

**eJUNIOR: SISTEMA DE REALIDAD AUMENTADA PARA EL CONOCIMIENTO DEL MEDIO MARINO EN EDUCACIÓN PRIMARIA**

**eJUNIOR: AN AUGMENTED REALITY SYSTEM TO KNOW DEEP SEA IN PRIMARY SCHOOL**

(Recibido el 19-01-2015 - Aprobado el 20-02-2015)

**PhD. David C. Pérez-López**

**Instituto Interuniversitario de Investigación en Bioingeniería y Tecnología Orientada al Ser Humano,**  
*Técnico en investigación y desarrollo, LabHuman, Valencia-España*  
*dapelo@labhuman.com*

**Resumen.** eJUNIOR es un sistema de Realidad Aumentada para apoyar el aprendizaje sobre el ecosistema marino. Este artículo presenta dicho sistema y el estudio experimental realizado con un grupo de 48 escolares de educación primaria española. El sistema se diseñó respetando criterios curriculares y siguiendo teorías pedagógicas. El estudio consistió en comparar el aprendizaje y satisfacción de los usuarios del sistema frente a aquellos que atendían a la misma materia pero en clases magistrales tradicionales. Los resultados revelaron un alto grado de satisfacción en todos los usuarios, aunque no se pudo demostrar una mejora significativa del conocimiento obtenido por el hecho de usar el sistema desarrollado.

**Palabras clave:** realidad aumentada, juegos serios, ecología, educación, aprendizaje

**Abstract.** eJUNIOR is an Augmented Reality system used for learning support about marine ecosystem. This paper presents that system and an experimental study performed with a 48 students group from Spanish primary education. The system was designed following curricular criteria and pedagogical theories. The study consisted in comparing learning and satisfaction on students who used the system against those that attended to traditional classes. Results showed a high satisfaction degree on all users, although a better significant performance could not be demonstrated by using the developed system.

**Keywords:** augmented reality, serious games, ecology, education, learning

## 1. INTRODUCCIÓN

Las ciencias naturales, y más concretamente el ecosistema marino son objeto de estudio en la enseñanza primaria española. Los profesores enseñan esta materia de forma tradicional, es decir, utilizando principalmente libros, pizarras, videos, fotos o mapas. Además, los colegios a veces organizan sesiones en las que se experimenta directamente con la materia, por ejemplo mediante excursiones. De esta forma los niños no solo leen o escuchan información sobre un tema, pueden oír el ambiente real, moverse por él, interactuar con él, etc. Sin embargo este contexto de enseñanza no es fácil de conseguir por diferentes motivos (Wrzesien, Pérez-López y Raya, 2010). Así, en el caso del

sistema presentado en este artículo, es difícil preparar una excursión en la que todos los niños puedan sumergirse y así interactuar con los elementos del fondo marino, no solo por la organización, también por las capacidades acuáticas del alumnado.

En esta oportunidad el avance de las nuevas tecnologías puede ayudar a superar todos estos inconvenientes. De hecho, con entornos virtuales de inmersión que incluyan gráficos 3D de alta resolución los niños fácilmente pueden pasar de estar en clase a estar en el fondo del mar. Igualmente, en los últimos años, los videojuegos están aumentando su popularidad, siendo usados por millones de personas en todo el mundo y se han convertido en

parte de nuestro entorno cultural y social (Oblinger, 2004). A pesar de que abarcan diferentes temáticas, todos tienen una característica común, todos tienen la capacidad de atraer a la gente (Janett et al. 2008). Este efecto es el que intenta conseguir un profesor en sus clases, sin embargo le es muy difícil; por eso, actualmente, la motivación del estudiante sigue siendo uno de los aspectos más difíciles de la enseñanza (Ames, 1992).

Por otra parte, los juegos serios han demostrado su potencial como herramientas educativas en diferentes ámbitos de aplicación como son el diagnóstico quirúrgico (Mann et al., 2002), la biología (Cai et al., 2003), las matemáticas (Holzinger, Puchler y Maurer, 2006) o la informática (Papastergiou, 2009). Así, si se combinan con entornos 3D, estos juegos pueden llamarse Mundos Virtuales Serios (MVS) (De Freitas, 2008).

Los MVS tienen un alto potencial en educación, tanto es así, que numerosas investigaciones lo han demostrado (De Freitas, 2006; De Freitas y Oliver, 2006; Jarmon, Traphagan, Mayrath y Trivedi, 2009; Kalyuga, 2007; Lai-Chong, Kickmeier y Holzinger, 2008). Más específicamente, los juegos usados con fines educativos representan un entorno de aprendizaje potente y eficaz por diversos motivos. En primer lugar, utilizan acciones en lugar de explicaciones, aumentando así la satisfacción y motivación personal. En segundo lugar, acogen múltiples estilos y capacidades de aprendizaje. Por último, proporcionan un contexto para la toma interactiva de decisiones (Kebritchi & Hirumi, 2008). Por lo tanto, desde el punto de vista de la presente investigación, es interesante estudiar las formas en que los MVS podrían ser una herramienta eficaz para el aprendizaje de ciencias naturales y ecología.

En este artículo se presenta un MVS diseñado para promover el interés de los estudiantes en el aprendizaje sobre el fondo marino. Concretamente, el objetivo de este artículo es presentar con detalle el sistema desarrollado, los fundamentos pedagógicos en los que se basa y el estudio sobre la satisfacción y efectividad de eJunior.

## **1.1 Sistema de Realidad Aumentada**

### *1.1.1 Contenidos*

eJUNIOR es un gran acuario virtual donde cuatro de los peces del entorno pueden ser guiados por otros tantos usuarios. El objetivo del sistema es introducir conceptos básicos del entorno marino, concretamente del mar Mediterráneo, mediante

aprendizaje activo con un alto grado de inmersión en un entorno virtual innovador y divertido. Los niños van descubriendo los conceptos por ellos mismos, de manera colaborativa y competitiva. Así, se les enseñan los planetas, la biosfera, la clasificación de animales, tipos de algas, el proceso de la fotosíntesis y las acciones humanas sobre el ecosistema, mediante un juego serio que está dividido en seis fases o módulos. De este modo, cada fase o módulo consta de dos partes, una primera parte donde el sistema hace una introducción teórica del concepto, de forma audiovisual estereoscópica, utilizando como narrador a un Mero y una segunda parte donde los conceptos se refuerzan mediante un juego en el que participan cuatro usuarios a la vez. El juego consiste en manipular elementos relacionados con los conceptos explicados. Así, cada niño maneja un pez diferente, mediante una paleta con un marcador de Realidad Aumentada, para llevar a cabo la misión que le explique en cada caso el Mero. En la figura 1 se muestran el entorno diseñado y algunos de los peces que pueden ser manipulados por el usuario.



*Figura 1. Entorno virtual representando el fondo marino*

### *1.1.2 Fundamento pedagógico*

Existen diferentes investigaciones (Lai-Chong et al., 2008; Kebritchi y Hirumi, 2008) que muestran una falta de reglas o estándares para el diseño de juegos educativos. Por eso, este sistema se ha diseñado teniendo en cuenta varias teorías pedagógicas: la teoría de aprendizaje experimental (Klob, 1984), la teoría del ocio como herramienta de aprendizaje (De la Cruz, 2002) y la teoría de las inteligencias múltiples (Gardner, 1983).

Además, también hay estudios que muestran la discordancia entre los contenidos educativos de los juegos y los criterios curriculares de los sistemas educativos del país (De Freitas & Oliver, 2006; Lai-

Chong et al., 2008). Por esta razón, el sistema se diseñó integrando los criterios curriculares del tercer ciclo de educación primaria española (10-12 años de edad) definidos en la ley española vigente en ese tiempo (LOGSE., 2005).

## 2. METODOLOGÍA

### 2.1 Descripción técnica

El sistema se ejecuta en una sala de 6x5 metros, cuyo techo está cubierto con las cámaras utilizadas para realizar el seguimiento. En lo que respecta a la visualización, se utilizan proyectores de alta definición (720p) situados en el techo de la estancia, en la parte trasera y en ambos lados de la misma, como se puede ver en el esquema en planta de la figura 2. En cuanto a los equipos informáticos del sistema, se utilizan cinco ordenadores Intel Core 2 Duo E6600 con 2 GB RAM y una tarjeta gráfica Nvidia Geforce 8600 GTS 320 MB, comunicados entre sí con Gigabit Ethernet (un maestro con la lógica del sistema y cuatro esclavos para representación gráfica). En este tipo de arquitectura maestro-esclavo, la sincronización es clave para tener una visualización adecuada. Asimismo, esta sincronización se obtuvo comunicando por UDP todas las posiciones y orientaciones de cada elemento del escenario así como todos eventos ocurridos en el maestro y aplicando estrictamente el mismo filtrado lineal en cada esclavo. Los equipos esclavos utilizan las dos salidas de su tarjeta gráfica como un único monitor a una resolución de 2560x720, conectadas a dos proyectores Epson EMP-TW520 HD, los cuales están casi en la misma posición, para que mediante un mínimo ajuste de desplazamiento de lente proporcionen imagen estereoscópica. Este tipo de estereoscopia es pasiva, así que fue necesario colocar dos filtros polarizados ortogonalmente entre sí delante de cada proyector, y claro está, los usuarios debían llevar unas gafas polarizadas de la misma forma para poder apreciar el efecto. Cabe destacar que el punto de vista virtual en el que la estereoscopia es perfecta se sitúa en el centro de la estancia, a 1.5 metros de altura sobre el suelo, simulando la altura del usuario tipo del sistema, es decir, un niño de 11-12 años.

Por lo que atañe al sonido, se utilizó un sistema digital 5.1 conectado a uno de los ordenadores esclavos utilizando un cable coaxial. Por último, la fuente de video del sistema de seguimiento estaba compuesto por doce cámaras USB infrarrojas colocadas en tres líneas de cuatro cámaras cada una. Se trató de unas Optitrack Flex C120, cuya

resolución es de 355x288 a 120 Hz. Además, cada cámara incorporaba un anillo de doce leds infrarrojos de 850nm y un filtro infrarrojo paso banda a esos 850nm, siendo su FOV de 46 grados.

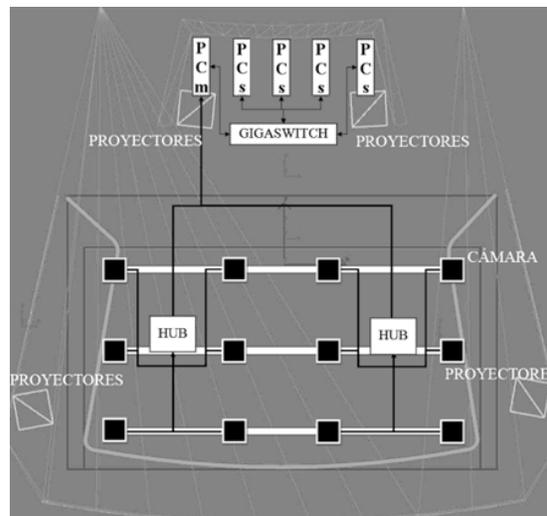


Figura 2. Montaje hardware

Además, los usuarios llevaban una paleta como la mostrada en la figura 3, con un marcador infrarrojo sobre su superficie, para poder guiar a los peces.

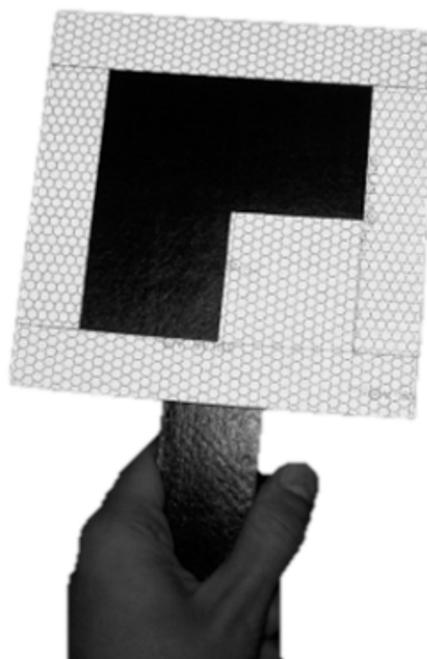


Figura 3. Marcador infrarrojo

Dicho marcador es captado por las cámaras infrarrojas del techo de la estancia, que lo transforman a una posición y orientación virtual dentro del

entorno 3D, así, el pez se mueve a la posición apuntada por la paleta. Cabe destacar que el reconocimiento de marcadores se ha implementado con una librería desarrollada por nuestro equipo, HUMANAR (Martín-Gutiérrez et al. 2010).

Se desarrolló esta librería para asegurar la integración de la Realidad Aumentada en nuestras aplicaciones y para superar algunos inconvenientes de algunas librerías públicas. Así, esta librería permite manipular marcadores infrarrojos y capturar la escena utilizando varias cámaras a la vez. Todo ello, usando técnicas de visión por computador que permiten calcular el punto de vista de la cámara relativo al marcador.

Normalmente, las librerías existentes de Realidad Aumentada están concebidas para trabajar en condiciones en las que hay un nivel de iluminación mínimo suficiente para captar una imagen en el espectro visible, sin embargo, nuestro sistema funciona en condiciones de muy baja iluminación, por lo que la única forma de poder captar marcadores es trabajar en el espectro infrarrojo.

Por otra parte, nuestro escenario es lo suficientemente grande para no poder ser captado con una única cámara, por ello se colocaron un conjunto de cámaras sobre unos paneles planos en el techo. En la figura 4 se puede ver parte del montaje realizado, con algunas de las cámaras, dos de los proyectores y dos de las pantallas de proyección.



*Figura 4. Una esquina del montaje hardware donde se pueden ver los elementos más importantes del mismo*

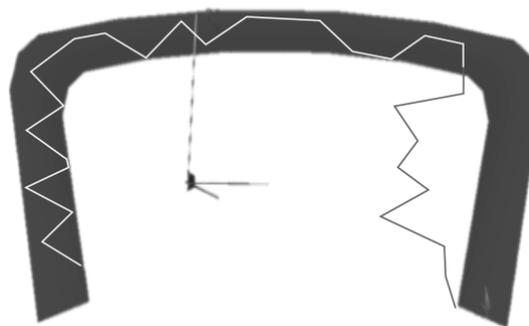
## 2.2 Descripción del contenido

El sistema está compuesto de seis módulos o fases, cinco de ellos son juegos en los que el usuario tiene que interactuar, mientras que el otro módulo es una introducción en la que el usuario solo puede observar.

El primer módulo es una pequeña película que comienza en medio del universo, mostrando un vuelo de cámara desde ahí hasta el Sistema Solar, la Tierra, España y el fondo del mar Mediterráneo. De este modo, se presenta la localización de la Tierra en el universo, cómo se organiza la biosfera, la posición geográfica de Europa, el mar Mediterráneo y el ecosistema de la Posidonia oceánica, que es una planta acuática (no es un alga) que crece en el fondo de dicho mar. En el segundo módulo aparece el narrador de la historia que es un Mero.

Ahí presenta la Posidonia y establece las reglas del juego, consistente en recoger elementos con el pez-jugador y dejarlos sobre la parte de la Posidonia más necesitada. En el tercer módulo, el Mero sigue presentando a la Posidonia y su hábitat. El cuarto módulo presenta diferentes organismos vivos que se encuentran en las praderas de Posidonia oceánica, proponiendo un juego de clasificación de los mismos por su estructura ósea. El quinto módulo nos enseña a clasificar esos mismos organismos, pero esta vez según otro criterio, el tipo de alimentación. Por último, el sexto módulo presenta al ser humano como potencial peligro del ecosistema marino.

Los peces-jugadores se mueven a través de unas trayectorias pseudoaleatorias definidas alrededor de una geometría virtual, oculta para el usuario, con la forma de la estancia real. En la figura 5 se puede observar una de esas trayectorias en color rojo.



*Figura 5: Geometría virtual por la que se desplazan los peces en trayectoria pseudoaleatoria*

Cada trayectoria está formada por una colección de puntos que giran alrededor de un eje directriz de la misma, lo que hace muy difícil que el pez-jugador pase dos veces por el mismo punto al cruzar la misma zona de la geometría virtual. En este sentido, también se tuvo en cuenta que dos peces no se cruzaran al pasar por la misma zona, ya que la trayectoria pseudoaleatoria que sigue cada pez-jugador es distinta.

Una vez definida la trayectoria por la que se mueve el pez-jugador, resta describir cómo se mueve por ella. En primer lugar se dispone de la posición y orientación de la paleta que lleva el usuario referenciada al escenario virtual. Con dicha información se proyecta un rayo desde dicha posición y con esa orientación.

Este rayo interceptará o no con la geometría virtual que define los límites de la estancia, si lo hace, el pez se moverá hacia ese punto. Básicamente se trata de hacer que el pez siga a un punto que pertenece a la trayectoria, pero mediante un filtrado lineal. El punto de la trayectoria se mueve cuando se detecta una intersección en la geometría de colisión, pero en lugar de moverse según la posición exacta que tiene la paleta, lo hace según unos pequeños avances hacia la posición apuntada, avances definidos en función de la precisión necesaria para la aplicación.

### 2.3 Participantes

En este estudio participaron un total de 48 estudiantes, 20 chicos y 28 chicas, cuyas edades estaban entre los 10 y 11 años, aleatoriamente seleccionados de un colegio de educación primaria en Valencia, España. El estudio se planteó según la metodología experimental, con un grupo experimental y un grupo de control. Así, la mitad de los usuarios recibieron la enseñanza del ecosistema marino de forma tradicional, mientras que la otra mitad utilizó el sistema desarrollado.

Se plantearon dos hipótesis de trabajo:

- Los alumnos del grupo experimental (curso virtual) tendrán conocimientos más significativos sobre el mar y ecología que los alumnos del grupo control (curso tradicional).
- Los alumnos del grupo experimental (curso virtual) tendrán una opinión general sobre el curso más positiva (satisfacción, motivación) que los alumnos del grupo control (curso tradicional).

Además, los usuarios que participaron en el curso virtual se dividieron en seis grupos de cuatro niños.

Cabe destacar que todos los participantes presentaron un escrito firmado por los padres por el que consentían la realización del experimento.

### 2.4 Medidas

En el estudio se utilizaron instrumentos de medida cualitativos y cuantitativos.

Cuantitativos:

- Precuestionario para conocer las variables biográficas.
- Precuestionario para medir los conocimientos declarativos (factos) sobre naturaleza y ecología.
- Postcuestionario para medir los conocimientos declarativos sobre naturaleza y ecología.
- Postcuestionario para medir la utilidad percibida, el valor educativo percibido, la intención de participación en un futuro, el compromiso, la motivación intrínseca y el disfrute de los alumnos.

Cualitativos:

- Postcuestionario con preguntas de opinión abierta para conocer la opinión de los alumnos sobre los puntos positivos y negativos del curso y sus posibles mejoras.
- Observaciones de los alumnos durante los cursos.

### 2.5 Procedimiento

Tanto el curso tradicional como el virtual tenían los mismos contenidos y objetivos educativos. En ambos casos los estudiantes completaron los cuestionarios individualmente en clase, con la presencia del profesor. Durante la siguiente semana, el grupo control recibió la enseñanza tradicional y al término, se le administró los cuestionarios. Asimismo, el grupo experimental utilizó el sistema, una semana después durante seis sesiones de 25 minutos cada una. A la finalización de cada sesión se le administró los cuestionarios.

## 3. RESULTADOS

Respecto a las variables biográficas, no existen diferencias significativas entre los grupos control y experimental, concretamente, no hay diferencias significativas referentes al sexo entre los dos grupos ( $\chi^2=1,33$ ;  $df=1$ ;  $p=0,25$ ), y la única diferencia encontrada corresponde al “disfrute de los juegos” entre las chicas y los chicos [ $F(1,46)=9,99$ ;  $p=0,003$ ], pero esta diferencia no afecta a la distribución de los dos grupos ya que no existen diferencias significativas entre ellos [ $F(1,46)=0,564$ ;  $p=0,457$ ].

No hay diferencias significativas entre los cuestionarios de conocimientos sobre naturaleza y ecología [ $F(1,46)=0,022$ ;  $p=0,884$ ] para el grupo control ( $M=5,42$ ,  $SD=1,99$ ) ni para el grupo experimental ( $M=5,33$ ,  $SD=1,93$ ), por lo que los grupos son homogéneos. Hay una diferencia significativa entre el pre y post cuestionario, [ $F(1,46)=4,381$ ;  $p=0,042$ ], para el cuestionario ( $M=5,37$ ;  $SD=1,94$ ) y para el postcuestionario ( $M=6,10$ ,  $SD=1,89$ ), por lo que los alumnos han aprendido algo durante el curso tradicional y virtual.

Sin embargo, no hay una diferencia significativa entre los postcuestionarios [ $F(1,46)=0,699$ ;  $p=0,408$ ] del grupo control ( $M=5,88$ ;  $SD=1,54$ ) y del grupo experimental ( $M=6,33$ ;  $SD=2,20$ ), es decir el curso virtual no es más efectivo en el aprendizaje que el curso tradicional.

Por otra parte, respecto a la segunda hipótesis, sí que se han encontrado diferencias estadísticas significativas en el compromiso en los cursos [ $F(1,44)=4,942$ ;  $p=0,031$ ] entre el grupo control ( $M=3,08$ ,  $SD=1,01$ ) y el grupo experimental ( $M=3,68$ ,  $SD=0,77$ ), es decir, los alumnos participan de manera más comprometida en el clase virtual que en la clase tradicional. También en el disfrute durante los cursos [ $F(1,44)=9,283$ ;  $p=0,004$ ] entre el grupo control ( $M=3,37$ ;  $SD=1,17$ ) y el grupo experimental ( $M=4,31$ ;  $SD=0,89$ ), es decir, los alumnos disfrutaban más en la clase virtual que en la clase tradicional. Y en la intención de participación en un futuro en los cursos [ $F(1,44)=7,343$ ;  $p=0,010$ ] entre el grupo control ( $M=3,20$ ;  $SD=1,02$ ) y el grupo experimental ( $M=3,90$ ;  $SD=0,68$ ), es decir, los alumnos quieren participar en el futuro en más clases de tipo virtual que de tipo tradicional.

Los estudiantes estaban claramente satisfechos con el juego, disfrutaron realizando las tareas que le indicaba el Mero. Les gustaba mucho la forma de interactuar con el sistema, guiando a los peces. Además, también disfrutaban con el narrador del sistema, el Mero. También fue muy importante la percepción estereoscópica del escenario, el 3D les hacía ver a los animales como casi reales. Pero no todos los comentarios fueron positivos, también apareció un aspecto negativo, relacionado con la longitud de las narrativas, muchos niños pensaban que eran demasiado largas.

En cuanto a la observación de los niños durante la utilización del sistema, se observó a éstos profundamente absorbidos, involucrados y enganchados al juego. La mayoría de ellos colaboraban entre sí para entender las reglas del juego. Además, parecían estar bastante inmersos en

la experiencia, de hecho, muchas veces preguntaban si la habitación se había movido, incluso gritaban cuando la imagen cambiaba rápidamente. La interacción con el Mero era buena, sin embargo, durante las explicaciones, transcurrido cierto tiempo, el nivel de atención decaía, en lugar de seguir las explicaciones, intentaban mover sus peces. De cualquier modo, los niños se divertían mucho durante la experiencia, la figura 6 muestra a unos niños compitiendo.



*Figura 6. Usuarios durante la ejecución del sistema*

#### **4. CONCLUSIONES**

Este estudio ha presentado el sistema eJUNIOR, un juego serio basado en teorías pedagógicas y siguiendo los criterios curriculares de la educación primaria española. La validación mostró a los niños muy satisfechos y atraídos por el sistema durante la sesión de aprendizaje virtual. Según algunas investigaciones (Presky, 2013; Lepper et al., 2005), este aspecto es crucial durante el proceso de aprendizaje. En este estudio no se ha podido demostrar eficacia en este aspecto, sin embargo, con algunos pequeños ajustes en el sistema, basados en recortar la longitud de las narrativas, se podría conseguir. Por otra parte, se ha observado que los niños aprecian la experiencia de estar sumergidos en el fondo del mar. Esto sugiere que la teoría del aprendizaje experimental aplicado en el sistema, era una elección correcta. Además, en el diseño se aplicaron las teorías de De la Cruz (2002) y Gardner (1983), introduciendo elementos competitivos y colaborativos.

Dichos aspectos fueron observados durante el estudio. De hecho, los estudiantes querían ganar, también querían ayudar a sus compañeros durante el juego.

Las nuevas tecnologías ofrecen toda una serie de oportunidades a la educación. Sin embargo, tienen que ser cuidadosamente elegidas y aplicadas para ayudar a los estudiantes y no solo divertirlos. De hecho, el proceso de diseño es un punto fundamental. Además, las evaluaciones son la mejor manera de verificar que el contenido sirve para el objetivo que se diseñó. De este modo, aplicando las teorías pedagógicas y usando niños como sujetos de prueba aseguran que el sistema será efectivo en el aprendizaje y además proporcionará alto nivel de diversión.

### REFERENCIAS

- Ames, C. (1992). Classrooms: Goals, structures and student motivation. *Journal of Educational Psychology*, 84(3), 273-287.
- Cai, Y., Snel, I., Bharathi, B. S., Klein, C., y KleinSeetharaman, J. (2003). Toward biomedical problem solving in game environment. *Computational Science –ICCS*. SpringerVerlag, Berlín.1005-1014.
- De Freitas, S. (2006). *Learning in Immersive worlds. A review of game-based learning. Prepared for the JISC e-Learning Program*. [www.jisc.ac.uk/media/documents/programmes/elearninginnovation/gamingreport\\_v3.pdf](http://www.jisc.ac.uk/media/documents/programmes/elearninginnovation/gamingreport_v3.pdf)
- De Freitas, S. y Oliver, M. (2006). How can exploratory learning with games and simulations within the curriculum be most effectively evaluated? *Computers & Education*. 46, 249-264.
- De Freitas, S. (2008). *Serious Virtual Worlds. A scoping study. Prepared for the JISC e-Learning Program*. <http://www.jisc.ac.uk/media/documents/publications/seriousvirtualworldsv1.pdf>
- De la Cruz Ayuso, C. (2002). *Educación del ocio: propuestas internacionales*. España: Universidad de Deusto.
- Gardner, H. (1983). *Frames of Mind: The Theory of Multiple Intelligences*. New York: Basic.
- Holzinger, A., Pichler, A. y Maurer, H. (2006). Multi Media eLearning Software TRIANGLE Case-Study: Experimental results and Lessons Learned. *Lecture Notes in Computer Science*. (4556), 559-568.
- Janett, C., Cox, A.L., Cairns, P., Dhoparee, S., Epps, A., Tijs T., y Walton, A. (2008). Measuring and defining the experience of immersion in games. *International Journal of Human-Computer Studies*. (66), 641-661.
- Jarmon, L., Traphagan, T., Mayrath, M. y Trivedi, (2009). In press. Virtual world teaching, experiential learning, and assessment: An interdisciplinary communication course in Second Life. *Computers & Education*, doi:10.1016/j.compedu.2009.01.010
- Kalyuga, S. (2007). Enhancing Instructional Efficiency of Interactive E-learning Environments: A cognitive Load perspective. *Educational Psychology Review*. (19), 387-399.
- Kebritchi, M. y Hirumi, A. (2008). Examining the pedagogical foundations of modern educational computer games. *Computers & Education*. (51), 1729-1743.
- Kolb, D., A. (1984). *Experiential Learning: Experience as a source of learning and development*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall.
- Lai-Chong Law, E., Kickmeier, D.A. y Holzinger, A. (2008). Challenges in the Development and Evaluation of Immersive Digital Educational Games. *Lecture Notes in Computer Science*. (5298), 19-30.
- Lepper, M.R., Iyengar, S.S. y Henderlong Corpus, J. (2005). Intrinsic and Extrinsic Motivational Orientation in the classroom: Age Differences and Academic Correlates. *Journal of Educational Psychology*. 97(2), 184-196.
- Ley orgánica de Ordenación General del Sistema Educativo. L.O.G.S.E. (2005). <http://members.tripod.com/educac/legislac/logse.htm>
- Mann, B., D., Eidelson, B., M., Fukuchi, S., G., Nissman, B., A., Robertson, S. y Jardines, L. (2002). The development of an interactive game-based tool for surgical management algorithm via computer. *The American Journal of Surgery*. (183), 305-380.
- Martín-Gutiérrez, J., Saorín, J. L., Contero, M., Alcañiz, M., Pérez-López, D. C., & Ortega, M. (2010). Design and validation of an augmented book for spatial abilities development in engineering students. *Computers & Graphics*. 34(1), 77-91.

Oblinger, D. (2004). The next generation of educational engagement. *Journal of interactive Media in Education*. (8), 1-18.

Papastergiou, M. (2009). Digital Game-Based Learning in high school Computer Science education: Impact on educational effectiveness and student motivation. *Computers & Education*. (52), 1-12.

Prensky, M. (2003). *Digital game-based learning*. ACM Computers in Entertainment 1(1).

Wrzesien, M., Pérez-López, D., y Raya, M. A. (2010). Learning ecology issues of the Mediterranean Sea in a virtual aquatic world - pilot study. *Journal of CyberTherapy & rehabilitation*. 3(3), 255.