

Diseño e Implementación de un serious game para el aprendizaje del material quirúrgico y desarrollo de una operación

Roberto García Sánchez¹

David Bañeres Besora²

Jordi Conesa Caralt³

Resumen

Los serious games constituyen una herramienta para el proceso de aprendizaje, y concretamente cuando se usan como parte de un proceso de formación profesional, aportan un carácter práctico a la teoría que se dicta en las aulas. Para los profesionales de la salud un serious game crea un ambiente controlado que le permite aplicar los conocimientos adquiridos; en especial, el área quirúrgica es uno de los ámbitos que apenas permite margen de error, por lo tanto no es posible practicar directamente con pacientes reales, ya que la vida de ellos depende de un buen desarrollo.

En este trabajo se recoge información útil que se debe tener en cuenta para desarrollar un serious game pertinente para el entrenamiento de profesionales de la salud, que aporte destrezas y habilidades necesarias para afrontar las cirugías reales. Se propone un serious game a modo de simulador de diferentes operaciones quirúrgicas traumatológicas, que permite al usuario practicar el orden secuencial de las etapas preoperatorias, intraoperatorias y postoperatorias de una cirugía, en las que se debe describir qué acciones se llevan a cabo, quiénes la realizan y si es necesario algún material específico.

Palabras clave: Serious game. Cirugía. Simulación. Game-framework.

Abstract

A serious games is a tool for the learning process, in particular when is used as part of a training process, it provides a tool for practice the theory that is taught in the classroom. For professionals in health a serious game creates a controlled environment that allows them to apply the knowledge acquired. In particular, in the surgical area is one of the areas that do not allows any errors, so it is not possible to directly practice with real patients because their life depends on good development.

In this work you can find useful information that should be taken to develop a serious game for training of health professionals, to provide skills and abilities necessities to do better in the real surgery. It develops a serious game, as a simulator of different orthopedic surgery, which allows the user to practice the complete surgery, you should describe which sequential actions you have to do in that moment and if any specific material is necessary.

Key words: Serious game. Surgery. Simulation. Game-framework.

1 Estudiante del Máster Universitario en Software Libre, Universitat Oberta de Catalunya. robertogarciasanchez@uoc.edu.

2 Tutor de Proyecto Final de Máster, Universidad Oberta de Catalunya. dbaneres@uoc.edu.

3 Tutor de Proyecto Final de Máster, Universidad Oberta de Catalunya. jconesac@uoc.edu.

Introducción

Los estudiantes y profesionales de las Ciencias de la Salud adquieren los conocimientos necesarios para poder participar en el desarrollo de las cirugías, deben conocer en cada momento como actuar en el quirófano, pero inicialmente son conocimientos teóricos que requieren de un tiempo de prácticas antes de participar en una operación real. El mayor inconveniente es que en las cirugías puede estar en juego la vida del paciente, por tanto no hay margen de error, y el profesional deberá estar muy bien preparado para un desarrollo óptimo.

El entrenamiento de los profesionales del área de la salud mediante juegos serios o serious games, permite practicar procedimientos que habitualmente son muy delicados en un ambiente controlado, de tal modo que permitirá reducir los posibles errores al momento de ejecutarlos en la realidad. Por otra parte, la utilización de un serious game puede significar un ahorro de costes al realizar las prácticas, esto permite que los profesionales puedan entrenarse más y adquirir mayores habilidades para el desarrollo de procesos quirúrgicos.

Con el propósito desarrollar una aplicación que pueda ser utilizada para el aprendizaje de los profesionales se ha recogido en este trabajo información de las aplicaciones, técnicas existentes y/o herramientas relacionadas con el aprendizaje mediante serious games en el área quirúrgica para la adquisición de habilidades y evaluación de los usuarios.

Desarrollo del tema de investigación

Serious Game

Según Ben Sawyer, co-fundador de Serious Game Initiative, clasifica estos juegos *exclusivamente de acuerdo al proceso de su creación: los juegos que son para propósitos “serios” (no entretenimiento), usándolo como descriptivo en lugar de un término normativo* [16]. Aunque no todo el mundo está conforme con esta afirmación, ya que el entretenimiento y el propósito “serio” no deberían ser incompatibles. Otra definición interesante es la de Mike Zyda, quien define los juegos serios como, *una*

prueba mental, de acuerdo con unas reglas específicas, que usa la diversión como modo de formación gubernamental o corporativo, con objetivos en el ámbito de la educación, sanidad, política pública y comunicación estratégica [12][22].

El objetivo de este estudio es la creación de una herramienta para el entrenamiento y práctica de profesionales de la salud, por lo que nos resulta muy útil la clasificación de Sawyer y Smith [16]:

Campos ->	Personal	Práctica profesional	Investigación / Academia	Salud Pública
Áreas de aplicación				
Preventiva	Ejercicio Estrés	Comunicación con el paciente	Recolección de información	Avisos de Salud Pública
Terapéutica	Rehabilitación / Manejo de enfermedades	Distracción del dolor / Manejo cibernético de enfermedades psicológicas	Humanos virtuales	Primera respuesta
Valoración	Auto valoración	Medición	Inducción	Interfaz / visualización
Educacional	Primeros auxilios / Información médica	Habilidades / Entrenamiento	Reclutamiento	Simulador de gestión
Informáticos	Historial Clínico Personal	Historia clínica electrónica	Visualización	Epidemiología

Tabla1. Taxonomía de los juegos en salud de Sawyer y Smith. Fuente: Taxonomy Analysis and Multiplayer Design Suggestions. Gekker, A.

Se puede apreciar resaltada la clasificación de “Habilidades / Entrenamiento”, que corresponde a la aplicación de un juego al área de la educación en el campo profesional (Tabla 1).

La experiencia

Cada vez que se escucha el término “juego” se tiende a asociar con diversión, satisfacción o logros, pero cuando hablamos de serious games hay que realizar un análisis más profundo de las sensaciones que debe aportar al usuario, ya que el objetivo del juego puede ser educar, crear conciencia, practicar habilidades, entrenamiento, etc. Para cumplir con ese objetivo planteado, debe ser atractivo o entretenido para el jugador debido a que cuanto mayor sea el tiempo que dedique a jugar, mayor contacto con el propósito de transmitir la enseñanza, mayor entrenamiento o práctica de la tarea a

realizar. *¿Pero que significa que un serious game sea entretenido? ¿Es el mismo entretenimiento que un videojuego? Incluso, ¿hay otras sensaciones en un serious game?* [18]. Según Marsh y Costello, los serious games no necesitan tener un final feliz, o que sean resueltos. Muchos ayudan a completar su propósito evocando una experiencia menos divertida; en especial aquellos que pretenden transmitir una dificultad en particular, o condición. Se entiende como un nuevo concepto la “serious experience”, que se define en el marco de las sensaciones provenientes de la interacción/juego que provocan emociones positivas/negativas, según el propósito, siempre dentro de las consideraciones éticas, culturales y prácticas en las que se desarrolla el juego. Este concepto de experiencia es especialmente interesante, no siempre la “buena experiencia” va a ser lo pretendido, no se debe olvidar que el propósito es el del aprendizaje o práctica [18].

La pedagogía

El uso de técnicas de aprendizaje creativo es una pieza clave para lograr el objetivo del desarrollo, Becker aporta una completa guía para desarrollar un serious game para el entrenamiento y aprendizaje, destaca factores a tener en cuenta, como son el aprendizaje individual, el marco de entrenamiento, y facilitar una historia y escenario auténtico, planificando el serious game en un completo ámbito pedagógico será de gran utilidad en el momento del desarrollo del juego y la consecución de los objetivos fijados [10][2].

Al mencionar de la pedagogía, debemos valorar qué aporte puede ofrecer el serious game a la educación formal de los profesionales de la salud, en ningún momento será un sustituto completo del modelo de formación, sino un adicional que al evaluarlo debería valorarse la opción de incorporarlo en la malla curricular, pero sin duda se trata de un proceso en el que se deberán involucrar tanto los estudiantes, como los educadores, facilitando y dando mayor significado al trabajo que se realiza en la práctica durante el juego y que derivará en un mejor entrenamiento de los practicantes [1].

El grupo objetivo

El principal grupo objetivo del serious game a desarrollar son los estudiantes y profesionales de la salud, por tanto es necesario observar la aceptación de este grupo de usuarios ante este modelo de aprendizaje, revisando estudios sobre aplicativos similares. Por ejemplo, en un grupo de servicio de enfermería se obtuvieron resultados de aceptación alentadores, y permitió evaluar, y auto-evaluarse a los usuarios [13].

Los profesionales en el área de la salud, cada vez más, están familiarizados con el uso de simuladores, es de suma importancia el uso de los parámetros adecuados para medir la efectividad del aprendizaje de procesos quirúrgicos, de este modo se podría confrontar los resultados de los serious game con los simuladores [6].

Johnston et al. han publicado recientemente un trabajo, en el que realizan un análisis del rol de la tecnología y juegos en la educación de la enfermería, en el mismo se citan otras referencias. *Los juegos de simulación se han usado desde décadas en enfermería para enseñar y adquirir conocimientos y destrezas. Conforme la tecnología avanza, se maximiza el potencial de interacción del estudiante y se resuelve el problema en un ambiente seguro y supervisado que ayuda al estudiante en sus logros de conocimiento* (Skiba 2008, Peddle 2011). Estas ventajas refuerzan la razón e importancia de aportar con herramientas que permitan a los profesionales adquirir la destreza que requieren los procesos que se van a desarrollar durante las cirugías [7].

Serious games en el área quirúrgica

Graafland et al. publicaron una revisión sistemática en la que los autores definen a los serious game como una *“aplicación de computadora interactiva, con o sin uso de componentes hardware específicos, que tiene un reto como meta, entretenido de jugar, atractivo, con algún mecanismo de puntaje, y aporta al jugador habilidades,*

conocimiento o actitudes útiles en la realidad”. Y añade que los jugadores no son “buenos” por naturaleza, pero con un entrenamiento repetitivo, se convierten en expertos [5].

Para validar los juegos que fueron objeto de investigación en el mencionado estudio se utilizó una clasificación, en la que intervienen distintos aspectos: el contenido del juego, el cual debería ser revisado por un experto (Content validity); la relación entre el diseño de la interfaz y la realidad (Face validity); los parámetros para los cuales se ha desarrollado como objetivo (Construct validity); concordancia con los resultados de otros métodos de aprendizaje (Concurrent validity); y el grado de relación del instrumento con el propósito en la realidad (Predictive validity) [5]. Este modelo se basa en las descripciones realizadas por Schijven y Gallagher en sus respectivas publicaciones (Tabla 2).

	Description	Criteria for achievement
Content validity	The degree to which game content adequately covers the dimensions of the medical construct it aims to educate (or is associated with)	Uniform and positive evaluation of game content and associated testing parameters by expert medical specialist panel
Face validity	Degree of resemblance between medical constructs featured in game play and in reality, as assessed by novices (trainees) and experts (referents)	Uniform and positive evaluation of the game as a valuable learning environment among novice and expert medical specialists
Construct validity	Inherent difference in outcome of experts and novices on game play outcome parameters	Outcome differences considered to be of significance between players of different medical specialist level of skill
Concurrent validity	Concordance of study results using a concept instrument (e.g. game) and study results on an established instrument or method, believed to measure the same medical theoretical construct	Outcome parameters show correlation considered to be significant between game and an alternative, established training method
Predictive validity	The degree of concordance of a concept instrument (e.g. game) outcome and task performance in reality, based on a validated scoring system	Metrics show correlation considered to be significant between outcome parameters of a game and performance results on the medical construct featured in the game in real life after performers have been trained using the game

Tabla 2. Validación de los tipos de juegos relevantes para la educación médica de los profesionales. Fuente: Systematic review of serious games for medical education and surgical skill training. Graafland et al.

Los autores elaboraron una tabla con los resultados relevantes, los serious games más importantes en la educación médica y el entrenamiento quirúrgico:

Serious game	Game type	Platform	Purpose	Multiplayer	Target groups	Implemented in clinical practice
Acute and critical care						
3DITeams ¹⁶	Game-based simulation	Computer	Team training in acute and critical care	Yes	Physicians, nurses	No
CliniSpace ^{TM17}	Game-based simulation	Computer	Team training in acute and critical care	Yes	Physicians, nurses	No
HumanSim ^{®18}	Game-based simulation	Computer	Platform for scenario-based education, e.g. team training in acute care, critical care	Yes	Physicians, nurses, emergency medical personnel, students	No
Pulse! ¹⁶	Game-based simulation	Computer	Acute care and critical care	Yes	Physicians	No
Virtual ED ¹⁹	Game-based simulation	Computer	Team training in acute and critical care	Yes	Physicians, nurses	No
Virtual ED II ²⁰	Game-based simulation	Computer	Team training in acute care, triage in mass casualty events involving hazardous materials	Yes	Emergency room physicians and nurses	No
Virtual operating room						
Off-pump Coronary Artery Bypass game ²¹	Game-based simulation	Computer	Training operation steps for off-pump coronary artery bypass ²¹	Yes	Surgical trainees	No
Total Knee Arthroplasty game ²²	Game-based simulation	Computer	Training operation steps for total knee arthroplasty	No	Surgical trainees	No
Triage						
CAVE TM triage training ²³	Immersive learning environment	Projected	Triage training	No	Physicians	No
Code Orange ^{TM24}	Game-based simulation	Computer	Triage and organization in mass casualty incidents	Yes	Physicians, nurses	No
Nuclear Event Triage Challenge ²⁵	Game-based simulation	Computer	Triage in nuclear events	No	First responders	No
Peninsula City ²⁰	Game-based simulation	Computer	Team training in triage in mass casualty events, hazardous materials	Yes	Physicians, nurses	No
Triage Trainer ²⁶	Game-based simulation	Computer	Triage in mass casualty incidents	No	First responders	No
Other purpose						
Burn Center ^{TM27}	Game-based simulation	Computer	Triage and resuscitation of burned patients	No	Physicians, nurses	Multimodal training course
OLIVE cardiopulmonary resuscitation training ¹⁷	Game-based simulation	Computer	Training basic life support	No	Medical personnel (not specified)	No
Project Touch ²⁸	Immersive learning environment	Projected	Platform for scenario-based education, e.g. team training in acute care, critical care	Yes	Physicians, nurses, students	No
Radiation Hazards Assessment Challenge ²⁵	Game-based simulation	Computer	Assessment of radiation hazard after nuclear event	No	Physicians, nurses, emergency medical personnel	No

CAVETM, Cave Automated Virtual Environment; OLIVE, On-Line Interactive Virtual Environment. HumanSim[®], Applied Research Associates, Raleigh, North Carolina, USA; Code OrangeTM, BreakAway, Hunt Valley, Maryland, USA; Peninsula City, Stanford University, Stanford, California, USA. Developers of other games are cited in main text.

Tabla 3. Revisión de juegos desarrollados con propósitos educativos, clasificados según en área. Fuente: Systematic review of serious games for medical education and surgical skill training. Graafland et al.

De los resultados que se obtuvieron en esta revisión, únicamente cumplieron las validaciones dos juegos relacionados con la práctica o entrenamiento en cirugía: Virtual Operating Room: Off-pump Coronary Artery Bypass game y Total Knee Arthroplasty game (Tabla 3).

La mayoría de los juegos no están implementados en la práctica clínica. Según las conclusiones de Graafland et al., esto se debe a dos motivos, uno es que los desarrolladores no quieren perderse en el mercado médico, porque temen que las

validaciones de estudios pospongan su introducción; y otro aspecto, es que el mercado es reacio a adoptar los serious game frente al modo tradicional de aprendizaje. El modo de superar este inconveniente es la colaboración entre desarrolladores, educadores y especialistas médicos, de manera que se validen los juegos para problemas concretos o el desarrollo de una habilidad determinada. Sólo de este modo podría lograrse desarrollar juegos que pudieran formar parte de la malla curricular de la enseñanza médica.[5]

En este estudio, los autores solo han tenido en cuenta los juegos que están relacionados con el aprendizaje, ya que existen otros, que probablemente ejecutan tareas de una cirugía, por ejemplo, pero no lo hace desde un método pedagógico.

Por otro lado, hay implementaciones de juegos que suponen una herramienta útil para reducir los errores en la práctica clínica, estudios como el realizado por Giannotti et al., demuestran que la práctica con juegos puede beneficiar al usuario, aportándole mayor destreza y conocimiento, que podrá poner en práctica en el momento de enfrentar un caso real. Concretamente en su trabajo se ha evaluado el impacto de la Nintendo Wii, en la práctica de las habilidades laparoscópicas, en un estudio realizado en el Departamento de Ciencias Quirúrgicas de “Sapienza”, Universidad de Roma. En este estudio se realizaron dos grupos de 21 residentes, en el primero los usuarios recibieron dos sesiones de entrenamiento con la consola Nintendo Wii; y en el otro no realizaron ninguna sesión. Ambos fueron evaluados en el simulador laparoscópico (Lap Mentor, Symbionix). Esta misma evaluación se repitió tras cuatro semanas, en las cuales el primer grupo se entrenó con el juego de Nintendo Wii, durante 60 minutos al día, y el otro no tuvo dicho entrenamiento. Los autores hacen un análisis detallado de cada una de las tareas evaluadas, como resumen se realiza que el grupo que tuvo el entrenamiento con el videojuego, obtuvo una mejora de su rendimiento, y queda demostrado que existen una relación directa, lo que abre la puerta a un extenso debate de la incorporación de los serious games en el proceso de formación y aprendizaje [4].

Rosser et al también realiza una revisión del impacto de los videojuegos en el entrenamiento quirúrgico en el siglo 21, se recoge gran cantidad información de la experiencia de los jugadores, los resultados demostrados, especialmente la aplicación objeto de este estudio es Top Gun, específica para las operaciones laparoscópicas [11].

Aspectos del desarrollo de la actividad quirúrgica

En relación a las experiencias descritas en los apartados anteriores, el propósito del juego a desarrollar es el de transmitir destrezas y conocimientos a los usuarios del serious game, por tanto será necesario tener conocimiento de los materiales, instrumental y distintas técnicas que se realizan en los distintos procesos quirúrgicos, por tanto es un gran aliado ante cualquier problemática que pueda surgir durante el desarrollo del juego el libro de Broto & Delor, especialmente para tener un mayor conocimiento del instrumental médico [21].

Merece la pena señalar que en el desarrollo del congreso “Games for Health Europe conference”, en el que Baltasar Fernández-Manjon, presentó el paper Improving the Application of the Surgical Checklist using Serious Game, en el que trata del uso de un checklist, para realizar las comprobaciones rutinarias durante las cirugías, algo que puede parecer trivial, pero que puede salvar vidas, ya que es rigurosamente necesario seguir ciertos protocolos [15], y mediante un serious game permite la practica de la elaboración del mismo. La importancia de este documento lo afianza Conley et al., que aporta mayor información al respecto de la importancia, y los hábitos en el ámbito quirúrgico. Para estudiar más acerca del estándar del Surgical Checklist es posible consultar el manual elaborado por la Organización Mundial de la Salud, Implementation Manual Who Surgical Safety Checklist, donde se detalla el proceso [3][23]. La elaboración de próximas versiones del juego que se desarrolla, podría tenerse en cuenta estos detalles, pues aportan a los profesionales una gran herramienta al momento de sus prácticas.

Diseño e implementación de *Operating Table – Adventure*

El juego

Después de analizar detenidamente la importancia y naturaleza de los serious games, se parte de una base de datos ya existente, que contiene problemas traumatológicos, sus síntomas, causas, pruebas clínicas, posibles tratamientos, y si existe como tratamiento la cirugía, la implementación determinando el personal necesario, y las etapas del preoperatorio, intraoperatorio y postoperatorio, indicando personal que interviene y material quirúrgico utilizado en cada etapa.

El desarrollo del juego consiste en la ambientación del jugador, describiendo el procedimiento que va a practicar, se muestran cuales son los síntomas habituales de dicho del problema traumatológico a tratar; cuales son las causas más comunes, y las pruebas clínicas que se realizan. Tras esto se muestran los posibles tratamientos para el problema, y se procede con la descripción de la cirugía. Una vez concluido este preámbulo, el jugador debe indicar el conjunto de acciones de cada etapa, se muestra la etapa en concreto, y debe indicarse quién realiza la acción, qué acción realiza con quién o sobre qué, y si es necesario algún material quirúrgico.

El nivel de dificultad es avanzado, debido a que se debe conocer con anterioridad al detalle cuales son los pasos a seguir en el desarrollo de la operación quirúrgica en práctica.

Tecnología

Actualmente es muy conveniente que las aplicaciones, o en este caso el juego, este disponible para distintos dispositivos, ya que de este modo se permite mayor flexibilidad al jugador, que podrá acceder al juego desde cualquier dispositivo, y desde el que se sienta más cómodo en cada ocasión. Para lograr este cometido, se ha considerado HTML 5 y Javascript como la mejor alternativa, y aprovechar el potencial que aporta el canvas.

Para facilitar el desarrollo y el manejo de Javascript se ha realizado una revisión de los

game frameworks más utilizados. Teniendo en cuenta los criterios y clasificaciones que se han considerado en otros estudios [9][14][20], se concluyó que la librería Create.js es una de las más completas y operativas. Esta librería se divide en: Easel.js, para el manejo y dibujo en del canvas; Sound.js para la utilización de sonido; Tween.js para las animaciones y efectos de los elementos creados con Easel.js. El potencial de la librería permite hacer proyectos similares a los que se lograrían utilizando Flash, pero la diferencia es que se basa únicamente en HTML 5 y Javascript.

Se hace uso de jQuery para facilitar el uso del acceso a los elementos del DOM, y por supuesto realizar las consultas al servidor mediante AJAX. En el servidor se encuentra la base de datos almacenada en MySQL, y se sirven los datos a nuestro serious game mediante PHP, respondiendo a las peticiones realizadas desde el programa principal mediante AJAX. De este modo se logra acceder a la información alojada en el servidor.

Modo de juego

El juego se realiza de modo individual, y se puede acceder como usuario invitado, o como usuario registrado, con el fin de almacenar los datos de las partidas en el servidor.

Se inicia el juego con la introducción del problema traumatológico, su descripción y la operación quirúrgica que se va a realizar. Una vez concluida la introducción, se dispone de un máximo de cinco minutos para determinar todas las acciones necesarias para la efectucción de la operación quirúrgica, teniendo la posibilidad de cometer un máximo de tres errores.



Figura 1. Pantalla principal de Operating table - Adventure. Fuente: El autor.

Figura 2. Pantalla de login de Operating table - Adventure. Fuente: El autor.

El sistema de puntuación es bastante simple, cada acción acertada supone un incremento de 100 puntos, y por cada error se resta 50. Hay que tener en cuenta también el tiempo que se emplea en culminar correctamente todas las acciones requeridas para tener una visión más amplia de la puntuación obtenida y el tiempo dedicado para su consecución.

Interfaz

La interfaz del juego se ha diseñado para que recupere la información desde la base de datos, esto permite que se almacenen nuevos procedimientos quirúrgicos en ésta y pueda ser utilizados para su práctica en el juego. Si bien nos aporta la ventaja de poder usar el juego con diferentes cirugías, dificulta el desarrollo del ambiente virtual del juego, queda por lo tanto un margen de mejoramiento, en la representación de las acciones que se llevan a cabo, que por cuestión de tiempo y recursos no han podido ser desarrolladas en este proyecto, ya que las exigencias de la creación de un ambiente totalmente realista requiere de un equipo multidisciplinario y recursos suficientes [8] [19].

Licencia

Este proyecto pretende constituir un aporte a la comunidad, una base para permitir a a los estudiantes y profesionales de la salud realizar prácticas que le permitan adquirir habilidades y entrenamiento en los procesos quirúrgicos, por lo que corresponde poner a disposición de la comunidad de manera abierta y sin limitaciones el desarrollo de esta aplicación, y en base a colaboraciones o iniciativas pueda crecer y llegar a ser un elemento de relevancia en la comunidad sanitaria. Por esta razón el proyecto se licencia bajo GPLv3.

Cabe señalar que las librerías que se usan: Create.js se distribuye bajo licencia MIT, y jQuery lo hace bajo doble licenciamiento MIT y GPLv2, por lo tanto, compatibles con la licencia GPLv3.

Conclusiones

El objetivo de un serious game para el aprendizaje del material quirúrgico y el desarrollo de una operación debe ser que el usuario pueda poner en práctica los conocimientos y habilidades adquiridos en la teoría recibida en aulas, mediante la simulación del desarrollo de las operaciones quirúrgicas que le planteen el reto de saber que acción debe realizarse en cada momento.

Un serious game que cumpla con totalidad su objetivo requiere de un equipo multidisciplinario, y recursos suficientes para un desarrollo óptimo, por lo tanto, debido a las limitaciones existentes se compensa en la medida de lo posible el desarrollo, dando mayor prioridad a una interfaz reutilizable, en la que se puedan practicar diferentes procesos quirúrgicos, frente a una que fuese más realista, pero que consumiría más tiempo y recursos, y pudiera descuidarse el propósito real del serious game, practicar los conocimientos adquiridos, pero a su vez tratando de lograr el equilibrio entre estas tareas para conseguir el propósito.

La propuesta de este proyecto presenta un serious game reutilizable en diferentes procesos quirúrgicos y accesible desde diferentes dispositivos, que permite al usuario la oportunidad de indicar las decisiones a tomar en cada cada paso, requiriendo de un alto grado de conocimiento del jugador, ya que deberá conocer al detalle cuales son las etapas y acciones que se realizan en cada momento, así como el material que se debe utilizar. La presión de disponer de un tiempo límite para el desarrollo de la operación recrea un escenario de presión, bajo estrés, donde cada segundo cuenta, y depende de sus acciones la vida del paciente, y la culminación con éxito del proceso. Uno de los objetivos debe ser medir la capacidad de reacción ante los estímulos que aparecen en el ambiente que se desarrolla, y tomar las decisiones correctas. De este modo, cuando enfrente la realidad, sentirá que está mejor preparado para dominar la situación.

Referencias

[Artículos]

- [1] Arnab,S., Berta,R., de Freitas,S., Earp,J., Popescu M., Romero,M., Stanescu,I., Usart M. Framing the Adoption of Serious Games in Formal Education. *Electronic Journal of e-Learning* Volume 10 Issue 2. 2012.
- [2] Becker, T. The Character of Successful Trainings with Serious Games. *iJET – Volume 5, Special Issue 3: "Creative Learning with Serious Games"*. November 2010.
- [3] Conley, Dante ; Singer, Sara J; Edmondson, Lizabeth. Effective Surgical Safety Checklist Implementation. *Journal of the American College of Surgeons*. 2011.
- [4] Giannotti, Domenico; Patrizi, Gregorio; Di Rocco1, Giorgio; Vestri, Anna Rita; Camilla; Semproni, Proietti; Fiengo, Leslie; Pontone, Stefano; Palazzini Giorgio; Redler, Adriano. Play to Become a Surgeon: Impact of Nintendo Wii. Training on Laparoscopic Skills. *PLOS ONE*, February 2013, Volume 8, Issue 2. 2013.
- [5] Graafland, M.; Schraagen, J. M.; Schijven, M. P. Systematic review of serious games for medical education and surgical skills training. *British Journal of Surgery*. 2012.
- [6] Grady, Janet L. ; DrPH, RN; Kehrer, Rosemary G.; MSN, RN, CEN; Trusty, Carole E.; MEd, RN; Entin, Eileen B. PhD; Entin, Elliot E. PhD; and Brunye, Tad T. PhD. Learning Nursing Procedures: The Influence of Simulator Fidelity and Student Gender on Teaching Effectiveness. *Journal of Nursing Education*. 2008.
- [7] Johnston, Brian; Boyle, Liz; MacArthur, Ewan; Fernandez Manjon, Baltasar. The role of technology and digital gaming in nurse education. *Nursing standard*. Vol 27, no 28. 2013.
- [8] Moreno-Ger , Pablo; Torrente, Javier; Bustamante, Julián; Fernández-Galaz, Carmen; Fernández-Manjón, Baltasar; Comas-Rengifo, María Dolores. Application of a low-cost web-based simulation to improve students' practical skills in medical education. *International Journal of Medical Informatics* vol 79. 2010.
- [9] Petridis,P., Dunwell,I., Arnab,S., Protopsaltis,A., Hendrix,M., de Freitas,S. Game Engines Selection Framework for High-Fidelity Serious Applications. *International Journal of Interactive worlds*. 2012.
- [10] Protopsaltis, Aristidis; Pannese, Lucia; Hetzner, Sonia; Pappa, Dimitra; de Freitas, Sara. Creative Learning with Serious Games. *iJET – Volume 5, Special Issue 3*. 2010.
- [11] Rosser, James C., Jr, MD; Lynch, Paul J., MD; Cuddihy, Laurie, MD; Gentile, Douglas A. PhD; Klonsky, Jonathan MD; Merrell, Ronald MD. The Impact of Video Games on Training Surgeons in the 21st Century. *Arch surg/vol 142*, Feb 2007.
- [12] Zyda, M. From Visual Simulation to Virtual Reality to Games. *Computer*, 38 (9), 25-32. 2005.

[Artículos de Congreso]

- [13] Cabas Vidani, Alberto; Chittaro, Luca; Carchietti, Elio. Assessing nurses' acceptance of a serious game for emergency medical services. *Second Internacional Conference on Games and Virtual Worlds for Serious Applications*. 2010.

- [14] Chalmers, Alan; Debattista, Kurt. Level of Realism for Serious Games. Conference in Games and Virtual Worlds for Serious Applications. 2009.
- [15] Fernandez-Manjon, Baltasar. Improving the application of the Surgical Checklist using Serious Games. Games for Health Europe, Amsterdam. 2013.
- [16] Gekker, Alex. Health Games. Taxonomy Analysis and Multiplayer Design Suggestions. Third Internacional Conference on Games and Virtual Worlds for Serious Applications. 2012.
- [17] Hendrix, M., Dunwell, I., Lameris, P. Re-using Serious Games by encapsulating them in Learning Objects. ASPIS international conference 15-16 November 2012 Gent (BE). 2012.
- [18] Marsh, Tim; Costello, Brigid. Experience in Serious Games: Between Positive and Serious Experience. Third Internacional Conference on Games and Virtual Worlds for Serious Applications. SGDA 2012.
- [19] Rodrigues, Nuno F.; Simoes, Ricardo; Vilaça, Joao L. A Digital Game Development Education Project. Second International Conference on Games and Virtual Worlds for Serious Applications. 2010.
- [20] Susi, Tarja; Johannesson, Mikael; Backlund, Per. Serious Games – An Overview. Technical Report HS- IKI -TR-07-001. School of Humanities and Informatics. University of Skövde, Sweden. 2007.

[Libros]

- [21] Broto M^a Graciela; Delor, Stella María. Instrumentación Quirúrgica. Técnicas en Cirugía General. Editorial Médica Panamericana. ISBN; 978-9500602365. 2006.
- [22] Djouti, D; Álvarez, J.; Jesel, JP.; Rampnoux, O. Origins of Serious Games. Serious Games and Edutainment Applications. Springer Londond. p.25-43. 2011.
- [23] World Health Organization. Implementation Manual Who Surgical Safety Checklist. Suiza. 2010.

[Páginas Web]

- [24] Games for health. Exploring the intersection of videogames + health. <http://gamesforhealth.org>.
- [25] Serious Games Institute. <http://www.seriousgamesinstitute.co.uk/>. Consultada en octubre de 2013.

[Trabajos final de Máster]

- [26] Lligadas Sorriba, Josep. OPTABLE – The Operation Table Serious Game. Joc seriós per a la pràctica de la preparació de material quirúrgic. Universitat Oberta de Catalunya. 2013.
- [27] Rodríguez González, Francisco Jesús. Serious game de código abierto para la educación y entrenamiento en el procedimiento de artroscopia de rodilla. Universitat Oberta de Catalunya. 2012.