



**Aproximadamente el 50% de los internamientos clínicos son debidos a posibles complicaciones y al período de convalecencia postoperatorio**

gía se basa en la práctica de pequeñas incisiones en determinadas zonas del cuerpo para llegar a trabajar sobre las zonas afectadas, o simplemente el acceso a ellas a través de orificios naturales del cuerpo sin necesidad de incisiones en la piel.

Aproximadamente el 50% de los internamientos clínicos son debidos a posibles complicaciones y al período de convalecencia postoperatorio [1], aspectos éstos drásticamente reducidos con el empleo de la CMI, lo cual supone, además de un incremento en la comodidad y seguridad del paciente, una mayor disponibilidad de camas hospitalarias.

Entre las principales características de la CMI frente a la cirugía convencional destacan [1]:

- El dolor postoperatorio se ve reducido.
- Plantea la posibilidad de evitar la anestesia general en mayor número de intervenciones.
- Una más rápida inserción laboral postoperatoria.
- Reducción de la posibilidad de infecciones asociadas.

### **FORMACIÓN MÉDICA ACTUAL PARA CMI**

La práctica de CMI supone una manera diferente de intervenir, requiere el empleo de instrumental específico y de sistemas de guiado alternativos (imágenes radiológicas, microcámaras, etc.) y un cambio cultural en la manera convencional de intervenir quirúrgicamente.

Se necesita, por tanto, un elevado grado de especialización del personal clínico, así como el de los futuros cirujanos. Este elevado grado de formación se traduce en la necesidad de superar un período de aprendizaje destinado a la adquisición de la destreza y habilidades necesarias en el manejo de la tecnología asociada: nuevo instrumental, sistema de visión, etc.

En la actualidad, el procedimiento de aprendizaje al que se somete el personal médico (cirujanos especialistas y nóveles, estudiantes de pregrado, etc.) que comienza a trabajar en CMI comprende, básicamente, las siguientes fases:

1. Utilización de simuladores físicos. Esta fase comprende el período de tiempo en el que se utilizan sistemas que simulan a modo de fantasmas el escenario quirúrgico para desarrollar/aprender ciertas habilidades: Corte de patrones de látex, manejo de diferentes objetos con el instrumental quirúrgico de CMI, etc. Esta fase debe estar supervisada por expertos que gestionen la adquisición/ aprendizaje de dichas habilidades.
2. Experimentación *in-vivo* con animales. Esta fase ocupa la parte de aprendizaje con tejido vivo. Necesita de las infraestructuras necesarias para dar el soporte necesario, así como de financiación abundante para la disposición de animales con fines experimentales.
3. Formación/entrenamiento con cadáveres humanos. Esta fase se ocupa de la formación sobre la propia anatomía humana, utilizando para ello el tejido inerte de los cadáveres. Al igual que la anterior, necesita de importantes infraestructuras.

Estas fases requieren de estructuras que en la actualidad no son generalmente viables en las facultades de medicina, y de unos medios muy difíciles de coordinar y concentrar. Por esta razón, resulta de un alto valor disponer de centros con estas características.

Desde nuestro punto de vista, las principales limitaciones que presenta la estructura predominante en las facultades de medicina españolas son:

- No se dispone de una estructura que de soporte a las dos primeras fases comentadas anteriormente, ni ofrezca alternativas a las mismas.



dizaje y formación médica aporta las siguientes ventajas:

- Reducción del tiempo de ocupación de un profesional experto durante el proceso de aprendizaje, ya que es el propio *software* el que se encarga de indicar y evaluar el trabajo realizado por el alumno al incluir en su programación unas métricas clínicas previamente definidas por los expertos.
- Presentar al alumno un escenario virtual semejante a la escena quirúrgica real, pudiendo ser adaptado a la patología o técnica de interés.
- Utilizar sistemas *hardware* (interfaces hombre-máquina) capaces de transmitir sensación táctil vía *software*.
- Posibilidad de repetición de ejercicios paso a paso indefinidamente tantas veces como sea necesario, sin producir aburrimiento o pérdida de entusiasmo en el alumno ni necesidad de sacrificar demasiados animales en la formación previa.
- Capacidad de modelar situaciones quirúrgicas de estrés o rápida respuesta que permitan formar/entrenar la capacidad óptima de respuesta del cirujano/ especialista.

**Las investigaciones se centran en el desarrollo de modelos deformables que permitan a los órganos virtuales presentar un comportamiento dinámico lo más realista posible**

Estas ventajas han atraído también al tejido industrial (empresas extranjeras en su totalidad) que ha comenzado a desarrollar simuladores *software* para CMI:

- *SurgicalScience*: Desarrolla y comercializa el simulador para Cirugía laparoscópica *LapSim*. [3]
- *Entice*: Empresa que desarrolla y comercializa simuladores *software* para el entrenamiento de cirugía laparoscópica “*Procedicus MIST*” [4], y endovascular “*Procedicus VIST*” [5].
- *Symbionix*: Desarrolla y comercializa sistemas de simulación para la formación y el entrenamiento en laparoscopia “*LAP Mentor*” [6], endoluminal “*ANGIO Mentor*” [7], y otras especialidades “*PERC Mentor*” [8].

Y a los grupos de investigación de las universidades que muestran interés en esta línea. Valga como ejemplo la red Nacional SINERGIA [9], que ha desarrollado un sistema para cirugía laparoscópica, financiada por el Ministerio de Sanidad y Consumo dentro del programa de “Redes Temáticas de Investigación Corporativa” (G03/135). El sistema desarrollado contiene varias unidades didácticas para el entrenamiento del manejo del instrumental y ejecución de tareas básicas (corte, sutura, coordinación, etc.).

Sin embargo, y pese a la existencia de simuladores *software* comerciales en el mercado, el desarrollo de los mismos es una línea emergente de investigación y desarrollo que se intenta imponer en la formación/entrenamiento rutinario de los centros de formación oficial [1]. Las investigaciones se centran en el desarrollo de modelos deformables que permitan a los órganos virtuales presentar un comportamiento dinámico lo más realista posible, y en la creación y control del *hardware* específico para su uso como interfaz entre el usuario y el entorno virtual.

### **DISEÑO Y DESARROLLO DE UN ENTORNO PARA LA SIMULACIÓN QUIRÚRGICA VIRTUAL**

La importancia estratégica que muestra esta línea y la coincidencia de intereses entre la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria (ULPGC), a través del Centro de Tecnología Médica (CTM) y la Facultad de Ciencias de la Salud, y el Instituto Tecnológico de Canarias (ITC), éste último a través del Programa Torres Quevedo del Ministerio de Educación y Ciencia y Fondo Social Europeo [10], ha posibilitado el desarrollo de sistemas para la simulación y entrenamiento en CMI, y la adquisición de las infraestructuras necesarias.

Los desarrollos se han focalizado en torno a la implementación de *software* específico con este fin. Para



Un aspecto clave a la hora de dotar de realismo al sistema simulador es el empleo de modelos biomecánicos y de detección de colisiones entre los modelos sintéticos de los órganos y/o las herramientas

### 3. MODELO BIOMECÁNICO Y DETECCIÓN DE COLISIONES

Un aspecto clave a la hora de dotar de realismo al sistema simulador es el empleo de modelos biomecánicos y de detección de colisiones entre los modelos sintéticos de los órganos y/o las herramientas.

El modelo de detección de colisiones se encarga de comprobar si se está produciendo alguna colisión entre los diferentes componentes de la escena (órganos, instrumental, etc.).

El modelo biomecánico permite a los órganos deformarse de forma realista en función de las colisiones sufridas con el resto de los componentes de la escena virtual.

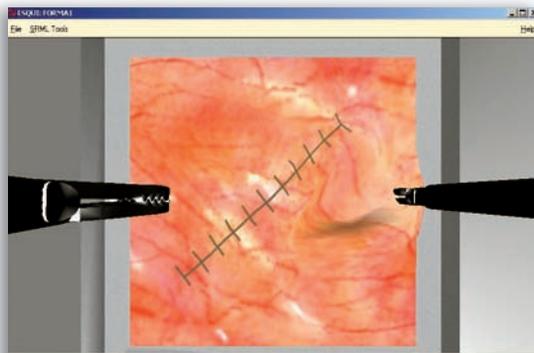


Figura 3. Detección de colisiones y modelo biomecánico

Las interfaces hombre-máquina constituyen el punto de contacto entre el usuario del sistema y el entorno virtual

En la figura 3 se puede observar el trabajo conjunto de la detección de colisiones y el modelo biomecánico durante la ejecución de un ejercicio de simulación. En ella se aprecia un órgano virtual que ha recibido una colisión de una herramienta quirúrgica ante la que responde con una deformación de su estructura.

Actualmente, el entorno desarrollado cuenta con una implementación bajo VTK [16] del modelo biomecánico propuesto en [17] y la detección de colisiones [18].

Aunque en la actualidad se emplean los algoritmos mencionados en el párrafo anterior, el entorno nos permite el empleo de cualquier algo-

ritmo de detección de colisiones así como de modelos biomecánicos que permitan cubrir futuras necesidades que pudieran surgir en función de los ejercicios desarrollados.

### 4. INTERFACES HOMBRE-MÁQUINA

Las interfaces hombre-máquina constituyen el punto de contacto entre el usuario del sistema (cirujano, estudiante de pregrado, etc.) y el entorno virtual que se le presenta, son los dispositivos que permiten al usuario interactuar con la escena.

Existen dispositivos que no sólo se limitan a establecer el control de lo que sucede en el entorno virtual, sino que además permiten realimentación táctil. Estos son los llamados dispositivos hápticos.

No son muchas las empresas dedicadas actualmente al desarrollo de dispositivos interfaces hombre-máquina para su uso en la formación/entrenamiento en CMI, ya que, como ya se ha comentado, éste es un campo que aún está en fase experimental.

Sin embargo, dentro de esta área cabe destacar:

- *Immersion Corporation*: Desarrolla sistemas interfaces para entrenamiento en cirugía Laparoscópica y endovascular entre otros.
- *Xitact*: Desarrollo de dispositivos interfaces para el entrenamiento en cirugía laparoscópica, endovascular, cardíaca, etc.

El CTM-ULPGC dispone de un dispositivo interfaz hombre máquina LSW de *Immersion* (véase figura 4) para la simulación virtual laparoscópica. Es un dispositivo que ha sido desarrollado para simular el instrumental laparoscópico empleado en la práctica real.

Se ha desarrollado el *software* necesario para el control de dispositivos interfaces hombre-máquina del entorno de simulación.



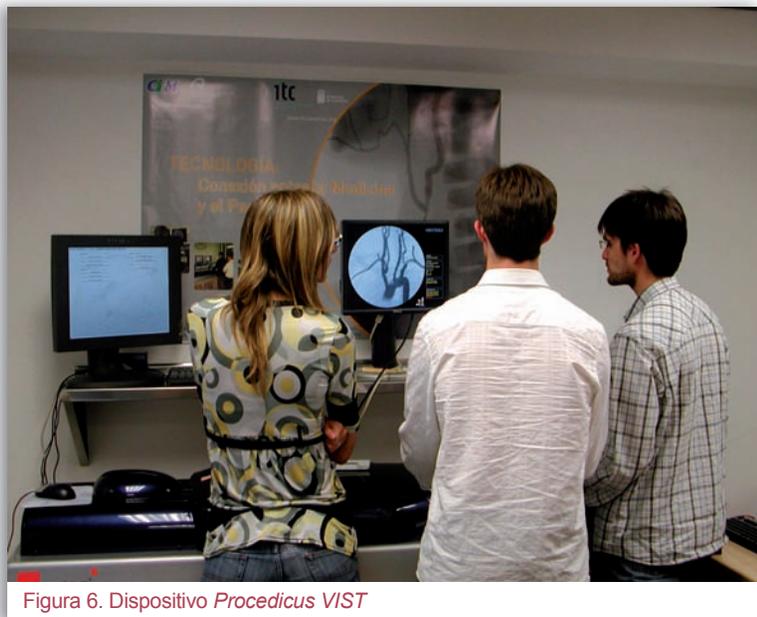


Figura 6. Dispositivo *Procedicus VIST*



Figura 7. Dispositivo *Xitact VSP*

tact VSP) [19] (véase figura 7). Además se tendrá acceso gratuito a un sistema completo *Procedicus VIST* [20] (véase figura 6) que sirva de ejemplo para desarrollos *software* propios.

### EXPERIENCIA DOCENTE EN LA ULPGC

La finalidad de este trabajo, y como se comentaba en la introducción, va en la línea de incluir estos sistemas de simulación en la cadena de formación médica, comenzando desde los niveles más básicos de formación (pregrado).

En esta línea, durante el curso académico 05/06, se ha realizado una experiencia piloto (primera en Canarias y pionera en España) dentro de la asignatura de "Perspectivas de las Intervenciones Radiológicas" impar-

tada por Prof. Manuel Maynar Moliner en la Facultad de Ciencias de la Salud de la ULPGC.

Dicha experiencia consistió en utilizar entornos de simulación durante las clases prácticas de la citada asignatura. Para ello se utilizaron los entornos *software* para la formación/entrenamiento de cirugía laparoscópica que se dispone en el grupo de la Universidad y de desarrollos propios. Con estos entornos, se pretendió la ejercitación en el manejo de la instrumentación quirúrgica y la adquisición de habilidades básicas en el área de la laparoscopia.

Estas sesiones prácticas han sido el primer contacto de los estudiantes de medicina de la ULPGC con las nuevas tecnologías aplicadas a la enseñanza de técnicas quirúrgicas empleando entornos virtuales. Suponen además, un paso adelante en la validación del uso de realidad virtual para la formación y entrenamiento médico, y un paso más hacia la modernización de la cadena de aprendizaje quirúrgica tradicional.

### VISIBILIDAD INTERNACIONAL

Los desarrollos en simulación quirúrgica virtual y las actividades de formación con alumnos de la Facultad de Ciencias de la Salud están enmarcadas dentro de las actividades asociadas a la red de excelencia Europea *SIMILAR (FP6-507609)*, que se ocupa de interfaces multimodales y sus aplicaciones médicas. Es por tanto éste, un escaparate donde mostrar al resto de miembros de la red las posibilidades que existen en Canarias de implantar un sistema de formación y entrenamiento médico basado en tecnología.

### CONCLUSIONES

En este trabajo hemos mostrado un nuevo modelo de formación en medicina utilizando entornos *software* de simulación virtual. Hemos mos-



[8] Página del sistema PercMentor. [http://www.simbionix.com/PERC\\_Mentor.html](http://www.simbionix.com/PERC_Mentor.html)

[9] Red Temática de Investigación Cooperativa SINERGIA (2005): "SINERGIA: Simulador de realidad virtual para formación en cirugía laparoscópica". Actas del XXIII Congreso Anual de la Sociedad Española de Ingeniería Biomédica. Madrid, págs 61-64.

[10] Programa Torres Quevedo. "Simulación y Entrenamiento de Técnicas y Procedimientos para la Cirugía Mínimamente Invasiva", PTQ2004-1443.

[11] Sánchez Escobar, N. (2005): "ESQUI, un Entorno para la Simulación QUIrúrgica virtual". Actas del XXIII Congreso Anual de la Sociedad Española de Ingeniería Biomédica. Madrid, págs 65-68.

[12] Rodríguez-Flrido, M.A. (2006): "An Open Source Framework for Surgical Simulation". MICCAI Open Source Workshop, Copenhagen.

[13] Página oficial de Blender. <http://www.blender3d.org>

[14] Página oficial de Python. <http://www.python.org>

[15] Want, C. (2006): "VTK and Blender" <http://www.ualberta.ca/AICT/RESEARCH/Vis/VTKBlender/index.html>

[16] Página oficial de vtk. <http://www.vtk.org>

[17] Montserrat, C. (1999): "Modelos Deformables de Tejidos Elásticos en Tiempo Real". Tesis Doctoral. Universidad Politécnica de Valencia. Valencia.

[18] Página del algoritmo ColDetect. <http://www.inria.fr/rapportsactivite/RA2003/e-motion2003/module7.html>

[19] Página de Xitact. <http://www.xitact.com>

[20] Página de Mentice. <http://www.mentice.com>

[21] Halvorsen, F. (2006): "Virtual reality simulator training equals mechanical robotic training in improving robot-assisted basic suturing skills". Surgical Endoscopy. Springer New York. Páginas 1565-1569.

## RESEÑA BIOGRÁFICA

### CTM-ULPGC

El CTM-ULPGC ([www.ctm.ulpgc.es](http://www.ctm.ulpgc.es)) es un grupo de investigación de la ETSI de Telecomunicación de la ULPGC. Sus líneas de investigación ocupan el procesado y visualización de datos, en especial datos médicos, y la simulación quirúrgica virtual.

Su colaboración con el Prof. Dr. Manuel Maynar Moliner, profesor de la Facultad de Ciencias de la Salud de la ULPGC, y con el Instituto Tecnológico de Canarias ([www.itccanarias.org](http://www.itccanarias.org)) ha abierto la posibilidad de transferir los resultados de investigación a aplicaciones clínicas específicas, una de las cuales es la formación y entrenamiento de personal médico utilizando entornos *software*.

Información de contacto:  
Email: [info@ctm.ulpgc.es](mailto:info@ctm.ulpgc.es)  
Tlfns: +34 928 451253/452956

Patrocinador de esta investigación:

**NOGAL METAL, S.L.**