

# DISEÑO DE UNA HERRAMIENTA DE E-LEARNING PARA EL ÁREA DE CIRUGÍA TRAUMATOLÓGICA

## **Autor**

Miguel Ángel Córdova Solís  
mcordova@uoc.edu

## **Resumen**

La adopción de herramientas e-learning para el entrenamiento, capacitación y formación de cirujanos traumatólogos se ha convertido en una necesidad, ello motivado por cuestiones de tiempo, lugar, costo y sobre todo formar cirujanos más competentes. Este artículo trata, en primer lugar, de analizar el estado de arte actual de las herramientas de e-learning relacionadas y aplicadas en el área de cirugía traumatológica, presentando las herramientas disponibles en la actualidad como videos, audios, simuladores de realidad virtual, pacientes virtuales, LMS, entre otras; para, a continuación describir el diseño de una herramienta en la que los componentes cumplan con los criterios de integración, interactividad, estandarización y asegure la reutilización. Como conclusión, se valora positivamente el diseño, la cual es una herramienta totalmente de código abierto e incorpora componentes de LMCS, repositorios de objetos, pacientes virtuales, simuladores hápticos de realidad virtual, objetos educativos, entre otros. Finalmente se recomienda implementar y comprobar la utilidad de la herramienta propuesta en la formación y entrenamiento de cirujanos traumatólogos.

## **Palabras claves**

E-learning, cirugía traumatológica, LMCS, simuladores hápticos

## **1 Introducción**

El desarrollo de competencias en el ámbito quirúrgico, implica una combinación de conocimientos, habilidades técnicas, la toma de decisiones, habilidades de comunicación y habilidades de liderazgo [1]. La crisis económica en algunos países, la aplicación de la directiva del tiempo de trabajo europeo y las presiones financieras para aumentar la productividad han dado lugar a reducir a cerca de la mitad el número de casos quirúrgicos que los alumnos están expuestos, por lo tanto estas habilidades deben ser adquiridas en menos tiempo, con el riesgo de que algunos cirujanos no pueden ser lo suficientemente hábiles en la finalización de la formación [2], O'Dowd [3] ya planteaba la urgente necesidad de usar modernos métodos de enseñanza y aprendizaje que al menos complemente la praxis tradicional debido a las marcadas diferencias en el logro de las competencias entre estudiantes de cirugía traumatológica de diferentes Escuelas de Medicina, resultado que se obtuvo tras una auditoría en Gran Bretaña [3]. A esta situación, es importante añadir que el costo del entrenamiento por cirujano tiende a incrementar, el estudio realizado por Bridges y Diamond entre 1993 y 1997 mostraron que este costo ascendió a cerca de US\$47.970 en Estados Unidos [4].

Sánchez [5], señala que la educación de la cirugía traumatológica y ortopédica será diferente, “Seguirán los libros y las revistas como manera de aprender, si bien ahora se ofrecen de manera diferente y en el futuro se podrá acceder a ellos de forma infinitamente más fácil. El ordenador ya puede proporcionar revistas con texto electrónico completo y libros a través de internet y todo lo que esté disponible en el ordenador”.

En este escenario, el e-learning emerge como una oportunidad en el ámbito de la enseñanza, entrenamiento y capacitación de la cirugía traumatológica que proporcione herramientas que se conviertan en un soporte sustancial al sistema de formación quirúrgica, que ofrece la posibilidad de formarse a través de la sociedad del conocimiento, en un mundo donde todos podemos participar conectándonos a través de la red [6].

El objetivo del presente artículo, es realizar una búsqueda y estudio de las ventajas e inconvenientes de las herramientas de e-learning que existen para la formación, capacitación y formación de los profesionales en el área de cirugía traumatólogica. Finalmente, a partir de esta compilación de información, se propone el diseño de una herramienta de software libre que permita apoyar el aprendizaje en línea.

El artículo se estructura de la siguiente manera: el apartado 2, describe el escenario del e-learning en las ciencias de la salud, el apartado 3 presenta el estado del arte de las herramientas e-learning en la cirugía traumatólogica las cuales se organizan en LMS y CMS, multimedia, simulador de realidad virtual, herramientas colaborativas, pacientes virtuales, repositorio de objetos educativos, herramientas colaborativas; el apartado 4, describe el diseño de la herramienta de e-learning propuesto eHECT; el apartado 5 detalla los componentes del eHECT; y en el último apartado se presentan las conclusiones del trabajo realizado.

## **2 El E-learning en las ciencias de la salud**

En los últimos años, hemos sido testigos de la evolución de las nuevas tecnologías de información y comunicación (NTIC) en la educación, Boneu[7] y Enríquez[8] describen y reflexionan dicha evolución tecnológica que inicia con la Instrucción basada o asistida por la Computadora (CBT o CAI), pasando por la Instrucción Asistida por el Internet (WAI o IBT) y llegando a la tecnología denominada Capacitación Basada en Web (WBT o CAW) en la que ya se tienen indicios de su potencial en la comprensión de la técnica quirúrgica y la anatomía. Sin embargo, como podemos observar, todos estos conceptos aluden a cuestiones específicas, ya sea por tratarse de formación o capacitación, basada o asistida por las computadoras, enfocada en el aprendizaje o en la enseñanza. Kalet [9], por ejemplo lleva a cabo un proyecto a escala nacional, la Web Initiative for Surgical Education of Medical Doctors (WISEMD) aplicado en más de veinte Escuelas de Medicina a nivel mundial y liderado por la New York University School of Medicine, el Colegio Americano de Cirujanos y la Asociación para la Educación Quirúrgica de los Estados Unidos y se obtienen resultados positivos gracias a la incorporación de videos, simulación y animaciones.

Ruiz [10] define al e-Learning como “el uso de tecnologías de la Internet para mejorar el conocimiento y el rendimiento, ofreciendo a los alumnos el control sobre el contenido, secuencia de aprendizaje, ritmo de aprendizaje, tiempo y a menudo los medios de comunicación, que les permite adaptar sus experiencias para satisfacer sus objetivos de aprendizaje personales”. Con el surgimiento del e-learning y el aprendizaje basado en Internet se desarrollan diversos sistemas y plataformas (LMS –Learning Management System) que permiten distribuir la información y administrar los grupos de diferentes cursos, impartidos por diversos profesores y al mismo tiempo conjuntar diversos servicios y herramientas propias del mismo medio [8].

En diversos contextos de la educación médica, el b-learning pareciera ser más efectivo que el e-learning puro, “parece ser al menos tan eficaz como los métodos tradicionales tales como las conferencias. Los estudiantes no ven el e-learning como la sustitución de la educación tradicional, sino como un complemento de la misma, formando parte de una estrategia de aprendizaje combinado” [10]

En cuanto a los docentes cirujanos, Larvin [11] señala que “para la mayoría de los cirujanos y los educadores quirúrgicos, el e-learning es relativamente nuevo y confuso”, pero precisa que, el “e-learning aplicado en la educación y entrenamiento quirúrgico va responder a los estilos de aprendizaje de los alumnos que en su mayoría han crecido con entornos virtuales de aprendizaje, por lo que, el e-learning va desplazarse a las redes sociales y a los dispositivos móviles y ubicuos”.

### 3 Estado del Arte de herramientas e-learning

A lo largo de los años, se han desarrollado diferentes herramientas e-learning en el ámbito de la cirugía traumatológica, desde las herramientas clásicas como CD, textos web, videos, audios o programas de ordenador; que apoyaban principalmente al desarrollo de las capacidades cognitivas; éstas fueron desarrolladas en su gran mayoría para uso interno y sin considerar aspectos como la reusabilidad y estandarización. Pero ha sido a partir de la aplicación de las herramientas de la Web 2.0 como los foros, wikis y LMS junto con las herramientas clásicas, en especial, los videos y audios, que se ha dado mayor importancia a la reusabilidad y estandarización, mediante la incorporación de los repositorios de objetos educativos, la estandarización de contenidos como el SCORM, además estas herramientas permitían el desarrollo de capacidades de comunicación y de liderazgo.

Pero ha sido a partir de la aplicación de simuladores de realidad virtual hápticos cuando se ha dado un importante impulso a la incorporación de herramientas e-learning en la cirugía ya que estas herramientas nos permiten desarrollar capacidades técnicas de desempeño en el quirófano. A continuación, se hace una revisión de lo encontrado.

#### 3.1 LMS y CMS

Una herramienta de CMS (Content Magement System) es un software que nos permite administrar el contenido de una web de forma automática, ejemplos de ellos encontramos al JOOMLA o DRUPAL por citar algunos, mientras tanto los LMS (Learning Management System) son software que automatiza la administración de acciones de formación como por ejemplo MOODLE o CHAMILO. En estas herramientas encontramos una gran presencia de CMS y LMS de licencia libre y de código abierto.

Citak [12] basa su desarrollo de un centro de recursos multimedia basado en la web para la cirugía traumatológica, en la Escuela de Medicina de Hannover mediante el CMS Schoolbook “con excelentes resultados ya que la mayoría de los estudiantes consideraban como una herramienta de estudio útil, eficaz y constructivo”.

Las herramientas CMS y LMS han ido evolucionando e integrándose en lo que se denomina el LCMS (Sistema de Administración de Contenidos de Aprendizaje); según definición de Boneu [6] “son plataformas que integran las funcionalidades de los CMS y los LMS, que incorporan la gestión de contenidos para personalizar los recursos de cada estudiante y donde las empresas se convierten en su propia entidad editora, con autosuficiencia en la publicación del contenido de una forma sencilla, rápida y eficiente; resolviendo los inconvenientes de las anteriores plataformas. Ofrecen facilidad en la generación de los materiales, flexibilidad, adaptabilidad a los cambios, control del aprendizaje y un mantenimiento actualizado del conocimiento”.

Para muchos autores, el e-learning es una promesa para entregar conocimiento justo en tiempo y en lugar lo cual no ha sido posible con los LMS y deben evolucionar hacia los LCMS, Enriquez [7] plantea que “si los estudiantes tienen acceso a un repositorio de objetos de aprendizaje y una vez que responden a una serie de preguntas pueden tener justo la información que requieren, considerando sus conocimientos previos, objetivos y estilos de aprendizaje, podremos realmente hablar de educación flexible y personalizada. Sin embargo, para ello es necesario la evolución de los LMS y transformarlos en LCMS (Learning Content Management Systems) que, a diferencia de los primeros, están enfocados en la creación y administración de contenidos, a diferentes niveles, permitiendo de esa manera reestructurar la información y los objetivos de los contenidos, de manera dinámica, para crear y modificar objetos de aprendizaje que atiendan a necesidades y estilos de aprendizaje específicos”. Ruiz [10], además plantea como dirección al futuro, una infraestructura de

desarrollo de apoyo e-learning dentro de la educación médica que debe incluir repositorios digitales, o bibliotecas, para gestionar el acceso a materiales e-learning. En el ámbito netamente tecnológico, Segura[6] menciona como LCMS la plataforma de código abierto denominado EthosCE que no es otra, que la integración de Drupal y MOODLE, para crear un rico entorno de aprendizaje Web 2.0 que incorpora características de la web social.

### **3.2 Multimedia**

La multimedia son sistemas informáticos que integran audio, imágenes, vídeo, animaciones y datos y ha sido extensamente investigado en el entrenamiento de la cirugía. Larvin [11], comparte su experiencia realizado en el Royal College de Cirugía en Inglaterra, “en la que cada semana los alumnos exploran de forma virtual un caso de la vida real en el contexto quirúrgico, se utilizan imágenes, animaciones, audio y video; después de una reflexión de debate en línea se liberan más materiales digitales”, al final de doce meses la mayoría de los estudiantes se encontraron insatisfechos con los métodos tradicionales de enseñanza. Kalet [9] analiza el proyecto WISEMD que emplea módulos web que contenían videos, animaciones y simulaciones cuyos resultados muestran una tendencia hacia un mejor conocimiento y una mejora en el razonamiento clínico y quirúrgico en los estudiantes que utilizaron estos módulos.

Otras investigaciones donde se valora el empleo de videos en la formación de cirujanos traumatólogos y ortopédicos, son lo realizado por Marr [13] quien experimentó con un simulador constituido por video, cómo estas herramientas pueden crear situaciones de bajo stress que mejora la interacción del equipo quirúrgico y las competencias educativas, Cherian [14] comparte la experiencia de capacitación a cientos de médicos y enfermeras en Malasia entre ellos muchos cirujanos traumatólogos y ortopédicos quienes participaron por videoconferencia. Citak [15] emplea exitosamente el video, como herramienta para reforzar el material de aprendizaje en el hogar con estudiantes de cirugía traumatológica, Hamilton [16], por su parte evalúa la eficacia de la tecnología multimedia de simulación de escenarios de resucitación en traumas cuya tecnología básicamente lo constituyen videos en el entrenamiento y evaluación de equipos. Ali [17] considera que la grabación en video con maniqués puede representar una excelente oportunidad para replicar experiencias y casos simulados; por ejemplo utilizar a estos maniqués automatizados "inteligentes" como víctimas simuladas de accidente y de lesiones que ayudan a los médicos a enseñar y a evaluar el desempeño de los residentes en cirugía traumatológica.

Thomas [18], a partir de los resultados obtenidos en un módulo asistido por computadora que comprendía CD y videos, recomendaba “que pueden ser utilizado de forma fiable en un programa de residencia en ortopedia para lograr la competencia necesaria ACGME (Accreditation Council for Graduate Medical Education) de conocimiento médico en la evaluación y el tratamiento no quirúrgico de patologías del tobillo y pie”.

Por su parte, Enríquez [8] plantea la necesidad de incorporar repositorios que permita la reutilización de los elementos multimedia.

### **3.3 Simulador de realidad virtual**

Esta es la tecnología que más referencia bibliográfica se ha encontrado en el ámbito del entrenamiento en la cirugía traumatológica y la cirugía en general. Acosta [19] y Eriksson [20] coinciden en definirlo como una ciencia basada en el empleo de ordenadores y otros dispositivos, cuyo fin es producir una apariencia de realidad que permita al usuario tener la sensación de estar presente en ella.

La simulación quirúrgica basada en ordenador, tiene un enorme potencial para mejorar la formación quirúrgica. Muchos comentarios e informes sobre este tema se basan en gran medida de los éxitos logrados por la industria militar y aeroespacial como razones para la adopción de realidad virtual para el entrenamiento quirúrgico. Haluck [21] cuestiona al sistema Halstedian de muchos años en la enseñanza en la cirugía y

propone que debe cambiar y la realidad virtual emerge como una herramienta óptima que no sólo reduce costos sino que permite replicar experiencias, además del aspecto ético en no poner en riesgo la integridad física de los pacientes, sin duda mejoran la habilidad manual y estereoscópica. Ziv [22]

Howard [23] evalúa si la práctica en un simulador de realidad virtual (VR) de hueso temporal mejora la adquisición de habilidades y técnicas en la cirugía de mastoides. “Las habilidades técnicas en la cirugía de mastoidectomía pueden ser adquiridos durante la práctica aunque sean breves en el simulador de realidad virtual del hueso temporal. Se prevé que períodos más largos de la práctica se presentan dentro de los fundamentos del plan integral de estudios que facilitará el aprendizaje de procedimientos. Se necesitan más estudios para dilucidar las pruebas de transferencia de estos conocimientos a la sala de operaciones y procedimientos de mayor complejidad”.

Pedowitz [24] evaluó un simulador de artroscopia de realidad virtual en hombro contando con tres grupos, entre ellos residentes de ortopedia y docentes; los resultados sugieren que “este simulador de artroscopia facilita la discriminación de las habilidades artroscópicas. La simulación basada en la tecnología ofrece una gran oportunidad para el desarrollo de habilidades quirúrgicas”.

Rodríguez [25] afirma a partir del uso de serious games y simuladores que “proporcionan una alta fidelidad en simulación de ambientes y situaciones particulares que se centran en competencias de alto nivel requeridas en la materia”, añade también que “el uso de serious game dentro de los centros sanitarios para la formación de cirujanos se percibe actualmente como una alternativa sólida y posible, reportando beneficios como el ahorro de recursos materiales, del ejercicio práctico, de tiempo, etc”. Smolella [26] resalta los resultados positivos como método seguro y eficaz de aprendizaje en la educación médica obtenidos en el empleo de un simulador por ordenador la cual se implementó como objeto de aprendizaje la cual asegurará la interoperabilidad del objeto. Otro aspecto a resaltar en esta experiencia es la aplicación del simulador en estudiantes de pre grado.

Hamza-Lup [27], concluye a partir de su investigación “tenemos la visión que estos sistemas de simulación quirúrgica, permitirán a los estudiantes mejorar sus conocimientos en relación a situaciones de la vida real”.

Un aspecto esencial en un simulador es obtener el mayor grado de interactividad, por ello Inoue [28] propone el empleo de entornos de aprendizaje de realidad virtual (VRLEs), “también conocido como realidad artificial, mundos artificiales y mundos virtuales; es una tecnología inmersiva, absorbente de experiencia e interactiva de una realidad alternativa a través del uso de un computador en el que una persona percibe un entorno simulado, por medio de equipos especiales de una interfaz humano-computador e interactúa con objetos simulados, además, varias personas pueden verse unos a otros e interactuar de una forma compartida.

Los estudiantes dentro de un entorno simulado ven y sienten como en el mundo real, así se les permite participar plena y activamente en el proceso de aprendizaje en lugar de ser observadores pasivos”, sin embargo, Inoue plantea que “la gran mayoría de la investigación en entornos virtuales para uso educativo es impulsado por la tecnología, en lugar de tomar en cuenta el factor humano”.

Como limitaciones, podemos mencionar la necesidad de desarrollar simuladores de realidad virtual que sean hápticas, Acosta[19] al respecto precisa “la tecnología háptica se refiere a la información táctil que recibe el aprendiz en un momento real al entrar en interacción con la simulación del procedimiento, con lo cual incrementa las propiedades de simulación con la realidad y por supuesto, de enseñanza con estos dispositivos”; Bro-Nielsen [29] también cuestiona que muchas de las actuales herramientas de simulación de cirugía abierta son incapaces de ser hápticas, señala que “los pasos del procedimiento quirúrgico son difíciles o imposibles de modelar de manera realista. Por lo que tuvo que sustituir a algunas de las medidas de formación con diferentes grados de simulación no inmersiva”.

Erickson [20] resalta que “las implementaciones visuales y táctiles son dos grandes pasos para obtener un adecuado sistema háptico de realidad virtual para entrenar y educar a los cirujanos que practican el fresado del hueso”.

### **3.4 Pacientes virtuales**

Los pacientes virtuales (VP) son definidos por la American Association of Medical Colleges como “un programa de computadora interactiva que simula un escenario de la vida real en la que los aprendices como un profesional de las ciencias de la salud obtiene una historia que le permita realizar un diagnóstico y tomar decisiones terapéuticas”. Si bien por propia definición, los pacientes virtuales constituyen recursos más utilizados en el ámbito clínico que de la cirugía propiamente dicho, se coincide con muchos especialistas de la medicina que consideran que el “pronóstico del paciente y el éxito de las intervenciones dependen en gran parte de la preparación preoperatoria, de la correcta indicación y adecuada ejecución de las técnicas quirúrgicas y de la detección y tratamiento precoz de las complicaciones que se puedan presentar. El olvido de estos preceptos conduce inexorablemente al axioma de “la operación fue un éxito pero el enfermo falleció” [30]; por lo que las complicaciones postoperatorias son consustanciales con la práctica de la cirugía, en tal sentido nuestra herramienta a diseñar incorporará este recurso.

Otro aspecto que se ha revisado en los diversos casos de paciente virtual son la simpleza como son desarrollados, al respecto Imison [31] tiene una explicación “tradicionalmente, los pacientes virtuales se han desarrollado de manera comercial o por los médicos, los pacientes virtuales de alta fidelidad HF-VP cuyos costos estimados para casos profesionales van desde 50,000 dólares a más de 100,000 dólares americanos pero la experiencia previa de los autores demuestra que los profesionales médicos rara vez tienen tiempo para completar dichos casos”. Ante esta situación, Imison justifica su interés por desarrollar pacientes virtuales de baja fidelidad LF-VP que consiste principalmente de texto e imágenes, con algunas características similares al juego (como puntuación) y comentarios; desarrollado inclusive por los estudiantes.

Wünschel [32] estudia un caso de HF-VP como INMERSIA, que “es una plataforma e-learning basada en web para la formación médica, la educación y la formación continua, cuya visualización a través de casos e historias reales, permitiendo la asignación de pautas médicas. Esto puede emplearse en conferencias y seminarios, también es ideal para el aprendizaje independiente en el hogar. Los elementos que comprenden son: clínicas virtuales, los pacientes virtuales, biblioteca multimedia, servicio de internet, curso de gestión de administración en línea”. El simulador de INMEDEA puede fácilmente adaptarse e integrarse a un LCMS o plataforma de e-learning.

### **3.5 Repositorio de objetos educativos**

Candler [33] basa su investigación en el desarrollo de una nueva biblioteca de recursos educativos para la salud (HEAL), de acceso libre, que apoye a todos los niveles de la educación en ciencias de la salud. La misión de HEAL es proporcionar a los educadores materiales multimedia (como imágenes y videos) de alta calidad y libres para mejorar la educación en ciencias de la salud, ello “porque los educadores, a menudo no tienen el tiempo y recursos para crear materiales de alta calidad”, esta experiencia nos lleva a definir un repositorio que sea libre y abierto que incorpore objetos de aprendizaje que en términos de Enriquez [8] “la construcción de objetos de aprendizaje tiene que ver a su vez con el uso y reuso de recursos digitales (tales como videos, textos, imágenes, etc.), considerados por algunos autores como contenidos digitales y objetos de información, así como también involucra el desarrollo de etiquetas y metadatos asociados a los mismos objetos permitiendo la inserción y catalogación de los mismos en las plataformas”. Por lo contrario, se plantea que estos objetos sean significativos y relevantes para los estudiantes.

Actualmente, un consorcio de Academias, Gobiernos y Organizaciones para la salud, están trabajando en un modelo parecido al SCORM, compilando especificaciones y estándares para la educación médica; este proyecto se llama MedBiquitous [6] cuya finalidad es la de describir los estándares tecnológicos para mejorar la formación de profesionales en ciencias de la salud y conectar las organizaciones líderes en educación médica. Con estos estándares interoperables, los docentes tendrán un mejor acceso al intercambio de contenidos formativos pudiendo rastrear los recursos disponibles y construir una red de educación en ciencias de la salud más accesible, medible y efectiva.

### **3.6 Herramientas colaborativas**

A pesar del avance de la tecnología web para la educación como: textos en HTML, cuestionario de autoevaluación, foro de preguntas y encuestas de opinión, aún son herramientas muy bien valoradas. Pi [34], por ejemplo, utiliza estos medios para un tema de cirugía y destaca que gracias a ellos, los alumnos pueden consultar el material indefinidamente, facilita la clase al profesor y sobretodo son muy bien recibidas por los alumnos, en especial, aquellos que incorporan interactividad con el sistema.

Por su parte, Cavalcante [35] presenta los resultados de un estudio que nos permite conocer las expectativas y temores de los docentes en instituciones de postgrado de Salud en España; respecto al empleo de las TICs: “los profesores están de acuerdo en que sus alumnos se hacen más responsables de su propio aprendizaje (74%) y su rol se aproxima más al papel de un tutor (78%). Por otra parte, el 45% considera que el plagio se convierte en un problema mayor y el 36% considera que la búsqueda de información bibliográfica de los estudiantes en Internet no se traduce en citas de buena calidad en sus trabajos”. Además “la tecnología que se destacó con el 100% de uso, es el software PowerPoint o similares, seguido del correo electrónico, las bases de datos, los sitios web de búsqueda de información. Lo único que se destaca como herramienta colectiva son los grupos de discusión, usados por el 68% de la muestra. Los foros, los entornos de educación a distancia y el campus virtual son recursos usados por poco más de la mitad de los profesores. Un poco menos utilizan la wiki (48%) y la teleconferencia (38%) y menos de una cuarta parte, utilizan las comunidades virtuales y los blogs”.

Clough [36], plantea que “además de seleccionar links, libros electrónicos, videos interactivos y el desarrollo de simuladores de realidad virtual, el aumento de la popularidad de las redes sociales y las tecnologías Web 2.0 se ha traducido en un mejor intercambio de información”, en ese sentido La ABJS (The Association of Bone and Joint Surgeons), ha desarrollado una red basada en el conocimiento colaborativo llamada orthopaedia (<http://www.orthopaedia.com/>) que se ha construido en un marco de wiki que permite a los miembros de la comunidad añadir o editar artículos, enviar comentarios, aportar documentos, enviar actualizaciones de las noticias en un solo repositorio de búsqueda y estructurado.

Conroy [37] por su parte desarrolló un grupo de discusión online ortopédica denominado IRISH en Irlanda, cuyo propósito fue complementar la semana mediante conferencias y fomentar el aprendizaje activo, emplea foros de discusión y resalta a esta herramienta como un excelente método de enseñanza ya que proporciona una plataforma para la discusión de casos complejos y como una herramienta de evaluación permanente. “El grupo de discusión implica la presentación de escenarios clínicos en un formato de pregunta y respuesta, por lo tanto fomenta el aprendizaje basado en problemas. Los alumnos tienen la oportunidad de investigar los temas y formular respuestas en un momento conveniente para ellos”, luego concluye que “el grupo de discusión proporciona un método por el cual los aprendices en todo el país pueden participar en un programa de enseñanza en la que se centra en la presentación y resolución de casos con una mayor optimización del tiempo”.

Foong [38] por su parte emplea los foros de discusión y lo aplica en la India con 1290 participantes cirujanos plásticos, en la que los temas relacionados a la traumatología representó el 12.5% del total y se destaca que

“los foros como éste facilitan el debate entre las personas en lugares remotos. Ellos proporcionan un acceso fácil a la experiencia de una gran cohorte de cirujanos altamente experimentados. La mayoría de las discusiones fueron clínicas, relacionados con situaciones difíciles. Los debates son abiertos y sin prejuicios, por lo tanto, fomenta la contribución y el debate sano. Le recomendamos su uso como una herramienta educativa y una plataforma para la discusión.”

Bochert [39] plantea la necesidad de la enseñanza de las notas o reportes operatorios en la enseñanza de la cirugía, “No hay literatura disponible acerca de la enseñanza de reportes de operación en el Reino Unido. La mayoría de los reportes de operación en el Reino Unido están escritas a mano y puede considerarse como una fuente importante para el proceso de formación en cirugía. Escribir un reporte es una habilidad básica en la cirugía, ya que es importante para el manejo postoperatorio, así como el seguimiento”, los resultados obtenidos por el investigador, quien envió 120 cuestionarios a los tutores de las principales especialidades quirúrgicas entre ellas la traumatológica y ortopedia, arrojaron que “si bien la gran mayoría de los docentes y estudiantes coinciden en la importancia de “aprender haciendo” mediante los reportes quirúrgicos, en cuanto a la preferencia del “cómo” varían, los médicos más jóvenes prefieren hacerlo empleando las tecnologías asistidos por computador”; esta situación nos lleva a considerar la actividad tarea y base de datos del MOODLE en la herramienta propuesta, dependiendo del grado de retroalimentación del docente, quien si decide manejarlo de manera más personal con el estudiante puede emplear la actividad tarea y si desea manejarlo de manera más abierta puede recurrir a la actividad base de datos.

## **4 Diseño de la herramienta e-learning eHECT**

### **4.1 Herramienta propuesta**

Definamos como herramienta e-learning a las aplicaciones de hipertexto como correo electrónico, páginas web, foros de discusión, mensajería instantánea, plataformas de formación y otras, como soporte de los procesos de enseñanza-aprendizaje.

En tal sentido, la herramienta propuesta al que denominaremos eHECT(Herramienta e-learning LCMS para la cirugía traumatológica), consiste en el diseño de un LCMS que incorpora una serie de tecnologías, además esta propuesta de “herramienta” se justifica a partir del proyecto NESTOR que recibió el sello de calidad de la Charité de Medicina de la Universidad de Berlín en la se propone como herramienta a la combinación de una serie de herramientas e-learning, tales como: LMS, videos, podcasts, el diagnóstico de rayos X, los pacientes virtuales, exámenes, entre otras. [40].

### **4.2 Tecnología y criterios a considerar**

Matus [41] recomienda que antes de generar un curso on-line se deben definir algunos aspectos, entre ellos determinar si existen suficientes materiales de apoyo o se desarrollarán, los recursos y destrezas que se adquieren al cursarlo, a quien va dirigido, si son interactivos y accesibles.

Una propuesta e-learning debe basarse en un WBT, para ello se han revisado las herramientas y funcionalidad más importante de las plataformas e-learning así como se debe reconocer las características a considerar al momento de elegir una plataforma, las mismas que han orientado el diseño de eHECT, tales como: flexibilidad, integración, estandarización, interactividad, reutilización y que incluya componentes de software libre.

### 4.3 Arquitectura

Los componentes de la herramienta e-learning a diseñar se basan en el planteamiento que realiza Greenberg [42] respecto a los principales componentes que los LCMS deben brindar:

- **Repositorio de objetos de aprendizaje.** Estas colecciones de recursos digitales contienen, a manera de bases de datos, tanto los contenidos digitales y objetos de información y aprendizaje que conforman las lecciones, unidades didácticas y cursos generados. Están dispuestos de tal manera que los puedan consultar y reutilizar los distintos usuarios, sin dañar la integridad de la información.
- **Herramientas de autoría.** Estas herramientas están enfocadas en crear objetos de aprendizaje que serán a su vez, almacenados en el repositorio. Deberán de considerar los estándares para la creación de objetos de aprendizaje (SCORM).
- **Herramientas de publicación.** Desarrolladas para que los usuarios puedan revisar los objetos de aprendizaje creados por otros usuarios. Deberán de considerar los estándares de publicación (SCORM) e idealmente considerar distintos formatos de distribución.
- **Herramientas de colaboración.** Con la intención de promover la educación compartida será importante incluir herramientas que permitan crear equipos de trabajo, asignando permisos y posibilidades de edición y comunicación entre los miembros de los mismos equipos.
- **Interfaz dinámica.** Este componente resulta indispensable para poder entregar la información, evaluaciones, actividades, etc. que ha sido personalizada para los distintos individuos, considerando sus necesidades particulares.
- **Aplicación administrativa.** Se refiere a los componentes que permiten llevar un seguimiento del desempeño de los usuarios, almacenar sus perfiles y características personales. Ya sea porque el LCMS esté ligado a un LMS o bien, porque integra estas aplicaciones que ya eran consideradas por las plataformas de administración del aprendizaje.

A partir de los criterios a considerar en la elección de los componentes se presenta la arquitectura de eHECT.

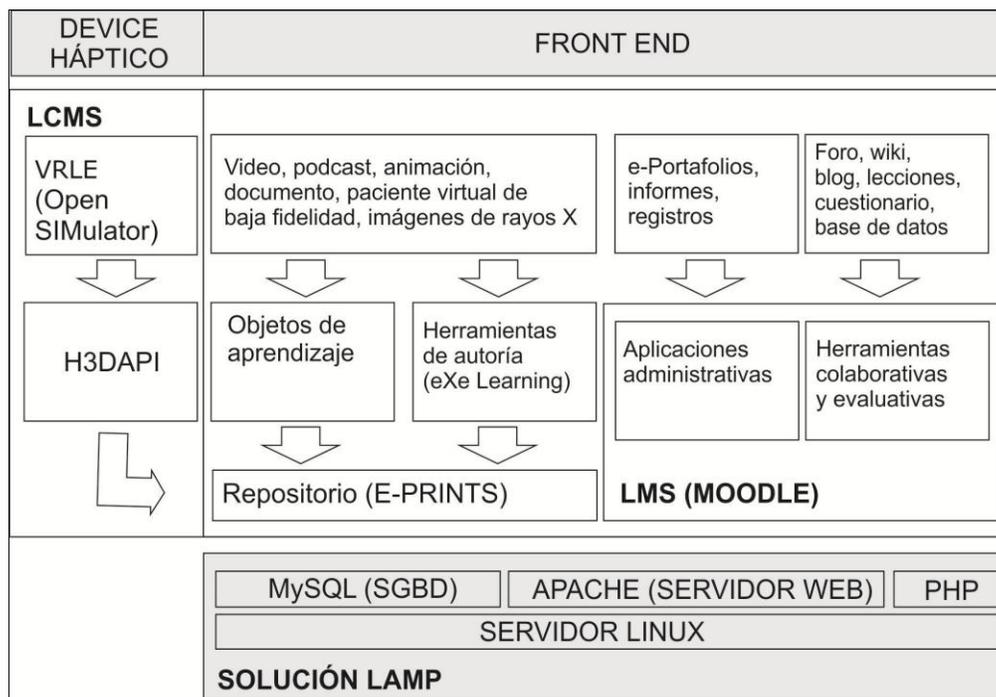


Imagen 1: Arquitectura de eHECT.

## 5 Componentes de eHECT

A continuación en la Tabla 1, se detallan cada uno de los componentes del eHECT:

Componente	Recurso educativo para la Cirugía Traumatológica	Software libre a emplear
Objeto de aprendizaje	Video	Diversos software libres para creación y edición de video, animación, podcast entre otros recursos.
	Podcast	
	Animación	
	Documento	
Repositorio de objetos educativos	Repositorio	EPrints
Herramienta de autoría	Paciente virtual	eXeLEARNING
Herramienta colaborativa y evaluativa	Blog	MOODLE
	Wiki	
	Foro	
	Talleres	
	Tarea	
	Cuestionarios	
Aplicaciones administrativas	Perfil de usuario	MOODLE
	Informe académico	
	Reporte de participación	
	E-portafolio	
Simulador de realidad virtual	VRLE	OpenSIMulator
	Navegador de OpenSIMulator	RealXTend
	Manejador de gráficos hápticos	H3DAPI

Tabla 1: Componentes del eHECT.

### 5.1 MOODLE

MOODLE es un Sistema de Gestión del Aprendizaje (Learning Management System, LMS) o como Entorno de Aprendizaje Virtual (Virtual Learning Environment, VLE). Es una aplicación web gratuita que los educadores pueden utilizar para crear sitios de aprendizaje efectivo en línea, de código abierto y con licencia GPL. Se ha elegido MOODLE porque cuenta con una amplia variedad de opciones para publicar recursos y sobre todo por las actividades colaborativas que ofrece como foro, chat, wikis, blogs, entre otras (ver Imagen 2). Además de ser LMS, incorpora herramientas administrativas de seguimiento y monitoreo que se realiza a estudiantes.

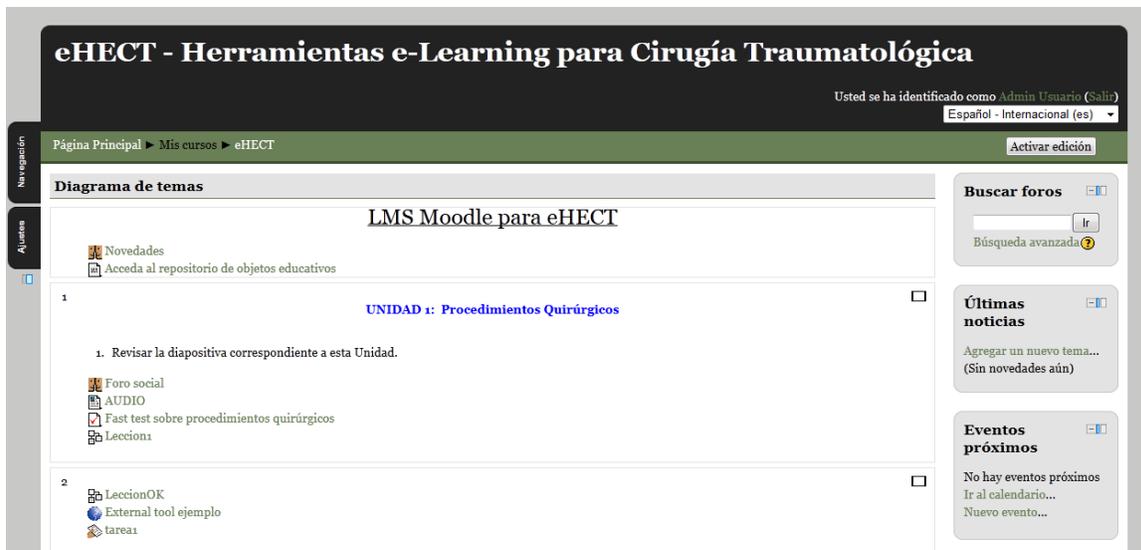


Imagen 2: Interfaz inicial del MOODLE.

## 5.2 eXeLEARNING

Es un programa de código abierto; una creación de aplicación que permite a profesores y académicos la publicación de contenidos didácticos en soportes informáticos (CD, memorias USB, en la web). Los materiales creados pueden incluir textos, imágenes, vídeos, presentaciones, animaciones, actividades interactivas; sin necesidad de ser ni convertirse en expertos en HTML o XML. Los recursos creados en eXelearning pueden exportarse en formatos de paquete de contenido de IMS, SCORM 1.2 o IMS Common Cartridge o como simple páginas web independientes.

En la Imagen 3 se aprecia un paciente virtual en paquete SCORM dentro de un curso MOODLE. El paquete SCORM hará posible la reutilización del contenido independientemente del LMS que se utilice.

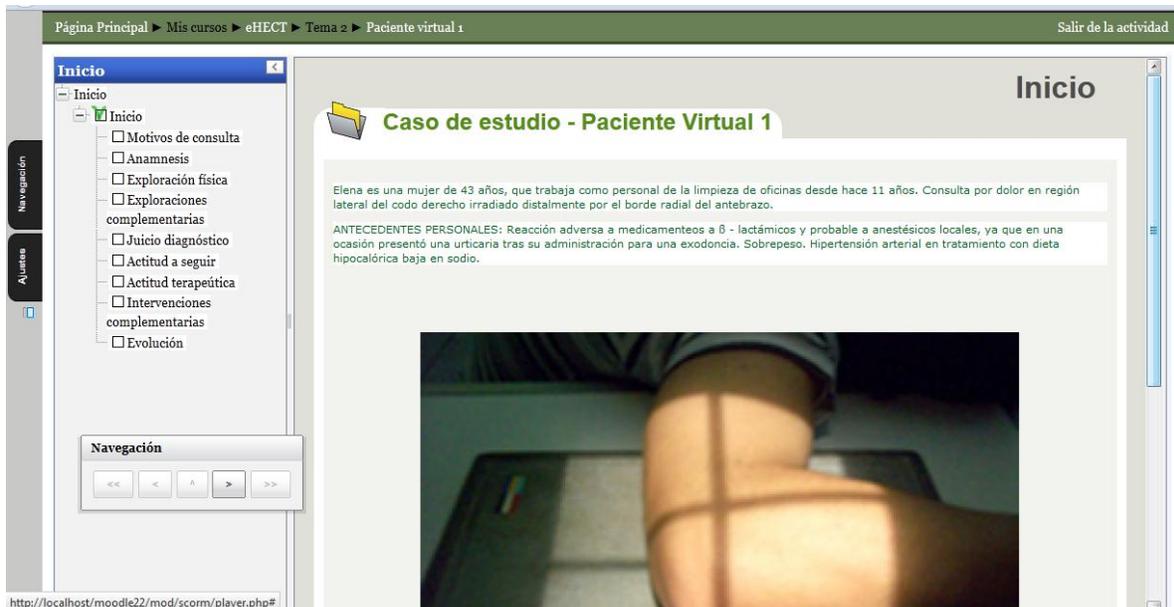


Imagen 3: Paciente virtual como paquete SCORM en un curso MOODLE.

### 5.3 EPrints

Eprints es un sistema de software para repositorios que en su origen fue utilizado por diversas comunidades universitarias para la creación de sus respectivos repositorios institucionales, este software se encuentra disponible bajo licencia GPL, o de software libre. En la actualidad Eprints se utiliza mayoritariamente para la confección de repositorios institucionales y la publicación de revistas de carácter científico. La elección se basa principalmente porque dispone de una arquitectura LAMP (Linux, Apache, MySQL y PHP) la cual es similar a la arquitectura del LMS elegido (MOODLE), asegurando y optimizando la administración del gestor de base de datos así como el mantenimiento y actualización del servidor web APACHE y PHP. Las imágenes 4 y 5 presentan dos objetos educativos de tipo imagen y video respectivamente dentro del repositorio Eprints.



Imagen 4: Ejemplo de imagen de rayos X en el repositorio.

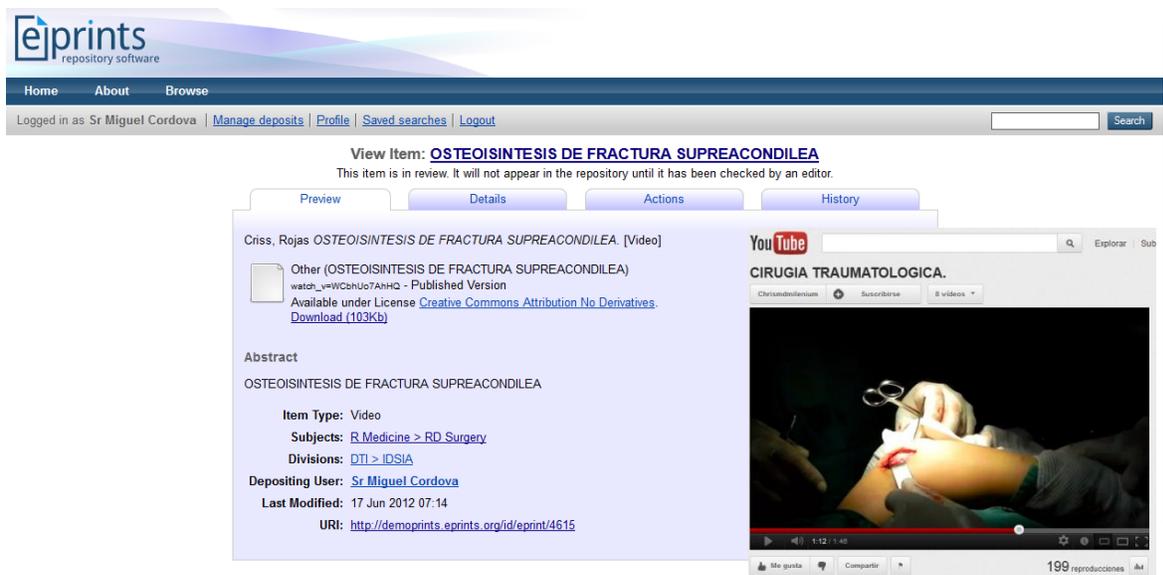


Imagen 5: Ejemplo de video de procedimiento quirúrgico en el repositorio.

## 5.4 OpenSIMulator

Es una aplicación VRLE de servidor multiusuario 3D, multiplataforma y multiusuario de código abierto (Imagen 6), que permite crear ambientes virtuales (mundos virtuales), para ser accedidos a través de una gran variedad de visores (clientes) o protocolos (software y web). OpenSim es configurable y puede ser extendido usando módulos. La licencia de OpenSim es BSD, permitiéndole ser de código libre y al mismo tiempo ser usado en proyectos comerciales; ello permite desarrollar y personalizar los mundos virtuales. OpenSimulador está escrito en C# y funciona en Windows sobre el .NET Framework y en UNIX sobre el framework de MONO. Otro aspecto importante es que OpenSimulator soporta las siguientes bases de datos: SQLite (por defecto), MySQL y MsSQL.

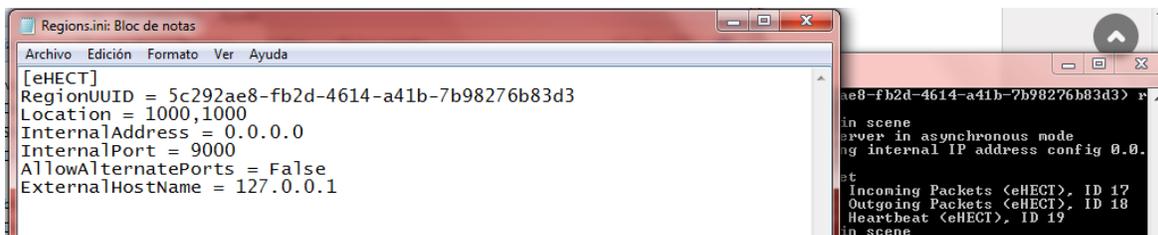


Imagen 6: Configuración de región creada para la herramienta eHECT.

## 5.5 RealXTend

Si bien teóricamente es posible utilizar el navegador de Second Life para acceder a OpenSIMulator, pero al cambiar de versiones, Second Life desactiva las librerías de OpenGL impidiendo el acceso a OpenSIMulator; por lo que es necesario emplear otro navegador de acceso a este mundo virtual.

RealXTend (ver Imagen 7, 8 y 9), es un proyecto de código abierto que se ha extendido al conjunto de características de OpenSIMulator para apoyar las mallas y objetos 3D que no han estado disponibles en Second Life. El proceso de desarrollo y la toma de decisiones están abiertos a las listas de correo e IRC y cualquier desarrollador es bienvenido a participar. La filosofía de este visor o navegador de OpenSIMulator es la de crear el avatar como una entidad universal e independiente que pueda ser creado una vez y utilizado en otros mundos virtuales. Es decir que nuestro avatar no tiene que ser creado y modificado cada vez que entráramos en uno u otro grid.

Para ello, RealXTend utiliza tres servidores distintos que arrancan en nuestra máquina cuando lo instalamos. Uno es el servidor de "authentication", donde se verifica la identidad de nuestro avatar para que pueda acceder a un grid que utilice la configuración de realXtend tanto en nuestra máquina como en otras. Otro es el servidor "avatarstorage", donde se almacena la configuración de apariencia, ropas, objetos y animaciones que le asignemos a nuestro avatar. El tercer servidor que arranca es el "rexserver", que es el OpenSim configurado para las características propias de RX, estas características se encuentran en el archivo opensim.ini



Imagen 7: Información de la parcela creada para la herramienta eHECT en el visualizador libre realXtend.

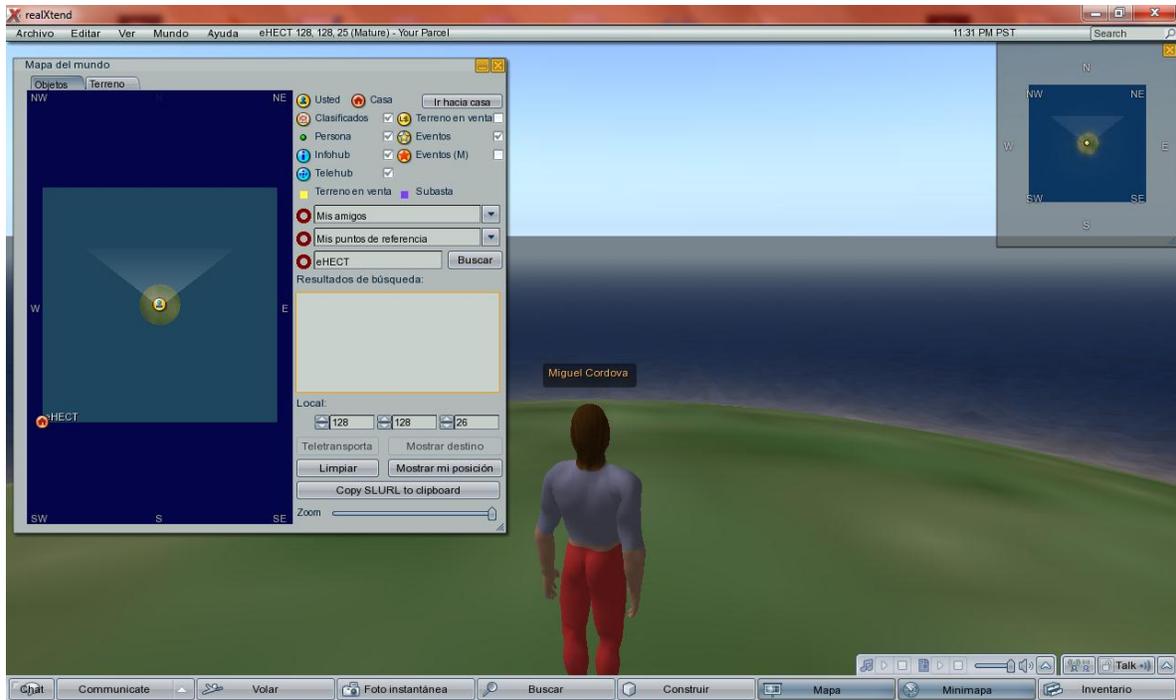


Imagen 8: Mapa del mundo y escena eHECT para crear diseños 3D.

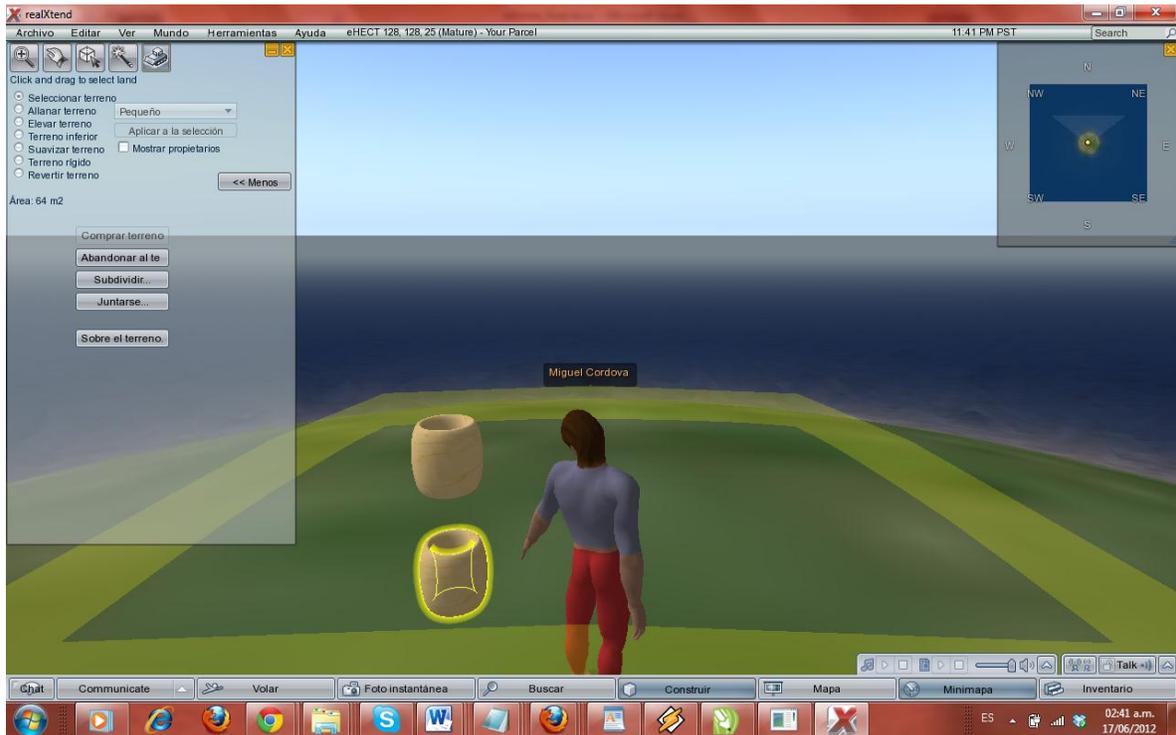


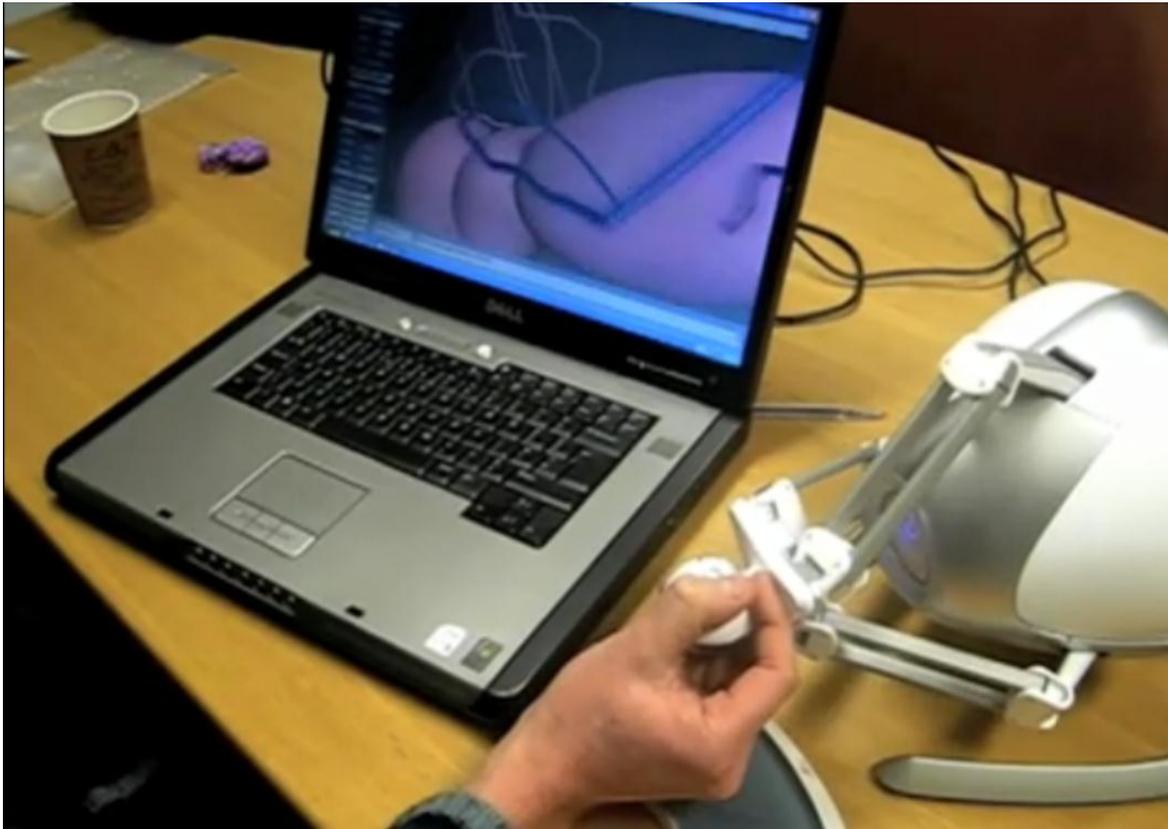
Imagen 9: Construcción de objetos en OpenSimulator.

## 5.6 H3D API

H3D API es una plataforma de software de código abierto con licencia GNU GPL, que utiliza los estándares abiertos para OpenGL y X3D hápticas en un escenario gráfico unificado para manejar gráficos hápticas. H3D API es multiplataforma y permite controlar dispositivos hápticos independiente. Se permite la integración de audio, así como estereografía en pantallas compatibles. A diferencia de otras API, H3D API está diseñado principalmente para apoyar un proceso especial de rápido desarrollo, mediante la combinación de X3D, C++ y el lenguaje de scripting Python.

H3D API (ver Imagen 10), se ha utilizado para desarrollar una amplia gama de aplicaciones multimodales y táctiles en diversas áreas, incluyendo la visualización dental, médico e industrial para fomentar el aprendizaje y el crecimiento en el uso de la tecnología háptica. Erickson [20] resalta que “el H3D API permite controlar el dispositivo háptico Omni haptic device”.

Forsell [43] destaca que el “H3D API ha sido reconocido por muchos de la industria háptica como una plataforma ideal de desarrollo de aplicaciones multi-sensoriales. H3D API utiliza los estándares abiertos X3D y OpenGL, y se aprovecha de una amplia gama de plataformas y de tecnología háptica, incluyendo los de Novint SENSEable, y ForceDimension”.



*Imagen 10: A la derecha una escena háptico desarrollado con H3D API dentro de OpenSimulator y a la derecha un dispositivo háptico.*

Para lograr la reutilización, se recomienda grabar la simulación en video y colocarlos dentro del repositorio.

## Conclusiones

En este artículo se han presentado las diversas herramientas de e-learning que se emplean actualmente en el área de cirugía traumatológica; siendo los videos y los simuladores de realidad virtual las que más se han aplicado y estudiado en diversas partes del mundo. Un aspecto interesante en la revisión dedicado al estado del arte, es el empleo de herramientas informáticas tradicionales que siguen siendo efectivas como las imágenes, audios o animaciones. También es reseñable que muchos de estos estudios, no sólo han estado enfocados a nivel de especialización, residentado o postgrado, sino que inclusive, a nivel de pre grado se van incorporando estas tecnologías como complemento a la formación de los médicos cirujanos.

Una discusión que orientó la investigación fue la de definir correctamente entre un LMS, CMS y LCMS, discusión que ha permitido proponer una herramienta basada en LCMS que incorpore principalmente un LMS y un repositorios de objetos.

La herramienta que se propone y que ha sido denominado como eHECT, se sustenta en emplear herramientas que se complementen e integren para fortalecer la formación y capacitación integral del cirujano traumatólogo en el desarrollo de sus capacidades, es decir a nivel cognitivo, procedimental y hasta actitudinal.

Adicionalmente, se presentó una descripción de los componentes que la herramienta eHECT considera y que aseguren que sean integrales, interactivos, estandarizados y reutilizables. La propuesta de eHECT es totalmente libre debido a que todos los componentes son de código abierto y en este sentido es de resaltar que existe software de autor, LMS, sistemas de repositorios, navegadores de mundos virtuales, generador de objetos libres, entre otras herramientas; que hacen posible que la propuesta de eHECT también sea libre y abierta. Como trabajo futuro, sería conveniente implementar y comprobar la utilidad de la herramienta propuesta en la formación y entrenamiento de cirujanos traumatólogos.

## Referencias

- [1] Van Hove PD, Tuijthof GJ, Verdaasdonk EG, Stassen LP, Dankelman J. Objective assessment of technical surgical skills. Source Department of Biomechanical Engineering. Delft University of Technology. November 1; 327(7422): 1032–1037, 2003.
- [2] Skidmore – BMJ. Junior surgeons are becoming deskilled as result of Calman proposals. FD: British Medical Journal, 1997 - ncbi.nlm.nih.gov
- [3] O'Dowd J., Spencer J. An audit of university education in trauma and orthopaedic surgery in Great Britain. Journal of the Royal Society of Medicine Volume 85 April 1992.
- [4] Matthew Bridges MD, Daniel L Diamond MD. The financial impact of teaching surgical residents in the operating room. American Journal Surgery 1999 Jan;177(1):28-32. 1999.
- [5] Sánchez M. Formación y adiestramiento en traumatología y cirugía ortopédica. Revista española de cirugía osteoarticular. Vol. 42 - Nº 232 octubre, 2007. Pag. 139: 180.

- [6] Segura H. Las nuevas tecnologías y la formación médica continuada a distancia. Educación Médica v.9 n.3 Barcelona. Setiembre, 2006.
- [7] Boneu J. Plataformas abiertas de e-learning para el soporte de contenidos educativos abiertos». En: «Contenidos educativos en abierto» [monográfico en línea]. Revista de Universidad y Sociedad del Conocimiento (RUSC). Vol. 4, n.o 1, 2007.
- [8] Enríquez L. LCMS y objetos de aprendizaje. Revista Digital Universitaria [en línea]. Vol. 5, No. 10; 2004.
- [9] Kalet A., Coady S., Hopkins M., Hochberg M., Riles T. Preliminary evaluation of the Web Initiative for Surgical Education (WISE-MD). [PubMed - indexed for MEDLINE] New York University School of Medicine, 2007.
- [10] Ruiz J, Mintzer M, Leipzig R, MD, PhD. The Impact of E-Learning in Medical Education. Academic Medicine; 81:207–212; 2006.
- [11] Larvin M. E-Learning in surgical education and training. ANZ Journal of Surgery. Volume 79, Issue 3, March 2009, Pages: 133–137.
- [12] Citak M, Calafi A, Kendoff D, et al. An internet based learning tool in orthopaedic surgery: preliminary experiences and results. Technol Health Care; 17:141–148; 2009.
- [13] Marr M, Hemmert K, Nguyen AH, Combs R, Annamalai A, Miller G, Pachter HL, Turner J, Rifkind K, Cohen SM. Team play in surgical education: a simulation-based study. Department of Surgery, New York University School of Medicine, New York, New York 10016, USA. J Surg Educ.; 69(1):63-9; 2012.
- [14] Cherian M, Noel L, Buyanjargal Y, Salik G. Essential emergency surgical procedures in resource-limited facilities: a WHO workshop in Mongolia. World Hosp Health Serv. World Hosp Health Serv, 2004.
- [15] Citak M, Haasper C, Behrends M, Kupka T, Kendoff D, Hufner T, Matthies HK, Krettek C. Source Unfallchirurgische Klinik. A web-based e-learning tool in academic teaching of trauma surgery. First experiences and evaluation results. Unfallchirurg. Apr; 110(4):367-72, 2007.
- [16] Nicholas Hamilton, MD, Bradley D. Freeman, MD, Julie Woodhouse, RN, Clare Ridley, MD, David Murray, MD, and Mary E. Klingensmith, MD. Team Behavior During Trauma Resuscitation: A Simulation-Based Performance Assessment. J Grad Med Educ. December; 1(2): 253–259, 2009.
- [17] Ali J, Gana TJ, Howard M. Trauma mannequin assessment of management skills of surgical residents after advanced trauma life support training. Department of Surgery, University of Toronto at St. Michael's Hospital, 30 Bond Street, Toronto, Ontario, M5B 1W8, Canada. J Surg Res. Sep; 93(1):197-200, 2000.
- [18] Thomas RL, Allen RM. Use of computer-assisted learning module to achieve ACGME competencies in orthopaedic foot and ankle surgery. Data Trace Publishing Company, Towson, MD, ETATS-UNIS, 2003.
- [19] Acosta J., Muñoz E. Simulación virtual con tecnología háptica: entrenamiento para la cirugía de rodilla. Repertorio de Medicina y Cirugía. Vol 20 N° 4, 2011 pág. 245 a 250.

- [20] Eriksson M., Flemmer H., Wikander J.. Haptic Simulation of the Milling Process in Temporal Bone Operations. IOS Press, 2005.
- [21] Haluck R., Krummel T., Computers and Virtual Reality for Surgical Education in the 21st Century FREE. Arch Surg;135(7):786-792, 2000.
- [22] Ziv A., Root P., Small S., Glick S. Simulation-Based Medical Education: An Ethical Imperative. Academic Medicine, vol. 78, no. 8 / august 2003.
- [23]Howard W. Francis MD, Mohammad U. Malik MD, David A. Diaz Voss Varela MD, Maxwell A. Barffour MPH, Wade W. Chien MD1, John P. Carey MD, John K. Niparko MD, Nasir I. Bhatti MD. Technical skills improve after practice on virtual-reality temporal bone simulator. Article first published online: 5 apr 2012.
- [24] Pedowitz R., Esch J., Snyder S. Evaluation of a Virtual Reality Simulator for Arthroscopy Skills Development. Arthroscopy-New York. The Journal of Arthroscopic & Related, 2002.
- [25]Rodríguez F. Serious game de código abierto para la educación y entrenamiento en el procedimiento de artroscopia de rodilla. Repositorio UOC, enero 2012.
- [26] Smollea J., Prauseb G., Smolle M. Emergency treatment of chest trauma — an e-learning simulation model for undergraduate medical students. European Journal Cardio-Thoracic Surgery Volume 32, Issue 4Pp. 644-647, 2007.
- [27] Hamza-Lup F., Seitan A., Petre C., Polceanu M., Bogdan C., Nicola A., Popovici D. Haptic User Interfaces and Practice-based Learning for Minimally Invasive Surgical Training. CVL Workshop, 2011.
- [28] Inoue Y. Concepts, applications, and research of virtual reality learning environments. - International Journal of Human and Social Sciences, 2007.
- [29] Bro-Nielsen M., Helfrick D., Glass B., Zeng X., Phil M., Connacher H. VR Simulation of Abdominal Trauma Surgery HT Medical, 2008.
- [30] Guirao X. Editorial. Revista Casos Clínicos de Cirugía General, Vol 1 N° 1, 2009.
- [31] Imison M., Hughes C. The virtual patient project: Using low fidelity, student generated online cases in medical education. ASCILITE, 2008.
- [32] Wünschel M., Leichtle U., Wülker N., Kluba T. University Hospital Tübingen, Department of Orthopaedics, Hoppe-Seyler-Str. 3, 72076 Tübingen, Germany. International Journal of Medical Informatics. Volume 79, Issue 10 , Pages 716-721, October 2010.
- [33]Candler, otros & otros, 2003. Introducing HEAL: The Health Education Assets Library. Academic Medicine.
- [34]Pi F., Sueiras A., Gil V y Jaurrieta E. La asignatura virtual: Fundamentos de Cirugía en Internet. Educación médica [online]. 2004, vol.7, n.1.

- [35] Cavalcante M., Viladrich C., Vasconcellos Miguel., Caminal J. Tecnologías de información y comunicación en instituciones de posgrados de salud: evidencias y estereotipos. [artículo en línea]. Revista de Universidad y Sociedad del Conocimiento (RUSC). Vol. 7, n.º 1. UOC. 2010.
- [36] Clough M., Veillette C. Information Technology and Orthopaedic Education. Publicado en The Canadian Orthopaedic Association; Julio, 2008.
- [37] Conroy, E. et al. Use of the Internet as a teaching medium: the Irish orthopaedic experience. European Journal of Orthopaedic Surgery & Traumatology, 17, págs.13-16; 2006.
- [38] Foong, D.P.S. & McGrouther, D.A. An Internet-based discussion forum as a useful resource for the discussion of clinical cases and an educational tool. Indian Journal Plastic Surgery, 2010.
- [39] Borchert D., Harshen R., Kemps M., Lavelle M. Operative Notes Teaching: Re-Discovery Of An Effective Teaching Tool In Surgical Training. The Internet Journal of Surgery. Volume 8 Number 1; 2006.
- [40] Back D., Haberstroh N., Hoff E., Plener J., Haas N., Perka C., Schmidmaier G. Implementierung des eLearning-Projekts NESTOR Ein Netzwerk für Studierende der Traumatologie und Orthopädie. Chirurg 83:45–53, 2012.
- [41] Matus J. Internet, un recurso para enseñar al médico. Acta Ortopédica Mexicana; 22(5): Sep.-Oct: 281; 2008.
- [41] L Greenberg. LMS and LCMS: What's the Difference - Learning Circuits, 2002.
- [43] Forsell T., SenseGraphics - Medical Simulators Built on H3DAPI. ICVL Workshop, 2010.