

Realidad virtual

arte y ciencia

José Jesús Martínez Páez, Profesor Asociado, josej@ing.unal.edu.co, Rodolfo Cipagauta, Ingeniero de Sistemas, rodolfocipagauta@hotmail.com, Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Colombia

INTRODUCCIÓN

La Realidad Virtual (VR) es una configuración especial de la tecnología computacional que coloca al ser humano como su centro, manipulando sus sentidos de percepción por medio de entornos tridimensionales sintetizados por computador, en él uno o varios participantes acoplados de manera adecuada al sistema de computación, interactúan de manera rápida y natural, haciendo que el computador desaparezca de la mente del usuario dejando como real el entorno generado por éste, y permitiéndole así visualizar, manipular e interactuar con datos de alta complejidad. La visualización se refiere a la generación visual de un mundo dentro del computador, que el usuario puede observar a través de tecnologías que producen actividades sensoriales. El mundo puede ser un modelo CAD, una simulación científica, o la vista de una base de datos.

Características de VR

Al estudiar el Mundo Real de la Realidad Virtual, se deben destacar las características básicas que determinan un sistema VR, como son: la interacción, la inmersión y la tridimensionalidad.

Interacción. Se refiere a los rasgos que permiten al usuario manipular el curso de la acción dentro de una aplicación VR, permitiendo que el sistema responda a los estímulos de la persona que lo utiliza; creando interdependencia entre ellos. Hay dos aspectos únicos en la interacción con un mundo virtual.

El primero es la navegación, que es la habilidad del usuario para moverse independientemente dentro del mundo. Las restricciones son definidas por el desarrollador del software, que permite varios grados de libertad: si se puede volar, caminar, nadar, etc. En la navegación también es muy importante el posicionamiento del punto de vista del usuario. El usuario se puede mirar a sí mismo (a través de los ojos de alguien más), o se puede mover a través de cualquier aplicación observándola desde varios puntos de vista. El

segundo aspecto de la interacción es la dinámica del ambiente, que no es más que las reglas que determina cómo interactúan los componentes del mundo virtual con el usuario para intercambiar información.

Inmersión. Es la característica responsable de bloquear toda distracción del usuario y enfocarse selectivamente sólo en la información u operación sobre la cual se trabaja. Tiene dos atributos importantes, el primero es su habilidad para dirigir la atención del usuario, y el segundo es convertir una base de datos en experiencias, estimulando de esta manera el sistema natural de aprendizaje humano (las experiencias personales). Tridimensionalidad. Es una característica básica para cualquier sistema VR, que tiene que ver directamente con la manipulación de los sentidos del usuario, principalmente la visión, para dar forma al espacio virtual; los componentes del mundo virtual se muestran al usuario en las tres dimensiones del mundo real, en el sentido del espacio que ocupan, y donde los sonidos con efectos estereofónicos (direccionalidad) complementan la sensación de realismo.

Sistemas VR

Un sistema VR debe tener las tres características básicas antes definidas, aunque se puede partir de sus niveles elementales. Teniendo en cuenta estas características básicas y la forma como interactúan con el usuario, los sistemas VR más comunes son:

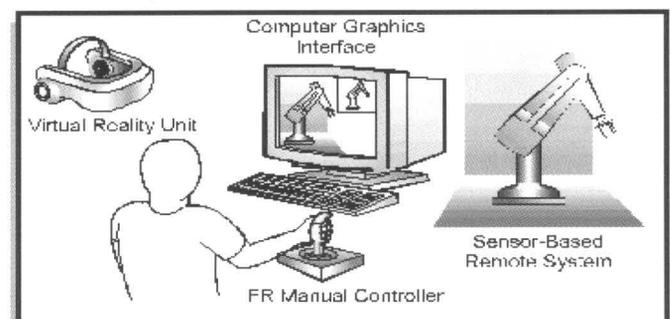


Figura 1. Sistema básico VR

Sistemas "Window on World" (WoW)

Sistema basado en la utilización de un monitor convencional para mostrar un modelo virtual. Algunas veces también se le llama Desktop VR. El usuario ve a través de la pantalla como si fuera una ventana que se abre al universo tridimensional. Muy utilizado en los juegos electrónicos, o sistemas interactivos de navegación de software educativo. La interacción se efectúa mediante el ratón y el teclado.

Sistemas Inmersivos

Sumergen completamente al usuario dentro del mundo virtual. Éstos sistemas "inmersivos" VR están generalmente equipados con algún sistema HMD o de lentes estereoscópicas y la interacción se realiza a través de guantes con sensores. El sistema HMD sostiene el despliegue visual y el auditivo, algunos poseen sensores de posición y orientación para informar a la máquina la posición del usuario en todo momento, además de indicarle hacia donde está mirando

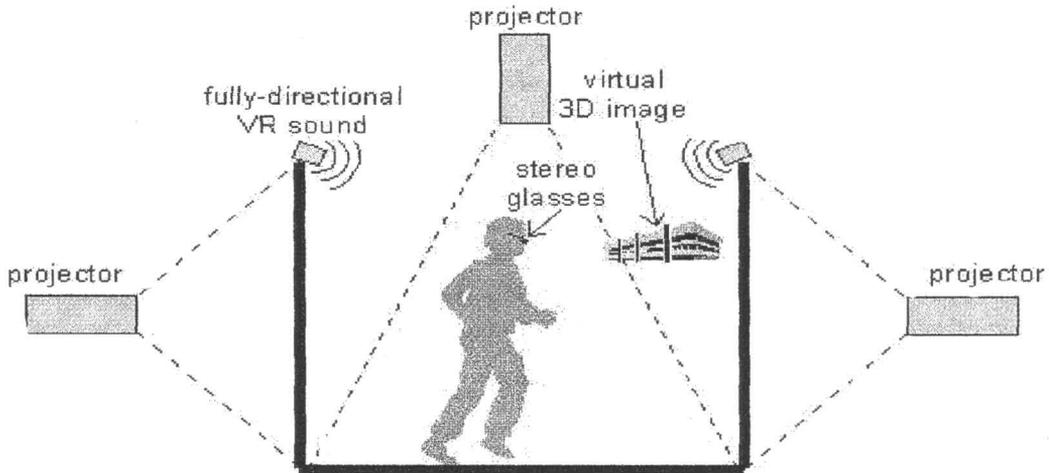


Figura 2. Caverna o habitación inmersiva.

Telepresencia

Esta es una tecnología que conecta sensores remotos en el mundo real con los sentidos de un operador humano. Los sensores remotos se pueden localizar en un ser humano, un robot, y/o en los puntos terminales de herramientas articuladas o bien, en sondas e instrumentos quirúrgicos que se introduzcan en el cuerpo humano.

Realidad Aumentada

Es la unión de señales generadas por el computador, telepresencia y actuación del usuario. Es una forma sofisticada aplicada generalmente en la simulación, como vuelo de aeronaves, manipulación de órganos con base en datos obtenidos con sensores o resonancia magnética, armado de elementos y navegación arquitectónica, etc.

NIVELES DE LOS SISTEMAS VR

Se pueden alcanzar diferentes niveles en tecnología VR dependiendo de la herramienta de software y de los componentes de la plataforma de desarrollo, entre los principales tenemos:

Nivel Elemental

Se usa principalmente un computador personal para implementar un sistema WoW. Se pueden usar equipos PC, el más difundido actualmente. El equipo base consiste en un



Figura 3. Head Mount Display

computador con buen procesador, suficiente espacio en disco, alta capacidad de memoria RAM, pantalla de alta resolución, un dispositivo de entrada 2D como un ratón (también se usan trackball y joystick), y el teclado.

Nivel Básico

Agrega cierta interacción ampliada y mejoramientos en las pantallas de despliegue. Estas mejoras se logran con la inclusión de componentes como visores estereográficos (lentes, cascos) y dispositivos de entrada/control multidimensionales como un guante (DataGlove).

Nivel Avanzado

Este nivel requiere ampliar el poder computacional y el hardware especializado de gráficas como los aceleradores de terminados de superficies y colores (rendering), buffers para cuadros de video e inclusive procesadores paralelos para manipulación, control, etc. El mejoramiento más común es agregar tarjetas aceleradoras de video, que proveen elevados niveles de rea-

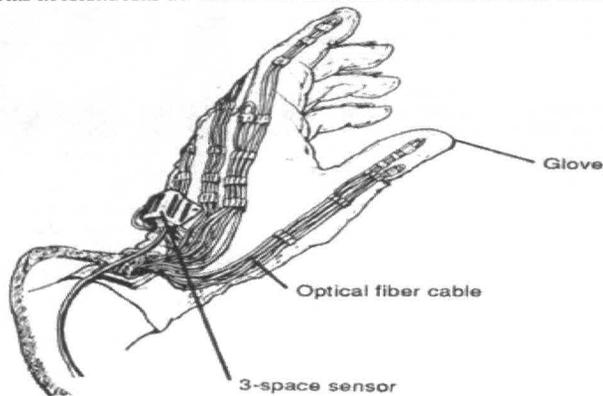


Figura 4. DataGlove

Nivel Inmersivo

Un sistema VR inmersivo incluye tecnologías que envuelven, e interactúan en conjunto con los sentidos humanos (vista, oído, tacto, gusto, y olfato), mediante HMD's, o presentaciones múltiples de gran proyección (caverna), sensores ultrasónicos para rastrear la posición y la orientación, generadores de sonido 3D, guantes, y exo-esqueletos para la retroalimentación táctil y háptica.

ASPECTOS DE PROGRAMACIÓN VR

Las partes básicas en que se puede dividir un sistema VR son: las entradas al proceso, la simulación del proceso, el rendering del proceso y la base de datos del mundo. En todas estas partes se debe

considerar el tiempo requerido para su proceso. Cada demora en el tiempo de respuesta degrada la percepción de "presencia" y realidad de la simulación.

Proceso de simulación

El núcleo de un programa VR es el sistema de simulación. Maneja las interacciones, las acciones del objeto escrito, las simulaciones de leyes físicas (reales o imaginarias) y determina el estado del mundo. Este es un proceso discreto que se realiza en cada intervalo de tiempo. Una aplicación VR puede considerarse en red, donde corren varias simulaciones en diferentes máquinas, y una máquina coordina toda la complejidad de los procesos.

El motor de la simulación es el que toma las entradas del usuario junto con cualquier tarea programada en el mundo como detección de las colisiones, escrituras, etc., y determina las acciones que se deben realizar en el mundo virtual.

Proceso de rendering

Los procesos de rendering en un programa VR, son los que crean las sensaciones que se presentan al usuario. Hay procesos de rendering separados para diferentes sistemas sensoriales: visual, auditivo, háptico y otros. Cada rendering tomará una descripción del estado del mundo del proceso de la simulación o lo obtienen directamente de la base de datos del mundo en cada paso de tiempo.

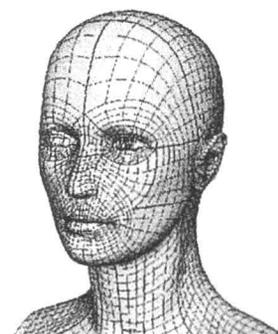


Figura 5. Objeto Renderizado.

Rendering visual

El rendering visual es el proceso más común. La principal consideración de un rendering gráfico para las aplicaciones VR es la tasa de generación de marcos visuales. Cada 1/20 de segundo se debe crear un marco, frecuencia mínima a la que el cerebro humano une un flujo de imágenes para percibir una animación. El proceso de rendering visual generalmente se conoce como rendering de ensamble. Esto se refiere a la serie de subprocesos que se invocan para crear

cada marco. Una muestra de rendering de ensamble comienza con una descripción del mundo, los objetos, la localización de la iluminación y la cámara (ojo) en el espacio del mundo. Un primer paso elimina los objetos no visible por la cámara. Luego se transforma la geometría de los objetos restantes al sistema de coordenadas del ojo. Entonces se ejecuta el algoritmo de superficies ocultas y el rendering de píxel actual. El rendering de píxel también se conoce como el algoritmo de "iluminación" o de "sombreado". Hay varios métodos diferentes posibles que dependen del realismo y velocidad de cálculo disponible. El método más simple se llama sombreado plano y simplemente llena el área entera con el mismo color.

Rendering de audio

Un sistema VR se mejora mucho con la inclusión de audio mono, estéreo o 3D. El último es bastante difícil. No es suficiente producir efectos estereofónicos en la medida en que la mente tiende a localizar estos sonidos dentro de la cabeza. Investigadores en audio 3D han mostrado que hay muchos aspectos de nuestra cabeza y la forma del oído, que afectan el reconocimiento de audio 3D. Es posible aplicar una función matemática compleja llamada HRTF (Head Related Transfer Function) a un sonido para producir este efecto. El HRTF es una función muy personal que depende de la forma del oído del individuo, etc., Ha habido un éxito significativo con una HRTF generalizada que funciona para la mayoría de las personas y ubicación del audio.

Rendering háptico

La háptica es la generación de información de retroalimentación de tacto y fuerza. Por ser una nueva ciencia hay muy pocos estudios sobre el rendering del sentido del tacto (como líquido, piel, etc.). Casi todos los sistemas se han enfocado en la retroalimentación de fuerza. Muchos sistemas hápticos usan exo-esqueletos para determinar la posición, así también para proporcionar resistencia al movimiento o para permitir la aplicación de fuerza activa.

Otros sentidos

Los sentidos de equilibrio y movimiento pueden servir en un grado apropiado en un sistema VR por medio de una plataforma en movimiento. Se usan en simuladores de vuelo y algunos teatros para proporcionar ciertas sensaciones de movimiento que la mente integra con otras señales para percibir movimiento. No es necesario recrear el movimiento exacto para engañar a la mente.

El sentido de temperatura ha tenido cierto desarrollo tecnológi-

co. Hay bombas eléctricas de calor muy pequeñas que pueden producir la sensación de calor y frío en una área localizada. Actualmente estos sistemas son bastante caros.

Espacio del mundo

El propio mundo virtual necesita definirse en un "espacio mundial". Por su naturaleza, como simulación de computador, este mundo está necesariamente limitado. El computador debe dar un valor numérico a las posiciones de cada punto de cada objeto dentro del mundo. Normalmente las coordenadas se expresan en dimensiones cartesianas x, y, y z (longitud, altura y profundidad). Aunque se pueden usar otros sistemas de coordenadas, las cartesianas es la norma para casi todas las aplicaciones.

Coordenadas del mundo

Una limitación importante en el espacio del mundo es el tipo de números que se usa para las coordenadas. Algunos usan coordenadas de punto flotante, lo que permite que se pueda especificar un rango muy grande de números, perdiendo un poco de precisión. Otros sistemas usan coordenadas de punto fijo que proporcionan precisión uniforme en un rango más limitado de valores. Un método para operar las limitaciones en las coordenadas mundiales, consiste en dividir un mundo virtual en mundos múltiples y proporcionar medios para transitar entre ellos. Esto permite hacer cálculos con menos objetos para scripts y rendering. Debe haber fases múltiples (áreas, zonas, mundos, universos, etc.) y una manera de moverse entre ellos (portales).

Base de datos del mundo

Hay varias maneras diferentes de almacenar la información del mundo: un solo archivo, una colección de archivos, o una base de datos. El método archivos múltiples es uno de los

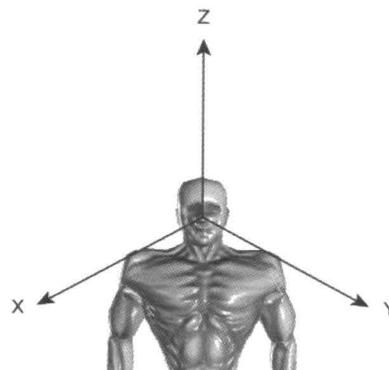


Figura 6. Objetos en un plano de coordenadas X, Y, Z.

acercamientos más comunes para el desarrollo de paquetes VR. Cada objeto tiene uno o más archivos (geometría, scripts, etc.) y hay un archivo global "mundo" que carga los otros archivos. Algunos sistemas también incluyen un archivo de configuración que define las conexiones de interface de hardware.

AREAS DE APLICACIÓN DE LA REALIDAD VIRTUAL

VR en la educación

Música

Se puede crear un objeto virtual para representar un sonido particular como el que produce un sintetizador y el usuario puede generar ese sonido interactuando con el objeto. También se pueden programar distintos parámetros para cada sonido, y combinar diferentes sonidos. Los objetos no tienen por qué parecerse a los instrumentos tradicionales y cualquier sonido se puede definir por medio de un productor de sonidos. Una viola virtual se puede construir a partir de una red o reja con cuerdas cruzadas y el sonido de una trompeta virtual puede provenir simultáneamente de un conjunto de muchas campanas. De este modo, en un mundo virtual, los usuarios pueden crear y componer con baterías y tambores de muy distintas clases. Las reconstrucciones virtuales de música real hecha por músicos pueden resultar muy útiles para los propios artistas. Los estudiantes pueden ser conscientes de sus propias fallas y si se conectan a un sistema director pueden tener una realimentación táctil de las pautas, lo que les permite adoptar sus propios estilos.

Química

Interaccionar con enormes moléculas y volar a través de sus estructuras, graduar su tamaño, ensamblarlas, en un sistema inmersivo, son posibilidades que permite la VR. Los laboratorios de colegios y universidades pueden evolucionar pues la experimentación física de reacciones químicas se verá reforzada o reemplazada por simulaciones avanzadas en realizaciones virtuales. Los escenarios ¿Qué pasaría si...? serán representados en la seguridad de los escenarios virtuales. Los estudiantes pueden diseñar los componentes virtuales de una molécula y crear sus propios modelos, visualizándolos y manejando el objeto virtual.

Ciencias biológicas

Con la ayuda de los sistemas de visualización desarrollados para las aplicaciones médicas, los estudiantes que trabajan con partes de la anatomía estudiarán el cuerpo humano y animal hacia el interior, como si fuesen quitando capas para ver qué hay debajo, y hacia el exterior, por ejemplo, visualizando las capas que rodean a un órgano vital. Utilizando nuevas técnicas de realce o suspensión de imágenes, las presentaciones tridimensionales con representación transparente en diferentes niveles, permiten a los estudiantes hacer visualizaciones profundas y reafirmar las relaciones estructurales de tejidos y órganos. La inmersión sensorial en un laboratorio anatómico virtual, por ejemplo, amplía todo aquello que no se ha estu-

diado con el detalle suficiente. El software de "partes del cuerpo" se puede utilizar como ayuda para el aprendizaje, un estudiante puede examinar un objeto virtual (como un músculo o articulación) desde muchos ángulos y puede manipularlo o someterlo a esfuerzos para comprobar cómo trabaja o cómo se lesiona. Los estudiantes pueden infectar los cuerpos con agentes y observar las consecuencias en tiempo real o acelerado, según se va extendiendo por todo el cuerpo.

Matemáticas

En la actualidad se están reconociendo las técnicas de visualización como herramientas indispensables para la enseñanza y el aprendizaje de la matemática aplicada, promoviendo nuevas formas de pensamiento matemático. Los sistemas de visualización permiten a los profesores trabajar visualmente con las formas y relaciones de la geometría, el cálculo, las ecuaciones diferenciales, el álgebra lineal y el análisis matemático complejo. Estos sistemas permiten a los usuarios interpretar las estadísticas, procesos estocásticos, geometría de las fractales y el caos, y presentar su significado subyacente de forma efectiva y animada. Los conos, cubos, cilindros y esferas de la geometría sólida se crean, posicionan y rotan según el deseo del usuario. Se pueden examinar uniones e intersecciones en tiempo real. A través de la interpretación de imágenes visuales, profesores y estudiantes pueden apreciar mejor la belleza intrínseca de las matemáticas.

Astronomía

Los datos tomados a lo largo de los años y registrados en bases de datos se están introduciendo en supercomputadores para reconstruir simulaciones tridimensionales de torbellinos y espacios vacíos que caracterizan nuestras galaxias. Estos datos son a su vez base de realizaciones virtuales galácticas a través de las cuales los estudiantes e investigadores pueden volar, visualizando el universo desde perspectivas espaciales únicas. Las visualizaciones iniciales de los datos ya han proporcionado a los científicos una percepción sobre la estructura del universo. El aprendizaje sobre el Universo se convierte en una exploración del Universo.

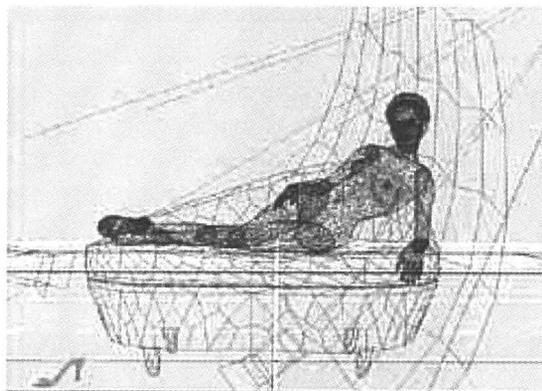


Figura 7. Diseño de una escultura virtual.

Arte

En un entorno virtual se puede crear cualquier objeto semejante a cualquier cosa, y los dispositivos son a veces pinceles, o sprays para crear formas coloridas. Los niños que cuentan con estos dispositivos y los suyos propios crean diseños y objetos virtuales originales y "pintan" paisajes surrealistas. El arte se convierte en una experiencia de expresión interactiva y creativa. En las artes teatrales, las estructuras virtuales y el diseño de las escenas se puede realizar en espacios virtuales, se pueden probar y adaptar para un uso instructivo. Construir argumentos interactivos y ensayar con participantes reales o virtuales.

La realidad virtual en la medicina

Los entornos virtuales se están convirtiendo en puntos viables de reunión para el desarrollo de nuevas aplicaciones médicas sensacionales que van desde prótesis para los disminuidos físicos hasta la representación ciberespacial de traumas de guerra. También, se facilita en un entorno virtual la

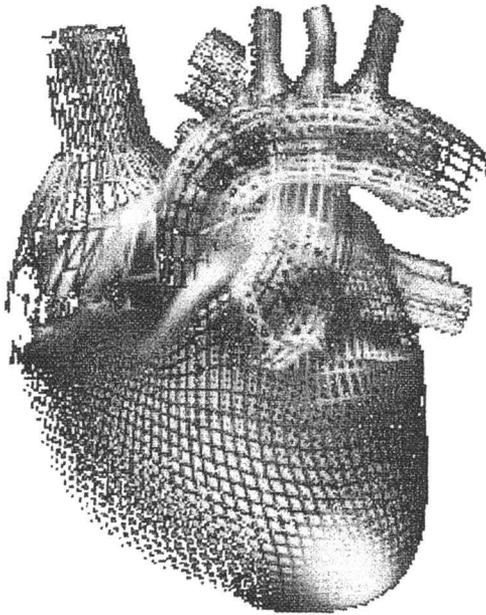


Figura 8. Modelo del Corazón VR

exploración e intervención médica a niveles celulares y genéticos. Actualmente, los especialistas médicos trabajan con imágenes bidimensionales obtenidas por computador. Ya existen aplicaciones reales, las endoscopias en estéreo pueden transmitir figuras tridimensionales a los ojos del médico a través de una unidad de presentación montada sobre la cabeza para que pueda hacer una cirugía, casi como si estuviese dentro del paciente. Los anestesiólogos pueden ver muestras de signos vitales, como las pulsaciones o la presión sanguínea, superpuestos en sus pacientes.

Son muchas las aplicaciones, reseñamos las que a nuestro juicio son más importantes.

Tratamiento mediante radiaciones

Una de las aplicaciones más asombrosas y precisas de las técnicas de la realidad virtual es la de la configuración de rayos para los tratamientos de tumores por radiaciones. Las técnicas de tratamiento y terapia requieren una radiación muy fuerte de rayos X dirigida sobre el tumor. La tarea es irradiar los rayos de tal manera que afecten sólo al tumor, y no a otras partes sensibles de la anatomía, como la columna vertebral o los ojos. El tumor en cuestión puede estar envuelto en un órgano, incrustado en tejido sensible o puede tener ramas en otras áreas. Cualquier ayuda que permita al médico examinar el crecimiento descontrolado también le permitirá decidir sobre las formas y los medios más efectivos de tratar el problema. Vencer el desafío es más sencillo si se irradian rayos virtuales en una imitación virtual de la parte afectada del cuerpo.

Microcirugía Telemanipulada

La VR y las tecnologías de las micromáquinas, combinadas con el control remoto, se están convirtiendo cada vez más en parte de lo que se llama cirugía mínimamente invasora (MIS por Minimally Invasive Surgery), con incisiones y pruebas mínimas, evitando traumas innecesarios al paciente. La cirugía abdominal laparoscópica estuvo entre las primeras técnicas mínimamente invasoras que tuvieron éxito, y bien podría estar entre las primeras aplicaciones de telepresencia en un quirófano.

Los cirujanos y especialistas, ayudados por exhibiciones de VR, ejecutan la teleoperación con dispositivos en pacientes humanos. Otras aplicaciones pueden utilizar minúsculas micromáquinas introducidas en el cuerpo y en el flujo sanguíneo, como emisarios micromédicos, para desatascar obstrucciones, diagnosticar dolencias y administrar medicación.

Los lugares del cuerpo previamente inaccesibles o que inhibían intervenciones quirúrgicas o mecánicas (por ejemplo, sistemas vasculares, niveles de células y genes, etc.) son áreas candidatas a intervenciones microquirúrgicas o micromecánicas, que están ayudadas por exhibiciones virtuales ampliadas. Una realización virtual muy ampliada que mantenga un paralelismo con la realidad, proporciona a los cirujanos una buena opción para ayudarles a visualizar mejor el lugar de la operación, las micromáquinas y sus componentes de trabajo. Esto, junto con un telecontrol pre-

ciso de dispositivos, ayuda a los cirujanos a realizar procedimientos delicados de microcirugía con mayor confianza que si lo hiciesen en la realidad.

Entre los esfuerzos por solucionar problemas mediante simulación quirúrgica de VR son notables los que se están haciendo en el Hospital Militar Silas B. Hays en Fort Ord, en California. El jefe de Cirugía General, el Doctor Richard Satava, ha colaborado con un grupo de expertos de Menlo Park y con los creadores de productos VR para agregar la dimensión virtual a las técnicas quirúrgicas que ya incluían laparoscopia y videoendoscopia. A partir de un equipamiento móvil y de un código, se construye un simulador relativamente simple para investigar y para entrenar a los médicos residentes. Contiene un abdomen virtual, con estómago, páncreas, hígado, bilis y vesícula biliar, y un buen número de dispositivos de manipulación quirúrgica.

Realidad virtual en la Universidad Nacional

Laboratorio VR

Como se ha visto, la VR es una herramienta que ofrece muchas posibilidades en educación e investigación, por esto la Universidad Nacional, dentro del proyecto de Universidad Virtual que dirige el Profesor Oswaldo Lezama se inicio el proyecto de Laboratorio de Realidad Virtual UN, con la colaboración del profesor Bernardo Uribe, Profesor de Mundos Virtuales. Con el objeto de generar una técnica, un ambiente y una metodología de inmersión, que extienda los horizontes del campo de aprendizaje más allá de las fronteras de una clase, proporcionando a los estudiantes y profesores un medio físico para fomentar y elevar el proceso creativo.

El proyecto Laboratorio de Realidad Virtual surge como un proyecto de investigación que pretende un estudio básico de la VR sobre

hardware y software necesario para la implantación de un sistema de Realidad Virtual, el desarrollo de aplicaciones básicas y prácticas, y la implementación de una metodología de diseño para el desarrollo de Software VR. Se esperan como primeros resultados la definición específica del soporte computacional, los dispositivos básicos de la Realidad Virtual y su respectiva configuración, el diseño e implementación de un prototipo, como fundamento para el desarrollo de proyectos futuros, la documentación del sistema de VR, el diseño de un curso introductorio a la VR para profesores y estudiantes, y un estudio de proyecciones sobre la VR en la Universidad Nacional.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. **Aukstakalnis S, D Blatner.** Silicon Mirage: The Art and Science of Virtual Reality. Berkeley, CA: PeachPit, Press, 1992.
2. **Colonel R M, Satava MD.,** "Virtual Reality Surgical Simulator, the First Steps", Proceedings, Medicine Meets Virtual Reality, University of California, San Diego, Junio 1992.
3. **Larijani C.** "Realidad virtual", McGraw-Hill, Madrid, 1994.
4. **Mcgreevy M.** "Virtual Reality and Planetary Exploration", Online Ames Computer Systems and Research Division, 1991;13 (8)
5. **Rheingold H.** "Virtual Reality", Summit Books, Simon & Schuster, New York, 1991.

Sitios de interés en Internet: Sistemas VR , Mundos inmersivos

<http://www.cmresearch.com/>

<http://www.cs.cmu.edu/>

<http://www.cerca.unmontreal.ca/vu/>

Laboratorios de Realidad Virtual

Laboratorio Mejor equipado <http://www.ait.nrl.navy.mil/vrlab>

Universidad de Oviedo, <http://ftp.etsimo.uniovi.es/links/vr.html>

Universidad de Michigan, <http://www.mindlab.org/>

Universidad de Iowa, <http://www.icemt.iastate.edu/>

Universidad de Houston, <http://www.vetl.uh.edu/>

Universidad de Ohio, <http://www.osc.edu/Biomed>

Universidad de Paderborn, <http://www.hni/uni-paderborn.de/vr>

Aplicaciones Médicas

Modelos de corazón, <http://www.meruccecs.missouri.edu/>

Laboratorio VR de Medicina VRMedLab, <http://www.bvis.uic.edu>,