Council of European Professional Informatics Societies), en lengua inglesa, y es miembro fundador de **UPENET** (UPGRADE European NETWORK).

<<http://www.ati.es/novatica/>>  
 <<http://www.ati.es/reicis/>>  
 <<http://www.upgrade-cepis.org/>>

**ATI** es miembro fundador de **CEPIS** (Council of European Professional Informatics Societies) y es representante de España en **IFIP** (International Federation for Information Processing); tiene un acuerdo de colaboración con **ACM** (Association for Computing Machinery), así como acuerdos de vinculación o colaboración con **AdaSpain**, **Ai2**, **ASTIC** e **HispanLinux**, junto a la que participa en **ProInnova**.

**Consejo Editorial**

Antoni Carbonell Nogueras, Juan Manuel Cueva Lovelle, Juan Antonio Esteban Iriarte Francisco López Crespo, Celestino Martín Alonso, José Molas i Bertrán, Olga Pallás Codina, Fernando Píera Gómez (Presidente del Consejo), Ramón Puigjaner Trepát, Miquel Sàrries Griño, Asunción Yturbe Herranz

**Coordinación Editorial**

Llorenç Pagés Casas <pages@ati.es>

**Composición y autedición**

Jorge Lázcar Gil de Ramales

**Traducciones:**

Grupo de Lengua e Informática de ATI <<http://www.ati.es/gt/lengua-informatica/>>, Dpto. de Sistemas Informáticos - Escuela Superior Politécnica - Universidad Europea de Madrid

**Administración**

Tomás Brunete, María José Fernández, Enric Camarero, Felicidad López

**Sociedades Técnicas - Coordinadores**

**Administración Pública electrónica**

Francisco López Crespo (MAE), <[flc@ati.es](mailto:flc@ati.es)>  
 Gumersindo García Arribas, <[gumersindo.garcia@map.es](mailto:gumersindo.garcia@map.es)>

**Arquitecturas**

Enrique F. Torres Moreno (Universidad de Zaragoza) <[enrique.torres@unizar.es](mailto:enrique.torres@unizar.es)>  
 Jordi Tubellà Morgadas (DAC-UPC) <[jordi@ac.upc.es](mailto:jordi@ac.upc.es)>

**Auditoría SITIC**

Marina Tourinho Troitiño, Manuel Palao García-Suelto (ASIA) <[marinatourino@marinatourino.com](mailto:marinatourino@marinatourino.com)>, <[manuel@palao.com](mailto:manuel@palao.com)>

**Derecho e Tecnologías**

Isabel Hernando Colinas (Fac. Derecho de Donostia, UPV) <[ihernando@legalek.net](mailto:ihernando@legalek.net)>  
 Elena Davara Fernández de Marcos (Davara & Davara) <[edavara@davara.com](mailto:edavara@davara.com)>

**Enseñanza Universitaria de la Informática**

Joaquín Ezpeleta Mateo (UPS-UZAR) <[ezpeleta@posta.unizar.es](mailto:ezpeleta@posta.unizar.es)>  
 Cristóbal Pareja Flores (DSIC-UCM) <[cpareja@sip.ucm.es](mailto:cpareja@sip.ucm.es)>

**Gestión del Conocimiento**

Juan Baiget Solé (Cap Gemini Ernst & Young) <[juan.baiget@ati.es](mailto:juan.baiget@ati.es)>

**Informática y Filosofía**

Josep Corco Juvinyà (UIIC) <[jjcorco@unica.edu](mailto:jjcorco@unica.edu)>  
 Esperanza Marcos Martínez (ESETC-URJC) <[cuca@esetc.urjc.es](mailto:cuca@esetc.urjc.es)>

**Informática Gráfica**

Miguel Chover Salles (Universitat Jaume I de Castellón) <[chover@lei.uji.es](mailto:chover@lei.uji.es)>  
 Roberto Vivó Hernando (Eurographics, sección española) <[rvido@dsic.upv.es](mailto:rvido@dsic.upv.es)>

**Ingeniería del Software**

Javier Dolado Costín (DLSI-UPV) <[dolado@si.ehu.es](mailto:dolado@si.ehu.es)>  
 Luis Fernández Sanz (PRIS-EI-UEM) <[lufern@dpriis.est.uem.es](mailto:lufern@dpriis.est.uem.es)>

**Inteligencia Artificial**

Federico Barber Sanchis, Vicente Botti Navarro (DSIC-UPV) <[fvbotti\\_barber@dsic.upv.es](mailto:fvbotti_barber@dsic.upv.es)>

**Interacción Persona-Computador**

Julio Abascal González (FI-UPV) <[julio@si.ehu.es](mailto:julio@si.ehu.es)>  
 Jesús Lorés Vidal (Univ. de Lleida) <[jesus@eup.udl.es](mailto:jesus@eup.udl.es)>

**Internet**

Alonso Álvarez García (TID) <[alonso@ati.es](mailto:alonso@ati.es)>  
 Llorenç Pagés Casas (Indra) <pages@ati.es>

**Lengua e Informática**

M. del Carmen Ugarde García (IBM) <[cugarte@ati.es](mailto:cugarte@ati.es)>

**Lenguajes Informáticos**

Andrés Marín López (Univ. Carlos III) <[amarin@it.uc3m.es](mailto:amarin@it.uc3m.es)>  
 J. Angel Velázquez Hurbide (ESETC-URJC) <[a.velazquez@esetc.urjc.es](mailto:a.velazquez@esetc.urjc.es)>

**Lingüística computacional**

Xavier Gómez Guinovart (Univ. de Vigo) <[xgg@uvigo.es](mailto:xgg@uvigo.es)>  
 Manuel Palomar (Univ. de Alicante) <[mpalomar@dsi.usi.es](mailto:mpalomar@dsi.usi.es)>

**Mundo estudiantil**

Adolfo Vázquez Rodríguez (Rama de Estudiantes del IEEE-UCM) <[a.vazquez@ieee.org](mailto:a.vazquez@ieee.org)>

**Profesión Informática**

Rafael Fernández Calvo (ATI) <[rffc@ati.es](mailto:rffc@ati.es)>  
 Miquel Sàrries Griño (Ayto. de Barcelona) <[msarries@ati.es](mailto:msarries@ati.es)>

**Redes y servicios telemáticos**

José Luis Marzo Lázaro (Univ. de Girona), <[joseluis.marzo@udg.es](mailto:joseluis.marzo@udg.es)>  
 Josep Solé Pareta (DAC-UPC) <[pareta@ac.upc.es](mailto:pareta@ac.upc.es)>

**Seguridad**

Javier Areltío Bertolin (Univ. de Deusto) <[jareltio@esid.deusto.es](mailto:jareltio@esid.deusto.es)>  
 Javier López Muñoz (ETS Informática-UMA) <[jlm@icc.uma.es](mailto:jlm@icc.uma.es)>

**Sistemas de Tiempo Real**

Alejandro Alfonso Muñoz, Juan Antonio de la Puente Alfaro (DIT-UPM) <[jalonso@iupente@dit.upm.es](mailto:jalonso@iupente@dit.upm.es)>

**Sociedad Libro**

Jesús M. González Barahona, Pedro de las Heras Quirós (GSYC-URJC) <[jgb.pheras@gsyc.esetc.urjc.es](mailto:jgb.pheras@gsyc.esetc.urjc.es)>

**Tecnología de Objetos**

Jesús García Molina (DIS-UM) <[jmolina@correo.um.es](mailto:jmolina@correo.um.es)>  
 Gustavo Rossi (LIFIA-UNLP, Argentina) <[gustavo@sol.info.unlp.edu.ar](mailto:gustavo@sol.info.unlp.edu.ar)>

**Tecnologías para la Educación**

Juan Manuel Dodero Beardo (UC3M) <[dodero@inf.uc3m.es](mailto:dodero@inf.uc3m.es)>  
 Julia Minquillón i Alfonso Udoco <[jminquillon@uoc.edu](mailto:jminquillon@uoc.edu)>

**Tecnologías y Empresa**

Pablo Hernández Medrano (Bluemat) <[pablohm@bluemat.biz](mailto:pablohm@bluemat.biz)>

**TIC y Turismo**

Andrés Aguayo Maldonado, Antonio Guevara Plaza (Univ. de Málaga) <[aguayo\\_guevara@icc.uma.es](mailto:aguayo_guevara@icc.uma.es)>

Las opiniones expresadas por los autores son responsabilidad exclusiva de los mismos. **Novática** permite la reproducción, sin ánimo de lucro, de todos los artículos, a menos que lo impida la modalidad de © o *copyright* elegida por el autor, debiéndose en todo caso citar su procedencia y enviar a **Novática** un ejemplar de la publicación.

**Coordinación Editorial, Redacción Central y Redacción ATI Madrid**

Padilla 66, 3º dcha., 28006 Madrid  
 Tfn. 91 4029391; fax. 91 3093685 <[novatica@ati.es](mailto:novatica@ati.es)>

**Composición, Edición y Redacción ATI Valencia**

Av. del Reino de Valencia 23, 46005 Valencia  
 Tfn./fax 96 3303092 <[secretaria@ati.es](mailto:secretaria@ati.es)>

**Administración y Redacción ATI Cataluña**

Ciudad de Granada 131, 08018 Barcelona  
 Tfn. 93 4125235; fax 93 4127713 <[secretgen@ati.es](mailto:secretgen@ati.es)>

**Redacción ATI Andalucía**

Isaac Newton, s/n, Ed. Sadiel  
 Isla Cartuja 41092 Sevilla, Tfn./fax 95 4460779 <[secretand@ati.es](mailto:secretand@ati.es)>

**Redacción ATI Aragón**

Lagasca 9, 3-B, 50006 Zaragoza.  
 Tfn./fax 97 6235181 <[secretara@ati.es](mailto:secretara@ati.es)>

**Redacción ATI Asturias-Cantabria**

<[qp-asturcanl@ati.es](mailto:qp-asturcanl@ati.es)>  
**Redacción ATI Castilla-La Mancha** <[qp-clmancha@ati.es](mailto:qp-clmancha@ati.es)>

**Suscripción y Ventas**

<<http://www.ati.es/novatica/interes.html>>, o en ATI Cataluña o ATI Madrid

**Publicidad**

Padilla 66, 3º dcha., 28006 Madrid  
 Tfn. 91 4029391; fax. 91 3093685 <[novatica.publicidad@ati.es](mailto:novatica.publicidad@ati.es)>

**Impresión**

Derris S.A., Juan de Austria 66, 08005 Barcelona.  
 Depósito legal: B 15.154-1975 -- ISSN: 0211-2124; CODEN NOVACB

Partidas: Pioneros TIC (Ada Byron), RFOalvo / (C) Rafael Fernández Calvo 2006

Diseño: Fernando Agresta / © ATI 2006

**editorial**

**Formatos de documento abiertos, una clave para el progreso en resumen** > 02

**La profesión informática europea del siglo XXI** > 02

*Llorenç Pagés Casas*

**noticias IFIP**

**19th IFIP World Computer Congress, WCC 2006** > 03

*Ramon Puigjaner Trepát*

**monografía**

**El Proceso de Bolonia y la profesión informática**

*(En colaboración con UPGRADE)*

Editores invitados: *Juan José Cuadrado Gallego, Luigi Buglione*

**Presentación. El Proceso de Bolonia y la profesión informática** > 05

*Juan José Cuadrado Gallego, Luigi Buglione*

**El profesionalismo en las Tecnologías de la Información** > 07

*Charles Hughes*

**Por el cambio de verdad (o la modificación de los estudios de Ingenierías Informáticas vista por un estudiante)** > 11

*Mikel Salazar Peña*

**Evolución de los estudios de Informática en el Espacio Europeo de Educación Superior** > 12

*Juan José Cuadrado Gallego, León González Sotos, Daniel Rodríguez García, Miguel Ángel Sicilia Urbán*

**El Proceso de Bolonia: la experiencia italiana** > 18

*Luigi Buglione*

**El Proceso de Bolonia y la experiencia neerlandesa** > 22

*Maya Daneva*

**Evolución histórica de las carreras informáticas: un informe de la experiencia alemana** > 28

*René Braungarten, Martin Kunz, Reiner R. Dumke*

**Experiencia piloto ECTS en la Ingeniería Técnica Informática de Gestión y de Sistemas** > 34

*José Luis Álvarez Macías, Manuel J. Redondo González, Javier Aroba Páez, Beatriz Aranda Louvier, Patricio Salmerón Revuelta*

**secciones técnicas**

**Enseñanza Universitaria de la Informática**

**Alumno Rupérez, ¡está vd. despedido!** > 40

*Miren Bermejo, Ray Fernández*

**Redes y servicios telemáticos**

**Redes R-ALPHA DS-CDMA multicelulares con control de potencia rápido sobre canales Nakagami selectivos en frecuencia** > 44

*Loren Carrasco Martorell, Guillem Femenias Nadal*

**Tecnologías y Empresa**

**El papel de las Tecnologías de Información y la memoria organizacional dentro de las empresas inteligentes** > 52

*Alonso Perez-Soltero*

**Referencias autorizadas** > 56

**sociedad de la información**

**Futuros emprendedores**

**eCology: un sistema para aprender jugando** > 63

*Raquel Acosta Navarro, Alejandro Catalá Bolós, Jose Miguel Esteve Ferrandis, Jose Antonio Mocholí Agües, Javier Jaén Martínez*

**Personal y transferible**

**La Red del Siglo XXI: Convergencia de las redes eléctrica y de telecomunicaciones** > 68

*José Morales Barroso*

**Novática interactiva**

**La integración de los estudiantes informáticos en la vida profesional** > 73

*Foro de Debate*

**Programar es crear**

**Cuadrados (CUPCAM 2005, problema fase local UCM, enunciado)** > 74

*Cristóbal Pareja Flores*

**Subexpresiones (CUPCAM 2005, problema H, solución)** > 75

*Ángel Herranz Nieva, Manuel Carro Liñares*

**asuntos interiores**

**Coordinación editorial / Programación de Novática / Subsanando un olvido** > 76

**Normas de publicación para autores / Socios Institucionales** > 77

**Monografía del próximo número: "Servicios web"**

# eCology: un sistema para aprender jugando

Raquel Acosta Navarro, Alejandro Catalá Bolós, Jose Miguel Esteve Ferrandis, Jose Antonio Mocholí Agües, Javier Jaén Martínez  
*Departamento de Sistemas Informáticos y Computación, Universidad Politécnica de Valencia*

<{raacna, joesfer}@fiv.upv.es> <{acatala, jmocholi, fjaen}@dsic.upv.es>

## 1. Introducción

El objetivo principal de *eCology* ("an Electronic COOL way of Learning about Ecology", o, una forma divertida de aprender ecología) es prevenir problemas de salud derivados de una alimentación desequilibrada, de la mala conservación del medio ambiente y de la mala calidad de las relaciones sociales, actuando para ello sobre la educación de los niños de una forma divertida y motivadora usando un Ecosistema Híbrido Aumentado.

Estos sistemas son "híbridos" porque en ellos coexisten entidades tanto naturales como artificiales, y son tratados como "ecosistemas" debido a que ambos tipos de entidades compiten, colaboran y entablan diferentes tipos de relaciones para cumplir sus respectivos objetivos.

Uno de los mecanismos más efectivos para la representación de un ecosistema híbrido es la "Realidad Aumentada" [1][2], que consiste en añadir gráficos virtuales en tiempo real al campo de visión de una persona.

Su finalidad es superponer al entorno real la información que interesa visualizar. Se diferencia de la Realidad Virtual en que, mientras ésta pretende reemplazar al mundo real, la Realidad Aumentada lo que hace es complementarla (ver **figura 1**).

El uso de la Realidad Aumentada aplicada a actividades lúdicas conlleva beneficios considerables que la convierten en una herramienta óptima para el apoyo al aprendizaje. Los juegos que emplean Realidad Aumentada requieren de habilidades físicas de la misma forma

### Nota del Editor:

Con este artículo estrenamos esta nueva sección "Futuros emprendedores" en la que nos proponemos seleccionar y publicar las mejores y más innovadoras ideas procedentes del mundo estudiantil. Prestar atención a las ideas emprendedoras de los más jóvenes va a ser a partir de ahora una de las vocaciones de Novática. Si eres estudiante te animamos a proponernos tus ideas y tus trabajos para participar en esta iniciativa.

*eCology*, presentado en aquella ocasión por Raquel Acosta, Héctor Barea, Jose Miguel Esteve y Jose Antonio Mocholí obtuvo el pasado mes de abril el segundo puesto en el certamen nacional "Imagine Cup" organizado por Microsoft para premiar los mejores proyectos presentados por estudiantes.

**Resumen:** *en la actualidad existen una serie de problemas en nuestra sociedad, como la mala alimentación, la degradación de nuestro entorno o las malas relaciones sociales, para los que debemos educar a nuestros niños y adolescentes con el objetivo de que puedan evitarlos. Pero los métodos tradicionales como la clase magistral, la charla o el debate, no consiguen motivarles lo suficiente como para que se impliquen en el aprendizaje. Sin embargo, las actividades educativas planteadas como juegos sí que suelen conseguir motivarles. Y de esa manera creamos eCology, un proyecto que convierte la tecnología en un arma educativa en manos de los profesores y una manera divertida de aprender jugando para los niños.*

**Palabras clave:** *eCology, ecosistemas híbridos, educación, .Net, Peer Channel, realidad aumentada, WCF.*

### Autores

**Raquel Acosta Navarro** estudió 5º de Ingeniería Informática en la Facultad de Informática de la Universidad Politécnica de Valencia durante el curso académico 2005-2006 y realizó su proyecto final de carrera (PFC) en el marco de *eCology*.

**Alejandro Catalá Bolós** estudió 5º de Ingeniería Informática en la Facultad de Informática de la Universidad Politécnica de Valencia durante el curso académico 2005-2006 y es el autor de la componente de reconocimiento de voz utilizada en *eCology*.

**Jose Miguel Esteve Ferrandis** estudió 5º de Ingeniería Informática en la Facultad de Informática de la Universidad Politécnica de Valencia durante el curso académico 2005-2006 y realizó su proyecto final de carrera (PFC) en el marco de *eCology*.

**Jose Antonio Mocholí Agües** es alumno de doctorado en el Dpto. de Sistema Informáticos y Computación de la de la Universidad Politécnica de Valencia.

**Javier Jaén Martínez** es profesor titular de la de la Universidad Politécnica de Valencia, director del proyecto de investigación del que surge la propuesta presentada a la Imagine Cup y director de los PFC de Raquel y Jose Miguel.

que lo hacen los juegos en el mundo real. Además de potenciar el razonamiento espacial, estos juegos contienen elementos que favorecen el desarrollo de facultades sociales tales como la negociación, la colaboración y establecimiento de relaciones interpersonales. Así pues, este tipo de juegos contribuyen de forma positiva a un proceso de aprendizaje más eficaz y satisfactorio, atribuyéndose beneficios que no se encuentran en los juegos electrónicos tradicionales [3].

Pensamos que el lugar ideal para utilizar *eCology* son los centros educativos, donde los profesores podrán organizar y supervisar sesiones temáticas basadas en el contenido del plan de estudios del centro. Estas sesiones ayudarían a asentar, aplicar y ampliar los conocimientos impartidos por los profesores, actuando como un complemento divertido a las clases de aula.

## 2. Escenarios de uso

A cada niño se le asignará un conjunto de actividades que deberá completar dentro de un plazo temporal, y se le proporcionará un conjunto de objetos y/o herramientas inicial insuficiente para llevar a cabo todas sus tareas. En algunas de estas actividades el niño deberá encargarse del cuidado de varios animales y/o plantas, satisfaciendo sus necesidades. Cada tipo de animal o planta tiene sus propias necesidades, como por ejemplo alimentarse, recibir afecto, curar sus enfermedades, etc. El correcto cumplimiento de estos cuidados determinará el éxito de la actividad.

La correcta realización de estas actividades se premiará tanto de forma monetaria como con reconocimiento social (o popularidad). Con el "dinero virtual" obtenido los niños podrán: gastarlo comprando objetos en una

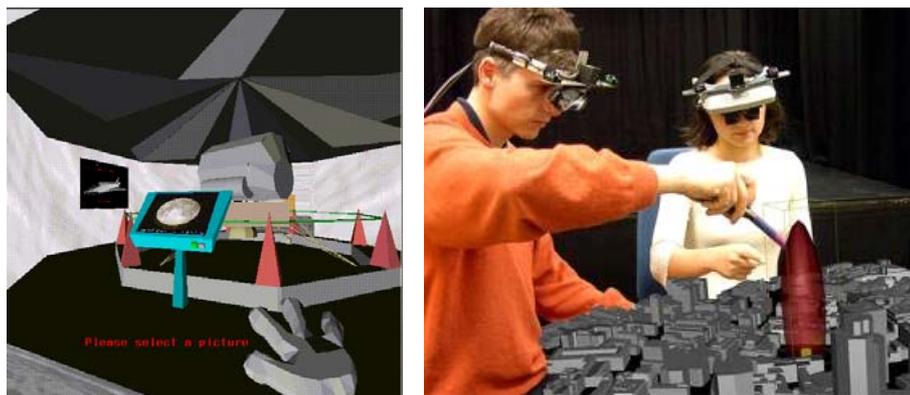


Figura 1. Realidad Virtual vs. Realidad Aumentada

tienda, o donarlo para ayudar a mantener el entorno. Del mismo modo, no completar una tarea a tiempo supondrá una penalización en el nivel de popularidad.

A continuación se detallan las actividades que pueden realizar los niños para aprender a prevenir los problemas de salud planteados previamente:

**a) Prevención de los problemas derivados de una mala alimentación.** Los niños tendrán que conseguir y mantener una alimentación equilibrada tanto para ellos mismos, como para los animales/plantas que tienen a su cargo. Cada ser vivo tiene unos niveles de nutrientes básicos (carbohidratos, azúcares,...) que se han de mantener en un valor saludable. Un desequilibrio en alguno de estos elementos básicos provocará en el ser una enfermedad que deberá ser curada siguiendo una dieta apropiada.

**b) Prevención de los problemas derivados de la degradación medioambiental.**

- **Reciclar residuos:** Al usar ciertos objetos, como por ejemplo una botella de agua, se generan residuos que de no ser reciclados pasarían a contaminar el ecosistema.

- **Generar energía de forma sostenible:** Hay disponibles plantas energéticas solares, eólicas, térmicas y nucleares, que producen energía contaminando el entorno en mayor o menor medida.

- **Mantener el entorno libre de contaminación, o descontaminarlo** en caso de que esté contaminado. Se incidirá en que la mejor opción para mantener el entorno libre de residuos es reutilizar los objetos siempre que se pueda, por ejemplo, cuando un niño termina de utilizar una herramienta no debería tirarla, sino intercambiarla con otro niño a cambio de un objeto que necesite.

**c) Prevención de los problemas derivados de una mala calidad de las relaciones sociales.**

Para poder realizar con éxito las tareas asignadas, los participantes tendrán que colaborar entre ellos intercambiando objetos hasta conseguir aquellos que necesiten [4]. Para llevar a cabo estas relaciones de colaboración,

se dispone de un módulo para llevar a cabo negociaciones realizadas fuera del mundo aumentado. Mediante estas sesiones de negociación, los niños podrán llegar a un acuerdo común que satisfaga los intereses de cada uno, esto es, conseguir los objetos que necesitan.

Asignar un nivel de reconocimiento social a las actividades que se realizan tiene el objetivo de desarrollar un espíritu de competición sana y desinteresada que, lejos de provocar conflictos, motive a los niños a establecer retos personales.

Los usuarios podrán realizar un seguimiento de sus relaciones con los demás, divididas en relaciones de amistad y enemistad. Establecer un mapa de las relaciones con los demás ayuda a identificar fácilmente las personas con las que pueden colaborar (por ejemplo a la hora de realizar intercambios de objetos). Por ello se ha desarrollado una herramienta que recoge las acciones que realizaron otros participantes en las sesiones de realidad aumentada, y que tuvieron consecuencias beneficiosas o perjudiciales para el usuario, permitiendo que el niño apunte comportamientos subjetivos que percibe de los demás como buenos o malos.

Adicionalmente, en cualquiera de los tres ámbitos educativos anteriores deseamos fo-

mentar en los niños mecanismos de curiosidad personal que les permita descubrir problemas, razonar acerca de ellos y explorar las distintas soluciones alternativas. Es por ello que hemos desarrollado un sistema de asesoramiento para asistir en esta tarea de exploración personal, que se encarga de dar orientación y consejo dentro del espacio aumentado.

Los niños pueden establecer una conversación con un agente relacional que les ayude a esclarecer los motivos por los cuales los animales o plantas de los que son responsables tienen dieta desequilibrada o tienen ciertas enfermedades. El objetivo de este agente es el de ayudar en la toma de decisiones proporcionando información pero sin llegar a dar las respuestas finales, de forma que el niño pueda aprender tanto de sus aciertos como de sus errores.

### 3. Hardware

Se pueden realizar dos tipos diferentes de setup en *eCoology*: mediante dispositivos de visualización tipo gafa (*Head Mounted Display*) o mediante TabletPC. La forma más inmersiva de visualizar el mundo aumentado es mediante los dispositivos de tipo gafa. Por ello, en los TabletPC se simula una ventana que captura y aumenta lo que se tiene delante (ver figura 2). El modo de interactuar con la interfaz es por medio de órdenes vocales y, además, si se usa el TabletPC se pueden utilizar las interacciones tradicionales mediante el puntero sobre la pantalla táctil.

### 4. Modelo de comunicación

En *eCoology* hay un único servidor y un conjunto de clientes conectados, donde cada uno de ellos muestra una vista subjetiva del mismo entorno aumentado. Para que este comportamiento sea posible, se necesita una tecnología capaz de realizar un broadcast de los datos necesarios, de forma que los clientes puedan mostrar el mismo mundo simultáneamente, así como también debe posibi-



Figura 2. eCoology en funcionamiento: setup con gafas y con monitor.



**Figura 3.** Representación 3D de una entidad en *eCology*.

litar que los clientes puedan notificar las acciones de los usuarios al servidor, para que éste pueda actualizar el mundo adecuadamente. La tecnología escogida para cumplir con estos requerimientos ha sido *Windows Communication Foundation* (WCF, anteriormente conocido como *Indigo*) [5], y en particular la tecnología de comunicación basada en *Peer Channel* [6] y los Servicios Web.

*Peer Channel* nos ha permitido realizar envíos de datos complejos a todos los clientes simultáneamente y a una frecuencia escogida por el usuario, típicamente de diez milisegundos. Estos datos contienen la información necesaria para que los clientes representen el mundo.

Para conseguir cierto grado de interacción del usuario con el mundo, los clientes de *eCology* deben notificar al servidor las acciones que realizan los usuarios. Estas acciones pueden verse como eventos en el mundo aumentado a los que éste debe reaccionar. Por ejemplo, cuando un usuario lanza un pastel, todos los usuarios deben ser capaces de ver como "vuela" desde el usuario que lo lanzó y cae al suelo, y cómo los animales hambrientos se mueven hacia él.

Como los usuarios no pueden realizar más que un par de acciones por segundo, y todo el proceso de simulación se realiza en el servidor, hemos decidido no utilizar *Peer Channel* para la notificación de eventos, sino un *Servicio Web* (WS) alojado en el servidor de *eCology*.

## 5. Componentes Software

Pasamos a continuación a enumerar los distintos módulos software que componen las capas funcionales del proyecto.

### 5.1. Simulador

El propósito principal del servidor de *eCology* es realizar la simulación del mundo aumentado. Esta tarea comprende el cál-

culo del movimiento de las entidades móviles, la selección de los sonidos que reproducirán los clientes como reacción a ciertos eventos, la transformación de reacciones de entidades en eventos en el mundo, etc [7]. Estos cálculos se realizan en cada paso de simulación para que, acto seguido, el servidor envíe esta información a los clientes para que puedan mostrar el nuevo estado del mundo.

Una entidad es cualquier cosa que puede formar parte del mundo simulado, como un perro, un pastel o una planta de energía nuclear. Todas las entidades de un mundo en *eCology* reaccionan a estímulos de su entorno, esto es, eventos ocurridos en el mundo. Estos estímulos pueden ser eventos producidos por otras entidades, como el acercamiento de otra entidad, o acciones realizadas por un usuario, como cuando un usuario llama a un perro. Las reacciones a estos estímulos es lo que llamamos el comportamiento de la entidad. Para dotar de cierta complejidad a las reacciones de las entidades, se hace uso de *Autómatas de Estados Finitos* (AEF). Esto nos permite simplificar el proceso de simulación desde el punto de vista de la clase que lo gestiona, ya que ésta sólo ha de pasar el tiempo transcurrido y la colección de eventos recibidos en el último paso de simulación al AEF de cada entidad.

Veamos un ejemplo de lo que se acaba de explicar: una gallina tiene varios estados en su AEF ("caminando", "busca-comida" y "comiendo", por ejemplo), que representan cómo se comportará en un instante de tiempo concreto para los eventos dados. Cada estado del AEF esconde la complejidad del trabajo necesario para simular su comportamiento. Si la gallina está en el estado "caminando", la lógica interna del mismo está utilizando mecanismos de resolución de caminos y de detección de colisiones para simular que la gallina deambula por el mundo. Mientras la gallina permanezca en un estado que implica movimiento, sus niveles de

nutrientes (proteínas, carbohidratos,...), y por tanto de energía, descenderán para reflejar la energía gastada. Si, mientras está en el estado "caminando", recibe un nuevo evento "comida-en-el-mundo", y ese alimento es comestible para las gallinas (como maíz o zanahoria), el AEF cambiará el estado de la gallina a "busca-comida". Una vez en este estado, el mecanismo de resolución de caminos le dará un destino concreto al que dirigirse, correspondiente a la posición donde está la comida. En cada paso de simulación, el estado "busca-comida" comprobará si la comida sigue ahí (no se la ha comido otra entidad), y trazará el camino a seguir para encontrarla. Si la gallina está lo suficientemente cerca del alimento, el AEF cambiará su estado a "comiendo". Ingerir alimentos implica que la cantidad de nutrientes que el alimento contiene hace que los niveles de dichos nutrientes de la gallina se incrementen. Tras una actualización de los niveles de nutrientes, se comprobará si alguno de ellos es demasiado alto o bajo, lo que implicará que la gallina tiene una enfermedad relacionada con el nutriente que ha alcanzado un valor poco saludable.

Para reflejar visualmente este hecho, el estado actual cambiará la apariencia visual de la gallina (modificando su color, por ejemplo) y, en el caso del estado "comiendo", cambiará la animación del modelo 3D haciendo ver que el animal se siente mal comiendo dicho alimento.

Todos los estados que involucran movimiento en las entidades hacen uso de un proceso de *resolución de caminos*. La resolución de caminos consiste en encontrar un modo de desplazarse entre dos puntos, teniendo en cuenta las restricciones impuestas por los obstáculos en la escena. En el caso de *eCology* estas restricciones vienen dadas por la propia topología del escenario real sobre el que corre la simulación, ya que se desea que una entidad móvil sea capaz de evitar fallos como atravesar las paredes, que arruinarían la experiencia inmersiva.

*eCology* hace uso de una implementación híbrida entre algoritmos basados en grafos y simulaciones físicas de partículas para este proceso [8]. Las entidades se modelan como partículas, que se ven sujetas a fuerzas de repulsión con los obstáculos del entorno, así como entre ellas, de forma que no colisionen. Por otro lado, se ven sometidas a una fuerza de atracción hacia el destino especificado. La simulación es apoyada por un proceso de búsqueda en grafos, que ayuda a las entidades a encontrar los objetos de atracción cuando éstos no sean directamente alcanzables.

### 5.2. Motor de rendering

El motor de *rendering* tiene como objetivo proporcionar una representación visual de

la simulación llevada a cabo en el servidor. Esta vista subjetiva se genera a partir de información acerca de la posición y orientación del usuario (ver **figura 3**). No obstante, las vistas muestran un mundo común y consistente para todos los clientes conectados. La detección de la orientación del usuario se efectúa a través de un sensor inercial situado junto a la cámara, de forma que los cambios de orientación efectuados sobre ésta se traducen en movimientos de la cámara sintética a través de la cual se obtiene la vista de los contenidos sintéticos. De este modo, ambas partes permanecen siempre cohesionadas.

El motor de *rendering* se encarga de gestionar los modelos tridimensionales de las entidades, que incorporan una gran variedad de animaciones que les dotan de expresividad, de forma que las entidades pueden comunicar estados o emociones de forma visual. Por otro lado, en la creación de los entornos y de ciertos objetos, se añaden efectos especiales tales como sistemas de partículas para simular efectos dinámicos, como humo o agua, que proporcionan mayor riqueza visual a las imágenes.

Dado que se trata de una aplicación de realidad aumentada, otra de las tareas principales del motor de *rendering* es la realización de la mezcla consistente entre los contenidos sintéticos y la imagen del mundo real. Dicha imagen se captura mediante una cámara web integrada en el dispositivo hardware que el usuario maneja (**figura 2**). Lo que se pretende con ello es que el usuario acabe olvidándose, en la medida de lo posible y durante el uso de la aplicación, de la distinción entre contenidos reales y los generados sintéticamente. El desarrollo del motor gráfico se basa extensivamente en el uso del API de Microsoft Direct3D Manejado sobre C# [9][10].

Un claro ejemplo de la cantidad de esfuerzo destinado a obtener una mezcla convincente es el desarrollo e implementación de los algoritmos necesarios que permiten proyectar las sombras de las entidades virtuales sobre la imagen real. Tomando como punto de partida el algoritmo de proyección de sombras basado en **mapas de sombras** (*Shadow Maps*) [11], se hace uso de un

modelo tridimensional subyacente que coincide con la topología del escenario real. La fase de proyección de sombras se realiza en una capa separada, que posteriormente se combina con la imagen real de forma consistente, como se muestra en la **figura 4**. En la imagen de la izquierda se puede observar cómo la ausencia de sombras dificulta la integración de los elementos sintéticos, que parecen flotar sobre la imagen real. La imagen de la derecha, en cambio, corresponde a un fotograma similar que integra las sombras producidas por las entidades. Con ellas, se dota de referencias visuales acerca de la profundidad de los objetos en la escena, a la vez que se mejora la coherencia de la iluminación de los componentes sintéticos con respecto a la imagen real.

### 5.3. Reconocimiento de Voz

Se ha desarrollado la infraestructura necesaria para que el usuario pueda controlar por órdenes de voz toda la interfaz de usuario. La idea es que, de la misma forma que cualquier componente de la *interfaz* de usuario puede recibir eventos de ratón, también se permita la recepción de eventos vocales contenidos en una serie de gramáticas definidas para ello.

En esencia, se ha implementado una componente de reconocimiento de comandos utilizando *Microsoft SAPI 5.1* como tecnología de base [12], de forma que esta componente actúa como un emisor de eventos vocales al que los controles de interfaz de usuario interesados en interacción vocal pueden suscribirse, con el fin de conseguir una interfaz multimodal apropiada para *eCoology*.

Por ejemplo, en la **figura 2** se muestra cómo en el entorno aumentado se ha seleccionado un tomate para ser dado como alimento a los animales del ecosistema. Esta selección, y el posterior lanzamiento, pueden realizarse de manera táctil al pulsar los botones dispuestos para ello, pero también a través del reconocimiento de comandos de voz como "seleccionar tomate" y "lanzar cerca".

### 5.4. Sistema de asesoramiento

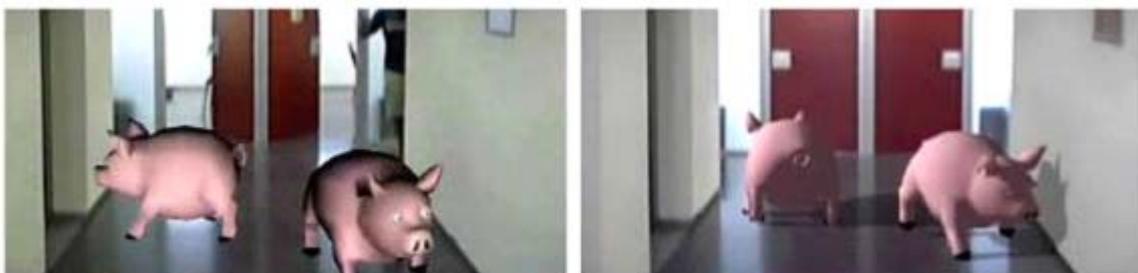
El sistema de asesoramiento está formado por un agente relacional de tipo conversacional para cada uno de los tipos de aseso-

ramiento existentes (nutrición, enfermedades y medio ambiente). El sistema de asesoramiento es una componente abierta, implementada mediante *plug-ins*, que permite extender su funcionalidad añadiendo más tipos de asesoramiento. A continuación se explica el asesoramiento nutricional.

En *eCoology* los seres vivos poseen un modelo nutricional compuesto por seis elementos básicos (proteínas, carbohidratos, grasas, vitaminas, minerales y agua). Cada elemento básico tiene un intervalo considerado saludable, por lo que un valor fuera de ese intervalo puede causar una enfermedad. Ante los síntomas visuales de enfermedad, el niño puede pedir asesoramiento nutricional al agente específico que pasará a evaluar el estado del animal. En lugar de proporcionar una solución inmediata al problema, se procede, en primer lugar, a notificar al niño la enfermedad que padece la entidad, evaluando sus conocimientos acerca de las posibles causas de la misma a través de una serie de preguntas sencillas. En caso de no responder correctamente, se le instará a seguir intentándolo, recordándole que dispone de la ayuda del agente siempre que lo necesite. Con ello se busca reafirmar el aprendizaje, tratando que sea el propio niño quien solucione el problema. Finalmente, el agente nutricional recomendará una dieta adecuada para paliar el desequilibrio nutritivo del ser vivo (ver **figura 5**).

### 5.5. Sistema de negociación

Se ha desarrollado una infraestructura para dar soporte a diferentes tipos de negociación, tales como el trueque, el regateo y tres tipos de subasta, que se realizarían antes y/o después de las sesiones con realidad aumentada. Actualmente se encuentra implementado el trueque de objetos, pero la arquitectura está preparada para soportar el resto de tipos de negociación. Así pues, para el escenario de negociación basada en el trueque, la secuencia de pasos es la siguiente: partiendo de una negociación programada por un usuario para una fecha determinada y a la que se ha registrado un segundo participante, llegado el momento el sistema crea un espacio de negociación que dará soporte al proceso. A través de este espacio cada uno de los participantes envía información acerca de las propuestas de intercambio de objetos, que se



**Figura 4.** Ejemplo de inclusión de sombras en el motor de rendering.

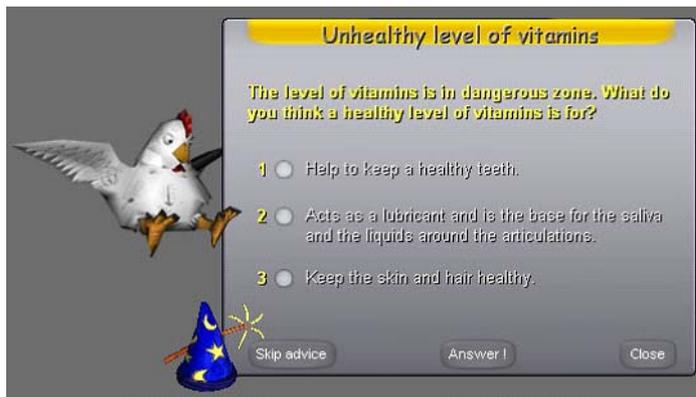


Figura 5. Ejemplo de asesoramiento para una gallina.

reflejan en tiempo real en los clientes de cada uno de los usuarios implicados -dos en este caso. La comunicación se realiza mediante una red P2P y servicios web. Cabe destacar que se puede realizar más de una negociación simultáneamente, puesto que automáticamente se crea una red P2P por cada proceso de negociación.

**5.6. Sistema de colaboración**

El sistema de colaboración permite gestionar las relaciones entre usuarios. Estas relaciones se dividen en dos tipos: de amistad y de enemistad, dividiendo a las personas en aliados y adversarios. A cada aliado/adversario se le asocia un valor que cuantifica si las interacciones realizadas con el usuario han tenido un resultado positivo o negativo y en qué medida.

Las interacciones que recoge el sistema son, en primer lugar, las acciones realizadas en las sesiones con realidad aumentada, y que han modificado el estado del usuario o de las entidades que tiene a su cargo, por ejemplo, la mala alimentación de un animal a cargo de otra persona.

Estas acciones se registran automáticamente cuando acontecen. En segundo lugar, se registran los comportamientos subjetivos percibidos por el usuario con respecto al resto de personas. Este tipo de interacciones las registra el propio usuario, y se refieren a gritar, insultar, ofrecer ayuda, entre otras. Por último, se tiene en cuenta el grado de cooperación en el intercambio de objetos con otros usuarios, que repercute en el valor de amistad y enemistad entre las partes implicadas. La figura 6 ilustra el cliente del sistema de colaboración y competición.

**6. Conclusiones**

eCoology ha sido creado como una solución divertida e innovadora que utiliza la tecnología como complemento a los métodos educativos tradicionales, creando un ecosistema aumentado donde los niños pueden colaborar entre ellos para aprender a solucionar los

problemas derivados de una mala alimentación, de la mala conservación del medio ambiente y de la mala calidad de las relaciones sociales.

Destacamos que la tecnología de Realidad Aumentada utilizada en eCoology podría ser aplicada en muchos otros ámbitos como, por ejemplo, en la creación de guías turísticas que muestren la información multimedia asociada a la zona, edificio o estatua que se esté visitando; para el diseño de agentes virtuales de sistemas de emergencias que ilustren visualmente la ruta de escape fijada; para mostrar agentes comerciales virtuales capaces de ofrecer información adicional detallada sobre un producto u ofertas personalizadas, con tal de incrementar las ventas o fidelizar clientes, etc.

**Agradecimientos**

Para terminar nos gustaría recordar al cuarto miembro del equipo que participó en la consecución del segundo puesto en la final española de la Imagine Cup 2006, Héctor Barea, encargado del modelado y animación de los animales que aparecen en eCoology y a Paula Carrasco y a David Chanza que

colaboraron en el proyecto modelando diversos objetos. También queremos agradecer a Microsoft Research Cambridge el apoyo económico al proyecto de investigación del que surgió la propuesta que presentamos en Imagine Cup España 2006.

**Referencias**

[1] Azuma, R.: A Survey of Augmented Reality. *Teleoperators and Virtual Environments* 6, 4 (August 1997), 355-385.  
 [2] Billinghurst, M. and Hirokazu, K.: Collaborative Augmented Reality. *Communication of the ACM* Vol.45, No.7, 64-70. 2002.  
 [3] Nilsen, T., Linton, S. and Looser, J.: *Motivations for Augmented Reality Gaming*. New Zealand Game Developers Conference. 2004.  
 [4] Hartup, W.W., *Having Friends, Making Friends, And Keeping Friends: Relationships As Educational Contexts*. Urbana, IL: ERIC Clearinghouse on Elementary and Early Childhood Education. ED 345 854. 1992.  
 [5] Pallman, D., *Programming "Indigo": Code Name for the Unified Framework for Building Service-Oriented Applications on the Microsoft Windows Platform*, Beta Edition. Microsoft Press. 2005.  
 [6] **A Preview of Microsoft Windows Vista Developer Opportunities**. <http://msdn.microsoft.com/library/en-us/dnlong/html/vistatopten.asp>.  
 [7] David M. Bourg, Glenn Seeman. *AI for Game Developers*. ISBN: 0-596-00555-5. O'Reilly. 2004.  
 [8] Craig W. Reynolds. *Steering Behaviors For Autonomous Characters*. Sony Computer Entertainment America. Game Developers Conference, 1999.  
 [9] **Microsoft DirectX SDK**. <http://msdn.microsoft.com/directx/sdk/>.  
 [10] Luna, F., *Introduction to 3D Game Programming with DirectX 9.0*. Wordware Publishing Inc. 2003.  
 [11] Williams, L., *Casting curved shadows on curved surfaces*. Presentado en SIGGRAPH: *Proceedings of the 5th annual conference on Computer graphics and interactive techniques*, pág. 270-274. NY, USA, 1978. ACM Press.  
 [12] **Microsoft Speech - Speech API SDK**. <http://www.microsoft.com/speech/techinfo/apioverview/>

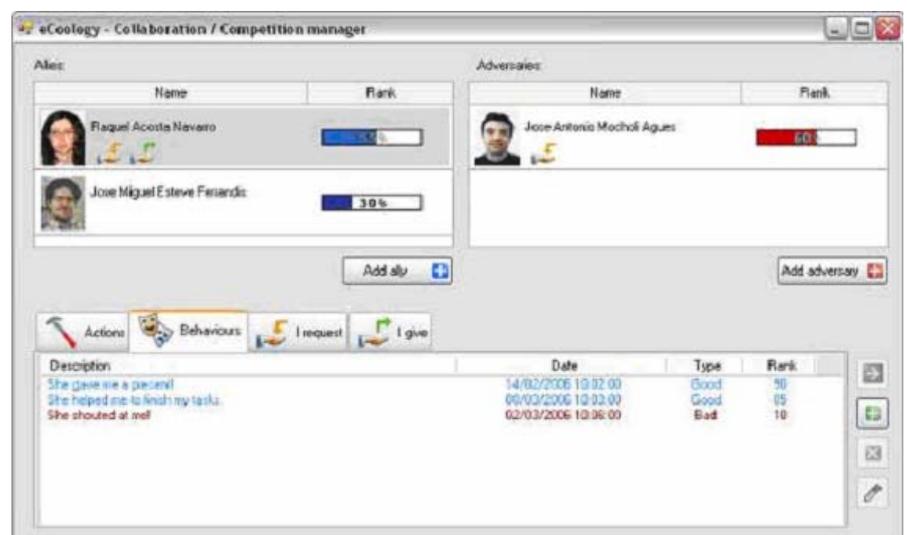


Figura 6. Gestor de relaciones