

Aplicación de la Realidad Virtual en la enseñanza a través de Internet

**José R. Hilera
Salvador Otón
Javier Martínez**

RESUMEN

Se presentan conceptos básicos relacionados con la Realidad Virtual y se analiza su posible aplicación en el ámbito docente a través de Internet mediante la creación de sistemas de aprendizaje en forma de mundos virtuales tridimensionales e interactivos. Se valora positivamente la especificación estándar del lenguaje VRML (*Virtual Reality Modeling Language*) como medio para crear los mundos virtuales en Internet a los que puedan acceder los estudiantes utilizando navegadores o exploradores que incorporen visualizadores de VRML.

INTRODUCCIÓN

La aparición de Internet como medio de comunicación ha supuesto que el acceso a la información sea sencilla y rápida. La mayor parte de esta información reside en las conocidas páginas Web, que suelen presentar texto e imágenes en dos dimensiones. El mundo real es tridimensional, por lo que al reducir el "mundo" Web a sólo dos dimensiones se está perdiendo información, de ahí la conveniencia de la integración de una tercera dimensión que permita, por ejemplo, recorrer las instalaciones de un museo o de una universidad hasta llegar a la información que interese al visitante. Esto ya es una realidad que puede conseguirse a través de un lenguaje de modelado de realidad virtual como VRML (*Virtual Reality Modeling Language*).

La aplicación de nuevas tecnologías en la enseñanza es cada vez más habitual. Nadie se extraña cuando un profesor publica en una página Web el temario de sus asignaturas, los apuntes e incluso los exámenes ya realizados. Ya existen en Internet las llamadas universidades virtuales que permiten al alumno realizar cualquier tipo de estudios en un ambiente virtual, sin una sede física donde se impartan esos estudios. La mayoría sólo permite interactuar con la institución a través de páginas web en dos dimensiones, sin considerar recursos tridimensionales que puedan favorecer el aprendizaje de los conceptos de las distintas asignaturas.

Un importante campo de las Ciencias de la Computación denominado "Realidad Virtual" tiene importantes aplicaciones en la educación, para estimular el proceso de aprendizaje. Las aplicaciones de realidad virtual consiguen un efecto llamado "inmersión", según el cual "los estudiantes pueden interactuar completamente con el ambiente artificial utilizando los sentidos del tacto, el oído, y la vista mediante dispositivos especiales que están conectados al computador, tales como "guantes de datos" y pequeños monitores de vídeo dentro de un casco. Estos aparatos tienen sensores que detectan el movimiento de forma precisa, repercutiendo en el mundo virtual en el que los estudiantes están inmersos" (García Ruiz, 1998). Esta técnica puede trasladarse a Internet a través de VRML, lenguaje con el que se puede crear un ciberespacio con mundos virtuales; los usuarios pueden almacenar los mundos virtuales e intercambiar información en este medio, donde ellos actúan como participantes

activos. Los estudiantes pueden aprender prácticamente cualquier área del conocimiento utilizando esta tecnología.

REALIDAD VIRTUAL

El término "Realidad Virtual" suele asociarse a casi todo aquello que tiene que ver con imágenes en tres dimensiones generadas por ordenador y con la interacción de los usuarios con este ambiente gráfico. Ello supone la existencia de un complejo sistema electrónico para proyectar espacios visuales en 3D y para enviar y recibir señales con información sobre la actuación del usuario, quien, con un sistema de este tipo, puede sentir que se encuentra inmerso en un "mundo virtual".

A finales de los 80, los gráficos generados por computador entraron en una nueva época. Además de que las imágenes tridimensionales comenzaran a reemplazar a las bidimensionales, también comenzó a surgir la necesidad de un espacio de trabajo totalmente interactivo generado a través de la tecnología. Es precisamente a finales de esta década, en 1989, cuando se propone, por parte de Jaron Lanier, el término "Realidad Virtual".

A partir de principios de los años 90, los sistemas de realidad virtual se han visto enriquecidos con sensaciones del mundo real a través de estímulos visuales, auditivos y de otro tipo que afectan al usuario de manera interactiva. Esto es en esencia lo que se conoce como "Realidad Virtual".

El objetivo de la Realidad Virtual es crear una experiencia que haga sentir al usuario que se encuentra inmerso en un mundo virtual, aparentemente real; para ello, se sirve de gráficos 3D así como del sonido que envuelve las escenas mostradas. La realidad virtual utiliza la visión de un observador, el usuario, quien se mueve dentro del mundo virtual utilizando dispositivos adecuados, como gafas o guantes electrónicos.

La Realidad Virtual explota todas las técnicas de reproducción de imágenes y las extiende, usándolas dentro del entorno en el que el usuario puede examinar, manipular e interactuar con los objetos expuestos. Un mundo virtual es un modelo matemático que describe un "espacio tridimensional", dentro de este "espacio" están contenidos objetos que pueden representar cualquier cosa, desde una simple entidad geométrica, por ejemplo un cubo o una esfera, hasta una forma compleja, como puede ser un desarrollo arquitectónico, un nuevo estado físico de la materia ó el modelo de una estructura genética. Se trata, en definitiva, de un paso mas allá de lo que sería la simulación por computador, tratándose realmente de la simulación interactiva, dinámica y en tiempo real de un sistema.

Dispositivos de Realidad Virtual

La Realidad Virtual en el área de la visión trabaja básicamente con cascos o con equipos basados en un brazo mecánico que sostiene un display a través del cual, al girarlo, se puede observar el entorno del mundo virtual en el cual está inmerso el usuario. Una característica de estos dispositivos es la visión estereoscópica, sensación de ver una determinada imagen en tres dimensiones, esto se logra haciendo una representación igual para cada ojo de la imagen que se va a observar, estas representaciones son posteriormente proyectadas desde un mismo plano y separadas una distancia que está determinada por la distancia a la cual se encuentra el observador del plano de las imágenes.

Los audífonos son el equipo básico empleado para escuchar los sonidos propios de un ambiente virtual. Con los denominados *audífonos convencionales*, los de uso más corriente, se escucha el sonido simulado de los objetos sin identificar auditivamente el punto de ubicación de los mismos. Utilizando audífonos especiales, como el *convolutrón*, además de simular el sonido propio de los objetos, se puede simular la ubicación de los mismos dentro del ambiente virtual.

En la actualidad la Realidad Virtual esta haciendo uso de guantes y trajes como medio para interactuar en un ambiente virtual, para lograrlo, estos dispositivos se comportan inicialmente como dispositivos de entrada que permiten al computador "conocer" las actuaciones del usuario. Cuando actúan como dispositivos de salida, pueden utilizarse para hacer llegar al usuario, por ejemplo, la sensación de estar sosteniendo un objeto que se ha cogido dentro del ambiente virtual, esto se logra gracias a unas almohadillas que se inflan en el guante y dan la sensación de peso. También se puede llegar a percibir la rugosidad y forma propias de objetos virtuales, lo cual se logra con dispositivos que tienen partes de aleaciones con memoria que tras variaciones en la temperatura toman formas que se les han practicado con anterioridad.

Los denominados dispositivos de seguimiento son aquellos mediante los cuales el computador localiza al usuario dentro del ambiente virtual. Uno de los más utilizados es el *tracking óptico*, mecanismo que consta de un casco que es llevado por la persona que se encuentra inmersa en la escena virtual. Este casco tiene en su parte superior una cámara que enfoca el techo de la sala dentro de la cual se desplaza el usuario. En el techo se encuentran ubicadas unas lámparas que se encienden y apagan secuencialmente a gran velocidad y las cuales reciben la señal enviada por la cámara. La lámpara que se enciende en el momento en que la persona pasa bajo ella es la que envía la señal de ubicación al ordenador.

Aplicaciones de la Realidad Virtual

La Realidad Virtual es una tecnología que puede ser aplicada en cualquier campo, como la educación, gestión, telecomunicaciones, juegos, entrenamiento militar, procesos industriales, medicina, trabajo a distancia, consulta de información, marketing, turismo, etc.

Una de las principales aplicaciones es la telerobótica, que consiste en el manejo de robots a distancia, pero con la salvedad de que el operador ve lo que el robot esta viendo e incluso tiene el tacto de la máquina.

En la industria se utiliza también la Realidad Virtual para mostrar a los clientes aquellos productos que sería demasiado caro enseñar de otra manera o simplemente no están contruidos porque se realizan a medida. Se están utilizando sistemas de este tipo, por ejemplo, para el diseño de calzado deportivo, permitiendo acortar los tiempos de diseño de un producto de vida muy corta en cuanto a la permanencia de un modelo en el mercado.

La Realidad Virtual también se utiliza para tratar sistemas que no pueden ser manejados en el mundo real. Por ejemplo, simulaciones de enfrentamientos bélicos, o simuladores de vuelo.

Otro campo de aplicación es el de la construcción de edificios. Entre otras posibilidades, la realidad virtual permite el diseño del interior y exterior de una vivienda antes de construirla, de forma que el cliente pueda participar en el mismo realizando una visita virtual de la vivienda que se va a construir.

En el ámbito de la medicina, además de facilitar la manipulación de órganos internos del cuerpo en intervenciones quirúrgicas, la realidad virtual permite, entre otras posibilidades, la creación, para los estudiantes de medicina, de pacientes virtuales que adolecen de diversas enfermedades y presentan los síntomas característicos para poner en práctica las habilidades terapéuticas del futuro médico. En el tratamiento de fobias también se ha comprobado la utilidad de los sistemas de realidad virtual, donde el paciente tiene el control de la "realidad" y puede ir manejando su experiencia dentro de la misma.

Otras aplicaciones científicas de la Realidad Virtual consisten en el estudio de tormentas eléctricas, los impactos geológicos de un volcán en erupción, el diseño de compuestos químicos, el análisis molecular, la investigación en ingeniería genética, etc.

VRML (*Virtual Reality Modeling Language*)

VRML es un lenguaje para el desarrollo de aplicaciones de realidad virtual en Internet, en forma de mundos virtuales compuestos de un espacio, normalmente tridimensional, donde los objetos son interactivos. En estos mundos virtuales el usuario podrá adentrarse, eligiendo entre varias perspectivas, e interactuar con los objetos que allí se encuentran. Esta tecnología es cada vez más accesible para el usuario medio, quién puede disponer de mejores equipos multimedia a precios asequibles.

La especificación original de este lenguaje, denominada VRML 1.0, data de octubre de 1994, y se basaba en un producto de la Compañía Silicon Graphics. En 1994 se creó el *VRML Architecture Group* (VAG), con el objetivo de ayudar en la clarificación e implementación de la especificación inicial de este nuevo lenguaje. Con posterioridad, este organismo ha sido sustituido por el *VRML Consortium*, entre cuyos miembros se encuentran Netscape, Microsoft, IBM o Silicon Graphics.

VRML 1.0 es un lenguaje para la descripción de mundos virtuales estáticos, que cumple tres requisitos fundamentales: es independiente de la plataforma donde se ejecute el visualizador, tiene capacidad para trabajar de un modo eficiente con conexiones lentas, y es extensible, es decir, susceptible de ser ampliado fácilmente.

Después de la definición de la primera versión, se observó que los mundos estáticos no eran suficientes, sino que hacía falta que los objetos tuviesen comportamientos propios y que el usuario pudiese interactuar con ellos. Por ello, en 1995 el VAG solicitó propuestas de modificaciones de la especificación VRML que permitiesen lograr dichos objetivos. En 1996, la propuesta denominada *Moving Worlds* presentada por Silicon Graphics fue ratificada por el VAG como la especificación oficial VRML 2.0. Esta nueva versión es mucho más compleja que su predecesora, y en ella destacan los siguientes aspectos:

- Posibilidad de especificar comportamientos para los objetos, ya sea usando el propio lenguaje VRML o mediante *scripts* en lenguajes externos (JavaScript, Java, Visual Basic, etc.), los cuales no están limitados por la especificación.
- Posibilidad de interacción con el usuario mediante la definición de una serie de sensores de posición, de contacto, de colisión, etc. La información registrada por estos sensores es enviada a los diferentes objetos que componen el mundo virtual y, en función de los valores recibidos, cada objeto virtual actuará en consecuencia.

- Finalmente, el lenguaje de descripción de escenas tridimensionales ha sido ampliado significativamente, posibilitando efectos de fondo, sonidos tridimensionales, niebla, etc.

VRML 2.0 permite interactuar con el mundo virtual; sin embargo, no es posible interactuar con otras personas que estén accediendo al mismo mundo en el mismo instante. *Living Worlds* es la nueva propuesta de Silicon Graphics que está actualmente examinando el *VRML Consortium* para la nueva versión 3.0. Según esta propuesta, todas las personas que acceden a un mundo virtual pueden definir su propia representación en el entorno tridimensional, tanto para la detección de colisiones como para el aspecto que el usuario tendrá ante el resto de los visitantes.

En cuanto a las aplicaciones de VRML, éstas coinciden con las indicadas en el apartado anterior para el caso general de la Realidad Virtual. Así, con VRML se pueden desarrollar proyectos de arquitectura y decoración de edificios virtuales que pueden ser recorridos libremente por los propietarios o posibles compradores de los mismos. En la figura 1 se muestra un ejemplo de este tipo disponible en http://www.mars.ne.jp/~opaku/zigzag/v2_noh.wrl.



Figura 1. Edificio virtual creado con VRML

También se utiliza este lenguaje para crear animaciones interactivas que muestren, de forma tridimensional, los pasos de montaje de un determinado aparato o de un kit de bricolaje. En el ámbito de la ciencia, se aplica en la visualización tridimensional de compuestos, para el estudio de las tensiones internas que sufre un sólido al deformarse, etc. También existe la posibilidad de realizar laboratorios virtuales, en los que se demuestra un determinado fenómeno físico. En estos laboratorios las condiciones del experimento se pueden modificar, observando que ocurre en cada caso.

Otra posibilidad del lenguaje VRML es la creación de mundos virtuales que representen lugares geográficos remotos cuya visita se ofrezca a los viajeros que vayan a visitarlos de forma real para familiarizarse previamente con el lugar. En la figura 2 se muestra la primera imagen de dos de estos mundos, disponibles en http://www.mars.dti.ne.jp/~opaku/zigzag/v2_gizeh.wrl y <http://www.ddnet.es/personales/paulo/vrml/molino1/molinos.wrl>.

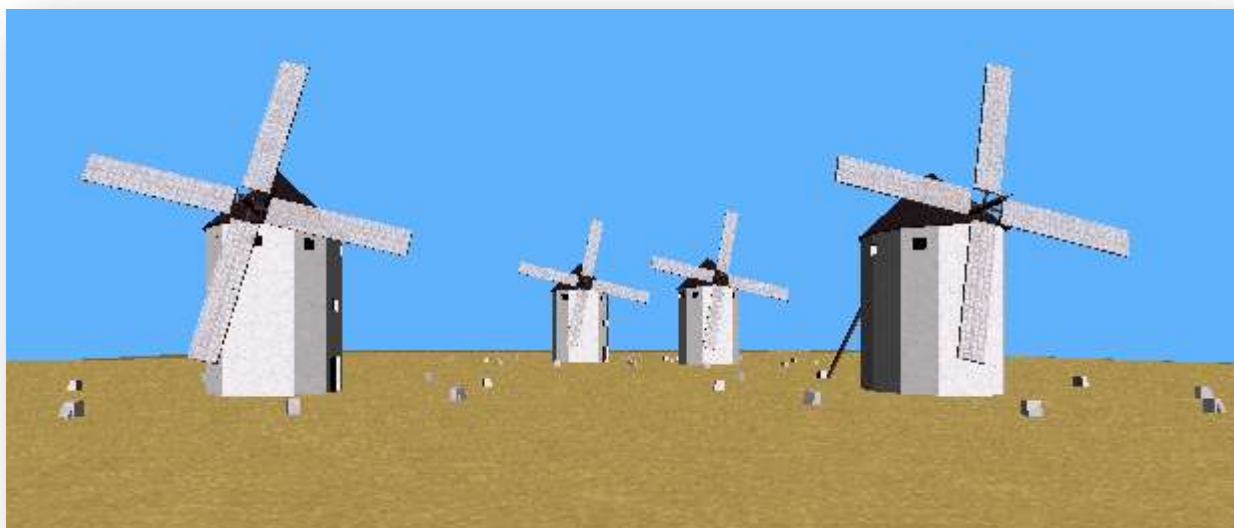


Figura 2. Lugares geográficos convertidos en mundos virtuales con VRML

Una de las herramientas imprescindibles para visitar cualquiera de los mundos virtuales realizados con VRML es el denominado visualizador o navegador, se trata de un software que puede funcionar como un programa independiente o ser un *plug-in* (programa-añadido) de un navegador de Internet como Netscape Navigator o Microsoft Internet Explorer. Todos ellos tienen al menos tres características en común: visualizan presentaciones tridimensionales de un archivo VRML, también ofrecen algún mecanismo para cambiar el punto de vista del usuario dentro del mundo virtual, y tienen algún medio para acceder a Internet. Uno de los más conocidos es *Cosmo Player*, que puede descargarse gratuitamente de la dirección <http://cosmosoftware.com/products/player/>.

Por otra parte, existen también editores o programas que permiten crear objetos y mundos virtuales. VRML es un lenguaje de descripción de escenas en el que cada escena se compone de objetos, éstos pueden ser elementos sólidos situados y orientados de determinada forma o elementos intangibles que afectan a la escena, como luces, sonido y distintos puntos de vista. Los objetos sólidos se codifican en VRML como listas de números que definen su forma, como

conjunto de coordenadas (x,y,z), y su tamaño. Los editores VRML ofrecen herramientas gráficas para crear los objetos y para añadir texturas y colores a su superficie. Los mundos virtuales creados con un editor se registran en archivos de texto, cuya extensión es .wrl. También existe la posibilidad de utilizar programas de diseño gráfico, los cuales generan automáticamente archivos en formato VRML. En las figuras 3 y 4 se muestran, respectivamente, un mundo virtual creado con el lenguaje VRML y parte del listado del archivo .wrl correspondiente (Jamsa, Schmauder y Yee, 1998).

Estos archivos se componen de tres tipos de elementos: cabecera, comentarios y nodos. La cabecera de un archivo VRML 2.0 es: `#VRML V2.0 utf8`, donde VRML V2.0 indica el estándar empleado y utf8 autoriza el uso de caracteres internacionales. Los comentarios se escriben precedidos del símbolo #. El tercer elemento del formato es el nodo, se trata de la estructura mínima indivisible de un archivo VRML y tiene como misión la de definir las características de un objeto o bien las relaciones entre distintos objetos. La mayoría de los nodos pueden repetirse tantas veces como sea necesario en una escena, salvo una serie de nodos especiales, como los que definen la niebla o la panorámica del mundo virtual, que aparecen una sola vez.

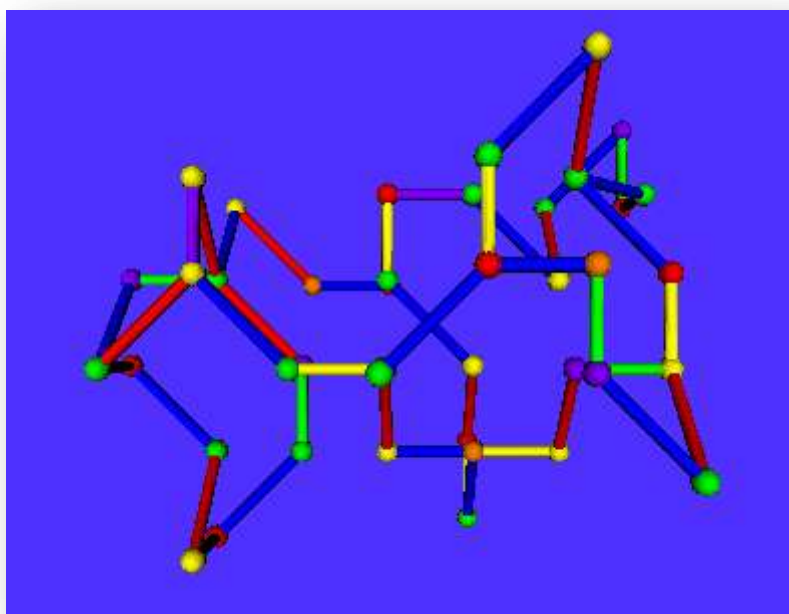


Figura 3. Estructura molecular virtual con VRML

No todos los nodos afectan al aspecto visual del mundo. Por ejemplo, existen nodos que actúan como sensores que detectan acciones del usuario e informan de ellas a otros objetos, y otros que se encargan de modelar los sonidos. Los nodos a su vez contienen campos que describen propiedades. Todo campo tiene un tipo determinado y no se puede inicializar con valores de otro tipo. De este modo, cada tipo de nodo tiene una serie de valores predeterminados para todos sus campos, de forma que cuando se utiliza en una escena sólo han de indicarse aquellos campos que se quieran modificar.

```

#VRML V2.0 utf8
#ejemplo.wrl

Background {skyColor .3 .2 1} # Fondo azul claro

Viewpoint {position -2 -2 8} # Definición del punto de vista

# Dibujo de tubos

Transform {children [DEF tubos Transform {children [Transform {children[DEF
    esfera Shape{appearance Appearance {material DEF rojo
    Material {diffuseColor 1 0 0 shininess .7}} geometry DEF
    esfera Sphere {radius .4}}]} Transform {translation 0 1.5 0
    children [DEF tuboy Shape {appearance Appearance
    {material DEF amarillo Material {diffuseColor 1 1 0 shininess
    .7}} geometry DEF tubo Cylinder {radius .2 height 3 top
    FALSE bottom FALSE }]}]}]}]}
.....

```

Figura 4. Fragmento de un archivo VRML

APLICACIÓN DE LA REALIDAD VIRTUAL Y VRML EN LA ENSEÑANZA

La Realidad Virtual es una tecnología especialmente adecuada para la enseñanza, debido a su facilidad para captar la atención de los estudiantes mediante su inmersión en mundos virtuales relacionados con las diferentes ramas del saber, lo cual puede ayudar en el aprendizaje de los contenidos de cualquier materia.

Según afirma García Ruíz (1998), a partir de los experimentos llevados a cabo por Sherman y Judkins (1994) en la Universidad de Washington se puede llegar a la conclusión de que con esta tecnología los estudiantes "pueden aprender de manera más rápida y asimilar información de una manera más consistente que por medio del uso de herramientas de enseñanza tradicionales (pizarra, libros, etc.), ya que utilizan casi todos sus sentidos. Los estudiantes no sólo pueden leer textos y ver imágenes dentro de un casco de Realidad Virtual, sino que además pueden escuchar narraciones, efectos de sonido y música relacionados con el tema que están aprendiendo. Por medio del uso de los guantes de datos, los estudiantes pueden "sentir" la textura, dimensiones e inclusive la temperatura de objetos virtuales que existen dentro del mundo virtual".

La Realidad Virtual es un recurso didáctico del que los profesores se pueden servir para motivar y atraer la atención de los estudiantes a través de los gráficos tridimensionales de calidad y del alto grado de interactividad ofrecida por los sistemas virtuales. Cada vez es mayor el número de centros de enseñanza en los que se utilizan aplicaciones de este tipo.

Uno de los tradicionales problemas de la aplicación de la Realidad Virtual en la enseñanza es que, debido a su elevado precio, esta tecnología no está al alcance de los estudiantes y profesores. Precisamente la aparición del lenguaje VRML ha paliado en cierta medida este inconveniente, haciéndola asequible a cualquier persona que posea simplemente un

ordenador y un navegador de Internet. Obviamente, sólo con estos dispositivos se pierde el sentido del tacto al carecer de guantes, pero la sensación de inmersión en un mundo virtual sigue siendo la misma.

La principal ventaja que ofrece VRML es la posibilidad de divulgación y la gran capacidad de integración que posee con el resto de recursos de Internet. Así, por ejemplo, si el servidor Web de una determinada facultad ofreciese la posibilidad de visitar las instalaciones del centro diseñadas como un mundo virtual en VRML, el usuario recorrería pasillos, vería tabloneros de anuncios, puertas de departamentos, etc, y simplemente seleccionando con el ratón, por ejemplo, un tablón de anuncios, podría visualizar, en formato de página HTML o XML, el contenido del tablón, ya que VRML permite la integración de estas páginas y de otros recursos de la red en los mundos virtuales.

De acuerdo con Sherman y Judkins (1994), una de las principales aplicaciones de la realidad virtual en el ámbito académico es la formación en facultades de medicina, especialmente en las materias de anatomía y cirugía. En la Universidad de Washington se está experimentando con clases demostrativas de cirugía virtual. En esta universidad se ha creado un "cadáver virtual", donde los estudiantes pueden empuñar un bisturí virtual y practicar. En este sentido es fácil imaginar un mundo virtual creado con VRML que represente un completo quirófano virtual internacional, en el que se recogieran las mejores técnicas quirúrgicas de distintos médicos de cualquier parte del mundo; esta información podría servir de aprendizaje para los estudiantes de medicina y también para otros médicos.

Los sistemas de Realidad Virtual tienen también aplicación en la enseñanza de las artes. En Canadá se ha desarrollado el sistema *Mandala*, con el que estudiantes de danza aprenden movimientos de baile, y practican y desarrollan su habilidad musical utilizando instrumentos "virtuales". Según García Rúa (1998), la Universidad de Grenoble en Francia ha desarrollado programas similares, y en la Universidad de Kansas los estudiantes diseñan escenarios de teatro y ensayan obras utilizando tecnología de Realidad Virtual (Huges, 1997).

En relación con el arte, el lenguaje VRML está permitiendo ofrecer en Internet versiones virtuales de cualquier tipo de museo o galería de arte del mundo. De esta forma, cualquier estudiante puede acceder, no sólo a la imagen digitalizada de un cuadro y a explicaciones textuales, sonoras o audiovisuales sobre el mismo, sino también puede conocer las instalaciones de museo y recorrerlas virtualmente.

Los estudiantes de arquitectura también pueden beneficiarse de la Realidad Virtual a través de programas educativos para el aprendizaje del diseño de diferentes tipos de edificios. Además, la integración de herramientas de diseño, como *AutoCAD*, con herramientas de animación tridimensional, como *3DStudio*, y editores de VRML está permitiendo la construcción, en Internet, de edificios virtuales de gran complejidad en los que una persona puede introducirse para recorrerlos hasta el último rincón y observar hasta el mínimo detalle de su construcción y decoración.

Para García Ruiz (1998), una de las aplicaciones educativas más notorias de la Realidad Virtual es el entrenamiento técnico, especialmente el de pilotos de aeronaves. En este caso, con esta tecnología se evitan riesgos que se presentan en el entrenamiento real, tales como tormentas o vientos fuertes que pueden causar accidentes al avión real si el piloto no tiene la suficiente pericia para salir adelante en estas situaciones. Pilotos de aerolíneas y del ejército utilizan simuladores de realidad virtual para medir sus reacciones en medio de circunstancias virtuales peligrosas (MacDonald, 1994)

Además de su utilización en estos y otros campos del conocimiento, siempre existe la posibilidad de aplicar la realidad virtual para la creación de los propios centros de enseñanza. En este sentido, ya se está experimentando con universidades, campus, bibliotecas, laboratorios y aulas virtuales.

En el caso de las aulas, éstas son un medio interactivo que permite a los estudiantes la inmersión en el ambiente de una clase simulada cuando vayan a realizar un curso de enseñanza asistida por ordenador. Algunos defensores de este tipo de recurso educativo llegan a afirmar, en su favor, que "donde la era de la televisión ha producido gente pasiva, estudiantes desocupados con índices cortos de atención, el ciberespacio puede ser capaz de cautivarlos y fomentar el involucramiento activo en su propia educación" (Jones, 1995). La existencia de laboratorios virtuales está favoreciendo esta participación activa, mediante la experimentación de fenómenos físicos y químicos, ya que los estudiantes pueden interactuar con los experimentos, incrementando así su interés.

5. Conclusiones

La Realidad Virtual es aquella forma de trabajo mediante la cual una persona puede interactuar totalmente con un ordenador, generando éste espacios virtuales en los que el usuario puede desempeñar sus labores, comunicándose con la máquina a través de dispositivos de interacción. VRML (Virtual Reality Modeling Language) es la forma de describir mundos virtuales en Internet. En el futuro, al igual que ocurre actualmente con lenguajes como HTML y XML, utilizados para crear las páginas Web de los internautas, se utilizará VRML para crear "mundos virtuales Web" particulares, que serán visitados por otros usuarios de Internet mediante un proceso de inmersión conseguido a partir de navegadores o exploradores y, en su caso, los dispositivos de Realidad Virtual adecuados (guantes, gafas, etc.).

Es VRML una extensión de la tecnología de Realidad Virtual, ya que pone al alcance de todos las grandes posibilidades que ésta ofrece, así como el gran poder comunicativo que origina su integración en Internet. Estas características, junto a la facilidad, tanto de visualización como de desarrollo, hacen que se convierta en una herramienta ideal a la hora de transmitir conocimiento y, por lo tanto, con grandes posibilidades en el ámbito de la enseñanza.

BIBLIOGRAFÍA

CARR, M., ENGLAND, L. (1995): *Simulated and virtual realities*. Londres, Taylor & Francis.

GARCÍA RUIZ, M.A. (1998): "Panorama General de las Aplicaciones de la Realidad Virtual en la Educación". <http://www.cogs.susx.ac.uk/users/miguelga/espaniol.htm>.

HUGES, N. (1997): "The University Theatre". <http://kuhttp.cc.ukans.edu~theatre/cad.html>.

JAMSA, K., SCHMAUDER, P., YEE, N. (1998): *VRML. Biblioteca del Programador*. Madrid, McGraw-Hill.

JONES, H. (1995): *Virtual reality applications*. Londres, Academic Press.

MACDONALD, V. (1994): *Interacting with virtual environments*. Chichester, Wiley.

MCCARTHY M., DESCARTES, A. (1998): *Reality Architecture..* Londres, Prentice-Hall.

PESCE, M. (1996): *VRML para Internet*. México, Prentice-Hall.

PÉREZ, G. (1995): "Introducción a la Realidad Virtual". <http://cecusac.gdl.iteso.mx>.

SHERMAN B., JUDKINS, P. (1994): *Glimpses of heaven, visions of hell: virtual reality and its applications*. Londres, Hodder & Stoughton.

VINCE, J. (1998): *Virtual Reality Fast*. Berlin, Springer.

"The Virtual Reality Modeling Language Specification", Agosto 1996. <http://www.vrml.org/VRML2.0/FINAL>.