

623

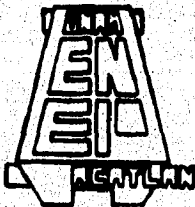


**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO**

**ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES  
ACATLAN**

**PRESENTACION DE LA TESIS  
"REALIDAD VIRTUAL: UNA OPCION  
TECNOLOGICA PARA EL IMSS"**

**PARA OBTENER EL TITULO DE  
LIC. EN MATEMATICAS APLICADAS Y  
C O M P U T A C I O N  
P R E S E N T A N I  
CARDENAS OLVERA MA. DEL SOCORRO  
SANCHEZ PIMENTEL LILIA PATRICIA**



**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**

ASESOR: ING. RUBEN ROMERO RUIZ



1996

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

# TESIS CON FALLA DE ORIGEN

**TESIS**

**COMPLETA**



## INDICE

<b>INTRODUCCION</b>	<b>1</b>
<b>CAPITULO 1. Que es Realidad Virtual</b>	<b>3</b>
1.1 Evolución de las interfaces humano-computadoras	3
1.2 ¿Qué es Realidad Virtual?	5
1.3 Características de un sistema de Realidad Virtual	7
1.4 Tipos de sistemas de Realidad Virtual	8
1.5 Presentación de imágenes virtuales	9
1.6 Problemas e implicaciones de la Realidad Virtual	10
<b>CAPITULO 2. Evolución de la Realidad Virtual</b>	<b>13</b>
2.1 Las primeras experiencias virtuales	13
2.2 Pioneros de la Realidad Virtual	17
2.3 El papel de la Armada Estadounidense en el desarrollo de la Realidad Virtual	19
2.4 La UNC y la Realidad Virtual	22
2.5 La NASA en el desarrollo de la Realidad Virtual	24
2.6 El presente de la Realidad Virtual	27
<b>CAPITULO 3. Componentes de un Sistema de Realidad Virtual</b>	<b>29</b>
3.1 Efectores	30
3.1.1 Dispositivos de salida	31
3.1.2 Dispositivos de entrada	43
3.2 Hardware	52
3.3 Geometría	53
3.4 Software	56
3.5 Fase para el desarrollo de un mundo virtual	58
3.6 Ejemplo de un sistema de Realidad Virtual para PC	59
<b>CAPITULO 4. Aplicaciones de los sistemas de Realidad Virtual</b>	<b>61</b>
4.1 Arquitectura	61
4.2 Fabricación	63
4.3 Ciencia e Ingeniería	66
4.4 Educación	67
4.5 Aplicaciones militares	70
4.6 Aplicaciones espaciales	70
4.7 Entretenimiento	72
4.8 Arte	73
4.9 Otras aplicaciones	75
4.10 Software comercial para crear aplicaciones	78

<b>CAPITULO 5. Realidad Virtual y Medicina</b>	<b>79</b>
5.1 Cirugía virtual	79
5.2 Radiaciones	84
5.3 Elaboración de fármacos	85
5.4 Transtornos mentales	87
5.5 Discapacitados	87
5.6 Beneficios adicionales	89
5.7 La Universidad de Loma Linda y la Realidad Virtual	90
5.8 El futuro	91
<b>CAPITULO 6. Integración de la Realidad Virtual al mercado de hoy</b>	<b>93</b>
6.1 Políticas científicas y tecnológicas	93
6.2 Sector salud en México	98
6.3 El hilo de la modernidad	100
<b>CAPITULO 7. Análisis e investigación de la Realidad Virtual en el IMSS</b>	<b>103</b>
7.1 La Realidad Virtual y el proceso productivo	103
7.2 El IMSS y su realidad	103
7.3 Determinación de la muestra	108
7.4 Resultados de la investigación de mercado	109
7.5 Conclusiones	115
<b>CAPITULO 8. La aceptación de la Realidad Virtual en el IMSS</b>	<b>117</b>
8.1 El futuro de la Realidad Virtual	117
8.2 La Realidad Virtual en el IMSS	118
8.3 Estrategias para la implementación de la Realidad Virtual en el IMSS	119
<b>CONCLUSIONES</b>	<b>121</b>
<b>BIBLIOGRAFIA</b>	<b>123</b>
<b>APENDICE A: GUIA DE PRODUCTOS</b>	<b>127</b>
<b>APENDICE B: DATOS OBTENIDOS DE LA INV. DE MERCADO</b>	<b>133</b>
<b>GLOSARIO</b>	<b>145</b>

## INTRODUCCION

Desde las sociedades más antiguas del mundo, el hombre ha tenido gran interés en buscar formas que permitan mitigar el dolor de su cuerpo, propiciar su restablecimiento físico, recuperar su salud mental, etc.

Es lógico suponer que un individuo física y mentalmente sano tiende a ser más feliz y productivo, por lo que puede forjarse mejores oportunidades, no tan sólo en el seno familiar, sino en la vida económica, social y política, tanto de la sociedad a la que pertenece como al mundo en general. Es por esto que de entre todas las actividades cotidianas del ser humano, las acciones en pro de la salud siempre han tenido un lugar preponderante y por ello la preocupación de las naciones por contar con medios y métodos que permitan crear una estructura capaz de cuidar la salud humana.

Actualmente, los avances e innovaciones científicas y tecnológicas, proporcionan oportunidades ideales a favor de la salud.

Del círculo científico y tecnológico, las ciencias de la computación determinan en gran medida la acción de la tecnología de vanguardia: telemática, CD-ROM, multimedia, televisión interactiva, etc. Enmarcan algunas de las tantas funciones de las computadoras. Más aún, el constante perfeccionamiento de los sistemas de cómputo ha logrado crear la posibilidad de un nuevo diálogo hombre-computadora, con lo que se llega a una interacción total gracias a la tecnología denominada Realidad Virtual; es decir, se ha creado la capacidad de interrelacionar al hombre con la computadora en un mundo sintético donde las semejanzas son totales con la realidad sin que existan prejuicios hacia el usuario.

La ciencia y la tecnología en el mundo moderno son actividades que requieren de una preparación altamente especializada. En general, México no se había distinguido por darle la debida importancia a estas áreas, sin embargo, desde hace una década, la tendencia de modernización de nuestro país sufrió un cambio drástico provocado por factores internos y externos como la firma del Tratado de Libre Comercio con Estados Unidos y Canadá. Estos factores produjeron la necesidad urgente de alcanzar en un plazo relativamente corto competitividad internacional, lo que implicó formular y poner en práctica una política científica y tecnológica adecuada a los objetivos estratégicos del país a partir de las características naturales, socioculturales e históricas del mismo.

Relacionar el trabajo científico y tecnológico con el cuidado de la salud de la sociedad mexicana que promueven algunas instituciones públicas como el Instituto Mexicano de Seguro Social (IMSS), implica el reconocimiento de las necesidades de modernización que se requieren en la institución. Para ello es de vital importancia dar a conocer algunas alternativas que representen soluciones prácticas, por ejemplo, la atención e investigación médica que se realizan en dicha institución pueden mejorarse si se conocen los beneficios que pueden ser obtenidos de la tecnología denominada Realidad Virtual, ya que es posible crear ambientes computarizados que pueden ser aprovechados como una extensión de las capacidades humanas para desarrollar nuevas y mejores técnicas que fomenten el cuidado de la salud. Con ello, no tan sólo médicos, sino también los estudiantes de Medicina que colaboran para el IMSS, podrán desarrollar e incrementar sus conocimientos obteniendo un mejor provecho de ellos.

El siguiente trabajo está conformado por los siguientes capítulos:

**Capítulo 1.** Se define lo que es Realidad Virtual y se describen los conceptos básicos que debe manejar cualquier sistema de este tipo: inmersión e interactividad.

**Capítulo 2.** En este capítulo se explica el desarrollo histórico que ha tenido la Realidad Virtual: los pioneros en esta área estaban buscando una tecnología en la cual la computadora permitiera a los usuarios "navegar

naturalmente" usando sus sentidos. Se hace hincapié en el papel que ha tenido la NASA como protagonista principal de la creación e impulso de esta tecnología, provocando con ello la aparición de empresas particulares que actualmente trabajan en su desarrollo.

**Capítulo 3.** Se describen ampliamente las partes que componen un sistema de Realidad Virtual: la estructura y componentes del hardware, el funcionamiento de los dispositivos que permiten interactuar en un ambiente virtual, se presenta la forma básica de construcción de bloques para poder crear los mundos virtuales y por último se señala el software que permite dirigir estas partes para crear la semejanza de la realidad, todo lo anterior se ejemplifica con un sistema de Realidad Virtual para PC.

**Capítulo 4.** La información que se define en este capítulo hace referencia a la aplicación que se le puede dar a la Realidad Virtual, sus beneficios y repercusiones en distintas actividades humanas tales como: negocios, entretenimiento, arte, aplicaciones espaciales y militares, los cuales son los campos donde ha tenido un mayor desarrollo esta tecnología.

**Capítulo 5.** Se explica como la Realidad Virtual está revolucionando algunas áreas de la ciencia médica mostrando la utilidad que se ha obtenido hasta la fecha. Además se hace referencia a los centros de investigación que están aplicando esta tecnología.

**Capítulo 6.** En este capítulo se dan a conocer los antecedentes del mercado mexicano a través del Plan Nacional de Desarrollo, enfocando las principales características de un libre mercado, a una economía en vías de desarrollo, estableciendo las limitaciones legales en el desarrollo científico y tecnológico del país. Así mismo, se muestran las políticas sociales encaminadas a los beneficios del sector salud en México.

**Capítulo 7.** Se aglutinan las principales características del proyecto Realidad Virtual al proceso productivo del país especificando las alternativas que hacen viable la integración de esta tecnología, con ayuda de un plan mercadológico. El estudio de mercado trae consigo una investigación de campo, encaminada a conocer el punto de vista de la población usuaria (médicos e investigadores del IMSS), determinando en gran medida la viabilidad que se ha prospectado en el estudio mercadológico.

**Capítulo 8.** En este capítulo se demuestra mediante la aplicación mercadológica, la proyección de la Realidad Virtual en el IMSS, indicando los fundamentos financieros y humanos para su aceptación.

## CAPITULO 1. QUE ES REALIDAD VIRTUAL

### 1.1 Evolución de las interfaces humano-computadoras

Desde que las computadoras empezaron a formar parte de la sociedad, han sufrido cambios drásticos no sólo en su apariencia, sino también, en el uso que se les ha dado. En un principio, estas eran pesadas herramientas destinadas sólo a ciertas aplicaciones y a un uso limitado por parte de las personas, debido al complicado hardware que poseían y sobre todo a la falta de un punto de enlace efectivo entre la computadora y el hombre.

Dicho punto de enlace, que comúnmente se le denomina interfase humano-computadora, empezó su transformación alrededor de los años 60's, debido al interés humano en lograr un sistema calificado que permitiera el empleo adecuado de la computadora, acrecentara su uso y al mismo tiempo otorgara al hombre control, seguridad y facilidad sobre esta. Para lograr estos propósitos se debía cumplir con el objetivo que tiene una interfase: comunicar eficientemente, en este caso, al hombre y a la computadora, enfatizando en el mejor diseño de este medio de comunicación tanto a nivel hardware como software para obtener mayor aceptación por parte de las personas.

Durante la primera generación de computadoras, la comunicación de los usuarios hacia estas herramientas consistía en escribir los programas en el lenguaje de la máquina (lenguaje ensamblador), distribuyendo ellos mismos las celdas de la memoria de acceso rápido entre el programa, los datos de entrada y los datos de salida. Prácticamente, era imposible orientarse en un programa ajeno sin explicaciones detalladas del autor sobre la estructura del programa y la distribución de la memoria, por lo que rara vez se practicaba el intercambio de programas.

Para poder utilizar las computadoras de esta generación, se tenía una rutina muy establecida: el programador llegaba a la sala de computadoras a la hora indicada, se sentaba frente al tablero de mando de la computadora y capturaba su programa. Encontrar, corregir errores y comprobar los resultados por medio de cálculos de ensayo, eran tareas que requerían de mucho tiempo y esfuerzo.

Utilizar un lenguaje máquina como medio para comunicarse con la computadora, era una labor que requería de gran precisión. Es bien sabido, que el hombre es propenso a cometer errores, por consiguiente, aprender y memorizar este lenguaje era difícil, no tan sólo porque estaban implicadas las habilidades que debería poseer el programador, sino también por el nivel educativo, perfil o adaptabilidad que tuviera. Todos estos factores eran reflejados en la efectividad que la interfase pudiera tener.

Las deficiencias que mostró la comunicación hombre-máquina en la primera generación de computadoras, provocaron que en la segunda generación se buscara un patrón de cómo el hombre procesa la información que recibe, con el fin de adentrarlo en el mundo de las computadoras. Esta idea resultó errónea, ya que las personas tienen diferentes formas de aprendizaje, de modo que se optó por rediseñar las computadoras para que fueran más funcionales y compatibles con la manera natural que tiene la gente de trabajar, creando interfaces más adaptables y flexibles a las debilidades humanas. Prueba de ello, fue la creación de los primeros lenguajes algorítmicos (lenguajes de control), los cuales utilizaban simbolismo matemático y algunas palabras habituales del lenguaje humano, específicamente, del idioma inglés. Algunos de esos lenguajes eran, por ejemplo, Fortran, Basic, Cobol y Algol.

Un lenguaje algorítmico no era solamente un medio de comunicación hombre-máquina, sino también, era un medio de comunicación entre los hombres (1). Un programa que estuviera escrito en uno de estos lenguajes podía ser comprendido fácilmente por cualquier persona que lo conociera debido a que el texto de los programas (códigos) escritos en lenguaje algorítmico, no dependía de la tecnología en la cual se estuviera implementando (era portable) facilitando considerablemente, el intercambio y la transmisión de códigos.

Además del empleo de lenguajes algorítmicos, durante la segunda generación de computadoras, el uso habitual de las computadoras fue suplantado por el trabajo "batch" o por lotes. Con ayuda de un operador de computadoras profesional, quienes conocían el tablero de las computadoras mejor que cualquier programador. Los usuarios, privados de la posibilidad de operar las computadoras, se vieron en la necesidad de preparar con mayor atención sus "programas", lo que ahorra el tiempo de uso de la computadora.

Pronto las instrucciones para los operadores fueron sustituidas por las instrucciones en forma de tarjetas perforadas. Varios programas se colocaban en "paquetes" para luego colocarse en un dispositivo lector; de este modo, el operador sólo controlaba el trabajo de la máquina.

Gracias a esto, se elevó considerablemente la eficacia en el uso de las computadoras.

En la tercera generación de computadoras se buscó maximizar su productividad a través de la generalización de los sistemas operativos. Esto fue con el fin de distribuir el tiempo de ejecución de una computadora para compartirlo con un número pequeño de trabajos "batch" (tiempo compartido de computadora).

Para los propietarios de una computadora, esta innovación prometió mayor poder de cálculo; a los usuarios "batch" se les ofreció la habilidad de componer sus trabajos interactivamente siguiendo los progresos en el monitor y con ayuda de un teclado.

Hasta este momento, los sistemas computacionales habían acrecentado en gran medida la disponibilidad de las computadoras para el hombre, pero un gran segmento de la población seguía alejado de esta posibilidad. Este hecho se debía a que las personas no dejaban de sentir miedo al operarlas, rechazando siempre que fuera posible su uso.

El desarrollo del hardware y software hizo que para la cuarta generación de computadoras se pudieran presentar grandes cantidades de información a los usuarios casi instantáneamente. La evolución de las interfaces dio como resultado que se presentaran a través del monitor, comandos e instrucciones ordenados en forma de menú, del cual era fácil escoger una opción con sólo oprimir una o dos teclas.

Desde ese momento, la estructura en forma de menús se convirtió en un estándar para sistemas de aplicación. Su diseño tan especial le otorgaba mayor confiabilidad al hombre sobre la computadora. Por ejemplo, ¿qué es lo que el usuario quisiera hacer después de haber elaborado un documento en computadora? Lo más seguro es que tuviera que almacenarlo, posteriormente imprimirlo y por último probablemente quisiera abandonar el sistema. Cualquiera persona que haya utilizado una interfase elaborada a través de menús podrá darse cuenta sin mayor dificultad, que las opciones presentadas obedecen un orden lógico de cómo actuaría una persona haciendo pleno uso de un sistema. Con esto se muestra que a las computadoras se les diseñó según las características del hombre para poder hacerlas flexibles a los errores humanos.

De los sentidos humanos, la vista es la primera receptora de información. Lo que se observa es recibido como una imagen por la retina, se traduce a símbolos y después es enviado al cerebro en donde se reconstruye. Es por esto que un dibujo o un gráfico son métodos mucho más eficaces de transmitir información que un texto. Prueba de ello es que desde la organización del hombre prehistórico, la ejemplificación de actividades como la cacería, se daba a conocer con mayor entendimiento a través de dibujos (pinturas rupestres). Por tal motivo el uso de dibujos o gráficos como ayuda para la comunicación humana, tanto en quehaceres monótonos como los escolares o en la elaboración de interfaces humano-computadoras, facilita en gran medida la labor de aprendizaje por parte de las personas. El empleo de estas herramientas durante la cuarta generación de computadoras, marcó un avance significativo en la comunicación hombre-computadora.

Existen interfaces humano-computadoras denominadas interfaces gráficas GUI (Graphical User Interface) como Microsoft Windows, el cual ofrece: menús con los nombres de las opciones, ventanas para visualizar archivos y herramientas para seleccionar comandos e instrucciones como el ratón, etc. Por ende,

Windows se ha convertido en una herramienta de gran utilidad, no sólo para usuarios novatos, sino también, para los expertos en el ámbito computacional.

En la quinta generación de computadoras, la tecnología de vanguardia hizo que las pantallas gráficas pasaran de ser un componente especializado de los sistemas de alto nivel, a formar parte integral de cada computadora. Miembros del Learning Research Center ubicado en California, se dieron cuenta que este desarrollo podría traer formas totalmente nuevas de comunicación con las computadoras. Ser capaz de expresar diálogo con las computadoras en una pantalla gráfica de dos dimensiones, permitió hacer lo que vagamente se hacía con tecnologías antiguas. La pantalla se convirtió en un "desktop" donde se cuenta con ventanas para mezclar documentos, accesorios y aplicaciones. El proveer de un dispositivo de señalamiento como el ratón que permita designar directamente objetos mostrados en pantalla, sin necesidad de escribir comandos o instrucciones, dio mayor versatilidad al manejo de programas, mejoró la fidelidad visual y los controles se expresaron como barras deslizantes u otra forma conveniente para presentar la información.

Pese a la gran ventaja que han ofrecido las interfaces humano-computadoras, el usuario sólo se ha concretado en copiar el mundo y encerrarlo en la memoria de una computadora para contemplarlo y estudiarlo, convirtiéndose en un usuario pasivo y "interactivo", es decir, que cuando termina de teclear algún comando puede pulsar la tecla "enter" u oprimir el botón del ratón para que este se ejecute, con lo cual frena todas sus capacidades de comunicación.

Actualmente, el hombre ha comenzado a reinventar el mundo a través de las computadoras, sumergiéndose en el si así lo desea, lo que con anterioridad sólo se podía concebir en una novela de ciencia ficción.

## **1.2 ¿Qué es Realidad Virtual?**

---

Ciberspacio, como se le llama frecuentemente a partir del término creado en 1983, por William Gibson en su novela Neuromancer, es el "mundo" o "espacio" que se manifiesta a través del procesamiento electrónico de datos y que hace al hombre sentir una sensación de realidad.

La idea de Ciberspacio no es totalmente reciente ya que muestra sus raíces desde la introducción del teléfono y telégrafo por Edison, Morse y Marconi. Por ejemplo, el teléfono no sólo es un medio de comunicación, sino que da una sensación de que alguien está presente, no obstante de que sólo se escuche una recreación electromecánica de la voz humana (2). Así pues, este instrumento hace que el hombre se concentre en la conversación y se olvide del medio. Mientras mejor calidad de sonido se produzca, mayor será la aceptación de la ilusión por parte de la gente.

Actualmente, gracias a la velocidad y potencia de las computadoras, a las técnicas tridimensionales y multisensoriales e intuición humana en la comunicación con la computadora, se puede lograr el medio experimental llamado Realidad Virtual, en donde se puede manipular toda presencia de números, textos, imágenes, voz, música, etc.; en una palabra, "información". La Realidad Virtual, al igual que el telégrafo o teléfono, da una ilusión de Ciberspacio.

El término Realidad Virtual nació en 1970, en el MIT (Massachusetts Institute of Technology) y expresa la presencia humana dentro del espacio generado por la computadora. Su empleo no es solamente hacer multimedia, manipular objetos o hacer "click" con el ratón, sino que representa espacios y objetos aludados de un mundo real donde el hombre forma parte. Además, es posible entrar a lugares creados por la imaginación donde es posible volar e interactuar en forma controlada con personajes y objetos, también creados por la propia imaginación. Con la Realidad Virtual, la realidad ya no restringirá más las fantasías del hombre.

La complejidad de esta tecnología, proviene de la variedad de aplicaciones que se derivan de ella, además de la controversia que implica su propio nombre, contradictorio en sus términos: realidad=real, virtual=no real. Probablemente se debió de haber escogido un vocablo que designara simplemente algo positivo, en lugar de algo contradictorio, pero no ocurrió así. De cualquier modo, lo importante es entender el mundo de posibilidades que ofrece esta tecnología al generar una nueva forma de adquirir y compartir conocimiento.

Se puede decir que todos conocemos la Realidad Virtual por experiencia propia y hemos realizado viajes virtuales en más de una vez, pues los sueños no son más que eso, simulaciones de realidades creadas por la mejor de las computadoras: el cerebro humano (3).

El hombre recibe información a través de sus sentidos y de los diferentes estímulos sensoriales de su cuerpo y posteriormente la transmite por medio de gestos, palabras, dibujos, etc. De manera similar, las computadoras llevan a cabo este proceso receptor y procesador de información. Después de que un comando o instrucción se le ha proporcionado a la computadora, esta efectúa un procesamiento interno para poder exhibir la información obtenida a través de símbolos entendibles con ayuda de un monitor. Esta información en tecnologías anteriores sólo podía ser captada por la vista. A diferencia con la Realidad Virtual, se pueden captar varios de nuestros sentidos y también se pretende lograr que el cuerpo humano en su totalidad, perciba lo que es generado en un ambiente virtual.

La creación de ambientes o entornos virtuales no sería posible sino hubieran evolucionado las tecnologías de presentación: desde los gráficos por computadora, la reproducción de imágenes, el diseño tridimensional y la visualización, hasta las técnicas de simulación. Prueba de ello es que a partir de la cuarta generación de computadoras, la comunicación hacia estas herramientas se vio altamente beneficiada con la introducción de interfaces gráficas.

El término de "gráficos", siempre ha sido utilizado a la ligera. Para la mayoría de la gente se trata de cualquier cosa que no sea caracteres de texto: desde una línea hasta dibujos muy elaborados en tres dimensiones. En cualquier caso, el término de gráficos, en lo que respecta a tecnologías de presentación, se limita a presentar dibujos generados con la computadora.

Los gráficos simples son fáciles de producir y no requieren gran potencia y velocidad de la computadora; sin embargo, tienen grandes deficiencias al tratar de expresar las cualidades de los datos que han sido procesados. A diferencia de los gráficos, la creación de imágenes es más versátil en el cumplimiento de este objetivo, pero también presenta limitaciones en la traducción y presentación de las propiedades de la información involucrada. Tal motivo trajo como consecuencia la creación de nuevas tecnologías como la de visualización.

La visualización es una extensión de muchas técnicas de presentación. Su objetivo es presentar datos y conocimiento en un contexto intuitivo y comprensible y es usada, por lo regular, cuando existe una gran cantidad de datos, porque ofrece visiones de cosas invisibles para el sentido natural de la vista, siempre y cuando los datos sean comprensibles. Un ejemplo de esto es la representación pictórica de los campos eléctricos. La visualización se lleva a cabo en computadoras potentes, capaces de transferir y almacenar grandes cantidades de información y también se necesitan de unidades de presentación que puedan convertir las señales en reproducciones entendibles. En resumen, la visualización ayuda al usuario a desarrollar aquello con lo que está trabajando ya sea conceptual o real y mejorar su percepción de datos que describen al mundo.

Algunas de estas técnicas de visualización son la reproducción de imágenes médicas, la animación computarizada, programas de dibujo, simulación de fenómenos naturales, paquetes de diseño arquitectónico, gráficos interactivos, etc. y aunque las técnicas de visualización son primordialmente usadas por físicos, químicos y para aplicaciones médicas, ya que necesitan un análisis y una interpretación contrastada, también son frecuentemente utilizadas en la enseñanza y aprendizaje o en el análisis financiero (4).



En Realidad Virtual las visualizaciones son perfeccionadas al transformar la información en objetos visualizables que pueden ser manipulados, con lo cual se pretende transportar al usuario como parte activa del entorno virtual, haciendo una interfase completamente interactiva y superior en cualquier instancia a las demás. A esta técnica de presentación se le denomina **realización o virtualización de objetos** como objetos virtuales.

Con la Realidad Virtual, las computadoras ya no son solo instrumentos usados como máquinas de escribir, ni tampoco para ayudar a la contabilidad, sino que ahora crean mejores medios de comunicación con ellas mismas, con el hombre y con el mundo que lo rodea.

### **1.3 Características de un sistema de Realidad Virtual**

---

Un sistema de Realidad Virtual, por "pequeño que sea", debe contar con dos características: **inmersión e interactividad**. En ambos casos, se necesitan de requerimientos especiales de software, hardware y equipo electrónico para hacerlo funcional. Desde luego no se debe descartar que también se necesita de la habilidad humana para explorar un mundo que físicamente no existe.

#### **Inmersión**

El primer y más importante factor a considerar para la creación de un ambiente virtual, es que debe tener la capacidad de transportar los sentidos humanos dentro del espacio generado por la computadora; es decir, debe sumergir al individuo en una realidad alternativa de tal forma que pueda aceptarla como verdadera, por extraña que esta sea. Cabe señalar que todo el éxito que pueda lograr el sistema, dependerá de la capacidad de inmersión que se consiga. Naturalmente, el cerebro del usuario debe cooperar para crear el deseo de sentirse inmerso en otro mundo.

Existen diferentes niveles y grados de inmersión sensorial, dependiendo del sistema de Realidad Virtual que se este usando. Al ver un espacio tridimensional, el usuario queda expuesto a un nivel elemental de inmersión, pero si se considera el espacio y los objetos virtuales para la percepción y manipulación del usuario, este queda expuesto a otro nivel de inmersión. Más aun, si se le agrega sonido al ambiente virtual, se tendrá entonces otro nivel de inmersión. Para alcanzar un grado de inmersión total se requiere que toda referencia al mundo real sea bloqueada, proporcionando estímulos sustitutos para que el usuario esté convencido de que es real.

#### **Interactividad**

El segundo aspecto que caracteriza a la Realidad Virtual, es la interactividad. Es aquí cuando el usuario se siente como un elemento independiente de la ilusión que ha sido generada por la computadora. Por ende, el individuo o los individuos pueden actuar como mejor les parezca dentro del ambiente virtual, logrando una total comunicación con todo lo que les rodea.

Un factor importante que está relacionado con la interactividad, es el tiempo real de respuesta. Después de que el usuario es sumergido en el mundo virtual, la interfase estará controlada por los movimientos que este realice por lo que toda respuesta o salida de datos que la computadora produzca, deberá ser en tiempo real.

Hay que entender por tiempo real, el momento justo en el que algo sucede. Por lo que respecta a Realidad Virtual, el tiempo entre la entrada de datos y la respuesta del sistema, deberá ser lo suficientemente rápida como para no afectar entradas posteriores.

Existen tres factores a considerar para que se produzca una interactividad total: el punto de vista, la navegación y la manipulación.

**Punto de vista.** Está definido por la posición del usuario y la dirección hacia donde esté mirando dentro del mundo virtual. Ante todo, la localización y orientación del punto de vista deben ser calculadas por la computadora a medida que el usuario se mueve o que el sistema las reciba como datos de entrada.

**Navegación.** Es simplemente la habilidad del usuario de moverse a través del mundo virtual generado por la computadora. Con esto se le da al usuario la oportunidad de explorarlo a voluntad. Obviamente, esto no significa que realmente vaya algún lugar, sino es solamente la sensación de moverse dentro del mundo virtual, ya que las imágenes cambian a medida que su punto de vista se mueve.

El hombre puede comunicarse más fácilmente si puede manipular los objetos que se encuentran alrededor de él. Por ejemplo, un doctor puede enseñar mejor y más rápido a sus alumnos como realizar una operación del riñón si les muestra en un quirófano como hacerlo.

**Manipulación.** Es la habilidad del usuario por manipular de alguna forma el entorno creado y hacer que este responda de manera apropiada. Por ejemplo, podría ponerse un guante de control para tocar y mover un objeto virtual.

Un ejemplo representativo de lo que se puede crear tomando en consideración los elementos que integran un sistema de Realidad Virtual, es el siguiente: un químico no sólo podrá ver cómo se unen dos moléculas, sino también sentir esta unión. Con su propia mano podrá accionar un manipulador especial, que a su vez pondría en movimiento una molécula simulada en la pantalla, la cual trataría de unir con la otra. La computadora calcularía entonces las fuerzas que influyen en el comportamiento de la molécula y le transmitiría esta información al químico, quien podría sentirla de manera directa a través de los sensores conectados a su mano. En estas condiciones, le sería posible conocer si el proceso de unión de las moléculas se produce con suavidad o si se genera alguna resistencia (5).

#### **1.4 Tipos de sistemas de Realidad Virtual**

---

Existen tres tipos de mundos virtuales, los cuales pueden manifestarse por separado o mezclados entre sí:

- **El mundo muerto,** es aquel en el que no hay objetos en movimiento ni partes interactivas, permitiéndose sólo su exploración. Suele ser el caso de las animaciones tradicionales que vemos, en donde las imágenes están precalculadas y producen una experiencia pasiva.
- **El mundo real,** es aquel en el cual sus elementos tienen atributos reales. Por ejemplo, si abrimos un grifo sale agua y si salimos a la calle nos topamos con gente.
- **El mundo fantástico,** es el que nos permite realizar tareas irreales como el volar a través de las paredes. Este entorno se encuentra principalmente en los videojuegos.

Para poder estar en contacto con uno o varios mundos virtuales se han creado diferentes tipos de sistemas denominados sistemas virtuales. Cada sistema se adapta a las características de la aplicación que se le quiera dar. De acuerdo a esto, se pueden considerar los siguientes tipos:

**Sistema de Escritorio.** A primera instancia, este tipo de sistema puede parecer una contradicción, ya que la Realidad Virtual implica una inmersión y en este sistema el usuario no se verá engañado, ni podrá pensar que se encuentra "inmerso" en otro mundo. En cualquier caso, este sistema posee bastantes aspectos que le otorgan al usuario la habilidad de moverse alrededor de un mundo virtual. Se utiliza para la construcción de ambientes virtuales dirigidos a aplicaciones deportivas o de entretenimiento.

**Sistema de Inmersión.** Se usa para obtener experiencias virtuales individuales. En este tipo de sistemas debe existir el engaño de los sentidos y percepciones del hombre.

**Sistema de Proyección.** Es en sí un sistema de Escritorio, pero dirigido a grupos de personas. En una habitación, en lugar de paredes, se encuentran pantallas de proyección a través de las cuales se muestran las imágenes a los usuarios.

**Sistema de Simulación.** Se utiliza principalmente en medios militares y aeronáuticos. Este sistema se distingue por emplear una cabina, la cual simula los compartimientos de los aviones, tanques, helicópteros, etc.

**Sistema de Actores (Virtual Actors).** Este sistema se identifica por emplear un dispositivo en la cabeza en forma de armadura, el cual mide los movimientos de los músculos de la cara y los transmite a la computadora, en donde se crea una caricatura. Es de uso individual y se utiliza principalmente en aplicaciones educativas o terapéuticas.

Entre las características que tienen los diferentes tipos de sistemas se encuentran:

<b>TIPOS DE SISTEMAS</b>	<b>DISPOSITIVO DE ENTRADA</b>	<b>UNIDAD CENTRAL</b>	<b>DISPOSITIVO DE SALIDA</b>
Sistema de Escritorio	Ratón Palanca de control Bola de fuerza Vara	PC Compatible Macintosh Estación de Trabajo	Monitor de alta resolución Lentes holográficos BOOM
Sistema de Inmersión	Palanca de control Dispositivos 6DOF Ropa cableada	PC Compatible Estación de Trabajo Macintosh	HMDs
Sistema de Proyección	Palanca de control Cámaras de video	PC Compatible Macintosh Estación de Trabajo	Proyector o Pantalla de alta resolución
Sistema de Simulación	Volante, Palancas, Botones, Interruptores	Estación de Trabajo	Monitores HMDs
Sistema de Actores	Una careta con sensores	PC Compatible Macintosh Estación de Trabajo	Monitor

### **1.5 Presentación de imágenes virtuales**

Los tipos de presentación de imágenes que se realizan para Realidad Virtual, están destinados prácticamente a afrontar la generación de imágenes virtuales.

Algunas aplicaciones para entrenamiento o para deportes utilizan imágenes proyectadas. Este tipo de presentación no requiere de cascos, guantes o trajes, ya que en su lugar, un sistema de video combina y proyecta una imagen en tiempo real del usuario, con imágenes que han sido generadas por la computadora. En las presentaciones proyectadas, las imágenes son exhibidas cilíndrica o esféricamente.

En las presentaciones cilíndricas, existen imágenes panorámicas de 360 grados, las cuales envuelven al usuario. No aparecen imágenes en el techo o en el suelo, pero aun así, se tiene la sensación de estar en un entorno real.

En las presentaciones esféricas, las imágenes pueden proyectarse en un hemisferio visual como una cúpula encima del usuario, lo cual implica que podrá ver imágenes en cualquier dirección.

En ambos tipos de presentaciones el usuario ve el mundo virtual desde un punto de vista egocéntrico: es decir, él está en el "centro del mundo".

En las presentaciones a las que se recurre normalmente en sistemas de carácter inmersivo, una imagen puede aparecer ante el usuario de dos formas: opaca o transparente. En la primera todo punto de referencia del mundo real desaparece; en la segunda, las imágenes virtuales parecen superponerse al mundo real que continúa visible a través del dispositivo visualizador que se este usando.

Las imágenes opacas o transparentes pueden prepararse anticipadamente, dejándolas disponibles en memoria (imágenes precalculadas); por lo tanto, ya no se necesita recalcular la imagen constantemente. Esto trae como consecuencia que las imágenes precalculadas tiendan a ser más detalladas y den un aspecto más realista.

## **1.6 Problemas e implicaciones de la Realidad Virtual**

---

Si se les preguntara a las personas, qué significa para ellas la frase ciencia y tecnología, sería lógico suponer que la mayoría coincidiría en contestar que es un conjunto de factores que agrupados traen beneficios a la sociedad; sin embargo, la historia de la humanidad parece probar otra cosa.

Quién imaginaría en el año de 1885, que el primer coche que funcionó con un motor de gasolina de cuatro tiempos, inventado por Carl Benz; se convertiría un siglo después en el principal factor causante del 70% de la contaminación del aire; o que Robert Oppenheimer, quien creó toda una teoría sobre la física nuclear, pronto se lamentara de ese hecho, cuando vio que era lanzada la bomba atómica en Hiroshima y Nagasaki.

Tomando como base estos antecedentes junto con muchos más que no son mencionados, se puede decir que la ciencia y tecnología, sólo han traído problemas al hombre. Pero, en realidad, no se puede medir que tanto o poco han ayudado estos dos aspectos a que el hombre se desarrolle con plenitud, ya que sólo él es el responsable del uso que se les de y sólo él será quien afronte y en el que recaigan las consecuencias.

Si bien es cierto que el mundo enfrenta actualmente graves problemas, causados muchos de ellos por implicaciones científicas y tecnológicas, es ilógico pensar en no darle una oportunidad a los nuevos surgimientos dentro de dichas áreas.

Actualmente, la Realidad Virtual enfrenta la necesidad de superar exitosamente un conjunto de problemas.

El primero de ellos se refiere a las dimensiones y características de su equipo especial (casco, gafas, guantes, etc.) que están en uso actualmente, los cuales recuerdan al sujeto que la Realidad Virtual es sólo una imperfecta creación del hombre. Los técnicos e ingenieros trabajan actualmente en este problema, que esperan resolver en un mañana no muy lejano; Tom Furness, investigador de la Universidad de Washington, pronostica que en unos pocos años las gafas van a adquirir un tamaño similar al de las que usan los esquiadores actuales y que hacia finales de esta década el sistema será sustituido por imágenes en láser tan nítidas como una fotografía y serán proyectadas directamente en la retina del sujeto, haciendo que

Washington, pronostica que en unos pocos años las gafas van a adquirir un tamaño similar al de las que usan los esquiadores actuales y que hacia finales de esta década el sistema será sustituido por imágenes en láser tan nítidas como una fotografía y serán proyectadas directamente en la retina del sujeto, haciendo que las gafas y sus diminutas pantallas resulten innecesarias. Así como se está trabajando para la modernización de las gafas, se está haciendo lo mismo con el resto del equipo multisensorial.

Otro problema se refiere a lo que algunos llaman enfermedad cibernética: una especie de malestar debido a náuseas que los usuarios interactuantes con estos mundos virtuales suelen reportar, cuando la imagen difiere ligeramente de su equivalente en el mundo real.

Por otro lado, la disposición de sistemas de Realidad Virtual para el público en general, enfrenta principalmente la dificultad económica. Por ejemplo, un sistema de Realidad Virtual para practicar deporte individualmente, oscila entre \$1,000 y \$5,000 dólares. Más aún, el costo de un programa computarizado que permita poner en funcionamiento una aplicación avanzada como las de medicina, se calcula actualmente en medio millón de dólares. Por otra parte, los sistemas aun distan mucho de ofrecerle al usuario la comodidad necesaria como para que éste se sienta completamente inmerso en el mundo de la Realidad Virtual.

Sin embargo, los defensores de ésta afirman que, si se toma en cuenta la celeridad con que se producen actualmente los avances dentro de la informática, la Realidad Virtual ofrecerá al hombre resultados espectaculares dentro de muy pocos años.

Es la medida en que las realidades virtuales invadan el mundo, se plantea la preocupación de si habrá un límite a esa invasión y si en un futuro las personas se obsesionarán con ellas, hasta el punto de no querer vivir en el mundo real.

La respuesta de los científicos e ingenieros a estas interrogantes es unánime y segura: eso no ocurrirá. Por mucho que las realidades virtuales lleguen a perfeccionarse, nunca podrán reemplazar a la realidad concreta que perciben las personas psicológicamente sanas, ni mucho menos igualárselo, pues un mundo sintético, por perfecto que sea, es sólo un mundo artificial (6).

Refiriéndose a las personas que no son psicológicamente sanas y que están acostumbradas a drogarse para evadir la realidad, Tom Furness reconoce que esta nueva tecnología podría implicar grandes peligros sociales. Ya se habla de su potencial como "droga electrónica", término que han apoyado personas como Timothy Leary, investigador de Harvard, quien popularizó el LSD en los años 60's. Él declaró que la Realidad Virtual se acerca cada vez más a la experiencia psicodélica similar a la que provocan las drogas en el ser humano. Sin embargo, a pesar de estas consideraciones, la responsabilidad de que la Realidad Virtual no sea usada para estos fines queda a consideración de cada persona que la use.

Las realidades virtuales serán utilizadas en el futuro inmediato, fundamentalmente, por aquellos que tengan un problema concreto que resolver: lo mismo por un astronauta que intenta representar y comprender la evolución de los fenómenos atmosféricos, que por un médico que desea explorar el cuerpo humano en forma de un paciente. Serán utilizadas también, desde luego, para la promoción de diversiones, pero sin desplazar nunca al mundo real.

Las dudas y preocupaciones generadas por los mundos virtuales forman parte del proceso de gestación y consolidación de cualquier tecnología novedosa, pero ante todo, no hay que olvidar que esta tecnología sólo debe servir para alcanzar el bienestar y la felicidad del hombre. Recordando las palabras del maestro James Dickson, quien se refirió a la Revolución Industrial diciendo: "si el hombre no antepone una base humanística a cualquier proceso tecnológico, entonces éste causará graves males".

La Realidad Virtual está en el punto en que las computadoras se encontraban en 1979, señala Ben Delaney, editor de la revista *Cyber Edge Journal*: "Las computadoras eran lentas, ineficientes y se caían con frecuencia. Pero se podía vislumbrar su prometido futuro; diez años después, todo había cambiado".

**FALTA PAGINA**

No. 12

## CAPITULO 2. EVOLUCION DE LA REALIDAD VIRTUAL

A lo largo de la historia se ha intentado por diversas formas, capturar la esencia de una experiencia, para que este disponible y se pueda analizar. A través de la experiencia directa del teatro, la música y la pintura, la gente ha sido capaz de percibir las expresiones reales e imaginarias de otros mundos, otras épocas, nuevas ideas y nuevas perspectivas de ideas viejas. Las computadoras y la Realidad Virtual no son las primeras herramientas que permiten al hombre absorber, debatir y relacionar el conocimiento (7).

### 2.1 Las primeras experiencias virtuales

---

Los griegos en los siglos IV y V a.C. usaron el teatro, el debate público y a los narradores como instrumentos para aprender. Ellos estaban descubriendo e inventando un mundo nuevo en la ciencia, el arte y en la sociedad. Estas simulaciones no sólo entretenían y educaban, sino también crearon un sentido de comunidad entre los asistentes. La atención de la audiencia era más atractiva al lograr ésta, una inmersión por medio de la vista y los sonidos de la ejecución.

En el siglo XIV, el artista Florentino Giotto creó un método de pintura, el cual proyectaba una perspectiva en tres dimensiones sobre un lienzo de dos dimensiones, lo cual daba a la pintura una sensación de profundidad que transportaba a otro mundo. Durante los siguientes 300 años varios artistas hicieron propia esta técnica.

En 1455, la invención de la imprenta y el subsecuente desarrollo de la producción de libros, cambió el sentido de comunidad y su relación con el conocimiento. A través de la lectura, la experiencia de estar inmerso en un estado de la mente, imaginativo y contemplativo, es similar al impacto que produce el buen teatro.

Pese a que durante la Edad Media el conocimiento estuvo restringido a unos cuantos y la mayoría de la gente todavía se concretaba más a una comunicación visual como la que daba el teatro o la danza, no dejó la página impresa de ser importante para tener al alcance nuevas ideas. Los escritores aprendieron a realizar a través de sus historias cómo trasladar las mentes de las personas a situaciones virtuales y producir en ellas una sensación de realidad, por lo cual los libros más que el teatro, la pintura o la música se convirtieron en la primera forma de realizar ideas y distribuirlas a más número de personas.

A mediados del siglo XVIII, la Revolución Industrial empezó a expandirse; nuevos inventos y técnicas comenzaron a aparecer, lo cual permitió a la gente tener nuevas experiencias inmersivas.

En 1788, el pintor Escocés Robert Barker pintó una vista de 360° de la ciudad de Edimburgo usando un lienzo de 10 pies de alto distribuido alrededor de un cuarto circular de 60 pies de diámetro en donde la gente podía entrar, pararse en el centro y ver la ciudad. Este suceso dio como resultado un nuevo nivel de realismo, ya que la imagen ocupaba más de 180° del campo visual de los espectadores cuando ellos giraban circularmente. A esta técnica, Barker la denominó "Panorama".

Muchas veces, con el fin de incrementar el sentido de realismo, se mezclaban hábilmente objetos reales con el fondo de la pintura, o bien, se usaba iluminación indirecta para dar la impresión de que la pintura emanaba luz.

En 1883, la pintura llamada "La batalla de Gettysburg", realizada por Paul Philippoteaux, era de los primeros panoramas que proporcionaba una sensación de inmersión en una experiencia virtual. La popularidad de este tipo de pinturas, se basó en la reacción que provocaba a la audiencia, ya que esta tenía la impresión de encontrarse en otro lugar y otro tiempo. Sin embargo, el gran defecto que las distinguía era la

carencia de movimiento de sus imágenes. Esto trajo como consecuencia que a finales del siglo XIX fueran olvidadas.

Otra técnica que se convirtió en la más popular para principios del siglo XIX y la cual extendía también el campo visual de las personas, fue la fotografía. Aunque las imágenes eran en blanco y negro, trabajos presentados con fotografías como el de Matthew Brandy acerca de la Guerra Civil Estadounidense, documentaban la historia de los hechos de una forma jamás vista, lo cual ejemplificaba el gran poder de este medio.

Algunos años después de la aparición de la fotografía, se crearon dispositivos que usaban las fotografías tomadas con cámaras convencionales y las presentaban de tal forma que a la gente le daba una sensación de realismo más acentuada. En 1833, Wheatstone inventó el exhibidor estereoscópico, el cual permitía al usuario ver fotografías con una mayor sensación de realismo (Fig. 2.1).

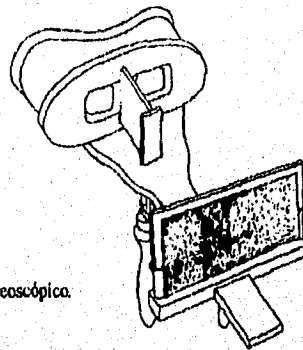


Fig. 2.1  
Exhibidor estereoscópico.

Las imágenes estereoscópicas observadas eran logradas usando una cámara especial con dos lentes y dos conjuntos de negativos. Al observarse las imágenes, las cuales estaban duplicadas, el ojo izquierdo veía sólo el lado izquierdo de la imagen y el ojo derecho sólo el lado derecho, con lo cual se alcanzaba ese sentido de profundidad y realismo antes mencionado.

El aparato de Wheatstone fue refinado por David Brewster en 1844, lo que condujo a la producción en masa de este dispositivo, al cual se le llamó Viewmaster. Desafortunadamente este aparato sufrió las mismas limitaciones de las pinturas "Panorama": eran incapaces de desplegar imágenes con movimiento.

Las imágenes estáticas que hasta el momento habían sido presentadas con la pintura, fotografía o el instrumento estereoscópico de Wheatstone, daban un sentido de inmersión, pero sólo por un breve instante. Además, su potencial era incapaz de describir una historia como lo hacían los libros. Así que, un medio que mantuviera el interés de la gente con base en una representación móvil de imágenes y que además describiera una historia completa, sería una herramienta mucho más poderosa de comunicación.

En 1889, Edison inventó el "Cinetoscopio", el cual tuvo su primera demostración pública en 1894, cumpliendo, aunque de manera rústica, con el objetivo de retribuir movimiento y narrativa a las imágenes que presentaba.

Los primeros intentos de Edison por crear este dispositivo culminaron con la producción de una película que presentaba imágenes relacionadas con el sonido generado por su fonógrafo. Este dispositivo estaba basado en una película dispuesta en un circuito cerrado, guiada a través de complicadas series de



rodillos. Al depositar una moneda se podía mirar a través de una pequeña ventana, la cual se encontraba en lo alto del dispositivo, una película de tres a cinco minutos de duración, a la vez que se giraba una manivela.

Cabe señalar que el "Cinetoscopia" fue sólo usado como entretenimiento hogareño, pues Edison se negó a que su dispositivo fuera usado para proyectar imágenes a grupos de audiencias.

En 1895, los hermanos Lumiere presentaron el "Cinematógrafo", proyectando en este la primera película con movimiento. Inicialmente, la calidad de la imagen era granosa y pobre. La cantidad de imágenes variaba desde 14 hasta 24 cuadros por segundo y el equipo era voluminoso y caro. Las producciones que se proyectaban tenían poca narrativa, pero permitió a grandes audiencias tener por primera vez una experiencia visual.

Al principio, las películas eran filmadas desde una perspectiva estática; es decir, sin movimientos de la cámara. D.W. Griffith revolucionó el uso de la cámara para narrar una historia e introdujo el concepto de "cámara shot" en el cual, la cámara hace un acercamiento de la escena para proveer de más efectos dramáticos. Además, tuvo la idea de cortar entre diferentes escenas para representar eventos paralelos.

Griffith es considerado el más grande genio de la cinematografía; sus fundamentos acrecentaron la capacidad que tiene el cine para permitir la expresión de ideas, transportando a la gente a otro tiempo y lugar.

A principios del siglo XX, la tecnología logró el perfeccionamiento de la experiencia cinematográfica. El sonido apareció en 1923 y el proceso Technicolor de tres colores en 1932. En 1946, dos terceras partes de la población de E.U. (100 millones de personas) acudían al cine cada semana. Iban a conseguir las últimas noticias, aprender acerca del mundo, entretenerse y escaparse a lugares exóticos. Las películas se convirtieron en parte de sus vidas.

Desde Edison y su deseo por representar escenas reales, la colaboración de Griffith por mejorar la narrativa de las películas, el uso del color y sonido, la introducción de pantallas más amplias, el uso de imágenes estereoscópicas (normalmente conocidas como imágenes 3-D) y algunos otros trucos, hicieron y hacen del cine un instrumento que envuelve a la gente en una experiencia que no tiene que vivir en carne propia para hacerla parte de su vida.

En 1941, la tecnología proporcionó un nuevo medio para obtener experiencias virtuales: la televisión. Esto significó que sucesos como el teatro y hasta el mismo cine podrían ser llevados a los hogares. La televisión hizo lo que ningún otro medio había conseguido: llevar a los espectadores a escenas en vivo y en tiempo real. A través de los "ojos de una cámara" se tenía la sensación de "estar presente" en el lugar de los hechos. Por ejemplo, muchas personas presenciaron el asesinato de J. F. Kennedy con sólo haber tenido su televisor prendido. Esta nueva forma de retribuir una ilusión fue denominada telepresencia.

Al usar la televisión y las películas para crear una sensación de realismo se tiene una desventaja: la audiencia siente como si estuvieran viendo la acción a través de una gran ventana o cuadro. Para permitir una experiencia más directa, era necesario proyectar una imagen más grande que permitiera llenar de manera total, el campo visual de la audiencia. Nuestros ojos pueden abarcar un campo visual de 180° horizontalmente y 150° verticalmente. Se hicieron varios intentos por expandir la visión que se ofrecía y fue a principios de los 50's cuando Fred Waller y Mike Todd, basándose en el mismo principio con el cual se crearon los viejos panoramas, invirtieron diez millones de dólares en un nuevo proceso llamado "Cinerama", el cual consistía en tres cámaras de 35mm sincronizadas, las cuales grababan cada una de las escenas desde tres ángulos diferentes. En el cine, tres proyectores exhibían las imágenes separadas en una pantalla curva especialmente construida, la cual abarcaba casi los 180° de vista horizontal. La imagen era tres veces más grande con el doble de alto y al agregarsele sonido estereofónico de seis bandas, se incrementaba dramáticamente la percepción de realidad.

Desgraciadamente, debido a los altos costos que tenía el producir películas bajo el formato "Cinerama", estas se dejaron de realizar en 1963.

Después del fracaso del "Cinerama" se buscaron nuevas opciones para conseguir que la audiencia se sintiera inmersa en la película. En 1953, hizo su aparición el "Cinemascopio", el cual usaba pantallas más grandes que las tradicionalmente usadas para películas de 35mm.

Cabe destacar que el "Cinemascopio" fue creado para contrarrestar el grado de expansión que había mostrado la televisión, desde que esta hiciera su aparición en 1941. No obstante a los beneficios que habían otorgado estos dos medios, la gente insistía en tener una sensación mayor de "sentirse presente", formando parte de la ilusión que estaban observando.

Morton Heiling, un joven cinematógrafo, propuso una idea radical. El llegó a la determinación de que el futuro lógico de la industria cinematográfica sería el suplir las experiencias de grandes audiencias, con el fin de conseguir eliminar todas las barreras que impedían a la gente aceptar las ilusiones cinemáticas.

Metódicamente, estudió las señales sensoriales que se usan para distinguir la ilusión de la realidad. El aisló la vista, oído, tacto y olfato como los sentidos primarios que se necesitan para lograr una estimulación. Luego analizó la tecnología existente para determinar cual podría proveer dicha estimulación. Sonido estereofónico e imágenes estereoscópicas ya eran comercialmente disponibles. Si se combinaban estos elementos con un campo visual mejor que el del "Cinerama" y si encontraba la forma de estimular el sentido del olfato y proveer sensaciones táctiles, pensó que podría lograr su meta.

Para 1961, Heiling creó una máquina que conceptualizaba sus ideas, a la que llamó "Sensorama" (Fig. 2.2), la cual estaba equipada con un manubrio, un binocular como dispositivo de visión, una silla vibratoria y pequeñas ventilas que podían arrojar aire cuando se ordenara. Adicionalmente, tenía altavoces estereofónicos los cuales estaban montados cerca de los oídos y cerca de la nariz, había un dispositivo para generar olores específicos de los eventos observados estereoscópicamente en la película.

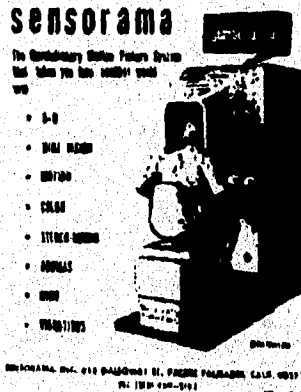


Fig. 2.2  
Sensorama.

Por ejemplo, cuando el espectador introducía su cabeza en el "Sensorama", comenzaba a ver una película de un paseo en moto por la ciudad de N.Y. El asiento vibraba como cuando se está montado en una moto en movimiento. Se escuchaba un sonido que reproducía los sonidos de la ciudad y de la moto moviéndose por las calles. Si se apoyaban los brazos en el manubrio se obtenían señales de vibraciones

simuladas. Además, si se ponía en funcionamiento el ventilador, un banco de diferentes colores químicos llegaban al rostro del espectador.

Por supuesto, el "Sensorama" no permitía cambiar la dirección del trayecto hacia donde uno deseaba; es decir, no era interactivo, pero se recibía una experiencia muy directa como observador pasivo. Esto constituía la evolución lógica en la búsqueda de realismo y experiencias inmersivas.

Después de unos cuantos intentos de comercializar el "Sensorama" y el desarrollo de otro prototipo, Heiling tuvo que aceptar la incapacidad de la industria para reconocer el potencial de su invento. Así fue como la primera máquina que daba una sensación de ciberespacio, fue abandonada en un almacén.

## **2.2 Pioneros de la Realidad Virtual**

---

Muchos medios han sido utilizados para transmitir información; algunos tan antiguos como la pintura y el teatro, otros tan tecnológicos como el cine o el "Sensorama". Estos lograron con menor o mayor intención, trasladar a las personas a un mundo que físicamente no existía, pero el cual fue creado por medio de la expresión de palabras, dibujos, gestos, movimientos, etc. Para las personas en general todo este planteamiento de información constituyó parte de su entretenimiento y educación; sin embargo, habrían de nacer nuevas ideas que no sólo transformarían estas dos áreas, sino que ofrecerían nuevas formas de adquirir o compartir conocimiento por medio de la computadora, revolucionando cualquier actividad humana, basándose en el afán por llevar a las personas a experiencias virtuales que provocaran en ellas una sensación de realismo, invitándolas con esto a extender sus capacidades.

Dieciséis años antes de la creación del "Sensorama" hizo su aparición la primera computadora electrónica llamada ENIAC. Era un instrumento tan complicado y repetitivo que el primer problema que presentaba era ponerla en funcionamiento. John Von Neumann dio una solución que no sólo cambiaría este problema, sino que revolucionaría la incipiente industria de la computación.

Neumann creó una memoria de almacenamiento la cual le permitía a la computadora buscar y leer las instrucciones que la pusieran en funcionamiento. Este procedimiento es normalmente llamado "bootstrapping". A esta memoria se le denominó ROM (Read Only Memory) y daba a la máquina un lugar donde pudiera "recordar" sus instrucciones esenciales, logrando con esto una programación más sencilla (8).

Otro paso importante en el desarrollo de la computadora, fue usar tarjetas perforadas para introducir datos de entrada. Aunque esta técnica no era fácil, sí ofrecía mayor flexibilidad para la comunicación hombre-computadora.

El siguiente avance fue por parte de la televisión, la cual hiciera su aparición en 1941. La idea de ponerle un componente visual a la computadora, constituiría una forma más dinámica de comunicación ya que sería posible ver los resultados procesados por esta.

Hasta este momento, el desarrollo en la industria de la computación era poco más que nulo. La computadora seguía siendo un aparato poco usado por la mayoría de la gente y aunque el monitor provocó un gran avance, programar a través de tarjetas perforadas era una labor terrible.

Fase a estas carencias y dificultades mostradas por la computadora, hubo personas que imaginaron cómo esta herramienta podría ayudar a expresar y representar el mundo que rodeaba al hombre. En 1950, Douglas Engelbart propuso estos conceptos; sin embargo, las ideas parecían descabelladas debido al incipiente y complicado diseño de las computadoras.

Diez años más tarde a las propuestas de Engelbart, J. C. R. Licklider estudiaba el sentido auditivo humano, analizando los resultados con técnicas de graficación. El investigador quedó plenamente

convencido de la gran utilidad de estos métodos comparados con otros modelos matemáticos, ya que le ofrecían una panorámica óptima que le permitía una mejor toma de decisiones.

Otro de los trabajos que Licklider realizó, fue retomando las ideas de Engelbart, conceptualizándolas en su libro "Man-Computer Symbiosis", en donde al igual que Engelbart, Licklider decía que las computadoras y la gente podían trabajar juntas en nuevos y más eficientes caminos. En la misma obra, hipotéticamente definió cómo el cerebro y la computadora podrían ser "conectados" obteniéndose buenos resultados.

A diferencia de Engelbart, Licklider convenció a una agencia militar para que apoyara sus ideas y pudo montar una oficina donde promovió el desarrollo de la interactividad con la computadora.

En el mismo año que Licklider trataba de expandir sus trabajos, 1960, hizo su aparición la primera minicomputadora basada en transistores y no tubos al vacío como la ENIAC. La PDP-1 de la Digital Equipment Corporation creada con la nueva tecnología basada en el silicio, representaba la revolución en las computadoras. Su procesamiento era lo que se conoce como tiempo compartido, lo que la hacía más rápida, pero en general, interactuar con ella seguía siendo un tanto difícil.

Para 1968, Engelbart y Licklider reunieron los fondos suficientes para realizar un medio con el cual se pudiera manejar la información desplegada en pantalla. Trabajando en el ARC (Augmentation Research Center) pudieron realizar una versión de un procesador de palabras, el cual podía trabajar con un simple dispositivo para apuntar, que fue el antecedente para desarrollar el ratón.

Tres años antes de que se presentara el sistema procesador de palabras, Ivan Sutherland se ocupaba también por encontrar un camino para que la gente interactuara con las computadoras. A este inventor se le conoce como "El padre de la computación gráfica" por sus fundamentos y métodos para usar imágenes en segunda y tercera dimensión. Otros de sus logros consistieron en crear una pluma óptica para dibujar imágenes sobre la pantalla de la computadora y diseñar la primera pantalla interactiva que mostraba imágenes visuales, llamada "sketchpad".

En 1965, Sutherland publicó un artículo de revista titulado "The ultimate display" donde especificaba lo siguiente: "A través de nuestros sentidos no sólo hacemos familiares las cosas que nos rodean, sino que hasta cierto modo las predecimos. Por ejemplo, podemos saber cuanta fuerza se necesita para mover un objeto cercano; sin embargo, hay muchos fenómenos que no alcanzamos a percibir como la fricción que ejercen las partículas de los átomos, pero con la ayuda de la computadora podemos familiarizarnos con dichos fenómenos".

Es evidente que Sutherland pretendió usar la computadora no sólo como herramienta de cálculo, sino como un medio más poderoso de comunicación. Tal esfuerzo lo culminó con la creación de la primera computadora basada en un HMD (Head Mounted Display) desarrollada en 1966, en el MIT Lincoln Laboratory.

El HMD de Sutherland conocido con el nombre de "The sword of Damocles", era un pesado instrumento colocado sobre la cabeza (Fig. 2.3). Un aparato mecánico ubicado dentro del dispositivo determinaba hacia donde estaba mirando la persona: las imágenes monocópicas eran generadas usando dos pequeños tubos de rayos catódicos (CRTs) montados a un lado de los oídos. Dos espejos cubiertos de plata estaban ubicados exactamente enfrente de los ojos y las imágenes que la computadora generaba eran enfocadas por los CRTs hacia los espejos.



Fig. 2.3  
"The sword of  
Damocles".

Con este instrumento Sutherland introdujo por primera vez al mundo de las computadoras el concepto de inmersión, el cual forma parte importante de todo sistema de Realidad Virtual. Con ayuda de tecnología logró "desconectar" a la gente del mundo que le rodeaba y transportarlo a otro espacio y tiempo. Posteriormente siguió perfeccionando este fundamento con mejoras en los sistemas de gráficos que la computadora procesaba, creando imágenes estereoscópicas en lugar de monoscópicas. Veinte años más tarde, toda esta tecnología formaría parte del más avanzado equipo de Realidad Virtual que tendría la NASA.

Es importante señalar que tanto las ideas de Sutherland como las de Engelbart provocaron que por fin la barrera entre el usuario y la computadora se eliminara, ya que finalmente el usuario formaba parte del mundo generado por la computadora.

Se puede pensar que el desarrollo de la Realidad Virtual estuvo encargado a instituciones sociales dedicadas a la ciencia y tecnología en bien de la sociedad; sin embargo, no fue así, ya que las agencias militares, particularmente la de E.U. fueron las grandes precursoras.

### 2.3 El papel de la Armada Estadounidense en el desarrollo de la Realidad Virtual

En la Segunda Guerra Mundial, el entrenamiento de los pilotos era uno de las grandes problemas. Las estadísticas mostraban que sólo el 95% de los pilotos podrían regresar con vida si antes habían participado en un mínimo de cinco batallas verdicas. El problema era que la mayoría de sus novatos morían en el primer enfrentamiento.

Para contrarrestar dicho problema se crearon los simuladores de vuelo. En un principio estas máquinas no daban una retroalimentación visual en tiempo real; es decir, a medida que el piloto se movía no podía ver una regeneración de imágenes más o menos verídica de lo que podría pasar en el "mundo exterior", mientras se efectuara una batalla. Esto naturalmente cambió cuando las cámaras de vídeo aparecieron alrededor de 1950. Estos dispositivos fueron montados en plataformas móviles controladas por el simulador. Si el piloto cambiaba de posición, la cámara proyectaba entonces una nueva imagen.

Para el mismo período de tiempo que las cámaras de vídeo formaban parte de los simuladores de vuelo, Sutherland se percataba de los beneficios que podrían dar sus HMDs a dichos dispositivos. Formando equipo con David Evans empezaron a trabajar en cómo se podía representar objetos a escala en 3-D usando la computadora y los HMDs. Por ejemplo, un aeropuerto podía simularse conectando puntos por medio de

líneas. Naturalmente el hardware de las computadoras ya permitía hacer cálculos rápidos de tal forma que las escenas eran dibujadas en fracciones de segundo. Entonces Sutherland planteó que las cámaras podrían ser sustituidas por las computadoras logrando una representación rápida de secuencias.

Uno de los primeros proyectos que usó computadoras y se esforzó por conseguir una buena complejidad de escenas, no obstante que no lo consiguiera, fue el simulador de vuelo construido para la Marina Estadounidense en 1972, por General Electric. Consistía en tres canales independientes de generación de imágenes, proyectándolas sobre una pantalla diferente, lo cual hizo que las escenas abarcaran un campo visual horizontal de 180°. Era un simulador de vuelo que poseía un diseño parecido al "Cinerama", nada más que con cabina cubierta y haciendo uso de computadoras en lugar de cámaras.

Otro simulador de vuelo que también hizo hincapié en la importancia que tenía la complejidad de imágenes para contribuir a que las escenas fueran más reales y por lo tanto el entrenamiento de los pilotos fuera más efectivo, fue el ADM (Advanced Development Model) (Fig. 2.4).

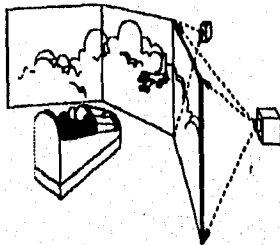


Fig. 2.4  
ADM.

En 1979, el ejército norteamericano probó los HMDs en sus simuladores de vuelo obteniendo una reducción significativa del equipo técnico que hasta el momento se había usado. Las imágenes ahora serían proyectadas directamente a los ojos del piloto, provocando en él menos distracción.

Uno de los primeros simuladores de vuelo que utilizó un HMD fue el construido por McDonnell Douglas, quien diseñó un casco llamado VITAL, el cual usaba un dispositivo electromagnético para detectar hacia donde estaba mirando el piloto. Unos tubos de rayos catódicos fueron colocados cerca de los ojos para que proyectara las imágenes sobre unos "beam splitters" exactamente enfrente de los ojos. Esto permitió que el piloto manipulara los "controles del avión" al mismo tiempo que veía las imágenes de lo que podría pasar en el "exterior". Sin embargo, la voluminosidad del casco fue un gran impedimento para la aceptación del dispositivo.

Por más de veinte años, la Armada Estadounidense no reparó en gastos para conseguir sistemas calificados que le permitieran el entrenamiento de sus pilotos y su ejército en general, obteniendo también el cuidado de su equipo de batalla real, ya que no se pondría en peligro durante las prácticas porque sería sustituido por los simuladores. Cabe destacar que este último objetivo es de suma importancia para cualquier ejército ya que un instrumento de guerra como es el caso de un avión, es mucho más costoso que cualquier simulador que emplee Realidad Virtual.

Al mismo tiempo que Sutherland trabajaba en sus HMDs y McDonnell con su casco, Myron Krueger, estudiante de la Universidad de Wisconsin, experimentaba con la combinación de computadoras y sistemas de video con el objetivo de establecer diálogo con la gente. Krueger fue más allá que Sutherland ya que él trató de sumergir a la persona dentro de una experiencia virtual en un cuarto, desplegando imágenes en paredes, piso y techo y en pantallas ubicadas dentro del propio cuarto. El equipo de video servía para proyectar las imágenes y para retroalimentar datos a la computadora, la cual respondía a lo que la persona hiciera dentro del cuarto. El usuario no tenía que usar ropa o aparatos especiales para interactuar con el ambiente que se generaba. Esto hizo de la computadora un instrumento amigable al usuario.

Los experimentos que realizó Krueger lo llevaron a crear lo que se conoce como **Realidad Artificial**. Este concepto puede calificarse como Realidad Virtual "sin hilos"; es decir, para interactuar con imágenes, el usuario ha de sentirse libre en sus movimientos y por tanto no debe de estar provisto de dispositivos como cables, guantes, HMDs, etc. que obstaculicen su comportamiento natural (9).

Es posible que no sea fácil establecer la diferencia entre el significado de Realidad Virtual y el de **Realidad Artificial**, pero el término de **Realidad Proyectada** permite esclarecer este objetivo. En las aplicaciones que Krueger desarrolló, la silueta del cuerpo de la persona se veía **proyectada** en la acción que pasaba en la pantalla, por la cual se tenía una experiencia indirecta con el ambiente generado por la computadora. A diferencia de la Realidad Virtual producida por dispositivos como el "Sensorama" de Morton Heiling o los HMDs de Sutherland, la imagen de la persona **no era proyectada** sino la **propia persona** era "introducida" dentro del ambiente dándole una experiencia directa al usuario.

En 1969, Krueger hizo una demostración de un ambiente llamado "**GLOWFLOW**". Este era un ejemplo de Realidad Artificial, el cual respondía al peso de las personas paradas en el piso, cambiando los dibujos de las paredes. Un aspecto interesante de este invento es que los usuarios no sabían que su peso era lo que provocaba los cambios.

El trabajo más importante donde Krueger desarrolló sus ideas por completo fue el "**VIDEOPLACE**". En este ambiente hizo posible que las personas saltaran, se movieran y en general se divirtieran. Una cámara de vídeo conectada a una computadora, era el único sensor del "**VIDEOPLACE**". Esta registraba la silueta del usuario y la desplegaba en un mundo gráfico donde se mezclaba con otras imágenes que reaccionaban con sus movimientos (Fig. 2.5). La computadora continuamente analizaba la imagen del usuario respecto al mundo gráfico. Cuando la imagen tocaba un objeto, la computadora respondía de muchas maneras por ejemplo, el objeto podía ser movido como si se le estuviera empujando, podía explotar o pegarse a los dedos. La imagen podía ser movida, rotada, o inclusive podía verse volar alrededor de la pantalla. Cabe hacer mención que el mundo gráfico generado no era necesariamente realista.

Fig. 2.5  
VIDEOPLACE.



Otra opción que presentaba el "**VIDEOPLACE**" era que la silueta de la persona podía ser unida con un mundo de criaturas gráficas llamadas "**CRITTERS**", las cuales eran consideradas mascotas gráficas (Fig. 2.6).

Fig. 2.6  
CRITTER.



Otros de los ambientes creados por Krueger fueron el "**METAPLAY**" y el "**PSYCHIC SPACE**", basados en las reacciones reales que tienen los deportistas. Cabe señalar que la importancia de los trabajos de Krueger radicó en que hizo hincapié en lo amigable que debe ser la computadora para establecer una buena interfase con ella.

Siguiendo con el desarrollo de la Realidad Virtual y al mismo tiempo respondiendo al requerimiento hecho por la Armada Estadounidense de conseguir desarrollar simuladores de vuelo seguros, Tomas Furness III creó un prototipo del sistema de control de un avión de la Fuerza Aérea de Ohio. En 1982, Furness hizo la presentación de este modelo con el nombre de VCASS (Visually Coupled Airbone Systems Simulator). A diferencia de otros simuladores, las imágenes normales que este dispositivo presentaba al piloto, eran representadas por símbolos abstractos. Esto era con el fin de que el piloto no se distrajera con detalles sino que se enfocara en puntos exactos. Paisajes y otras imágenes del mundo exterior eran sólo abstracciones con forma, omitiendo los detalles. Este tipo de simulación hacía que la navegación fuera más sencilla.

El VCASS usaba un dispositivo llamado Polhemus para detectar los movimientos de la cabeza. Un pequeño sensor ubicado dentro del casco recogía los pequeños pulsos electromagnéticos generados por una fuente cuando la cabeza de la persona se movía, los cuales eran entonces retroalimentados a la computadora, la cual generaba las respectivas imágenes. Unos CRTs de una pulgada de diámetro proyectaban las imágenes con cuatro veces mayor resolución que la televisión. El avance de la tecnología permitió a Furness generar imágenes más complejas a comparación de las creadas por Sutherland.

Posteriormente Furness siguió mejorando su dispositivo introduciéndole sonido estereofónico, con lo que logró crear uno de los más avanzados simuladores de vuelo llamado VCASS "Super Cockpit".

## **2.4 La UNC y la Realidad Virtual**

---

Los avances en Realidad Virtual conseguidos hasta el momento por Sutherland y sus HMDs, Krueger con la interacción entre cámaras de vídeo, computadoras y usuarios, y Furness integrando HMDs y sonido estereofónico al ambiente virtual, sólo enfatizaban en dar una retroalimentación auditiva y visual, pasando por alto otras señales sensoriales como las del tacto, a las cuales sólo Helting había prestado atención.

Aún sin la vista, el sentido del tacto permite al hombre construir un modelo de lo que le rodea, es decir, todas las propiedades de textura de los objetos son factores que ofrecen un concepto de su consistencia.

Para Frederick Brooks, investigador de la UNC (Universidad del Norte de Carolina), la computadora podía crear un ambiente virtual usando las señales obtenidas por el tacto en lugar de la vista y el sonido.

Una de las primeras investigaciones de Brooks que demostraba sus ideas fue lo que él llamó GROPE II. Este era un dispositivo especialmente diseñado para los químicos dedicados al estudio de moléculas, como las que forman parte de las drogas medicinales.

Brooks pensó que podría hacer una representación tridimensional de un modelo molecular de los componentes de una droga, como son los ácidos nucleicos o las proteínas. Para el químico, manipular las moléculas involucradas en la elaboración del fármaco representaría poder sentir las fuerzas de atracción o repulsión entre ellas y así buscar la constitución más efectiva del medicamento. La estructura de las moléculas podría ser generada y desplegada por la computadora. En base a esto, los químicos podían usar un aparato especial para manipularlas sin restricciones. El dispositivo que fue usado para este propósito fue un ARM (Argonne Remote Manipulator). Inicialmente funcionaba junto con un brazo robótico controlado remotamente para coger material radioactivo, así que tuvo que ser modificado agregándole motores extras para que resistiera los movimientos que el químico haría. El ARM retroalimentaba a la computadora la fuerza física de la mano del operador, mientras que en una pantalla se presentaba la molécula en tercera dimensión, reaccionando a este impacto.



El sistema de Brooks logró responder a los estímulos de la mano; sin embargo, el problema que presentó, fue que las imágenes en tercera dimensión de las moléculas no eran una representación verídica de la complejidad que realmente presentan estas estructuras, por lo que el GROPE II cayó en un letargo de desarrollo hasta que las computadoras fueran capaces de otorgarle más posibilidades.

Hasta 1986, las computadoras alcanzaron el nivel que pudo resolver los problemas que a Brooks y a su equipo se le presentaron. Entonces ellos diseñaron un nuevo sistema llamado GROPE III, el cual era capaz de representar un fármaco de 1500 átomos y una proteína con 21 átomos. Usando lentes polarizados el químico veía las imágenes de los componentes de la droga con una sensación de profundidad, mientras las manipulaba usando el ARM.

La computadora podía generar tres imágenes por segundo lo cual no era satisfactorio ya que por lo menos se necesitaban 20 imágenes por segundo para que se percibiera la estructura como un modelo real. Así que Brooks sacrificó la complejidad de las imágenes para aumentar la velocidad de regeneración, obteniendo diez imágenes por segundo.

Pese a los avances obtenidos por el GROPE II y posteriormente por el GROPE III, los investigadores se percataron de que este último dispositivo podría traer complicaciones graves, ya que las computadoras podían generar imágenes y sonido sin dañar a la gente, pero el ARM hacía sentir al brazo del químico, las fuerzas de atracción y repulsión de las moléculas, así que si no se usaba este dispositivo con mucho cuidado podría llegar a dañar el brazo o la mano del operador. Tal motivo provocó que este dispositivo no tuviera la aceptación que se esperaba.

Otro miembro de la UNC que contribuyó en gran medida al desarrollo de los HMDs y a los gráficos por computadora, fue Henry Fuchs, quien trabajó en uno de los problemas más comunes y que más aflige a los desarrolladores de Realidad Virtual. Dicho contratiempo está relacionado con un fenómeno llamado "lag-time" que significa el retraso que se ocasiona cuando son desplegadas las imágenes mientras el usuario mueve la cabeza. Este hecho está relacionado con varios aspectos como son: la claridad de dibujos, velocidad de la computadora al dibujarlos, número de objetos virtuales desplegados en el ambiente generado, etc., los cuales forman parte del motivo que le resta credibilidad a la ilusión.

Junto con Fuchs y Warren Robinett, también miembro de la UNC y experto programador de juegos espaciales, Brooks desarrolló aplicaciones que les permitieron a los médicos usar Realidad Virtual para entrenar a otros médicos en el aprendizaje de procedimientos para operar a un paciente. Esto lo logró haciendo que el desplegado de imágenes fuera transparente, con lo cual el médico podía ver a su paciente y las imágenes generadas por computadora al mismo tiempo. Dicha técnica es lo que se conoce como Realidad Aumentada, es decir, la habilidad de ver simultáneamente el mundo virtual y el mundo real, ya que las imágenes virtuales parecen superponerse al mundo real que continúa visible a través del dispositivo visualizador que se está usando.

Los logros que fueron obtenidos desde 1970 por miembros de la UNC como Brooks, Fuchs, Robinett y demás personas expertas en diferentes áreas, fueron sumamente importantes ya que consiguieron crear dispositivos y técnicas de Realidad Virtual que dieron mejores caminos para que la investigación en el campo de la Química y de la Medicina. Pero no sólo eso, sino también emprendieron labor en el campo de la Arquitectura donde se demandaba de un dispositivo que permitiera "visitar" el modelo arquitectónico antes de que fuera construido.

A mediados de la década de los 80's, la UNC emprendió un multimillonario proyecto llamado "Sitterton Hall". Este sería el nuevo hogar de Brooks y su equipo, cuya misión era construir el modelo de la estructura usando herramientas de Realidad Virtual. Partiendo de un proyecto detallado de la construcción, se hizo un modelo en tercera dimensión a escala con gráficos de computadora para varios ángulos visuales. Esto parecía una película que iba mostrando la construcción como si la persona fuera recorriéndola, teniendo la opción de decidir cuánto explorar. Para este efecto se le implementaron a la computadora unas manijas, las cuales eran tomadas por el usuario para avisar a la computadora hacia donde se deseaba caminar, es

decir, si eran maniobradas hacia la izquierda, quería decir que la persona necesitaba caminar hacia la izquierda.

El uso que Brooks pudo darle a la Realidad Virtual en el campo de la Arquitectura, demostró que esta tecnología sí era un mejor camino para compartir conocimiento, ya que el arquitecto podía comunicar sus ideas a los clientes y viceversa, estableciéndose entre ellos un intercambio de pensamientos que daba como resultado el éxito del proyecto desde antes que este se construyera.

Para 1980, la Armada Estadounidense, logró conjuntar las ideas de Furness, Engelbart, Sutherland y Krueger, quienes lograron romper la barrera que separaba al usuario y a la computadora, desarrolló una gran tecnología basada en Realidad Virtual con fines de entrenamiento bélico, por lo que la mayoría de los usuarios estaban representados por pilotos de guerra, por lo que sus logros no fueron difundidos al público, frenando con ello la expansión de esta tecnología. Cabe señalar que actualmente dicha organización posee el más avanzado equipo de Realidad Virtual en simuladores de vuelo.

Sin embargo, hubo otras personas como Brooks, Robinett y Fuchs que con ayuda de la institución para la cual trabajaban, la UNC, llevaron la aplicación de la Realidad Virtual a otras actividades humanas como la Química, Medicina y Arquitectura, logrando ampliar los horizontes de los mundos virtuales.

El trabajo de todas estas personas había logrado realizar los componentes de la Realidad Virtual. La interfase humano-computadora creada por el equipo colaborador de la Armada Estadounidense junto con los dispositivos de navegación desarrollados por la UNC, estaban listos, sólo restaba mejorarlos y ponerlos en orden para que los mundos virtuales dejaran completamente de ser un mito.

### **2.5 La NASA en el desarrollo de la Realidad Virtual**

---

La organización que tuvo por objetivo unificar en un sólo sistema los componentes de la Realidad Virtual desarrollados hasta 1980, fue la NASA Ames Research Center. Dicha institución realmente mostraba interés por recibir los beneficios que podía brindarle la Realidad Virtual en la exploración y estudio del espacio y también por hacer accesible esta tecnología al público; sin embargo, la NASA a comparación de la Armada no contaba con los recursos económicos necesarios para ensamblar y desarrollar los sistemas, así que la única opción que encontró, fue asociarse con varias empresas las cuales mostraron el mismo interés por abrir las fronteras de la Realidad Virtual.

El interés de la NASA por hacer accesible para sí misma y para el público la Realidad Virtual la llevó a desarrollar conceptos como el de telepresencia. Cabe señalar que este término no era totalmente nuevo, ya que se empezó a usar cuando la televisión hizo su aparición en 1941, pero a comparación de aquella época, el equipo que se empleaba para crear la sensación de "estar presente a distancia" era novedoso.

La NASA desarrolló telepresencia para hacer tareas que a los astronautas o científicos les fuera difícil de realizar o cuya ejecución resultara costosa, si es que involucraba en su totalidad personas. Por ejemplo, un robot podría estar en el espacio y un científico en Houston usando un HMD y un guante de control. El científico podrá ver lo que el robot "ve", ya que el HMD está conectado al robot y este posee una cámara que va captando todo lo que se encuentra cuando se mueve por órdenes de quien está usando el HMD.

El guante o guantes deben estar conectados a los brazos mecánicos del robot, para que el científico manipule lo que el robot "toque". Esto reducirá costos en la reparación de una estación espacial, ya que si el astronauta estuviera físicamente ahí componiéndola costaría 50,000 dólares por hora y por lo regular esta labor toma días.

En 1981, la NASA empezó a elaborar un sistema que pudiera proporcionar una inmersión similar a la otorgada por el VCASS de Furness III, pero a comparación de este sistema, el nuevo proyecto no tenía que ser tan costoso. Dicho trabajo se llamó "Virtual Workstation" y tuvo una inversión inicial de 10,000 dólares y estuvo a cargo de Michael McGreevy y el Dr. Stephen Hill.

El primer paso que McGreevy hizo fue reemplazar el casco del VCASS con ayuda de Jim Humphires, Saim Eriskin y Joe Deardon. El dispositivo más barato que encontró para desplegar las imágenes fue el "Watchman", el cual estaba basado en tecnología LCD (Liquid Cristal Display) y tenía una resolución limitada de 100 x 100 píxeles a comparación de los millones de píxeles que poseía el VCASS con su tecnología CRT, los cuales le proporcionaban alta resolución. El "Watchman" era un dispositivo mediocre al lado del utilizado por el VCASS, pero según McGreevy, para empezar era suficiente, siendo su costo bastante accesible.

El siguiente paso era montar las pantallas de LCD en algo moldeable a la cabeza, lo cual no le tomo mucho esfuerzo ni dinero a McGreevy porque no prestó demasiada atención al diseño que pudiera tener el dispositivo. Cuando terminó de montar las pantallas tuvo como resultado el primer HMD de tan sólo 2000 dólares llamado VIVED (Virtual Visual Environment Display) (Fig. 2.7). Para probar este dispositivo McGreevy necesitó crear imágenes independientes para el ojo izquierdo y para el ojo derecho y como él no tenía computadora, utilizó dos videocámaras, una para cada ojo. Estas creaban las imágenes representativas de un recorrido por los laboratorios de la NASA, y el VIVED se encargaba de dar la sensación de "estar presente ahí".

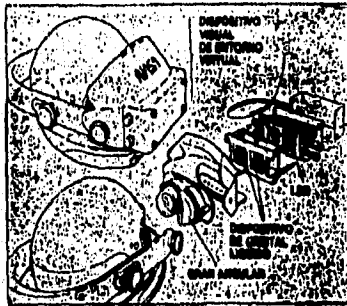


Fig. 2.7  
HMD VIVED.

Posteriormente McGreevy junto con el programador Amy Wu, continuaron el trabajo elaborando el hardware y software necesarios para el resto de la "Virtual Workstation". Los investigadores utilizaron el software generador de imágenes llamado Picture System 2 Graphics Computer de Evans y Sutherland, una computadora DEC PDP-11/40, el mismo rastreador de movimientos de cabeza de Furness III, llamado Polhemus y por último dos monitores de 19 pulgadas.

El sistema de gráficos de Evans y Sutherland convertía las señales de vídeo proporcionadas por las cámaras, convirtiéndolas en un formato propio para el HMD. El Polhemus, montado arriba del VIVED, comunicaba la posición de la cabeza a la PDP-11/40, generándose entonces las imágenes respectivas hacia donde estaba mirando la persona. Todo este material hizo que el usuario se encontrara inmerso en el mundo generado por la computadora.

El primer trabajo que se le asignó a la "Virtual Workstation", fue estudiar el control del tráfico aéreo. La computadora generaba un ambiente en donde el usuario al voltear la cabeza podía ver vuelos en todas direcciones.

Para 1985, McGreevy y toda la gente que colaboró en el proyecto, habían logrado crear el primer sistema estereoscópico capaz de atraer la atención del público y con un costo relativamente accesible para empezar una nueva industria.

En el mismo año que McGreevy finalizó la "Virtual Workstation", Scott Fisher, quién había trabajado para la ARC (Atari's Research Center), estaba interesado en agregar al trabajo de McGreevy reconocedores de voz, sonido tridimensional y dispositivos de retroalimentación del sentido del tacto. Esto con el fin de extender las formas de aplicación de la Realidad Virtual que daba la "Virtual Workstation".

En el ARC, Fisher conoció a Thomas Zimmerman, quién había desarrollado un guante capaz de medir las flexiones e inclinaciones de los dedos de la mano. En un principio este dispositivo era usado para crear música junto con una computadora encargada de controlar un sintetizador. Era como usar una guitarra. El guante determinaba cuales eran las notas musicales, dependiendo de los movimientos realizados por los dedos de la mano. Obviamente estos movimientos debían ser similares a los que se realizan cuando se presionan las cuerdas de una guitarra al estar realmente tocándola. Posteriormente, el guante comunicaba los movimientos a la computadora y esta al sintetizador, generándose la música.

Según Fisher, si se usaba dicho guante junto con el casco creado por McGreevy para la NASA, se podía ver por primera vez una parte del cuerpo de una persona como parte de la simulación y por lo tanto el usuario creería más firmemente en la ilusión.

En 1983, dos años antes que Fisher conociera a Zimmerman, este último investigador había hecho equipo con Jaron Lanier, quien recientemente había dejado la ARC. Zimmerman y Lanier se propusieron extender el uso del guante y desarrollar dispositivos que permitieran interactuar con mundos virtuales. Finalmente en 1985, fundaron la industria VPL Research Inc. cuyos primeros productos oficiales fueron el "Dataglove", un HMD llamado "EyePhone", que usaba un sistema de desplegado de imágenes inventado por Eric Howlett, conocido como LEEP System. Estos dos productos con su correspondiente software hicieron que VPL se convirtiera en el líder dominante en los mercados, llegando sus dispositivos no sólo a la NASA, sino a otros laboratorios. Cabe mencionar que la empresa VPL Research Inc., al no poder pagar el dinero que adeudaba, dejó de existir años más tarde.

En 1986, la NASA había desarrollado un ambiente virtual que permitía a los usuarios usar comandos de voz y escuchar discursos con sonido en tercera dimensión. Entonces Fisher añadió el "Dataglove" de VPL a este sistema, obteniendo una herramienta en donde se podía manipular directamente los objetos virtuales. Ya no era necesario que la gente tuviera que teclear comandos para comunicarse y además, se podía escuchar sonido relacionado con las imágenes que proveía el HMD. Con este trabajo, la NASA culminó un proyecto que hacía uso de varios dispositivos y técnicas disponibles hasta el momento; sin embargo, su resolución de imágenes era pobre y además a la computadora le tomaba la quinta parte de un segundo responder a los movimientos de la cabeza del usuario, así que este tenía que hacer movimientos lentos.

Posteriormente, la NASA continuó mejorando las cualidades de su sistema. Sus investigadores trabajaron para que la computadora reconociera satisfactoriamente los movimientos que hacía la mano, cuando intersectaba algún objeto, diseñando el software capaz de efectuar dicha labor en el ambiente virtual y además, mejoraron el "Dataglove" usando sensores de fibra óptica. De este modo, la computadora sabía cual era la posición exacta de la mano y que movimientos hacían los dedos.

Por lo que respecta a los comandos de reconocimiento de voz, se hicieron mejoras en el sintetizador de voz dentro del sistema, obteniendo resultados importantes para que el usuario interactuara con el ambiente sin hacer uso del teclado, botones o ratón.

Fisher también incrementó los avances relacionados con el sonido estereofónico o binaural. Basándose en trabajos de psicología de la percepción del sonido de Elizabeth Wenzel y de ingeniería de Scott Foster, quién fuera presidente de Cristal River Engineering, Fisher trabajó en atribuir sonido a objetos

virtuales. Por ejemplo, si se entraba a un cuarto virtual y en medio de este se veía un radio encendido, al levantarlo con el guante, el usuario debía creer que el sonido producido era real y si llegaba a cerrar los ojos, podría localizar con precisión el lugar de donde provenía el sonido.

Todos los avances no sólo logrados por la NASA, sino también por la Armada y decenas de personas más, sólo son un pequeño paso en la concretización del objetivo que se le ha impuesto a la Realidad Virtual, aunque definitivamente las bases para el desarrollo de dicha tecnología se han sentado.

## **2.6 El presente de la Realidad Virtual**

---

Aunque el equipo que se necesita para crear escenas virtuales es muy voluminoso y caro, muchos expertos predican un cambio en esta situación. De hecho hoy en día, todos los componentes hardware y el resto del equipo del sistema virtual, están a la venta y muchas aplicaciones ya están siendo utilizadas. Algunas otras son demandadas, pero no son posibles todavía. Esto es debido a las limitaciones de rastreo y de la programación. Es por estos motivos que los investigadores de Realidad Virtual están muy motivados para seguir avanzando en diversas áreas, así como en la investigación de nuevas tecnologías para poder generar imágenes más reales y con una mejor definición.

Desafortunadamente, no existen muchos grupos de investigación a nivel mundial que contribuyan al desarrollo de la Realidad Virtual. Aunque es indudable que ha aumentado el interés por parte de las empresas privadas, la falta de instituciones que puedan financiar los proyectos es todavía grande. Además, el respaldo gubernamental es mínimo (10).

Con la excepción de las aplicaciones militares llevadas a cabo por Estados Unidos, las cuales reciben apoyo gubernamental, la mayoría de las investigaciones y desarrollo de productos de Realidad Virtual están siendo realizadas por pequeñas empresas en formación. Los esfuerzos de estas empresas están dirigidos a construir equipo, sistemas y aplicaciones específicas en forma de productos, mientras que otros grupos, como los universitarios, están enfocados a refinar dichas tecnologías para obtener sistemas convergentes de trabajo.

Los países como Alemania y Francia destinan más dinero y recursos a la investigación y desarrollo de la Realidad Virtual que en Estados Unidos. En el Reino Unido, la investigación creciente y la actividad industrial han producido muchos dispositivos de control utilizados actualmente. En Japón, el respaldo que se le está dando a la Realidad Virtual es de tal magnitud que lo que los principales consorcios japoneses gastan anualmente en investigación y desarrollo, es lo mismo que en toda América.

### CAPITULO 3. COMPONENTES DE UN SISTEMA DE REALIDAD VIRTUAL

Mientras más rápidas y poderosas sean las computadoras y las herramientas de software se mejoren, la accesibilidad a la Realidad Virtual se expandirá a gran número de usuarios, diseñadores y desarrolladores. Los esfuerzos de gente que colabora en la realización de esta tecnología, como: maestros, científicos, psicólogos, técnicos, ingenieros, artistas, etc. están encaminados a hacer de esta un medio cada vez más interactivo. El futuro de la Realidad Virtual es promisorio para el siglo XXI. Se espera que las personas cuenten con una herramienta más completa, útil, confiable, económica y común; naturalmente el costo económico e intelectual que se debe invertir es grande.

El punto central de la interactividad que ya está ofreciendo la Realidad Virtual se basa en un conjunto de elementos denominado generador de la realidad. Esta estructura que se compone tanto de elementos de software como de hardware, está encargada de procesar continuamente información sensorial. El proceso cíclico comienza cuando al usuario se le expone a un ambiente virtual y este reacciona ante cualquier factor, por ejemplo, si la persona se encuentra en una habitación virtual mirando un cuadro colgado en la pared y repentinamente mueve su cabeza para observar un libro que yace encima de una mesa, se produce una señal sensorial. En el momento que el usuario gira nuevamente su cabeza, se genera una nueva dirección de su punto de vista y la información obtenida deberá ser procesada por la computadora a fin de crear la imagen visual que recibirá el usuario dentro del ambiente virtual.

Para llevar a cabo el proceso receptor, procesador y generador de señales relacionadas con los sentidos sensoriales del hombre, que harán del ambiente virtual más real, los sistemas de Realidad Virtual se han dividido en cuatro partes (Fig. 3.1); cada una de ellas, encargada de funciones específicas que ayudarán en dicho proceso.

- **Efectores.** Son todos aquellos dispositivos que sirven para crear la sensación de "estar inmerso" en el mundo virtual. Tanto los dispositivos de entrada como los de salida se consideran efectores.
- **Generador de la realidad (Reality Engine).** La componen, el sistema computacional y el hardware externo, como por ejemplo, un sintetizador de sonido.
- **Aplicación.** Se refiere al software encargado de describir el contexto de la simulación, las estructuras que la componen y las leyes de interacción entre objetos virtuales y el usuario. En esta parte del software se determina cual será la función del sistema de Realidad Virtual, ya sea para diseñar cocinas o como simulador de vuelo.
- **Geometría.** Es la información que describe los atributos físicos de los objetos virtuales como el color, forma, textura, tamaño, etc.

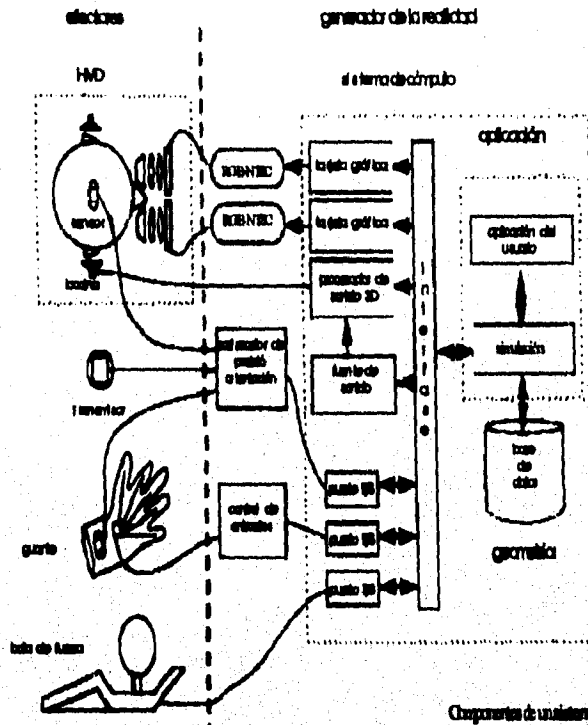


Fig 21 Componentes de un sistema de RV

### 3.1 Efectores

Para que la Realidad Virtual pueda "sumergir" al usuario dentro del mundo virtual, debe contar con suficientes dispositivos de entrada y salida capaces de generar inmersión e interactividad.

Los esfuerzos de la Realidad Virtual por crear la sensación de "estar inmerso", están dirigidos a cubrir los sentidos sensoriales del hombre. Algunos investigadores como David Mitchell de Diapor VR Network, señalan que aparte de los cinco sentidos humanos que comúnmente son citados: vista, tacto, olfato, oído y gusto, existen tres más. Estos son: el sentido del balance, el inmunológico y el feromonal.

El sentido del balance es determinado por el oído y por la tensión muscular; el sentido feromonal es definido por el comportamiento de ciertas glándulas cuando están transmitiendo mensajes químicos y por último, el sistema inmunológico, el cual está determinado por ciertas reacciones de la piel y algunas glándulas cuando actúan ante factores externos (11).

Los sentidos como la vista, tacto, olfato, gusto y oído, proveen de un grado de señales mínimas que el cerebro finalmente utiliza para construir realidades.

La mayor parte de las investigaciones para el desarrollo de efectores, se han llevado a cabo en el campo de la vista y el oído; el tacto ha sido escasamente investigado y para el sentido del gusto y del olfato, no hay todavía estudios realizados. En lo que respecta a los sentidos del balance, el feromonal y el inmunológico, actualmente no hay investigaciones, con lo cual se da una idea del largo camino que le falta por recorrer a la Realidad Virtual.

### 3.1.1. Dispositivos de salida

La mayor parte de esta clase de hardware tiene por objetivo aislar al individuo del mundo real y sustituir este por la realidad generada en la computadora.

#### Vista

La mayoría de los ambientes virtuales dependen parcialmente de la calidad de las imágenes que se le presentan al usuario. Esto es debido a que una gran parte del cerebro, más que para cualquier otro sentido, está dedicada a procesar y organizar la información visual que recibe, por lo que la mayor parte de las investigaciones en cuanto a dispositivos sensoriales que debe incluir un sistema de Realidad Virtual, se han llevado a cabo para el sentido de la vista.

Los ojos canalizan una cantidad enorme de información a centros de procesamiento que la filtran y la reducen, para que pueda ser utilizada por el cerebro. Muchos de estos procesos ocurren sin que la persona realice esfuerzos conscientes (12).

Uno de los retos de los ambientes virtuales, es poder entender estos poderes de visualización preconscientes, con el fin de aprovechar estas capacidades sensoriales innatas del hombre. Para poder lograrlo, se depende de la calidad de imágenes que se le presentan al usuario.

El sentido de inmersión, es producto de varios parámetros relacionados a estímulos visuales y a otros factores de la simulación. Ya que muchos parámetros son netamente visuales, es crucial el papel que las señales visuales juegan en la creación de una experiencia inmersiva.

#### HMDs (Head Mounted Displays)

Los dispositivos llamados HMDs proveen la experiencia visual más directa de los mundos virtuales, al occluir el campo de vista real del hombre y reemplazar el campo visual del mundo generado por la computadora. Algunos parecen cascos, otros vienen para beber y los más simples, son gafas suspendidas de una cinta en la cabeza. Algunos de estos dispositivos están equipados con auriculares, para tener acompañamiento auditivo.

Un HMD está compuesto de un par de lentes ópticas y un par de pantallas, que sirven para desplegar las imágenes. La parte difícil del diseño de esta clase de dispositivos, consiste en juntar los dos componentes en un aparato higiénico, ergonómico y ligero (Fig. 3.2). Después que Ivan Sutherland creara el primero de estos HMDs ("The sword of Damocles"), al menos diez empresas en Estados Unidos se han dedicado a elaborarlos.



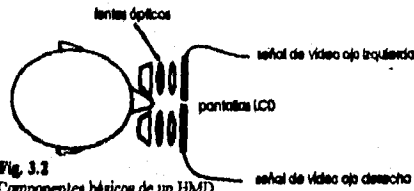


Fig. 3.2  
Componentes básicos de un HMD.

Utilizando como guía el HMD usado en un principio por la NASA Ames, se explicará cómo se interrelacionan los lentes ópticos y las pantallas de desplegado.

Los lentes ópticos que conforman al HMD permiten que el usuario enfoque la vista en las pantallas de desplegado, a una distancia de dos a tres pulgadas desde la cara e incrementan el campo visual que la computadora genera. Los lentes ópticos que conformaban el HMD de la NASA, los elaboró una pequeña compañía llamada LEEP Systems, en Waltham Massachusetts y fueron usados junto con unas pantallas LCDs.

Una de las características de estos lentes es la proyección anamórfica que tienen para crear un campo visual amplio. Este tipo de proyección fue diseñada para otorgar el máximo detalle de la imagen enfrente del ojo humano y el mínimo detalle, en la periferia. Las imágenes vistas a través de estos lentes ópticos son distorsionadas por el "efecto acórtico", es decir, las líneas rectas aparecen curvadas, ocasionando que un objeto que se encuentra en el centro, parezca que se dobla hacia el usuario (Fig. 3.3). Si las imágenes no se corrigen para llevar acabo este efecto, la distorsión puede comenzar a ser un problema, al utilizar estos lentes ópticos.

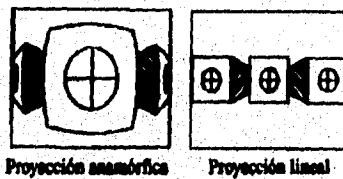
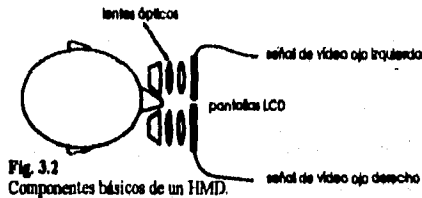


Fig. 3.3  
Diferentes proyecciones.

Cabe señalar que el grado de distorsión varía según el diseño del lente. Los primeros modelos de los lentes LEEP (Large Expanse Extra Perspective), proporcionaban 90 grados de campo visual horizontal y la distorsión era mínima. Las últimas versiones, proporcionan 140 grados de campo visual, por lo que se requiere de algún tipo de corrección, la cual puede ser llevada a cabo por algún tipo de procesamiento digital de la imagen.

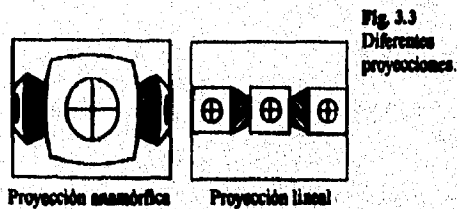
Después que la NASA empezó a usar los lentes ópticos LEEP, muchos diseños recientes de HMDs los han usado. La empresa VPL los empleó en la construcción de sus Eyephones antes que diseñara sus propios lentes (Fig. 3.4). La empresa Virtual Research los emplea en la construcción de sus cascos.



Utilizando como guía el HMD usado en un principio por la NASA Ames, se explicará cómo se interrelacionan los lentes ópticos y las pantallas de desplegado.

Los lentes ópticos que conforman al HMD permiten que el usuario enfoque la vista en las pantallas de desplegado, a una distancia de dos a tres pulgadas desde la cara e incrementan el campo visual que la computadora genera. Los lentes ópticos que conformaban el HMD de la NASA, los elaboró una pequeña compañía llamada LEEP Systems, en Waltham Massachusetts y fueron usados junto con unas pantallas LCDs.

Una de las características de estos lentes es la proyección anamórfica que tienen para crear un campo visual amplio. Este tipo de proyección fue diseñada para otorgar el máximo detalle de la imagen enfrente del ojo humano y el mínimo detalle, en la periferia. Las imágenes vistas a través de estos lentes ópticos son distorsionadas por el "efecto acérico", es decir, las líneas rectas aparecen curvadas, ocasionando que un objeto que se encuentra en el centro, parezca que se dobla hacia el usuario (Fig. 3.3). Si las imágenes no se corrigen para llevar a cabo este efecto, la distorsión puede comenzar a ser un problema, al utilizar estos lentes ópticos.



Cabe señalar que el grado de distorsión varía según el diseño del lente. Los primeros modelos de los lentes LEEP (Large Expanse Extra Perspective), proporcionaban 90 grados de campo visual horizontal y la distorsión era mínima. Las últimas versiones, proporcionan 140 grados de campo visual, por lo que se requiere de algún tipo de corrección, la cual puede ser llevada a cabo por algún tipo de procesamiento digital de la imagen.

Después que la NASA empezó a usar los lentes ópticos LEEP, muchos diseños recientes de HMDs los han usado. La empresa VPL los empleó en la construcción de sus Eyephones antes que diseñara sus propios lentes (Fig. 3.4). La empresa Virtual Research los emplea en la construcción de sus cascos.



Fig. 3.4  
VPL Eyephones.

Otro factor esencial que repercute en el diseño de un HMD, es la distancia que existe entre las pupilas de los ojos, lo cual se conoce como distancia interpupilar. La mayoría de la población adulta tiene entre 51 y 71 milímetros de separación entre las pupilas.

Los lentes ópticos LEEP proveen de un amplio diámetro de enfoque para la pupila del ojo, lo cual permite que una gran variedad de diferencias entre las distancias de las pupilas, se abarquen sin ningún tipo de ajuste mecánico (13).

Otra importante consideración es el espacio interaxial de los lentes ópticos. Un valor promedio del espacio interpupilar, como 64 milímetros, es usado para garantizar que el eje visual del ojo derecho e izquierdo, converjan en lugar de divergir al tratar de juntar las imágenes de las dos pantallas. Mientras más pequeño sea el espacio interaxial, se garantiza la convergencia.

El espacio interaxial, también causa restricciones en el tamaño de las pantallas LCD que usa el HMD, ya que si estas son muy grandes, no se adaptarían a los lentes ópticos y ocasionarían problemas de convergencia y distorsión de las imágenes (Fig. 3.5). En caso de que se presentara este contratiempo, se puede colocar entre el ojo y el lente óptico, un prisma plástico "fresnel" para que las imágenes se mantengan cerca y así puedan ser interpretadas como una sola.

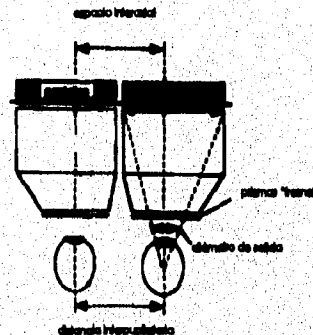


Fig. 3.5  
Representación del  
espacio interaxial.

El campo visual es uno de los parámetros ópticos más críticos. Mientras más amplio sea, se experimenta una mayor sensación de presencia. Desafortunadamente, la resolución de las imágenes que se perciben en las pantallas LCD empeora, a medida que los lentes ópticos aumentan el campo visual. Esta es la razón por la cual, algunos fabricantes de HMDs diseñan sus dispositivos con el fin de generar de 40 a 50 grados de campo visual (14).

En las aplicaciones de Realidad Virtual, lo ideal de un efecto visual, sería obtener un extenso campo visual y una buena resolución; sin embargo, al no poder equilibrar ambas necesidades, los diseñadores se ven obligados a sacrificar una de ellas. En algunas aplicaciones donde los detalles son importantes o existe la necesidad de leer un texto, la resolución es más importante que el campo visual. En cambio, en otras aplicaciones, como los paseos arquitectónicos, es más importante el campo visual que la resolución.

Una de las interesantes aplicaciones ópticas que han sido desarrolladas para los HMDs, es el uso de lentes holográficas, los cuales parecen unos lentes de sol espejados. En este tipo de dispositivos, las LCDs son colocadas directamente arriba de los ojos, señalando hacia los lentes. La mitad de los lentes está cubierta por plata, lo cual hace que la imagen de las LCDs se refleje en el interior del lente, en donde se construye la película holográfica. Después de pasar a través de los lentes, la imagen es reflejada de vuelta al ojo. Si el interior de la superficie de los lentes es sólo parcialmente reflejada, el usuario entonces verá al mismo tiempo el mundo virtual y el mundo real a través del lente. Dicho efecto es similar a cuando se usan unos lentes para sol oscuros, con el mundo virtual proyectado dentro del lente. Los lentes holográficos a parte de que son cómodos, tienen un bajo costo.

#### Dispositivos de despliegue de imágenes

Las tecnologías actualmente más usadas, que permiten desplegar las imágenes para crear un mundo virtual son: CRTs (Cathode Ray Tubes) y LCDs (Liquid Crystal Displays).

LCDs. Este tipo de pantallas, generalmente son baratas y consumen poca electricidad. Son ligeras y planas, como las que encuentran en las calculadoras y relojes digitales o en los equipos portátiles de televisión y computación. Su funcionamiento se basa en la aplicación de un campo eléctrico a una superficie de moléculas de cristal líquido, cuando que actúan como filtros de polarización de luz. Uno de los problemas de este tipo de pantallas es la poca resolución obtenida.

En 1992, la empresa VPL desarrolló un HMD denominado HRX, el cual utilizó una pantalla LCD que tenía la mayor resolución que cualquier otra existente en el mercado, 720 x 480 elementos. Sin embargo, debido a su costo tan elevado de \$49,000 dólares y a otros problemas, fue discontinuado (15).

El mayor problema con las pantallas LCD a color, es su limitada resolución de 360 x 240 elementos. Adicionalmente, se necesita la combinación de tres elementos, rojo, verde y azul, para generar un sólo píxel; así la pantalla representa sólo 29,000 píxeles, lo cual es muy poca resolución si se compara con los 307,000 píxeles que despliega un monitor VGA.

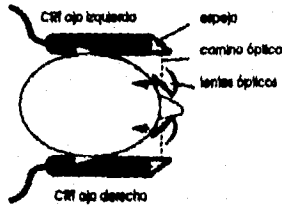
Otro problema relacionado a la baja resolución, es que cuando se está observando a través de los lentes ópticos, cada elemento de la pantalla LCD es claramente visible, lo cual ocasiona una distracción al usuario. Para solucionar este problema, la empresa VPL desarrolló un método que minimiza esta distracción. Experimentando con varios filtros, como el papel de cera, se logró nublar un poco la imagen, ya que se encontró que este efecto era suficiente para que los ojos de los usuarios no prestaran atención a lo dépero de la pantalla. Actualmente la mayoría de los HMDs que usan LCDs utilizan alguna clase de filtro para proporcionar calidad a la imagen.

CRTs. Son pantallas normalmente usadas como monitores de televisores convencionales o de computadoras clásicas, las cuales presentan imágenes brillantes y de alta resolución. Las imágenes son producidas por electrones disparados a la pantalla de flúoruro emisor de luz.

Existen dos razones por las cuales no se utilizan este tipo de pantallas: su peso y el especial cuidado que se debe tener por el gran voltaje que se encuentra muy cerca de la cabeza del usuario. El peso constituye un gran problema porque el usuario tiene que esforzar los músculos de su cuello para poder mantener el HMD, lo cual hace que la libertad de movimientos que debe poseer, se frene. Ahora bien, las CRTs

típicamente son montadas cerca de los oídos, así que hay que poner especial cuidado ya que cientos de volts estarán muy cerca de la cabeza (Fig. 3.6).

**Fig. 3.6**  
Diagrama básico de un HMD basado en pantallas tipo CRT.



El poder desarrollar una pantalla a colores de alta resolución de tamaño pequeño, es el mayor problema al que se enfrenta este tipo de pantallas. Como alternativa, se puede utilizar una pantalla CRT monocromática, la cual rápidamente cambia a un filtro de color LCD que se encuentra enfrente de la pantalla. Esta técnica provee una alta resolución sin necesidad de usar demasiado hardware. La empresa Tektronix, en Oregon, desarrolló un HMD basado en esta tecnología a mediados del año 1993. La pantalla tiene una resolución de 640 x 480 pixeles y el costo del dispositivo es menor a los \$1,000 dólares.

Algunas compañías como Polhemus Labs y CAE-Link, han creado un HMD usando cables de fibra óptica (Fig. 3.7). Algunos médicos han usado de manera similar un grupo de cables ópticos, de diámetro aun más pequeño que los usados para HMD, en un aparato llamado endoscopio, para explorar el cuerpo de un paciente sin efectuar una cirugía.



Para los HMDs que usan fibra óptica, la imagen de alta resolución pasa por el extremo inicial de las al menos un millón de fibras que suelen usarse, y por el extremo final se refleja a los ojos de los usuarios. Indudablemente el costo de estos HMDs es muy grande, así que su uso es restringido, ya que aunque la idea es muy simple, fabricar un par de cables ópticamente correctos es muy caro y depende también del número de fibras utilizadas.

#### **BOOMs (Biscular Omni-Oriented Monitor)**

Una de las más interesantes variaciones de los HMDs, en cuanto a diseño se refiere es el BOOM (Fig. 3.8).

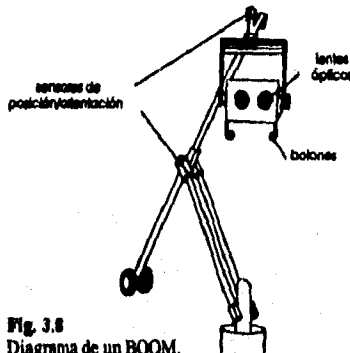


Fig. 3.8  
Diagrama de un BOOM.

El BOOM fue creado por la empresa Fake Space Labs en Palo Alto, California, siendo un dispositivo que pareciera estar anclado al suelo. Su manejo no es muy distinto al VIEWMASTER y puede ser usado por varios usuarios. Una larga barra, colocada en el centro, se balancea alrededor de un cordón con una libertad de movimiento de 6 grados.

La pantalla donde se visualizan las imágenes, se suspende desde una estructura giratoria en un extremo y su peso es compensado por una carga en el otro extremo. Dos asas están situadas cerca de la base de este y son utilizadas para empujarlo y sujetarlo en la cabeza, con el fin de obtener diferentes vistas. El campo visual que ofrece el BOOM es de 90 grados verticalmente y 180 grados horizontalmente.

El uso del BOOM tiene ciertas ventajas sobre el uso de un HMD, especialmente si va a ser utilizado durante un largo periodo de tiempo. Un HMD, tiene límites en cuanto a su peso, ya que este se encuentra todo el tiempo sobre la cabeza del usuario, por lo que la mayor parte de estos dispositivos es equipada con LCDs, lo que los hace proveer de una escasa resolución. El peso de un BOOM, en cualquier caso, no es llevado y conducido por el usuario. Además, los BOOMs pueden utilizar tecnología de presentación CRT con una resolución de 1000 líneas, suficientes para obtener imágenes nítidas y detalladas (16).

El BOOM puede ser suspendido sobre la computadora de una persona de tal manera que esta puede tener acceso a la escena virtual mientras está sentada usando su terminal.

Los dispositivos mecánicos de rastreo que llevan incorporados los BOOMs, eliminan la necesidad de un sistema de rastreo electromagnético, evitando los problemas de distorsión y latencia que a menudo están asociados a las interfaces magnéticas.

Los BOOMs tienen su mejor aplicación en proyectores de visualización, simulaciones científicas y para construir módulos de entrenamiento y entretenimiento. Algunos centros de investigación utilizan BOOMs en lugar de HMDs en modelados moleculares y estudios de la dinámica de fluidos.

A pesar de las ventajas que ofrece este dispositivo, no es muy adecuado si se quiere usar junto con un dispositivo de mano para seleccionar o manipular el entorno virtual.

#### **Sensación de profundidad**

Generar una sensación de profundidad, no solamente consiste en colocar un par de imágenes en frente de los ojos del usuario, ya que aunque el cerebro puede fusionar las dos imágenes, como si fuera una sola, se necesitan otras capacidades para poder percibir la distancia a la que se encuentran los objetos.

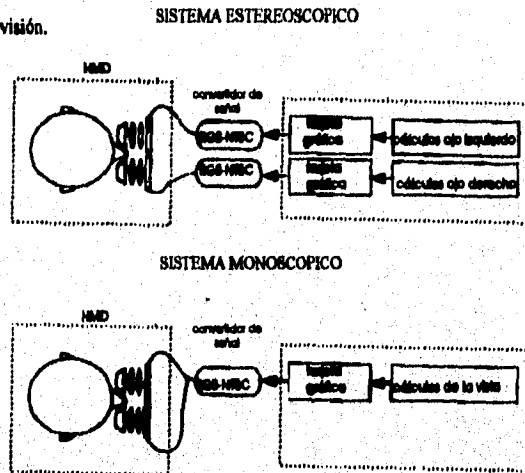
Los ojos proporcionan información en relación a la calidad y cantidad de luz que perciben. Entre los diferentes impulsos que necesita el cerebro para determinar el tamaño y la posición de los objetos en el espacio, se encuentra, el sombreado de los objetos, la oclusión y la perspectiva de los detalles, entre otros. Por ejemplo, si se tiene una fuente luminosa colocada a espaldas del usuario, el cerebro de este interpretará que un objeto pobremente iluminado estará más alejado que uno que este iluminado intensamente. De la misma forma, un objeto que aparece de menor tamaño se considerará más alejado que uno que aparece con mayor tamaño.

Las señales monoculares, son muy fáciles de programar en un sistema de Realidad Virtual ya que no dependen de que el par de ojos trabajen al unisono, para poder generarse. Sin embargo, son de mayor interés para la Realidad Virtual, aquellas señales visuales que dependen del trabajo simultáneo de ambos ojos. Estas señales se les conoce como binoculares y son la base para la visión estereoscópica.

### Sistemas estereoscópicos

En un sistema estereoscópico de Realidad Virtual, cada imagen es generada y convertida a una señal de vídeo independiente, tanto para el ojo izquierdo como para el derecho, antes de ser presentada a través del sistema de desplegado del HMD. En cambio, en un sistema monoscópico de Realidad Virtual, sólo una imagen es generada y convertida a señal de vídeo para poder ser observada por ambos ojos (Fig. 3.9). Desde luego un sistema estereoscópico es mucho mejor que un monoscópico.

Fig. 3.9  
Sistemas de visión.



Dos hechos de gran importancia suceden cuando los ojos enfocan a un objeto. Primeramente, los ojos convergen de tal manera que el objeto este en la línea de visión directa de cada ojo. Esta *convergencia binocular* se produce a través de la acción de los músculos que controlan el movimiento de los ojos, suministrando al cerebro la retroalimentación necesaria en relación a la distancia relativa que se tiene respecto al objeto; es decir, mientras mayor sea la convergencia, más cercano se encontrará el objeto. El cerebro, a su vez, se apoya en la retroalimentación propioceptiva que envían los músculos relacionados al movimiento de los ojos, al intentar determinar la distancia relativa; mientras mayor sea la tensión en estos músculos, mayor será la convergencia.

El segundo hecho radica en que cada ojo recibe una imagen del objeto ligeramente diferente de la otra. Así, el ojo izquierdo ve un poco más del lado izquierdo del objeto que el ojo derecho, el cual ve un poco más del lado derecho del objeto en cuestión. El cerebro utiliza el *paralelaje binocular* para realizar una interpretación más exacta de la distancia relativa del objeto: mientras es mayor la disparidad entre las dos imágenes, más cerca estará el objeto.

La combinación de estos dos factores forman la base de la *estereopsis*, o sea, la sensación binocular de la profundidad. Esta sensación hace que los objetos que conforman el mundo virtual, parezcan más sólidos y reales, lo cual es un aspecto muy crucial en la simulación (17).

Muchos intentos se han llevado a cabo para mejorar la generación de imágenes en un sistema estereoscópico. Algunos sistemas de Realidad Virtual usan dos PCs o dos Workstations sincronizadas para generar el par de imágenes. Otro intento es usar sólo una PC o Workstation que incluya un sistema Dual Graphics. Esta última opción es usualmente la menos cara y la más completa, pero la mayor rapidez de ejecución es lograda teniendo dos sistemas independientes que generen la imagen para cada ojo, lo cual resulta mucho más caro.

Cabe mencionar que algunas aplicaciones de Realidad Virtual trabajan bien en sistemas monoscópicos. Entre estas se encuentran aquellos ambientes en los cuales la manipulación de objetos es mínima, por lo que la estereopsis no es crucial.

#### Conversión de señales

La computadora genera una señal de video no entrelazada RGB, siendo diferente a la señal producida por una televisión o una cámara de video; por consiguiente, la señal no puede trasladarse directamente al HMD. Esto es debido a que este dispositivo, generalmente utiliza pantallas del tipo LCD para desplegar las imágenes y estas pantallas utilizan señales de video entrelazadas.

Para poder solucionar este problema es necesario incluir al equipo de cómputo, tarjetas gráficas, como la Action Media II de la empresa Intel, las cuales crean señales de video entrelazadas, de modo que sólo se necesita un codificador, relativamente barato (menos de \$300 dólares).

#### Sonido

Después de la vista, el sonido es el más importante canal para tener experiencias virtuales. Al escuchar los sonidos que se producen cuando los objetos o seres interactúan, el hombre puede hacerse una idea del ambiente que lo está rodeando, aun si mantuviera los ojos cerrados. El crujido de un papel cuando es arrugado, el haca de la madera cuando algo la golpea, lo agudo de un cristal cuando alguien lo rasguña, el murmullo de la conversación de las personas, etc. es parte de la información que el hombre recibe para poder comunicarse con plenitud.

El sonido puede ser usado como sustituto de una retroalimentación táctil. Por ejemplo, cuando alguien mueve un objeto y este hace contacto con otro, se produce como consecuencia un sonido, lo cual hace que la persona conozca de manera indirecta, aspectos del objeto que fue golpeado como su tamaño o el material del que está hecho. Esto hecho implica que la persona pueda tomar decisiones instantáneas.

Para poder agregar sonido a los sistemas de Realidad Virtual, se le incorpora al equipo de visualización, unos dispositivos llamados earphones, auriculares o headphones.

Entre los métodos más importantes que han sido usados para generar y controlar sonido en Realidad Virtual está el MIDI (Musical Instrument Digital Interface) estándar. Por ejemplo, para algunos sistemas no



inmersivos, este instrumento junto con técnicas de Realidad Virtual y tecnología de biocontrol, puede ayudar a que una persona impedida pueda controlar música.

Cuando se está usando el MIDI, el sonido es tomado primeramente de muestras digitales o convertido de forma analógica a digital y después se reproduce usando un secuenciador. Dependiendo de su calidad, se podrán generar simultáneamente varios sonidos, cada uno de ellos con 16 notas.

En el mundo virtual, se tendrán comandos para activar el sonido y para controlar el volumen y la duración. Una limitación que surge al usar el MIDI, es que este tiene que ser programado con todos los sonidos necesarios para la simulación.

Usando un MIDI estándar, la computadora puede controlar cientos de clases de sonidos. Desde luego existen sonidos que no son creados por el MIDI y que pueden usarse en un ambiente virtual. Algunas computadoras como la Amiga de Macintosh, tienen gran capacidad de generar sonidos directamente dentro de sus sistemas (10).

Es importante señalar que el MIDI es usado para crear sonidos sin dirección; es decir, el usuario no podrá ubicar de dónde proviene el sonido.

El sonido difiere de la información visual, en al menos una importante cuestión: debe tener una retroalimentación constante para que pueda ser entendido. Por ejemplo, si una persona está viendo una película en la videocasetera y le pone pausa, la adelanta o la atrasa, podrá entender perfectamente la imagen; en cambio, con una grabación no se puede hacer lo mismo porque sonaría inentendible. Esta diferencia es importante porque en un ambiente virtual, el despliegado visual usualmente varía de un instante a otro dependiendo de la dirección hacia donde mire el usuario. Si el sonido estuviera sincronizado con la imagen, esto estaría continuamente cambiando y se escucharía como una grabación mal hecha. Obviamente, el sonido que es usado en el ambiente virtual debe ser diseñado independientemente de la imagen.

El verdadero sonido tridimensional no podrá ser distinguido del real, ya que aparecerá rodeando la cabeza como si una esfera estuviera envolviéndola y el usuario podrá localizar la fuente que lo produce cuando mueva la cabeza.

Controlar el lugar de dónde proviene el sonido tridimensional se realiza por medio de comandos del tipo "localizar la fuente, siguiendo la dirección, altitud y distancia". Respondiendo a los movimientos de la cabeza del usuario, el sonido parecerá estar fijo en el espacio virtual.

Aunque aun se está mucho más lejos de crear sonido real que imágenes reales, el afán de atribuir sonido tridimensional a los mundos virtuales, ha traído como consecuencia la investigación de aspectos relacionados con la habilidad del cerebro cuando recibe y procesa señales de audio. Existen cuatro factores importantes a considerar:

**Diferencia Interaural de Tiempo.** Es el tiempo de diferencia que tarda cada oído en recibir el mismo sonido. Cabe señalar que los oídos distinguen una pequeña diferencia de 70 microsegundos.

**Diferencia Interaural de Amplitud.** Es la diferencia de la "fuerza" (volumen) con que el sonido llega a cada oído.

**Diferencia de Frecuencia.** Cuando los sonidos rodean la cabeza, la mayoría de las frecuencias altas son deterioradas. Los sonidos con frecuencias altas son menos aceptados que los de frecuencia baja, porque son más directos. Esto resulta que un oído escucha el sonido más claro que el otro.

**Funciones de Transferencia.** Es la medida en la cual, el oído externo responde a las variaciones de frecuencia del sonido.

Tomando en cuenta estos factores, los diseñadores de Realidad Virtual han tratado de incluir características auditivas para aumentar el aspecto visual, ya que el hombre tiende a girar su cabeza en la dirección en la que escucha algo. Así, su cerebro podrá tomar una decisión mucho más acertada.

Los componentes auditivos que contienen un subsistema de procesamiento de señales en tiempo real sintetizan sonidos en 3-D. Estos recrean los efectos filtrantes que el hombre experimenta por la forma externa irregular de la oreja y proporcionan indicaciones direccionales.

Los investigadores tratan de producir focos sintetizados de sonido que no presenten ambigüedades. Pequeñas sondas microfónicas son situadas cerca de los tímpanos de una persona que se encuentra situada en una habitación sin eco. Se registran sonidos de unas 144 localizaciones. A partir de las diferentes formas de filtrar los sonidos se construye un mapa que contenga la localización de los filtros. Esto permite a los investigadores recrear sonidos que son filtrados de forma similar. Esta forma de procesar sonido para que parezca tridimensional, se le llama convulsional y empezó a ser desarrollada por Elizabeth Wenzel, Scott Foster y el Dr. Frederick Wightman, en la NASA. Sus investigaciones dieron como resultado la creación del sistema CONVOLTRON.

Este sistema está compuesto por una gran colección de chips, localizados en una tarjeta dentro de la computadora, que procesa las señales de sonidos transmitidos a los auriculares, headphones o carphones que acompañan al equipo visual del sistema de Realidad Virtual (19).

Los dos auriculares que son incorporados al equipo visual, proporcionan al usuario sonidos simultáneos procedentes de al menos cuatro focos distintos, los cuales están sincronizados con el sistema. Los sonidos son generalmente seleccionados de una librería CD-ROM de efectos de sonidos pregrabados y generados por computadora, que se utiliza como un proveedor específico de sonidos. Hay disponibles alrededor de 1000 sonidos; por ejemplo, golpes secos cuando se produce algún contacto entre objetos virtuales, efectos de vuelo, gorgoteo del agua, etc.

Usando el CONVOLTRON, el usuario oye sonidos omnidireccionales que provienen de enfrente, detrás, ambos lados, arriba y abajo. Cuando el usuario gira la cabeza, el sonido parece estar situado en el espacio virtual, y los ajustes son realizados para que la localización de "fuentes" particulares de sonido permanezcan constantes, independientemente de la orientación de la cabeza. Por ejemplo, el usuario del sistema puede oír sonidos muy fuertes de pasos que se acercan por detrás y si se da la vuelta, el sonido parecerá más cercano.

No todos los sistemas tienen sofisticadas características de sonido tridimensional. Para poder incorporarlo se necesitan tarjetas especiales de control para las computadoras y esto es actualmente muy caro.

## Tacto

Aunado al sentido de la vista y del oído, el tacto también constituye una gran fuente de información para el hombre. Cuando las personas agarran cualquier objeto, el cerebro automáticamente recibe información proveniente de los músculos y nervios del brazo y mano. Por ejemplo, cuando las yemas de los dedos rozan o simplemente palpan algo, estas le informan al cerebro el momento en que tocaron el objeto y por consiguiente este órgano tomará decisiones, como mandar señales a los músculos de la mano para que dejen de empujarlo. Así mismo, las yemas de los dedos le indican al cerebro características de la superficie del objeto.

Tratar de construir un mundo virtual, sin incluir un método para simular el sentido del tacto, haría de la simulación una experiencia insatisfactoria. A diferencia de los dispositivos que se han creado para dar una retroalimentación visual y auditiva, los dispositivos que se requieren para cubrir el sentido del tacto, son

may complejos; de hecho, hasta el momento, ninguno de ellos es completamente eficiente. Se requerirá de más tiempo para lograr desarrollar un dispositivo que cumpla con las características requeridas.

El problema no es sólo construir un dispositivo que genere retroalimentación táctil y de fuerzas; sino también, es entender y simular correctamente la información necesaria que ayude al usuario a distinguir, por ejemplo, entre una superficie suave o áspera, o entre el peso o tamaño del objeto.

La información que recibe el cerebro y que proviene del sentido del tacto, constituye lo que se conoce como el sistema háptico. Es importante señalar, que dicho sistema no sólo es propio del sentido del tacto, sino que se extiende a lo largo del cuerpo, pero para simular una retroalimentación que incluya señales sensoriales derivadas de cualquier parte de la anatomía del hombre que no incluya el brazo o la mano, se requieren de técnicas que aun son pobremente investigadas.

En el sentido del tacto, existen dos categorías inseparables que conforman el sistema háptico:

#### Retroalimentación táctil

La conforman la sección de células denominadas mecanorreceptoras (recibidores mecánicos), las cuales se encuentran debajo de la piel y responden a la presión que ejercen la mano o cualquier otra parte del cuerpo. Posteriormente, a través de los nervios de estos miembros se envían señales al cerebro. El hombre usa estas células para sentir la textura de los objetos (20).

Es evidente que si se incluye una retroalimentación táctil en los sistemas virtuales, el usuario acrecentará la habilidad de interactuar con los objetos virtuales que sean generados. Para dar tal efecto se han desarrollado varios tipos de tecnologías.

Una de estas, hace uso de pequeñas bolsitas de aire y fue desarrollada en 1991 por la Airmuscle Limited y la ARCC (Advanced Robotics Research Center) en el Reino Unido. Se utilizaba un guante que tenía distribuidas en la palma de la mano, veinte bolsitas de aire y por medio de un control electrónico y un compresor, las bolsitas se inflaban y desinflaban rápidamente, lo que hacía que diferentes partes de la mano tuvieran presión, simulando con esto varias texturas. Un ejemplo clásico de este tipo de sistemas es el Teletact (Fig. 3.10)



Fig. 3.10  
Teletact.

Otros sistemas, como el Portable Dextrous Master, hace uso de pistones que empujan las yemas de los dedos, dando con ello la presión necesaria para que exista la retroalimentación táctil.

La compañía TiNi Alloy, usa una especie de metal llamado Nitinol, el cual es fabricado en cables y puesto sobre los dedos y la palma de la mano. Los cables son calentados electrónicamente bajo ciertas especificaciones para simular diferentes variedades de textura.

Otro método que se ha empleado para simular retroalimentación táctil, hace uso de pequeños transductores vibratorios. Su tamaño se aproxima a los clips de papelería; su grosor es la quinta parte de una pulgada y pueden colocarse en cualquier parte de la superficie de la piel. Cuando se les aplica una corriente eléctrica cambian su flexibilidad y forma, haciendo sentir al usuario diferentes tipos de texturas.

Cabe señalar que ninguna de las tecnologías que antes se mencionaron son completamente eficaces, pero se pretende que en un futuro no muy lejano, lo sean.

#### **Retroalimentación de fuerzas**

Está determinada por la *propiocepción*, la cual se refiere a la percepción de señales o estímulos dentro del cuerpo (21). Cuando tomamos un vaso con agua, por ejemplo, el cerebro recibe información acerca de la textura de la superficie del vaso, a través de las células mecanorreceptoras debido a la presión que ejercen las yemas de los dedos sobre este. Ahora bien, los músculos del brazo y la mano que están sosteniendo el vaso, están conectados al sistema propioceptor, el cual informa al cerebro el tamaño, peso y forma del objeto.

Obviamente el sistema mecanorreceptor y el propioceptor se complementan, porque no sería posible obtener especificaciones del tamaño, peso y forma del vaso, sin que antes las yemas de los dedos hubieran detectado cómo era su textura.

Los primeros intentos por construir un sistema capaz de simular la función del sistema propioceptor, se llevaron a cabo en la Universidad del Norte de Carolina bajo la conducción de Frederick Brooks quien construyó el GROPE II, aparato que servía para explorar el acoplamiento molecular. Dicho dispositivo ejercía presión hacia los músculos de la mano y brazo, permitiendo al químico sentir como las moléculas se "empujaban" y "jalaban" al tratar de unirse.

Investigaciones posteriores al GROPE II culminaron con la creación de un sistema capaz de generar exactamente la retroalimentación de fuerzas. En la Universidad de Utah, se ha desarrollado un sistema basado en un exoesqueleto que se coloca en el brazo y mano, y en lugares estratégicos de la mano y antebrazo, se coloca un brazalete de metal. Los dedos se introducen en unos tubos semirígidos conectados a articulaciones mecánicas.

El usuario puede mover su brazo y mano en diez direcciones diferentes, simultáneamente. Una computadora continuamente monitorea la localización y posición exacta de todas las articulaciones involucradas. Con este tipo de sistema, es posible determinar la masa y substancia de los objetos que conforman el mundo virtual. En el momento en que el usuario agarra un objeto virtual, los precisos controles que conforman el exoesqueleto, permiten sentir el peso y la firmeza de este. Si, por ejemplo, el brazo choca contra una pared virtual, los brazaletes abruptamente detienen el movimiento del usuario.

A diferencia de las presentaciones visuales que comúnmente requieren de un HMD, en las presentaciones hápticas, la persona adquiere conocimiento a partir de las propiedades asociadas con los objetos representados virtualmente, porque los objetos parecen empujar, tirar o jalar en cualquier dirección, tener forma, peso y textura. Por ejemplo, los objetos pueden ser provistos con campos de fuerza, torsión, calor o una presión notable, para que una persona pueda interactuar con estos.

En las presentaciones hápticas, el usuario tiene la sensación de "ir a tientas" como si estuviera ciego, hasta que es provisto de algún tipo de retroalimentación que le indica hacia dónde debe dirigirse, qué está agarrando o dónde se encuentra. Es por eso, que no sólo las personas que pueden ver, sino también las que no lo hacen, pueden recibir los beneficios de la Realidad Virtual.

Para 1993, los sistemas obtenidos para simular el sentido del tacto no eran lo suficientemente capaces de dar, tanto una retroalimentación táctil como de fuerzas hasta que apareció el sistema Sandpaper,

el cual simula no sólo texturas, sino también masa y volumen. Conectando pequeños motores al final de una palanca de control (joystick), una variedad de fuerzas y resistencias pueden ser puestas a control del usuario. Desde luego esta tecnología no es totalmente satisfactoria, pero por lo menos ya existe un avance mucho más completo.

### **Olfato**

Los factores olfativos omnidireccionales (olores en todas las direcciones), son incluidos en algunos entornos virtuales. Más de 30 olores básicos han sido identificados; las combinaciones de éstos proporcionan a los investigadores más opciones con las cuales trabajar. Los generadores y aparatos usados actualmente para retribuir aromas, necesitan ser mejorados para que sean incorporados a los sistemas virtuales (22). Los olores y aromas probablemente serán transmitidos a través de canales ubicados en el equipo visual.

### **Gusto**

La ilusión del sentido del gusto en un escenario virtual es realmente un lujo. Convencer a los usuarios de que están degustando algo, sin que realmente se lo hayan comido, no sólo es difícil, sino que su contribución a la efectividad general de la experiencia es marginal. Como un olor influye mucho en cómo percibimos el gusto, los esfuerzos se harán probablemente primero en esta dirección y una sustitución sensorial cruzada para el gusto se hará mediante olores aumentados (23).

### **3.1.2 Dispositivos de entrada**

Los dispositivos de entrada permiten el movimiento y la interacción una vez que el usuario está inmerso en el mundo virtual. Sin esta clase de hardware, la experiencia virtual sería completamente pasiva. Existen varias posibilidades para que un usuario pueda interactuar con un ambiente virtual, las cuales se pueden dividir en las siguientes categorías:

- **Navegación.** Implica que el usuario mueva su punto de vista a través del espacio tridimensional.
- **Selección.** El usuario selecciona un elemento particular del mundo tridimensional con la intención de ejecutar una acción sobre él.
- **Interacción.** Algunas formas comunes de interacción son el movimiento o la deformación de los objetos.
- **Comandos.** A veces se requiere de algunos métodos basados en comandos para controlar la simulación.

El desempeño de cada dispositivo de entrada puede ser evaluado en base a su capacidad de interactuar con el mundo virtual. Cabe señalar que estos dispositivos no pueden tener siempre un funcionamiento exitoso en todos los tareas que se ejecutan en la simulación del mundo virtual. Sin embargo, las debilidades que presenta un dispositivo pueden ser eliminadas, dependiendo de la forma en que el software controle la interacción.

La mayoría de los dispositivos de entrada se pueden clasificar en cualquiera de estas dos categorías:

- **Dispositivos de interacción,** los cuales proveen al usuario la habilidad de mover y manipular los objetos que desea.
- **Dispositivos de rastreo,** los cuales monitorean las diferentes partes del cuerpo del usuario para crear en él una sensación de presencia en el mundo virtual.

Unos cuantos dispositivos, sin embargo, son clasificados en ambas categorías.

el cual simula no sólo texturas, sino también masa y volumen. Conectando pequeños motores al final de una palanca de control (joystick), una variedad de fuerzas y resistencias pueden ser puestas a control del usuario. Desde luego esta tecnología no es totalmente satisfactoria, pero por lo menos ya existe un avance mucho más completo.

## Olfato

Los factores olfativos omnidireccionales (olores en todas las direcciones), son incluidos en algunos entornos virtuales. Más de 30 olores básicos han sido identificados; las combinaciones de éstos proporcionan a los investigadores más opciones con las cuales trabajar. Los generadores y aparatos usados actualmente para retribuir aromas, necesitan ser mejorados para que sean incorporados a los sistemas virtuales (22). Los olores y aromas probablemente serán transmitidos a través de canales ubicados en el equipo visual

## Gusto

La ilusión del sentido del gusto en un escenario virtual es realmente un lujo. Convencer a los usuarios de que están degustando algo, sin que realmente se lo hayan comido, no sólo es difícil, sino que su contribución a la efectividad general de la experiencia es marginal. Como un olor influye mucho en cómo percibimos el gusto, los esfuerzos se harán probablemente primero en esta dirección y una sustitución sensorial cruzada para el gusto se hará mediante olores aumentados (23).

### 3.1.2 Dispositivos de entrada

Los dispositivos de entrada permiten el movimiento y la interacción una vez que el usuario está inmerso en el mundo virtual. Sin esta clase de hardware, la experiencia virtual sería completamente pasiva. Existen varias posibilidades para que un usuario pueda interactuar con un ambiente virtual, las cuales se pueden dividir en las siguientes categorías:

- **Navegación.** Implica que el usuario mueva su punto de vista a través del espacio tridimensional.
- **Selección.** El usuario selecciona un elemento particular del mundo tridimensional con la intención de ejecutar una acción sobre de él.
- **Interacción.** Algunas formas comunes de interacción son el movimiento o la deformación de los objetos.
- **Comandos.** A veces se requiere de algunos métodos basados en comandos para controlar la simulación.

El desempeño de cada dispositivo de entrada puede ser evaluado en base a su capacidad de interactuar con el mundo virtual. Cabe señalar que estos dispositivos no pueden tener siempre un funcionamiento exitoso en todas las tareas que se efectúan en la simulación del mundo virtual. Sin embargo, las debilidades que presenta un dispositivo pueden ser eliminadas, dependiendo de la forma en que el software controle la interacción.

La mayoría de los dispositivos de entrada se pueden clasificar en cualquiera de estas dos categorías:

- **Dispositivos de interacción,** los cuales proveen al usuario la habilidad de mover y manipular los objetos que desea.
- **Dispositivos de rastreo,** los cuales monitorean las diferentes partes del cuerpo del usuario para crear en él una sensación de presencia en el mundo virtual.

Unos cuantos dispositivos, sin embargo, son clasificados en ambas categorías.

## Dispositivos de interacción

Los dispositivos de interacción pueden agruparse en varias categorías:

### Ropa cableada

El objetivo de este tipo de dispositivos es poder conocer la posición y orientación de alguna(s) parte(s) del cuerpo del usuario, utilizando alguna forma externa de dispositivo de rastreo (24).

Aunque la función de este tipo de ropa podría ser considerada únicamente de rastreo, su diseño y planeación es para la de interacción. Por ejemplo, cualquier usuario puede comunicarse con la computadora por medio de simples movimientos hechos con sus manos cuando se está usando un guante. De esta forma, si un usuario desea agarrar un objeto virtual, la computadora reconocerá el movimiento de su mano y la imagen del objeto virtual será vinculada a la imagen gráfica de la mano del usuario, quien, al tener agarrado el objeto cerrará su mano. Al mover la mano, el objeto se moverá hasta que el usuario la abra para soltarlo. Este es un método natural y simple de interactuar con objetos.

La ropa cableada mide los ángulos de flexión y la extensión de las diversas articulaciones del cuerpo, como los dedos, la muñeca de la mano o los codos; alguna puede ser destinada a medir la abducción y las articulaciones menores. Puede estar compuesta por fibra óptica, sensores mecánicos o resistentes. Usualmente incluyen un sensor del tipo 6 DOF para medir la orientación y la posición de la parte del cuerpo que está usando el dispositivo.

El guante y el traje completo que utilizan fibra óptica, trabajan por medio de un circuito cerrado de cable de fibra que pasa por cada una de las articulaciones. Cuando una articulación se mueve, el cable es flexionado, lo cual causa una reducción en la cantidad de luz que pasa a través de este. La variación de la cantidad de luz es medida por un fotodetector y luego se manda la información a un controlador, el cual sumaria el estado actual de todos los fotodetectores y manda esta información a la computadora.

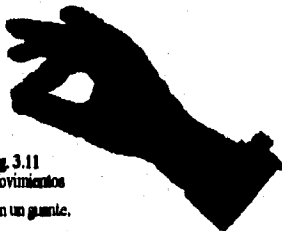
Mientras la información de la posición, orientación y curvatura es recibida por la computadora, el sistema genera y mantiene una versión animada de la mano o del cuerpo dentro del entorno virtual.

Para cada articulación es necesario un circuito de fibras ópticas. Así, por ejemplo, para poder construir un guante son necesarios hasta 22 sensores. Debido a la simplicidad de su diseño y su curioso uso, el guante se ha convertido en un dispositivo muy popular; sin embargo, las nuevas versiones deberán enfrentar una serie de problemas que se han comenzado a detectar (25).

Los usuarios de guantes han descubierto que es necesario recalibrarlos constantemente, ya que el sensor de salida es muy sensible a la presión que ejercen los nudillos de la mano al cerrar la mano. Además, algunos guantes son muy dependientes del tamaño de la mano del usuario y tienden a ser excesivamente frágiles. La misma clase de contratiempos se han registrado en los trajes completos. Para los guantes, afortunadamente, la mayoría de los problemas ya se están arreglando; sin embargo, no ocurre lo mismo para los trajes completos.

En el caso de la utilización de guantes, si se introduce al sistema un lenguaje de signos, los movimientos particulares del usuario como apuntar o los conjuntos de movimientos combinados, servirán para dar comandos al sistema, el cual los interpretará y generará las imágenes correspondientes (Fig. 3.11).

**Fig. 3.11**  
Movimientos  
con un guante.



Entre los principales dispositivos que utilizan fibra óptica, están el DataGlove2+ y el DataSuit, que es un traje de cuerpo completo, fabricados por la empresa VPL y el CyberGlove CG1801 de la empresa Virtex (Fig. 3.12).

**Fig. 3.12**  
Guante fabricado  
con fibra óptica.



Además de la fibra óptica, existe otra técnica que se basa en un intrincado esqueleto de imanes y sensores electromecánicos que miden el ángulo de flexión de cada articulación de la mano de una manera más precisa que si se usara fibra óptica. Estos voluminosos dispositivos son diseñados de manera que exista una relación directa entre el ángulo de articulación del dedo y el ángulo del sensor, lo que hace a este dispositivo ser menos sensitivo según los diferentes tamaños de manos.

El principal dispositivo que emplea esta técnica es el Dexterous Hand Master, de la empresa Exos.

En 1989, la empresa Mattell creó un guante de control para el Sistema de Entrenamiento Nintendo. Su nombre era Power Glove y utilizaba un procedimiento completamente diferente para medir la posición y orientación de la mano, usando sensores resistentes. Este guante utilizaba medidores de tensión en las articulaciones de los dedos y los nudillos para determinar la flexión. Los medidores de tensión estaban fabricados con tiras de poliéster cubiertas con una tinta especial, una para cada dedo de la mano. Al ser flexionada la mano o los dedos, variaba la resistencia de las cintas, obteniéndose así, el grado de flexión.

Aunque el Power Glove no tenía la misma precisión que el DataGlove o el Hand Master, podía calibrar el movimiento de la mano hasta un cuarto de pulgada. Este guante fue discontinuado en el año de 1991.

Actualmente, los guantes más desarrollados son provistos de resistencias sensibles a la fuerza en sus superficies internas. En base a una muestra de fuerza medida de una mano al tomar un objeto, el usuario experimentará la fuerza en su mano como si en realidad estuviera cogiendo el objeto.

A futuro, tanto los guantes como los trajes completos, incluirán sensaciones táctiles como presión, calor o textura.



La ventaja de usar guantes en particular, estriba en que permiten una interacción intuitiva con los objetos. Además, refuerzan el sentido de presencia ya que se puede ver la propia mano en el mundo virtual. Sus debilidades radican en la dificultad para hacer una navegación precisa en el espacio tridimensional y el entrenamiento necesario para aprender un extensivo conjunto de movimientos.

Otra cuestión importante es la de minimizar la cantidad de retardo que sucede, entre el movimiento físico que hace el usuario con su mano y la visión que tenga del movimiento de la mano virtual en la pantalla. Si el retardo es muy grande, la dificultad para usar el dispositivo se acrecentará.

La razón principal para elegir un determinado dispositivo depende de la actividad que se va a realizar. Así, por ejemplo, el DataGlove pone énfasis en la comodidad y su costo, relativamente bajo. Por otro lado el Hand Master, pone énfasis en la exactitud junto con ciertas condiciones de comodidad.

Las aplicaciones apropiadas de entrada por medio de guantes incluyen:

- Entornos de diseño CAD/CAM.
- Entrenamiento biomédico.
- Robótica.
- Telemanipulación.
- Animación
- Investigación y enseñanza en el reconocimiento de lenguajes de signos y letras impresas.
- Simulación.

Las aplicaciones particularmente apropiadas para la entrada por medio de trajes incluyen:

- Evaluación y prueba de movimientos, así como el asesoramiento físico.
- Kinesología, aplicaciones y entrenamiento de la medicina deportiva, especialmente para mediciones funcionales y de ejecución.
- Terapias de rehabilitación para víctimas de golpes o lesiones y ayuda preventiva para lesiones repetitivas.
- Biomecánica.
- Terapia sexual y erotismo.

El uso de medidores de tensión o fibra óptica sirve sólo para determinar la posición y la orientación de la mano o del cuerpo, pero no su posición absoluta en el espacio tridimensional. Para determinar la posición absoluta es necesario el uso de dispositivos de rastreo. Por ejemplo, el Power Glove emite una señal de ultrasonido, la cual era captada por un receptor colocado en la computadora para así establecer la posición del guante. Además de la posición absoluta, este receptor también podía medir el grado de giro y la inclinación del guante.

Tanto la empresa VPL, como la Exos utilizan tecnología de localización Polhemus para sus dispositivos.

#### **Varas**

Las varas son el dispositivo más simple utilizado en Realidad Virtual. Sólo contiene un sensor 6 DOF con un par de interruptores unidos (Fig. 3.13). Debido a su simplicidad, es muy fácil de usar en demostraciones públicas de Realidad Virtual.

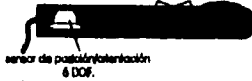


Fig. 3.13  
Vara.

Uno de los potenciales de los ambientes virtuales reside en que un objeto puede ser cualquier cosa que el diseñador desee. Con sólo oprimir un botón, la vara puede cambiar su imagen a lo que se desee, como una brocha o una herramienta para esculpir. Este tipo de técnicas permite tener la suficiente libertad de crear un gran número de herramientas virtuales a partir de un simple dispositivo.

La vara sirve además, para seleccionar objetos por medio de un rayo láser que sale disparado con sólo oprimir un botón. Para navegar, sólo es necesario apuntar con la vara en la dirección deseada y oprimir otro botón. Al igual que los guantes, este dispositivo pierde efectividad si existe mucho retraso entre el movimiento físico de la vara y la visión del movimiento en la pantalla.

#### Dispositivos del tipo 6 DOF (Degree of Freedom)

Los objetos, normalmente tienen seis direcciones o rotaciones diferentes, en los cuales se pueden mover. Ya sea hacia adelante o hacia atrás (eje X), hacia arriba o hacia abajo (eje Y) y a la derecha y a la izquierda (eje Z). Esto se conoce como traslaciones. Adicionalmente, los objetos pueden rotar alrededor de cualquiera de estos ejes. Estas rotaciones se llaman balanceo para el eje X; rotación, para el eje Y; e inclinación para el eje Z. Todas estas posibilidades, agregan seis diferentes grados de libertad en los cuales el dispositivo puede moverse.

En ambientes virtuales, el usuario es capaz de moverse en cualquier dirección. Esto implica combinar diferentes traslaciones y rotaciones. Los dispositivos del tipo 6 DOF tienen la capacidad de medir estas tres rotaciones y tres traslaciones, directamente.

Actualmente existen dos tipos de dispositivos que tienen dicha capacidad:

**Bolas de fuerza.** Este dispositivo parece una bola de béisbol clavada en una base. A diferencia de una palanca de control, la bola no se mueve, sino que mide la cantidad de fuerza que se le aplica. Para lograr esto, utiliza indicadores de tensión mecánicos que miden las múltiples fuerzas o momentos de torsión que le son aplicadas.

La bola es colocada en una base que se encuentra asegurada en una superficie rígida, por lo que el usuario no puede levantarla. En lugar de eso, la fuerza que se ejerce, es medida por algunos indicadores de tensión que se encuentran colocados en el centro de la bola (Fig. 3.14). Cuando se le aplica fuerza, las propiedades eléctricas de la bola cambian, lo cual es detectado por un microcontrolador, localizado dentro de la base, que traduce estos cambios a un conjunto de seis valores, tres rotaciones y tres traslaciones, los cuales son comunicados a la computadora. Cabe mencionar que los valores que mide son relativos; es decir, si el usuario no toca la bola, todos los valores deberán ser cero. Fuerzas tan pequeñas como de 0.1 libras, hacen que cambien los valores, moviendo el punto de vista que se tenía.

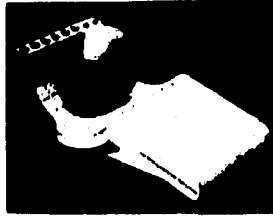


Fig. 3.14  
Bola de fuerza.

Algunas bolas de fuerza tienen 9 botones programables que los desarrolladores pueden configurar. Generalmente uno de estos botones sirve para inicializar el punto de vista del usuario, si es que este se encuentra completamente perdido en el mundo virtual (26).

Este dispositivo es durable y simple de usar. Se puede navegar muy bien, aunque el modo de hacerlo no parece muy natural. Es por esta razón, que se necesita un pequeño entrenamiento, antes de comenzar a usarlo, lo cual es su mayor debilidad. Aunque se pueden mover objetos, la selección de estos no está muy bien dirigida. Básicamente están diseñadas para ambientes estacionarios, en lugar de aquellos en los que el usuario puede andar caminando a través del mundo virtual.

**Ratones.** Algunas compañías han tomado un ratón básico y le han agregado sensores de rastreo del tipo 6 DOF o 3 DOF. El rastreo puede ser por medio de ultrasonido, electromagnético o giroscópico. Su uso depende principalmente de las cualidades que tenga su sistema de rastreo.

Este tipo de dispositivo funciona igual que el ratón convencional, contando también con los dos o tres botones que sirven para realizar una entrada. Tienen las mismas capacidades y limitaciones que las varas.

#### Dispositivos del tipo 2 DOF

La interacción en ambientes virtual no requieren necesariamente de dispositivos complicados ni costosos. Muchas tareas pueden ser llevadas a cabo con dispositivos simples como el ratón y la palanca de control específicamente, ya que permite cambiar la posición del usuario o de un objeto, sin cambiar su orientación.

#### Biosensores

Son dispositivos que procesan actividades biológicas del cuerpo humano. Debido a que apenas se están comenzando a investigar y a desarrollar, estos dispositivos no están comúnmente disponibles; sin embargo, ofrecen intrigantes métodos de interacción.

Utilizando brazaletes que contienen electrodos, se pueden medir los movimientos individuales de cada dedo de la mano, ya que estos electrodos detectan las señales eléctricas de los músculos. En un futuro, tal vez se podría hasta eliminar la necesidad de utilizar un guante, siendo además, de gran ayuda para aquellas personas con incapacidades físicas.

Por medio de unos lentes especiales que utilizan rayos infrarrojos u otros medios ópticos, se puede navegar a través de un ambiente virtual con el simple movimiento de los ojos, ejecutando acciones con sólo entrecerrarlos o al parpadear. Esta tecnología aportará una posible interfase a aquellas personas que han perdido sus manos u otras habilidades motoras.

El reconocimiento de voz es una tecnología que se ha desarrollado en los últimos 20 años. Lo que se ha conseguido hasta el momento ha sido el reconocimiento de voces educadas y algunos comandos. En los sistemas de Realidad Virtual, cada palabra puede controlar una acción, lo cual representa una poderosa herramienta si las manos del usuario se encuentran ocupadas en otra tarea o para aquellas personas con incapacidades físicas. Su desventaja radica en que no es muy efectivo para la navegación a través del mundo virtual. Adicionalmente, debido al gran esfuerzo computacional requerido para lograr el reconocimiento, es necesario un sistema de procesamiento que trabaje de manera paralela al resto del sistema.

### Dispositivos de rastreo

La mayoría de los dispositivos de entrada que permiten interactuar con el ambiente virtual, dependen de una hábil detección de la orientación y posición de los objetos en cualquier instante. Ya sea que el usuario mueva su cabeza o levante su mano, la computadora necesita rastrear cada movimiento en tiempo real, para que el mundo virtual pueda ser sincronizado con esas acciones.

Algunos de los parámetros que determinan la efectividad de la interacción son:

- **Retardo**, es el retraso producido cuando el dispositivo cambia de posición y la señal resultante comienza a ser procesada. Es uno de los parámetros más importantes, ya que un retraso de 50 milisegundos puede afectar la ejecución. Los dispositivos actuales varían de 4 o 5 milisegundos hasta 100.
- **Actualización**, es la velocidad con la cual las acciones son realizadas. El retardo y la actualización, generalmente son independientes.
- **Interferencia**, es definida como la sensibilidad a los factores ambientales. Los sensores pueden ser sensibles a diversas condiciones, como las radiaciones de las pantallas, sonidos extraños, objetos de metal, etc. e inclusive, la proximidad de otros sensores.
- **Precisión**, se refiere a la exactitud de la información acerca de la posición y la orientación del dispositivo. En las translaciones, los valores varían de 0.01 a 0.25 pulgadas; en los valores de rotación de 0.1 a 1.0 grados.
- **Rango**, es la máxima distancia permitida entre la fuente y el sensor cuando se tiene establecido una precisión específica. El rango varía enormemente entre los diferentes tipos de dispositivos.

Todos los rastreadores miden los cambios de la posición u orientación, relativos a algún punto de referencia. Generalmente, existe un origen o fuente, el cual genera una señal; un sensor, el cual la recibe y una caja de control que procesa la señal y la comunica a la computadora.

El proceso que se realiza es el siguiente: después de que el sensor es vinculado al dispositivo se debe orientar correctamente junto con la fuente, la caja de control envía una señal de inicialización al generador de la realidad, el cual establece la orientación y posición actual como el punto de referencia. Si la fuente y el sensor no están correctamente alineados, quizás el usuario no sepa donde es arriba y donde abajo, ya que pueden estar invertidas.

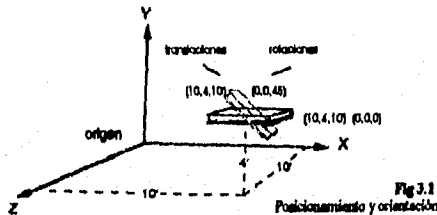
De aquí la importancia de usar el HMD o la vara en una posición en particular al empezar la simulación, ya que de este modo, los valores pueden ser reajustados fácilmente. Después de esta inicialización o calibración, el rastreador está listo para mandar los diferentes valores al administrador de la simulación.

### Posición y orientación: absoluta y relativa

Estos dos valores son imprescindibles para determinar dónde se encuentra algo y cómo está situado en el entorno virtual (Fig. 3.15). Si estos valores son medidos desde un único punto de origen, por ejemplo, una "caja" del espacio virtual, los valores son *absolutos*. Si el objeto es movido, las medidas anteriores

no cuentan, por lo que la posición y orientación actuales son recalculadas desde el punto de origen establecido.

Algunos sistemas no utilizan puntos absolutos de referencia para el rastreo, sino que se miden los valores *relativos* a su posición y orientación anteriores. Las coordenadas del objeto virtual son ajustadas después de haber sido movido (27). La información que es transmitida al dispositivo de rastreo, sólo son los cambios de la posición y orientación del objeto.



### Tipos de rastreo

Diferentes propuestas han sido desarrolladas con el fin de detectar la posición y orientación de los dispositivos. Algunos requieren de un sensor físico vinculado a él, lo cual se conoce como rastreo activo. El rastreo pasivo no requiere ningún tipo especial de sensor, sino que utiliza varias cámaras para observar un objeto y determinar su posición y orientación. Debido a las inherentes dificultades que se tienen, son muy pocos los sistemas que se hacen utilizando este tipo de rastreo.

Los sensores del tipo 6 DOF, utilizan técnicas de rastreo basadas en electromagnetismo, ultrasonido, óptica o meramente mecánicas para realizar las mediciones necesarias. Todas estas opciones presentan ventajas y debilidades, las cuales serán explicadas a continuación:

**Electromagnetismo.** Es el método más popular debido a que el sensor empleado es muy pequeño y se tiene libertad de movimiento. Una señal de baja frecuencia, generada por una caja de control, secuencialmente excita tres pequeños carretes de alambre, colocados en la fuente, creando tres campos magnéticos.

Cuando un conjunto similar de tres carretes es colocado dentro del alcance de la fuente, un pequeño voltaje es inducido en cada carrete, creándose tres campos, de los cuales se obtienen un total de nueve medidas que son procesadas por la caja de control, para crear seis valores que indiquen la posición y orientación del dispositivo.

Esta tecnología fue desarrollada por primera vez hace más de diez años por una compañía llamada Polhemus. Su principal limitación radica en los prolongados retardos de tiempo debido al procesamiento y filtración de la señal para cada conjunto de nueve medidas. Su otro problema es su gran sensibilidad a los objetos de metal o a los campos magnéticos generados por televisores o monitores cercanos.

Este tipo de rastreo es el más fácil de utilizar y ofrece una buena ejecución y un punto de vista útil, aunque es más caro que otras opciones. Adicionalmente, un modelo especial permite tener múltiples sensores que trabajen con una sola caja de control, lo que permite rastrear varios dispositivos a la vez dentro del mismo espacio de control.

**Ultrasonido.** Esta tecnología barata, utiliza tres transductores ultrasónicos y tres micrófonos pequeños. Cada transductor es montado en una esquina de un marco triangular con un pie de separación

entre cada uno. El sensor, en forma de triángulo también, pero más pequeño, contiene los tres micrófonos. Si se piensa usar en un casco, el sensor es colocado en lo alto del casco directamente, por ejemplo.

Cada transductor emite un sonido de alta frecuencia, el cual es captado por los tres micrófonos. Un procesador de señales mide el retraso de tiempo (y por lo tanto la distancia) entre cada transductor y el conjunto de micrófonos. Después, las nueve distancias medidas, son fácilmente procesadas para producir los valores necesarios.

La ventaja de este método es que el retardo del sensor es menor a 25 milisegundos, permitiendo movimientos rápidos de la cabeza. Desafortunadamente, si se requieren valores precisos, los transductores deben quedarse apuntando hacia los micrófonos; si existe algo que obstruya, la señal se perderá. También se tiene que tener la precaución de evitar ruidos externos, como el de llaves o vasos chocando, así como de otros sensores ultrasónicos usados para sistemas de seguridad.

**Mecánico.** Esta tecnología es menos conocida que las anteriores. Utiliza una conexión mecánica directa entre un punto de referencia y el dispositivo que será rastreado, siendo el enlace, un brazo mecánico con uniones giratorias, que permiten tener un control de 6 DOF.

Existen dos versiones que emplean esta tecnología. La primera utiliza un brazo ligero, el cual une una caja de control a una banda para la cabeza. Cuando el usuario mueve su cabeza, las uniones del brazo mecánico miden el cambio de posición de modo que se obtengan 6 valores. La ventaja obtenida de utilizar esta técnica radica en la velocidad con la que se sabe la posición y orientación del usuario, ya que el tiempo de retardo es menor a 5 milisegundos. Además, tiene gran precisión y es relativamente barato. La mala de este método es que tiene un rango de movilidad muy pequeño, por lo que no es muy utilizado en los actuales sistemas de Realidad Virtual.

La otra versión, utiliza un par de giroscopios que miden el balanceo, la rotación y la inclinación de los dispositivos. Los giroscopios no son estrictamente sensores del tipo 6 DOF, ya que sólo pueden medir la orientación y no la translación. Su funcionamiento se basa en el principio de conservación de los momentos angulares. Para utilizarlo en un HMD, son colocados dos pequeños giroscopios en él. Un pequeño motor hace que gire a 10,000 revoluciones por minuto. Los cambios en el movimiento son reflejados en un panel iluminado por un LED. El rayo reflejado es captado por un sensor óptico y convertido a un ángulo de orientación. Para obtener los tres valores de la orientación, un giroscopio es colocado verticalmente y el otro, horizontalmente.

Los giroscopios proporcionan rapidez y una gran exactitud en el rastreo. Su mayor defecto es que tiene significantes desviaciones; aproximadamente diez grados por minuto, aunque en las últimas versiones se ha reducido a dos grados por minuto.

**Óptica.** Este tipo de rastreo es usado principalmente en simuladores que representan cabinas de aviones y en donde el movimiento de la cabeza es bastante limitado, pero el rango de actualización es demasiado importante. Uno de los sistemas utilizando tiene tres o cuatro LEDs colocados en lo alto del HMD. Los sensores están colocados en un soporte arriba del HMD, ejecutando un rastreo visual con un retardo imperceptible. Desafortunadamente utilizan un hardware para el procesamiento de señales exageradamente caro, lo que restringe su uso sólo a simuladores altamente especializados.

**Tecnologías de vanguardia.** En la Universidad del Norte de Carolina, se ha experimentado un sistema que maneja tres cámaras montadas en lo alto de un HMD, las cuales apuntan hacia el techo. Adicionalmente, se colocan alrededor de 1000 LEDs en el techo (28). Una computadora pulsa secuencialmente los LEDs y simultáneamente procesa la imagen de las cámaras para detectar un destello. En base a este procedimiento, se calcula la posición y la orientación de los dispositivos que se están empleando.

En otros laboratorios de investigación, se han usado varias cámaras que apuntan hacia un blanco. Utilizando técnicas para el procesamiento de imágenes, una computadora intenta correlacionar las diferentes tomas de las cámaras en una única posición y orientación.

Las investigaciones actuales están siendo enfocadas a desarrollar sistemas basados en autorastreo, rastros por radar óptico y láser óptico. Estas investigaciones permitirán desarrollar aplicaciones al aire libre, en grandes espacios o simplemente, para su uso en presentaciones virtuales.

### 3.2 Hardware

Todos los aspectos de la Realidad Virtual, como las imágenes, el sonido, la retroalimentación táctil, etc. deben ser debidamente coordinados y distribuidos con el fin de evitar confusión. El poder computacional necesario para generar la realidad es suministrado por el hardware.

En los últimos años, la capacidad de procesamiento ha sido ampliamente asequible, debido a los grandes esfuerzos de compañías como Intel, Sun y Motorola.

En el corazón de cualquier sistema de Realidad Virtual comercialmente accesible, existen computadoras Amiga, Macintosh o cualquiera basada en el procesador Intel. Dispositivos especiales y el software apropiado, convierten a las ordinarias PCs en generadores de realidad.

Para crear un sistema de Realidad Virtual, se debe comenzar con una computadora personal o una estación de trabajo a la cual se le adiciona el hardware necesario para suministrar sonido y crear los gráficos. En el caso de que el sistema requiera imágenes de vídeo, es necesario agregar una tarjeta gráfica.

La salida de la tarjeta de vídeo puede ser utilizada por el dispositivo visual, ya que usualmente tiene el mismo convertidor de señal NTSC (National Television System Committee) que acepta una videocasetera, aunque algunos dispositivos aceptan la señal de vídeo de la computadora, directamente.

Si se usa sonido tridimensional, son necesarias unas tarjetas especiales, junto con algunos métodos de creación de sonidos sintetizados o sonidos pregrabados. La comunicación con otros dispositivos de Realidad Virtual como rastreadores, guantes de control o bolas de fuerza, es realizada a través de los puertos comunes de la computadora (seriales).

Ya que todo el equipo mencionado anteriormente es adicional al sistema original, muchos vendedores de sistemas de Realidad Virtual los venden completamente integrados, evitando la confusión del ensamblaje por parte de los usuarios.

Entre las plataformas que son utilizadas para desarrollar sistemas de Realidad Virtual, se tienen:

PLATAFORMA	COMPANIA	SISTEMA GRAFICO	SONIDO
Amiga	W Industries	TI 34020	Construido
Intel	Sense8	Intel i750™	MIDI, tridimensional
Macintosh	VPL	i860™ CPU	Construido, tridimensional
Sun	Sense8	GX +	
SGI	Sense8, VPL	GL	MIDI
IBM RS6000	---	i860™ CPU	

La generación de imágenes complejas tridimensionales en una fracción de segundo, determina en gran medida la computadora que se va a emplear, ya que si las imágenes tridimensionales no pueden ser generadas en tiempo real, la computadora no sirve para generar el sistema de Realidad Virtual. Los tiempos

de respuesta por debajo de los 100 milisegundos son considerados interactivos; es decir, el sistema se ejecutará en tiempo real. Tiempos de respuesta más lentos, afectarán notablemente la ejecución.

Dentro de este cortísimo lapso de tiempo, la computadora debe procesar el ciclo completo de la entrada que está proporcionando el usuario (por ejemplo, pueden ser los movimientos de la mano o de la cabeza), realizar cálculos y generar una nueva imagen para el dispositivo visual que se este empleando. La mayor parte del tiempo, la computadora estará trabajando en la generación de la nueva imagen. Si se generan imágenes estereoscópicas, se tendrán que generar las imágenes correspondientes a cada ojo. Esta es la razón principal por la cual, todos los sistemas de Realidad Virtual usan un hardware poderoso que les permita acelerar el proceso de regeneración y visualización de las imágenes.

Por ejemplo, si a la computadora le tomara 100 milisegundos efectuar todo el ciclo descrito anteriormente, un cuadro sería generado cada 0.1 segundos, o bien, 10 cuadros por segundo, lo cual no parece ser muy impresionante si consideramos que las películas muestran 24 cuadros por segundo y la televisión 30 cuadros por segundo.

Es importante entender la diferencia entre reproducir experiencias, como en las películas y las experiencias interactivas de la Realidad Virtual. Las películas y la televisión simplemente reproducen imágenes previamente grabadas, mientras que los sistemas de Realidad Virtual calculan las nuevas imágenes cada cuadro. Esta es la diferencia que permite que los movimientos del punto de vista del usuario sean interactivos hacia cualquier dirección dentro del mundo tridimensional.

Si se considera la opción de tener almacenado en algún dispositivo, todas las posiciones e imágenes posibles del sistema de Realidad Virtual (imágenes precalculadas), serían necesarios algunos gigabytes de espacio, lo cual no sería una solución práctica.

### **3.3 Geometría**

---

Uno de los mayores retos que representa crear Realidad Virtual, es generar las imágenes virtuales lo suficientemente rápido como para que parezcan reflejar acciones en tiempo real.

Cada imagen virtual está integrada por objetos virtuales. Por ejemplo, si se está pensando en representar un paisaje, es lógico suponer que este tiene que incluir montañas, árboles, ríos, rocas, etc. La calidad de los objetos y los atributos que posea determinará en gran parte el nivel de ilusión que produzca el sistema virtual en el usuario (29).

La información que especifica los atributos físicos virtuales (color, lugar, forma, etc.), es denominada geometría, la cual es procedida por aplicaciones específicas como: Autodesk, Paracom, Swivel 3-D y Software Systems Multigen.

Las estructuras que se representan en el mundo virtual ya sea una lámpara, una casa, un árbol o un sillón, son descritas como una serie de coordenadas en el espacio numérico tridimensional. Cada triada ordenada es representada por los valores X, Y y Z. Con estos tres puntos, las figuras en formas de polígonos, ya sea un triángulo, cuadrado, hexágono o rectángulo, etc. pueden ser definidas y con esto, muchos objetos complejos son construidos. Por ejemplo, usando un hexágono se puede crear un balón de fútbol; con rectángulos, se puede construir una pared o con triángulos, árboles y montañas. El truco estriba en generar estos polígonos rápidamente para que el ojo humano no pueda distinguir la diferencia entre la realidad y las imágenes que se están generando en la computadora.

Cada imagen es un mosaico de pequeños polígonos, cada uno de los cuales es generado separadamente por la computadora. El número de imágenes o de escenas que son creadas en un tiempo determinado es llamado rango de actualización y se mide en cuadros por segundo o Hz (Hertz). Para tener



una secuencia visual realista, la computadora tiene que generar 30,000 polígonos por segundo y el escenario debe actualizarse un mínimo de seis veces por segundo, para conseguir la impresión de fluidez de movimiento.

Siempre existe una correspondencia entre la velocidad y la calidad de imagen. Los algoritmos que convierten los datos en pequeños píxeles para crear una escena virtual consumen, por lo general, una gran cantidad de recursos de la computadora.

Las computadoras de la más alta calidad pueden producir imágenes complejas y bien definidas, pero lentamente. Por supuesto, también pueden producir imágenes rápidamente, pero simples y borrosas. Hasta la fecha, las aplicaciones militares como los entornos de aviones de combate usados en el entrenamiento de pilotos para la Guerra del Golfo Pérsico, se aproximan a un nivel lo suficientemente realista como para engañar a los usuarios.

Para entender el proceso de modelar un mundo virtual con polígonos, se puede empezar por imaginar que se dibuja en un papel. Por ejemplo, se pueden dibujar unas montañas usando triángulos, los cuales deben ajustarse para que su apariencia se aproxime a la siguiente imagen (Fig. 3.16).

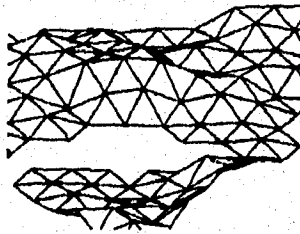


Fig. 3.16  
Montañas

Haciendo las piezas triangulares más pequeñas, se puede conseguir una apariencia más natural de las montañas, como se muestra a continuación (Fig. 3.17).



Fig. 3.17  
Montañas.

En la primera imagen hay 150 polígonos y en la segunda 1,500, aproximadamente por lo que esta última requiere de diez veces más poder computacional para que pueda ser dibujada tan rápidamente como la primera.

El proceso de ensamblar objetos virtuales polígono por polígono es muy lento, así que se han usado otras alternativas como el uso de algoritmos para crear fractales, los cuales son métodos de acceso aleatorio basados en la Teoría del Caos, que se utilizan para crear gráficas por computadora de ambientes reales que parecen no tener orden, como la formación de copos de nieve. Las imágenes anteriores que ejemplifican las montañas, se crearon usando técnicas de fractales.

Otro problema que surge con la generación de polígonos, es que mientras más pequeño es el rango de actualización, el número de polígonos incrementa, lo que hace más tardado el proceso (30). Es por eso que el diseñador de Realidad Virtual tienen que hacer uso adecuado de los polígonos que utiliza. El sombreado y textura de los polígonos tienen que ser arreglados para proveer del más efectivo ambiente con el menor número de polígonos. Esto es totalmente desventajoso porque, por ejemplo, en el año de 1992, los mundos virtuales estaban limitados entre 500-1,000 polígonos y se necesitaban entre 5,000-100,000 polígonos para satisfacer los requerimientos de los arquitectos.

Ahora bien, para hacer una imagen aun más natural se pueden sombrear los polígonos. En el caso de la primera imagen que muestra las montañas, si cada uno de los polígonos se sombrea con un verde distinto, se podrá reconocer mejor los contornos y orientación de las montañas (Fig. 3.18). El sombreado, se puede aplicar a cualquier objeto del mundo virtual.

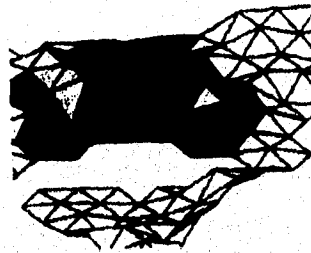


Fig. 3.18  
Imágenes sombreadas.

A pesar del sombreado, muchas veces la imagen sigue pareciendo poco real. Para improvisar realismo se opta por hacer uso de fotografías tomadas de cualquier ambiente real, las cuales son registradas en la computadora y posteriormente con la ayuda de programas especiales, son cortadas y reafirmadas con pequeños polígonos, obteniéndose una imagen más fiel. Por ejemplo, las fotografías tomadas por satélites, se representan como modelos 3-D después de ajustarse con pequeños polígonos, permitiendo viajes virtuales a cualquier parte de la Tierra y a otros planetas.

Ahora bien, ¿porqué no sólo son mostradas las fotografías sin ningún tipo de procesamiento, si muchas veces parecen tan nítidas y fieles? La respuesta a esta pregunta está en que los sistemas de Realidad Virtual tienen que responder y generar las imágenes de acuerdo al punto de vista del usuario. Es por esto que cada polígono tiene que ser calculado y dibujado para que representen una imagen acorde al nuevo punto de vista. Este proceso es repetido tantas veces como el usuario cambia su punto de vista. No hay que olvidar que este proceso tiene que ocurrir rápidamente para que el tiempo de respuesta entre el movimiento de la cabeza del usuario y la imagen que se genera, sea mínimo. Es por esto que el tiempo de graficación en tres dimensiones es muy importante, al igual que la complejidad de las escenas que se crean.

La compañía Apple, diseñó recientemente un software llamado Virtuality, capaz de generar un mundo virtual haciendo uso de fotografías, sin que estas tengan ningún tipo de procesamiento como el mapeo a través de polígonos. Las fotografías pueden ser tomadas por una cámara convencional y se requiere que se tomen tantas fotografías como sea necesario para que se cubra completamente los ángulos visuales del usuario, esto significa mayor trabajo manual, pero se ahorran costos de hardware y software. Este tipo de aplicación, está específicamente destinada a crear mundos virtuales como los que simulan paseos arquitectónicos.

### 3.4 Software

La responsabilidad del administrador de la simulación en un sistema de Realidad Virtual, consiste en orquestar los recursos de la computadora, los dispositivos de entrada y salida y los recursos del sistema, que hacen posible crear una semblanza de la realidad.

Se puede suponer que el administrador de la simulación es el núcleo de un programa de hoja de cálculo como Lotus o Excel y la aplicación en Realidad Virtual, como la hoja de cálculo que aparece en el monitor. Al usar la interfase gráfica de la hoja de cálculo, se aprovecha el poder de simulación que tiene la hoja de cálculo y además, se determina la naturaleza de la simulación, ya sea financiera, científica u hogareña (31).

Del mismo modo, una aplicación de Realidad Virtual utiliza las capacidades del administrador de la simulación para rápidamente construir y modelar problemas de visualización. Así como el usuario de una hoja de cálculo define el tipo de problema que desea analizar, la aplicación de Realidad Virtual define el tipo de simulación tridimensional que será presentado.

Adicionalmente, la aplicación de Realidad Virtual define las interacciones que pueden ocurrir y envía las instrucciones al administrador de la simulación, el cual actúa directamente en el hardware.

Las herramientas necesarias que deben existir en el administrador de la simulación son:

- **Interfase al administrador de la simulación.** Establece cómo serán creadas las aplicaciones, ya sea utilizando interfases gráficas, o bien, programándolas. Además, determina la flexibilidad de la aplicación.
- **Dispositivos de soporte.** Al desarrollar una aplicación en Realidad Virtual, sería muy prematuro designar un sólo tipo de interfase, como lo más óptimo para todos los propósitos establecidos. El soportar múltiples dispositivos, permite experimentar y escoger el más adecuado para la aplicación.
- **Control de objetos.** Al diseñarse los objetos de la aplicación, es importante establecer lo que se puede hacer con cada uno de estos, una vez que se hayan seleccionado. Es decir, es necesario establecer las posibilidades de interacción, de modificar su forma, posición y/o apariencia. Cada objeto deberá tener tareas que puedan ser ejecutadas independientemente, como el caso de una puerta automática, la cual deberá abrirse cuando el usuario se acerque a esta. La detección de colisiones es otra característica importante. Adicionalmente, el comportamiento jerárquico simplifica la creación de enlaces entre los objetos; por ejemplo, si el usuario mueve la mano, los dedos automáticamente seguirán el movimiento.
- **Control de la simulación.** Muchos atributos diferentes, controlan una simulación. El estilo de interpretación, la iluminación, el ángulo de visión, la comunicación con otros programas y las bases de datos, son sólo algunos. El soporte para el modelado de masa, la gravedad, momentos y otras propiedades físicas, también pueden ser útiles. Las herramientas avanzadas siempre permiten el encadenamiento de múltiples simulaciones, permitiendo que más de un participante pueda interactuar en el mismo mundo virtual.
- **Apoyo en el modelado.** Algunas herramientas proporcionan una simple capacidad de modelado o simplemente, permiten leer archivos de un determinado formato. Herramientas más poderosas, permiten la creación interactiva de objetos dentro del mismo ambiente virtual.

Existen otras consideraciones importantes como el precio, la calidad y rapidez de la ejecución y las plataformas de soporte; sin embargo, una característica esencial de cualquier aplicación de Realidad Virtual es la interfase que utiliza el administrador de la simulación. Básicamente existen tres posibilidades:

- **Librerías.** Son también conocidas como API (Application programming interface). Proveen la mayor flexibilidad en la creación de un ambiente virtual, pero se necesita un programador para poder usarlas y se necesita compilar la aplicación, cada vez que se hace un cambio. Este tipo de herramienta se debe escoger por aquellas personas interesadas en desarrollar aplicaciones complejas.
- **Lenguajes escritos.** Simplifican la creación de simulaciones. Aun los no programadores pueden aprender estos lenguajes en poco tiempo. Generalmente, estos lenguajes cuentan con un intérprete, así que los cambios hechos en la programación son incorporados inmediatamente en la simulación.
- **Gráficas.** Son una herramienta muy accesible para aquellas personas que no programan. Si se utilizan apropiadamente, proporcionan una simple interfase intuitiva. Se pueden crear simulaciones básicas y modificarlas rápidamente, pero puede ser más difícil trabajar con ellas en una simulación intrincada.

Cada una de estas interfaces permite diferentes tipos de interacción con el administrador de la simulación, según los diferentes sucesos que estén ocurriendo. El conjunto de eventos que se llevan a cabo, controlan el sistema de Realidad Virtual, lo cual significa que toda la simulación depende de la consistencia y coordinación de los eventos.

Por ejemplo, en el caso de una hoja de cálculo, la ejecución de un cálculo en 0.1 segundos o hasta en 10 segundos, no es importante, porque la simulación es independiente del tiempo. En cambio, si el sistema de Realidad Virtual ejecuta un conjunto de eventos en 0.2 segundos, en lugar de 0.1 segundos, el sistema podría repentinamente ser menos interactivo.

Al ejecutar una aplicación de Realidad Virtual, la computadora repetirá una determinada secuencia de eventos, hasta que la simulación termine. A esto se le conoce como la **secuencia de la simulación**. Una sola secuencia ocurre en una fracción de segundo (32). Muchos de los eventos que conforman la secuencia, son ejecutados automáticamente.

Los elementos que conforman la secuencia de la simulación son los siguientes:

**Condiciones de los dispositivos.** Cada dispositivo de entrada, comunica la posición actual y la orientación que tiene el usuario. El administrador de la simulación, examina la lista de dispositivos de entrada habilitados y examina el estado de cada uno. Dicho estado es guardado para poder utilizarlo después.

**Actualización de objetos.** La información resultante de cada uno de los dispositivos es utilizada para actualizar la posición y orientación de cualquiera de los objetos afectados. Algunas veces, más de un dispositivo es relacionado a un objeto. Por ejemplo, el punto de vista de un usuario puede ser controlado por un HMD y una palanca de control.

**Acciones del usuario.** Definen el tipo de interacción que va a ocurrir entre el usuario y el ambiente virtual. Al ejecutarse la aplicación, ocurre una pausa en la secuencia de eventos donde el control es transferido al sistema, con el fin de cumplir las especificaciones del mundo virtual.

**Tareas de los objetos.** Cada objeto puede tener una tarea que se ejecute automáticamente en cada secuencia, lo cual permite actividades automáticas de los objetos en la simulación.

**Reproducción.** Una vez que toda la actividad ha sido registrada, el mundo virtual está listo para ser presentado. Básicamente involucra la examinación del modelo tridimensional o la información geométrica, con el fin de establecer el modo en que se van a dibujar los modelos tridimensionales en la pantalla bidimensional. Los sistemas de Realidad Virtual capaces de desplegar imágenes estereoscópicas, deben de ejecutar esta tarea independientemente para cada ojo.

### **3.5 Fases para el desarrollo de un mundo virtual**

---

● **Viabilidad.**

Se deben definir: Los alcances del proyecto y sus objetivos  
Requerimientos del proyecto  
Necesidades personales  
Proyección de costos  
Proyección de beneficios

● **Planación del proyecto.**

Establecer: Tareas junto con sus plazos  
Tipo de interfaces con el usuario final  
El manejo del presupuesto  
Planes de contingencia  
Criterios de evaluación del proyecto  
Determinar el número de desarrolladores

Seleccionar: Hardware  
Software  
Personal

● **Dirección del proyecto.**

Dar seguimiento y reportar el desarrollo del proyecto, así como implementar los planes de contingencia, si son necesarios.

Si el proyecto es para un cliente en específico, se deberán hacer revisiones frecuentes con él. Se debe asegurar que el cliente aprueba lo que se ha realizado para evitar rehacer el trabajo.

● **Diseño.**

Se deben desarrollar especificaciones detalladas y criterios de evaluación.

● **Desarrollo del mundo virtual.**

El desarrollo se debe llevar a cabo hasta cumplir las especificaciones establecidas.

● **Pruebas y control de calidad.**

Hay que asegurarse que el mundo es desarrollado conforme a los criterios iniciales y todas las especificaciones.

● **Prueba piloto.**

Se debe probar el proyecto con un número pequeño de usuarios finales para estar seguros del funcionamiento del mismo.

● **Implementación.**

● **Evaluación.**

Después de haber implementado el proyecto, se debe revisar que se hayan alcanzado las metas que fueron establecidas. Adicionalmente, habrá que determinar si el proyecto hubiera podido ser realizado de una manera más eficiente.

### 3.6 Ejemplo de un sistema de Realidad Virtual para PC

A pesar que la tecnología para producir Realidad Virtual sigue siendo muy costosa, un sistema personal de computación puede con algunos esfuerzos expandirse y proporcionar mundos virtuales dentro de una empresa, comercio u oficina (33).

Existen varias combinaciones de hardware y software que ayudan a crear una experiencia virtual, así que hay que escogerlas dependiendo de que tan sofisticados sean los ambientes virtuales que se quieren conseguir.

Como primer punto, se necesita hacer una lista de los elementos de la simulación. Después se necesitará relacionar cada uno de estos requerimientos con el apropiado hardware o software. En la siguiente tabla se muestran algunos de ellos y su correspondiente herramienta que ayudará a configurarlos.

REQUERIMIENTO	CONFIGURACION
Vista estereoscópica	Dos PCs o una PC con tarjeta Dual Graphics
Sensación de "estar ahí"	HMD y un Reconocedor de movimiento de cabeza
Movimiento de objetos y punto de vista	Dispositivos de navegación
Selección de objetos	Dispositivos de interacción

Seleccionando y delimitando toda esta clase de información, poco a poco se pueden ir cubriendo los requerimientos para el sistema PC de Realidad Virtual.

El sistema de Realidad Virtual, necesita que los objetos virtuales posean textura, así que es necesario usar SenseWorld Toolkit y dos tarjetas de Intel Action Media para hacer los gráficos. Esto trae como consecuencia lógica que se tiene que hacer uso de una PC 486 con al menos 4 Mb en RAM.

Para crear la sensación de inmersión se necesitará de un dispositivo como el Virtual Research Flight Helmet, así como un par de convertidores de señales que produzcan el formato necesario a los gráficos para que puedan ser desplegados por el dispositivo de visualización del casco.

Para completar el equipo de cabeza, la industria Logitech ha creado un dispositivo ultrasónico para monitorear la orientación de la cabeza del usuario.

El sonido 3-D se puede crear al hacer uso del Beschtron de Crystal River Engineering, el cual tiene capacidad de sintetizar varias clases de sonidos.

Para seleccionar un objeto virtual como por ejemplo una lámpara; mientras se usa un HMD, se necesita hacer uso de un ganata, pero este dispositivo es demasiado caro, así que probablemente se opte por otra opción como el Gravity Mouse Stick.

Aunado a estos dispositivos, se necesita del software capaz de encargarse de la geometría de los objetos como Alias Upfront o Autocad, también se necesitará de software especial que ayude a modificar la textura de las fotografías que se pudieran utilizar.

Cada uno de los dispositivos anteriores juega un papel en la creación y exploración de un ambiente virtual. El presupuesto que se tiene que invertir en cada uno de ellos varía de acuerdo al dispositivo, la siguiente información, está calculada en base a un presupuesto total de 20,000 dólares.

<b>PRODUCTO</b>	<b>%</b>
Virtual Research Flight Helmet	30
Tarjetas para graficación de Intel Actio Media	19
Sense8 World Toolkit	17
PC 486, 50 Mhz con 4 Mb de RAM y 100 Mb de disco duro	12
Beachfront 3D sound	8
Reconocedor de movimiento de cabeza de Logitech	5
Convertidores de señales	3
Programa de modelado 3D	2
Programa para modelar información proveniente de fotografías	2
Gravis Mouse Stick	1

La información anterior conforma un camino, por el cual se puede configurar una PC para convertirla en un sistema de Realidad Virtual. Pero, existen otros dispositivos que pueden crear de igual forma una experiencia virtual.

Para mayor información de los productos comerciales relacionados con Realidad Virtual, ver el Apéndice A.

## CAPITULO 4. APLICACIONES DE LOS SISTEMAS DE REALIDAD VIRTUAL

Los técnicos, ingenieros y científicos que trabajan en la creación de los mundos virtuales, están conscientes de que la entrada del hombre en la Realidad Virtual no es un fin en sí mismo, sino un medio para desarrollar otras actividades humanas. La Realidad Virtual es un instrumento similar a una fotografía o a una película, aunque mucho más vívido e intenso, ya que permite producir experiencias directas.

Por supuesto, son más las aplicaciones científicas y de investigación que existen en la actualidad que los proyectos totalmente acabados y con fines comerciales. Sin embargo, y a pesar de los costos que suponen los desarrollos bajo Realidad Virtual, cada vez se encuentran más presentes entre nosotros.

Entre los campos priorizados y mejor definidos que ya aplican la Realidad Virtual, se encuentran los que a continuación se describen, aunque cabe mencionar, que las aplicaciones que son presentadas están explicadas de manera general, debido a lo extenso que puede ser cada una de estas.

### 4.1 Arquitectura

---

Los arquitectos e Ingenieros de diseño, han sacado provecho a los avances tecnológicos en cuanto a computación gráfica se refiere. El empleo de programas CAD y las técnicas de visualización han sido usadas durante las últimas dos décadas, ahorrando en costos de desarrollo y tiempo.

Primeramente, sólo se usaban para construir planos sencillos, generar dibujos bidimensionales o imágenes, las cuales eran analizadas en detalle o de una manera global, según las necesidades que se tuvieran.

Actualmente, existen programas, los cuales fueron adaptados por arquitectos, que permiten generar imágenes elaboradas y tridimensionales que pueden ser rotadas, alteradas o combinadas por el usuario a través de funciones.

Sin embargo, estos programas no permiten una interacción directa con el entorno y no logran incluir de una manera más activa a los clientes en los procesos de planificación y diseño, ya que aunque los arquitectos le muestren al cliente "alzadas" (dibujos lineales bidimensionales de secciones del plano maestro que ayudan al cliente a visualizar mejor lo que el plano especifica), no son siempre suficientes para conseguir una comprensión total del plano. Además, si hubiera un cambio en el diseño, se tiene que regenerar las secuencias de una estructura ya definida para crear las nuevas imágenes, lo que produce aumento en los costos y en el tiempo.

El empleo de Realidad Virtual le da a los arquitectos no sólo los medios para producir diseños expresando su creatividad en el más alto nivel, sino que además, permite explorarlos por medio de "paseos", los cuales facilitan la colaboración creativa entre diseñadores y clientes. El arquitecto tendrá la oportunidad de presentar las "alzadas" a través de imágenes bidimensionales y tridimensionales y lograr una realización experimental de la construcción. El cliente podrá comprender mejor los planos y verificar si son de su completa satisfacción.

#### Construcciones virtuales

Como primer paso se deben introducir los planos en la computadora y construir el edificio virtual. Esta tarea suele durar aproximadamente seis meses entre la creación y corrección del modelo original. Al terminar esta tarea, se debe introducir la luz, especificando su intensidad, dirección y color. Adicionalmente,



es posible simular refracciones, reflejos y sombras (34). El entorno creado se convierte así en un plano virtual de pruebas para las partes involucradas.

Una vez que se ha terminado de construir el edificio virtual y el equipo de hardware está instalado, se puede realizar el paseo virtual. Generalmente el sistema de Realidad Virtual que permite hacer dicho paseo está pensado para ser usado por dos personas: el arquitecto y el cliente, por lo que cada participante lleva un HMD y un guante de control. Una vez que se han colocado los dispositivos, se puede comenzar la navegación a través del mundo virtual. El arquitecto y el cliente tienen la sensación de entrar en el diseño, donde pueden observarlo desde cualquier ángulo. Las rutas pueden haber sido programadas o pueden ir haciéndose libremente. Por medio de órdenes habladas o mediante señales, el usuario podrá acercarse, alejarse, subir o bajar escaleras e incluso podrá tomar una estructura virtual como una ventana y moverla de lugar. Los errores en el diseño o los cambios necesarios que tengan que hacerse pueden ser realizados y rectificadas rápidamente. De común acuerdo con el cliente, se podrán cambiar los atributos de cada componente virtual. Por ejemplo, una ventana podría ser reemplazada por una puerta o un solarium. Este tipo de revisiones se realizan en mucho menos tiempo que en los diseños originales, afectando no sólo los planos involucrados, sino también los subplanos del plano principal como los encargos del material, las instalaciones eléctricas, costos del proyecto, etc. Todo esto antes de que se comience la construcción.

#### Requisitos del sistema

Los requisitos gráficos de un sistema de Realidad Virtual para arquitectura generalmente plantean problemas, principalmente entre la generación de imágenes realistas y el tiempo real de operaciones. Las imágenes generadas están hechas de muchos polígonos y la calidad de la imagen depende de la densidad de los mismos. La velocidad a la que un sistema puede desarrollar imágenes depende de la rapidez con que pueden producirse estos polígonos y la rapidez con que la estructura de lo que representan puede ser generada y visualizada (35). Para lograr un movimiento real, es necesario que se generen al menos 60 construcciones por segundo. Los sistemas que no lo consiguen afectan la calidad de imagen y la impresión de realismo. Muchas veces el problema no es la potencia de la computadora, sino el mecanismo de visualización.

Una manera de solucionar la intensidad de los polígonos es hacer particiones del modelo completo y concentrar los recursos en un sólo punto, en vez de intentar mantener la imagen "viva" del entorno virtual total. La aplicación total es segmentada en celdas independientes y dependiendo del punto concreto donde se encuentre el usuario dentro del entorno virtual, sólo las celdas potencialmente visibles serán visualizadas (36).

Otro método para reforzar los recursos de la computadora es el "examen de la textura", que reduce el número de polígonos necesarios para crear la ilusión de un diseño de superficie. Sustituyendo los polígonos por unos modelos con una textura ya preparada, en vez de diseñar y generar la visión desde polígonos individuales, se reduce el gasto de los recursos de la computadora.

La decisión de usar un sistema de Realidad Virtual, supone una gran inversión de tiempo, esfuerzo y recursos económicos. El arquitecto no sólo debe saber manejar por lo menos uno de los paquetes estándar de computación para hacer bocetos y planos, sino también debe hacerse cargo del mantenimiento y manejo de los dispositivos sensitivos del sistema y ajustarlos si fuese necesario a las necesidades individuales de los clientes.

Para lograr una buena colaboración entre la computadora y el cliente, la inversión inicial suele aumentar hasta en un 30% en lo que a hardware se refiere, ya que debe duplicarse la velocidad de generación de las imágenes.

Generalmente se necesitan tres tipos diferentes de software, los cuales son:

- Diseño de objetos virtuales.
- Definir la manera de comportarse de los objetos virtuales.
- Importar información asequible en otros formatos para la conversión y el uso en modelos virtuales.

El software usado en el diseño de objetos permite al usuario crear las formas, el trazado, la luminosidad, color, textura y las fuerzas motoras de objetos tridimensionales.

Una vez que los objetos han sido diseñados, es importante definir su manera de actuar en el ambiente virtual, los atributos que deben tener y que tipo de información deben usar. Algunos objetos tendrán que tener cualidades particulares de movimiento, densidad o brillo. Otros se moverán o transformarán sólo en respuesta al ser tocados o manipulados en el entorno virtual. En este punto es necesario hacer hincapié en la validación de los objetos dentro del entorno, para así evitar que el usuario haga cosas como andar sobre el agua o caminar por las paredes.

El tercer tipo de software traduce la información CAD/CAM que existe a un código virtual. Esta es una herramienta útil para aquellos diseñadores que quieren minimizar los costos y el tiempo de pasar sus sistemas de delineación a sistemas de Realidad Virtual.

### **El futuro**

Las aplicaciones de la Realidad Virtual en la Arquitectura conllevarán a una gama de lugares de reunión en espacios virtuales donde las personas podrán examinar desde un punto de vista ventajoso, más cercano en espíritu a las ideas originales del modelo real. Por ejemplo, el uso de modelos virtuales arquitectónicos ayudará a reconstruir correctamente las edificaciones y ruinas que son parte de la herencia cultural de los pueblos. Estas aplicaciones también han sido empleadas para recrear sitios arqueológicos de interés mundial. Uno de estos proyectos es el Antiguo Egipto Virtual, en donde los visitantes pueden viajar a través de reproducciones históricas de edificios clásicos y yacimientos arqueológicos. Así mismo, se pueden construir entornos virtuales parecidos, enfocados a indígenas o grupos étnicos.

## **4.2 Fabricación**

---

La Realidad Virtual en esta área no sólo se pretende utilizar para procesar las imágenes de manera sofisticada, sino se empleará como una opción más para el diseño conceptual y el análisis de ingeniería. Para poder realizar esto, se necesitarán potentes estaciones de trabajo que serán la base de operaciones de los diseñadores, ingenieros y todas las personas involucradas en la fabricación de un producto.

Entre algunas industrias que ya emplean la Realidad Virtual se encuentran:

### **Aeronáutica**

Las compañías aéreas ya utilizan simuladores y entornos basados en Realidad Virtual para diseñar y desarrollar modelos aeronáuticos. En la mayoría de los casos, los ahorros conseguidos con el empleo de esta tecnología, han justificado los altos costos iniciales.

Los prototipos virtuales permiten a los diseñadores y pilotos mover los indicadores, controlar los paneles o los accesorios, según sus necesidades. Todo esto con el fin de perfeccionar el modelo o bien, para hacerlo más cómodo. Además, permiten probar cómo funcionan los nuevos componentes. Todo esto tiene una gran utilidad, ya que muchas veces existen pequeños detalles que permanecen inadvertidos hasta que se construye una costosa maqueta o el verdadero avión.

Los espacios virtuales no serán utilizados solamente para realizar diseños y prototipos sin necesidad de utilizar papel alguno, sino que también serán introducidos en la línea de montaje de la fabricación. La superposición de visualizaciones y el control sobre las partes y piezas reales, asegura la precisión y acelera los procesos de ensamble y producción. Este tipo de aplicaciones van desde la colocación de tornillos y tuercas en las alas hasta la disposición de los cables, de acuerdo con especificaciones exactas, pasando por la composición del material de las alas (37).

El chequeo sobre la debilidad del armazón del avión normalmente es llevado a cabo de manera exhaustiva por técnicos especializados y nunca podrá ser substituido por ningún tipo de instrumento. Sin embargo, se pueden usar robots teleoperados, programados para examinar cada centímetro del armazón del avión. Estos al encontrar alguna falla o avería, emitirán una señal a la unidad central de control, marcándose automáticamente la zona (38). La ventaja de usar robots radica en que son incansables, así que cuando hayan terminado de revisar un avión podrán pasar inmediatamente al siguiente, dejando todo listo para que el habilidoso técnico se emplee sólo en los problemas detectados.

### **Industria automotriz**

El uso de diseño por computadora permite disminuir a más de la mitad, el tiempo necesario en diseñar un automóvil, acelerando la introducción del auto en el mercado, realzando su calidad y los resultados.

La industria automovilística ya está usando sofisticados sistemas CAD/CAM de reproducción de imágenes, que tienen capacidades de animación de modelado sólido (3-D), ilustran la apariencia del nuevo coche y experimentan con diseños ergonómicos antes de construir los autos (39). Al ser transformados estos sistemas a sistemas virtuales, los diseñadores serán capaces también de probarlo en su entorno operativo y evaluar los resultados antes de construir el modelo. Los modelos virtuales podrán ser desechados, modificados o mejorados durante el proceso. Después de ser depurado, el modelo virtual será reemplazado por una realización virtual, la cual podrá ser probada en un circuito virtual.

Estos prototipos virtuales pueden ser accedidos electrónicamente desde cualquier lugar por medio de espacios virtuales compartidos. Los problemas de mantenimiento pueden ser simulados para poder probar procedimientos para el mismo.

Por cada cambio o reestructuración realizada en cada etapa del ciclo de fabricación, el modelo es redefinido obteniéndose rápidamente el diseño final. Las especificaciones entonces son introducidas en un sistema que controle el proceso de fabricación.

Este tipo de sistemas también pueden ser aplicados al diseño de camiones, cabinas, palas mecánicas o bulldozers, de manera que se eliminen los principales problemas que se tienen al diseñar estos vehículos como pueden ser la obstrucción de los ángulos de visión o posibles desequilibrios bajo diferentes condiciones.

### **Diseño y mantenimiento de maquinaria**

Actualmente es posible construir circuitos de diagnóstico en motores y maquinaria que en un futuro podrán incorporarles bancos de datos técnicos a los que se podrá acceder mediante sistemas que permitan inspeccionar, diagnosticar y reparar. Esta información se procesaría para generar imágenes y superponerlas en el equipo o piezas de la maquinaria que están siendo probadas. Por ejemplo, usando un proyector de transparencias virtuales, un mecánico podrá comprobar la rotación de una rueda caliente. La imagen mostraría información de muchas fuentes sobre la naturaleza, la localización, las posibles causas y tal vez hasta la solución a cualquier problema que se presente. De igual manera se podría sugerir el tipo de mantenimiento preventivo adecuado.

En la fabricación de nueva maquinaria, la seguridad, la instalación y el mantenimiento podrán ser examinadas y probadas durante la fase de planificación conceptual y las fases de construcción, eliminando, por lo tanto, los costos por los cambios y los retrasos en la producción.

#### **Diseño industrial**

Los diseñadores industriales están utilizando cerámica virtual para moldear herramientas e instrumentos. Utilizan un sistema gráfico en 3-D que les permite moldear y plegar el modelo en cuestión, hasta que queda aprobado. Con base en esta información se pueden construir los modelos. Como los cambios se realizan en el momento en que se desea, ya no es necesario emplear prototipos cerámicos, obteniendo, además de la rapidez en la realización del producto, una baja en los costos.

Otra herramienta desarrollada que está siendo de gran ayuda para los diseñadores es el torno virtual, ya que a partir de un archivo de imágenes planas, se obtiene un holograma en color que flota enfrente del diseñador. La visión y orientación del objeto están determinados por la posición de la cabeza. Un ratón sirve como punta cortante, teniendo la oportunidad de cambiar el tamaño de la punta para producir diferentes tipos de cortes.

#### **Beneficios adicionales**

La convergencia de tecnologías aumentará la utilización de métodos de visión a través de máquinas en la fabricación de cualquier producto. Los robots pueden realizar una inspección constante y tareas de mantenimiento preventivo.

La utilización de micromáquinas puede hacer más eficientes las aplicaciones, ya que el voluminoso equipo antiguo puede ser reemplazado por estas máquinas combinándolas con computadoras y robots, los cuales pueden ser controlados remotamente por sistemas basados en Realidad Virtual. Esto tendría como consecuencia un ahorro en tiempo y dinero ya que las micromáquinas se fabricarían en serie y sería muy fácil y rápido cambiar una máquina gastada.

Esta instrumentación automatizada al ser conectada a sistemas de reproducción de imágenes, almacenamiento, transmisión y recepción, le ofrecería a los laboratorios de investigación y desarrollo las herramientas necesarias para realizar análisis para determinar la calidad de los productos. Un beneficio claro es la producción más rápida de productos con alta calidad.

Otro beneficio importante sería la fabricación de dispositivos de supervisión para detectar peligros que muchas veces nuestros sentidos son incapaces de percibir. Por ejemplo, en una planta nuclear, los trabajadores podrían llevar estos dispositivos para detectar altos niveles de radiación, o bien se podrían emplear por los mineros para detectar altos niveles de gases venenosos.

Una compañía finlandesa ha desarrollado un casco transductor de ultrasonidos que permite inspeccionar el área que el usuario tiene enfrente. Las señales devueltas son controladas por LEDs (Light Emission Diodes), los cuales generan una imagen. La intensidad de los LEDs está determinada por la densidad del objeto detectado, lo que permite determinar si el objeto es sólido o no. Como el aparato de visualización representa imágenes en 3-D, el usuario puede calcular la distancia que le separa del objeto. Esto es especialmente útil para bomberos y buceadores, los cuales muchas veces tienen que moverse entre humo o fango.

### 4.3 Ciencia e Ingeniería

---

El área de investigación es otro de los campos en los que la realidad virtual está haciendo una auténtica revolución. Hay lugares y situaciones a las que el científico no puede acceder por razones obvias. Gracias a los entornos virtuales, esto comenzará a cambiar, para que exista un mejor análisis e interpretación de lo que acontece en esos lugares y situaciones.

Los experimentos físicos actuales que se están realizando en áreas como estructuras moleculares, reacciones químicas, resistencia de materiales y cinética, pueden ser mejorados y quizás incluso reemplazados por un avanzado procesamiento de imágenes y modelos de Realidad Virtual que comunican no sólo información, sino también un análisis y una interpretación de la misma. Los avances en el procesamiento de imágenes también harán que sean introducidos en áreas de investigación química que requieren sistemas de vigilancia, inspección, pruebas no destructivas, procesamiento de imágenes para interfaces hombre-máquina y visión robótica. El tiempo, el riesgo y la inversión en estos experimentos y estudios se ven reducidos significativamente debido a que los modelos evolucionan a lo largo de las fases de diseño y desarrollo.

Un modelado matemático sofisticado, representado en un escenario virtual, ofrecerá seguridad para realizar experimentos tecnológicos en muchas áreas, incluyendo las reacciones biológicas, las reacciones químicas, entre las que se encuentran los depósitos químicos de vapor o armas caústicas, y además los asuntos ecológicos como depósitos de residuos peligrosos y las consecuencias de liberar sustancias químicas en la atmósfera.

Entre los proyectos que se están llevando a cabo actualmente se encuentran los siguientes:

#### Galaxias virtuales

El poder que tienen las realizaciones virtuales ha estimulado a los astrónomos a empezar la construcción de una galaxia virtual a partir de la información que se ha recopilado a través de los años. Este escenario virtual proporcionará a los investigadores los medios para visualizar nuestro sistema solar y otros sistemas desde perspectivas que eran imposibles. Les permitirá explorar y experimentar virtualmente con agujeros negros, super-novas y asteroides.

#### Túnel de viento virtual

El diseño de los vehículos aeroespaciales depende de una Ingeniería muy precisa y pruebas energéticas. Las simulaciones por computadora de estudios aeroespaciales han sido introducidas en el ciclo de diseño para mejorar varios de los ensayos físicos que se deben realizar, ya que muchas de las condiciones a las cuales debe enfrentarse el vehículo son imposibles de conseguir en un laboratorio.

Una de estas condiciones son los flujos de aire. Los flujos de aire regulares son fáciles de calcular ya que coinciden todas las trayectorias de dirección y velocidad. Los flujos irregulares, como los que rodean a un avión, presentan problemas muy particulares y a menudo generan una gran cantidad de datos, aumentando la complejidad del cálculo. Las imágenes que se producen, sean bidimensionales o tridimensionales, no representan la complejidad del flujo.

Para solucionar este problema, Steve Bryson y Creon Levit, del NASA Ames Research Center, idearon el "túnel de viento virtual", el cual es un sistema basado en gráficos en 3-D y dispositivos de entrada espaciales que proporcionan al usuario la sensación de estar rodeado de flujos de aire, los cuales son generados numéricamente.

Son muchos los beneficios obtenidos por la utilización del túnel. Los problemas de flujo que cambian con el tiempo pueden ser examinados, es decir, el tiempo se puede acelerar, invertir, frenar o congelar, y el investigador podrá seguir explorando los flujos aerodinámicos desde diferentes perspectivas y bajo múltiples condiciones. Otro beneficio obtenido es que el flujo no se ve alterado por la presencia del usuario, permitiéndole estudiarlo desde cualquier perspectiva. Además, el usuario tiene la posibilidad de aumentar o reducir el tamaño del flujo como desee. Como es posible anidar un entorno en otro, el usuario puede ver otras simulaciones cambiando sólo las bases de datos, lo que facilita en gran medida los ensayos y las comparaciones de métodos experimentales de control de aeronaves (40).

Para utilizar este sistema, el usuario deb. usar un guante de datos, el cual le permite dirigir la corriente y manipular la imagen. El dispositivo de visualización que se emplea puede ser un par de CRTs o bien un BOOM, el cual es preferido por los investigadores ya que proporciona una mejor resolución.

### **Industria Química**

Muchos experimentos de laboratorio, aun cuando son controlados estrictamente, no están exentos de peligro. Cuando hay peligro de explosión es muy importante el poder usar la telepresencia y la teleoperación para tener una total seguridad. Las realizaciones virtuales servirán de interfaces seguras para el estudio de los procesos involucrados, como pueden ser los experimentos de fusión fría como recurso alternativo de energía.

Otro uso de la Realidad Virtual es el manejo de los residuos peligrosos, como sustancias tóxicas y radiactivas. El empleo de la operación telerobótica en la perforación, muestreo, análisis y eliminación de los residuos, hace que los operadores humanos no tengan que exponerse a sus peligros y permite una manipulación de los materiales que de otra forma sería imposible.

Entre los múltiples proyectos que se tienen para optimizar los recursos de la industria química están:

- Balances y administración de energía.
- Modelos de dispersión y liberación de líquidos.
- Dinámica de fluidos.
- Diseño de reactores.
- Gestión de la producción y el mantenimiento.

### **4.4 Educación**

---

Una de las áreas donde las aplicaciones con Realidad Virtual tienden a ser más productivas, es el campo de la educación. Desde los niveles primarios de educación hasta los universitarios, existen muchas asignaturas que podrían ser enseñadas y entendidas más claramente con representaciones tridimensionales.

La técnica de inmersión es utilizada para comprender conceptos abstractos y los entornos virtuales son grupos de inmersión para el aprendizaje. Este tipo de entornos extienden los horizontes del campo de aprendizaje más allá de las fronteras de un salón de clase, proporcionando a los estudiantes y profesores un conjunto de herramientas interminable. La capacidad para interactuar con el entorno permite practicar como en la realidad. El elevado número de opciones disponibles en el entorno estimularía la curiosidad y los procesos del pensamiento, permitiendo además, una integración de disciplinas, lo cual promoverá nuevas formas de pensar y actuar.

Las inversiones iniciales para emplear programas de Realidad Virtual para la educación son altas, pero tienen la ventaja de ser recursos que no se deteriorarán sino que evolucionarán y se enriquecerán conforme avanza el tiempo.

La educación a distancia se beneficiará de los entornos de inmersión que pueden ser conectados por medio de redes. Actualmente, hay cursos que son transmitidos a lugares remotos por televisión, fibra óptica y satélites, pero tienen la desventaja de que el control y la interacción están muy limitados, además de que la inversión que se requiere en el equipo es considerable. Algunas escuelas, particularmente de E.U., comienzan con alternativas más baratas a las descritas anteriormente. Manejan un sistema audiográfico con base en una PC que utiliza las líneas telefónicas e incorpora gráficas, imitando pizarras electrónicas.

La escuela Nottingham-based Shepherd en el Reino Unido, acaba de poner en marcha un programa basado en tecnología de Realidad Virtual y métodos tradicionales de aprendizaje. El programa tiene por objetivo ayudar a los más de 160 niños y adolescentes que conforman su población estudiantil, quienes presentan graves problemas de aprendizaje y también serios impedimentos físicos.

El objetivo de emplear Realidad Virtual en dicho proyecto, consiste en crear un ambiente en donde los alumnos se les enseña cómo comunicarse. El ambiente virtual que se crea incorpora ejemplos tomados del sistema simbólico de Makaton y numerosos grupos de señales. Esto ayuda a que los alumnos manejen el vocabulario básico asociándolo con señales hechas por la mano y los símbolos con objetos. Los estudiantes tienen acceso a un sistema interactivo donde se despliegan imágenes en 3-D relacionadas con las palabras y además, una apropiada señal y símbolo que las distingue. Esto, indudablemente representa una mejor opción que sólo observar páginas estáticas de información.

Los desarrolladores del sistema tienen proyectado incluirle sonido para que sirva como un especificador más de las palabras.

También en el Reino Unido existe otra escuela llamada West Denton, localizada en la ciudad de Newcastle, que en el transcurso de 1995 incluirá los siguientes proyectos de Realidad Virtual:

- Un ambiente virtual donde los estudiantes en base a una interacción con este, aprendan la importancia que tiene la salud y el entrenamiento en cuestiones de seguridad industrial.
- Diseñar una ciudad en donde los estudiantes aprendan una lengua extranjera. El usuario se sumergirá en una ciudad virtual extranjera donde podrá adquirir habilidades para encontrar caminos hacia los restaurantes o tiendas, comprar artículos o usar el transporte público, perfeccionando sus conocimientos.

Cualquier aprendizaje que se beneficie de experiencias prácticas o que esté basado en la visualización puede aprovechar las capacidades de inmersión de un entorno virtual. De las asignaturas entre las cuales ya se tiene planeado utilizar entornos virtuales para mejorar la enseñanza y por ende lograr que los estudiantes comprendan mejor tenemos:

#### **Física**

Los estudiantes, desde el nivel escolar hasta el universitario, podrán aprender en laboratorios virtuales. En lugar de manipular las fórmulas, los cálculos y sus reglas, los estudiantes manipularán objetos, que ayudarán a entender conceptos abstractos. Los estudiantes podrán observar los fenómenos dependientes del tiempo, ya que serán ellos quienes lo controlen. Estos laboratorios utilizarán los últimos avances en ayudas visuales.

Uno de estos laboratorios fue construido en la Universidad de Carolina del Norte donde se desarrolló el proyecto: "Sistema de Simulación Molecular", el cual permite a los estudiantes e investigadores, por medio de una interacción espacial, examinar y controlar los choques entre partículas o cuerpos, la fricción y la gravedad.

## **Química**

La experimentación física de reacciones químicas se verá reforzada por simulaciones virtuales. Los estudiantes podrán diseñar los componentes virtuales de una molécula, hasta poder crear sus propios modelos, los cuales visualizarán por medio de un dispositivo de visualización, manipulándolo a placer.

"Volando a través de moléculas proteicas" es el nombre de un proyecto de la Universidad de Carolina del Norte, el cual permite a los usuarios interactuar con enormes moléculas y "volar" a través de sus estructuras en un ambiente inmersivo, cambiando su tamaño para estudiar las moléculas desde cualquier perspectiva (41).

## **Ciencias Biológicas**

El estudio de Anatomía, Fisiología, Kinesología y Biología se verá beneficiado con el uso de sistemas de Realidad Virtual. Con la ayuda de los sistemas de visualización desarrollados para aplicaciones médicas, los estudiantes podrán estudiar el cuerpo humano, como si fuesen quitando capas para ver que hay abajo. La inmersión sensorial en un laboratorio anatómico virtual permitirá al estudiante examinar un objeto virtual, como un músculo o una articulación, desde muchos ángulos y podrá manipularlo o someterlo a esfuerzos para comprobar cómo trabaja o cómo se lesiona.

## **Matemáticas**

Los sistemas de visualización empleados por Realidad Virtual permitirán 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 permitirán a los usuarios interpretar la Estadística, Procesos Estocásticos, Geometría de Fractales y la Teoría del Caos, y presentar su significado subyacente de forma efectiva y animada (42).

## **Astronomía**

Los datos registrados en bases de datos están siendo utilizados para generar simulaciones tridimensionales de los torbellinos y espacios vacíos que caracterizan nuestras galaxias. Estos datos serán a su vez, la base de realizaciones virtuales galácticas a través de las cuales los estudiantes e investigadores podrán "volar", visualizando el universo desde perspectivas especiales únicas. El aprendizaje del Universo se convertirá en una exploración del Universo.

## **Programas especiales**

Los programas especiales en los que puede ser útil el uso de entornos virtuales de aprendizaje incluyen los siguientes objetivos:

- Reforzar los resultados académicos de los disminuidos o en aquellos que obtienen notas bajas.
- Reforzar las pautas por medio de la repetición.
- Mejorar la socialización de los niños que presentan desórdenes de comportamiento.
- Proporcionar instrucciones autorreguladas y realimentación inmediata a los estudiantes.
- Avisar sobre los entornos hostiles y manejar materiales peligrosos.

Actualmente se ha demostrado que si las asignaturas se ofrecen bajo un entorno virtual, los estudiantes presentan un grado más alto de participación kinésica mente-cuerpo, obteniendo más oportunidades de combinar sus habilidades cognitivas, afectivas y psicomotoras. Los estudiantes que



buscan sus propias estrategias de aprendizaje a través de actividades constructivas en entornos virtuales pueden interrelacionar e integrar de forma más efectiva el contenido educativo y la experiencia.

Con la introducción de experiencias multisensoriales de aprendizaje en las escuelas, surgen una serie de cuestiones, que es interesante mencionar. Se discuten varios aspectos como: el comparar los beneficios a corto y largo plazo entre el aprendizaje en un entorno virtual y el tradicional, el entrenamiento necesario que se les debe de dar a los maestros, las facilidades de construcción de los entornos virtuales para educación y la dificultad general que se tiene para introducir cualquier tipo de cambio en los planes de estudio establecidos.

La aceptación de este nuevo paradigma será un proceso evolutivo cuyo éxito o fracaso estará directamente relacionado con los niveles de participación de la gente involucrada.

#### **4.5 Aplicaciones militares**

---

La tecnología de Realidad Virtual se está empleando en muchos sistemas de armamento, como los cascos de control ocular en cazas de combate para que las armas puedan seguir el objetivo. Las unidades de combate también elevan sus niveles de habilidad practicando en campos de batalla electrónicos y aprendiendo a teleanipular armas. Las técnicas tridimensionales de simulación incorporan paneles de armas reales, complementados con botones y palancas que funcionan como interfaces entre el equipo humano y los sistemas que controlan.

Las aplicaciones para el ensayo y la evaluación de armas están diseñadas para suplir a los sistemas antiguos, con lo que se evitará el construir prototipos físicos, costosos y de elaborado control, cada vez que el diseño sea modificado. Las realizaciones virtuales reemplazarán a las costosas maquetas físicas, permitiendo a los creadores evaluar los diseños justo después de su concepción, reduciendo considerablemente los costos. Los diseños mal concebidos pueden ser modificados incontables veces sin incurrir en los costos o en la pérdida de tiempo que conlleva la construcción física de los mismos. Las especificaciones finales se usan para dirigir la construcción real del arma. El modelo virtual no necesita ser destruido ya que puede utilizarse con propósitos de entrenamiento.

En la Armada Estadounidense, los entornos compartidos de respaldo de decisiones simulan operaciones tácticas de comandancia y control.

Los actuales modelos militares de simulación para balística y propulsores o para armas de energía dirigida, son los candidatos naturales para ser convertidos a realizaciones virtuales.

Las máquinas y técnicas desarrolladas para las aplicaciones en Realidad Virtual, unidas a nuestras habilidades humanas naturales, pueden ser consideradas como una potente ampliación de la inteligencia. Las técnicas de visualización y realización ayudarán a reconocer, traducir e interpretar modelos complejos como el análisis criptográfico.

#### **4.6 Aplicaciones espaciales**

---

La historia de la exploración espacial señala a la NASA como su principal protagonista. Técnicas e instrumentos han sido perfeccionados por esta institución desde finales del siglo pasado para profundizar en el conocimiento del espacio.

Anteriormente al lanzamiento del Apolo 11, científicos e ingenieros de la NASA, se referían a las simulaciones espaciales como un aspecto importante para la preparación de cualquier exploración espacial. Generalmente este tipo de simulaciones se llevaron a cabo del modo más perfecto posible, de tal manera que

ayudaran al entrenamiento de los astronautas que iban a realizar la exploración espacial y los familiarizara con los objetivos dispuestos. Por ejemplo, los astronautas del Apolo 11 utilizaron los desiertos de Arizona y Nevada para preparar su expedición a la Luna, ya que se pensaba que eran los lugares que presentaban una superficie muy parecida a la lunar; a veces cuando se pensaba que las condiciones terrenales eran insuficientes, se hacía uso de dinamita para formar cráteres, perfeccionando con ello la simulación del ambiente.

Así como fue necesario simular las operaciones de vuelo y las travesías, fue obligatorio tener conocimiento acerca de la superficie lunar, con el fin de definir los lugares que serían investigados y visitados cuando la exploración se llevara a cabo. Para este objetivo, se lanzaron una serie de sondas denominadas Surveyor que en total lograron reunir 87,632 imágenes de la superficie lunar. Posteriormente se formó con dichas imágenes un modelo esférico de 34 pulgadas de diámetro, al cual se le consideró como el primer ambiente virtual de una exploración espacial de la NASA. A dicho proyecto se le agregó información obtenida de las misiones subsiguientes del Lunar Orbiter, el cual fue capaz de mapear gran parte de la Luna.

Finalmente, el Apolo 11 llegó a la Luna y durante su misión, se tomaron fotografías de diferentes lugares que cubrían una perspectiva visual de 360°. Por ejemplo, el cráter denominado Camelot, fue representado con un panorama que consistió de doce fotografías tomadas cada una con intervalos de 30°. También fueron tomadas fotografías con un especial acercamiento para tener información de los detalles más finos.

Toda la información obtenida por las misiones espaciales hechas a la Luna fue recopilada y predispuesta para futuras investigaciones.

Las posteriores exploraciones hechas al denominado Planeta Rojo, Marte, siguieron casi el mismo lineamiento que el llevado por las investigaciones a la Luna. Antes del lanzamiento del Viking, el Mariner 9 se encargó de recopilar más de 7100 imágenes de la superficie de Marte. Estas fotografías se utilizaron para crear modelos esféricos de cuatro a seis pies de altura; el primero de ellos fue terminado en 1973 por el equipo JPL (Jet Propulsion Laboratory) bajo la dirección de Earl Zimmerman. Estas esferas fueron los primeros modelos en representar un cuerpo planetario en su totalidad.

Durante la visita del Viking a Marte en 1976, se tomaron más de 50,000 imágenes esquematizando de 100 a 150 metros por píxel, utilizándose estaciones de trabajo para visualizar ese material.

Las misiones del Lunar Orbiter, Apolo, Mariner 9, Viking y Surveyor tuvieron como objetivo recolectar material para crear o designar modelos tanto analógicos como digitales que pudieran ayudar al conocimiento del espacio. Por ejemplo, la información recopilada por el Viking certificó que un ambiente terreno muy parecido al de Marte, era la Antártida lo cual hizo suponer que si se exploraba primero este ambiente natural analógico a Marte, las técnicas que se emplearan servirían para fortalecer la investigación de dicho planeta.

Un modelo digital puede ser creado a partir de suficientes imágenes que cubran el área de estudio. Los satélites, exploradores o sondas se encargan de capturar estas imágenes con fotografías, estereofotogrametría, telímetros basados en rayos láser, radares, altímetros, SAR (Synthetic Aperture Radar) y otras tecnologías de vanguardia.

Es lógico pensar que los modelos digitales empleados por la NASA han venido de menos a más. Esto se atribuye a la evolución del software y hardware de las computadoras y a dispositivos y técnicas que permiten convertir datos esquematizados en papel, fotografías o cualquier otra forma de contener información en datos digitales que la computadora pueda procesar.

El valor de los modelos digitales para la NASA radica en que pueden llegar a representar totalmente un planeta para ser explorado interactivamente con una interfase de Realidad Virtual. Entonces ya no serán necesarios los modelos analógicos para planear, investigar y estudiar un ambiente espacial.

Las enormes posibilidades que mostró la Realidad Virtual a la NASA provocaron que esta institución haya sido capaz de desarrollar y mejorar poderosas aplicaciones con dicha tecnología, aprovechando en toda medida los efectos de los mundos virtuales que pueden ser generados.

Desde hace algunos años, la NASA tiene como objetivo convertir en espacios virtuales todos los planetas del Sistema Solar. Su primer objetivo ha sido Marte. El proyecto ha recibido el nombre de VEP (Visualización para la Exploración Planetaria), el cual forma parte del programa "Pathfinder" de la NASA, creado para apoyar los objetivos de las futuras misiones de exploración planetaria. Sus beneficiarios serán los planificadores de esas misiones, los controladores y por supuesto, los astronautas (43).

Partiendo de los datos obtenidos por la sonda Voyager, Michael McGreevy trabaja en la creación del entorno visual marciano. El objetivo es reproducir fielmente diversas zonas y paisajes del planeta. De este modo, los astronautas conocerán perfectamente el terreno antes de aterrizar en él. El mayor obstáculo con que se enfrenta, es la escasa resolución de las imágenes tomadas por los satélites y las sondas. Por ejemplo, un pixel del satélite Landsat de la superficie de Los Angeles tiene unos 30 metros cuadrados. Los franceses y los rusos están consiguiendo imágenes de satélite con una resolución de 5 metros cuadrados. Pero, para las personas que deban seleccionar zonas de aterrizaje en Marte necesitarían una resolución de un metro.

Tras la obtención de un primer modelo digital se espera poder mejorarlo con los nuevos datos que las futuras sondas vayan aportando. El modelo digital de Marte deberá ser capaz de incorporar la nueva información generada a partir de los datos orbitales.

No todos los datos en el modelo digital serán visuales de modo inherente. La dirección y velocidad del viento, la temperatura, presión, humedad y otros aspectos ambientales de cada zona estarán correlacionadas espacialmente con el terreno. Así que por ejemplo, unas flechas en la imagen indicarán la dirección del viento, y la temperatura se señalará por medio de colores.

Cuando la Realidad Virtual se popularice, entonces todos podremos tener a Marte en nuestra computadora. Según McGreevy, esto democratizaría la exploración espacial.

Aunado al proyecto de Marte, la NASA también ha empezado a virtualizar Venus. La temperatura, presión y densidad de la atmósfera de este planeta no hacen posible la presencia humana dentro de su contorno, ni tampoco la de máquinas. Por lo tanto, la Realidad Virtual es el único camino práctico para explorar este inhóspito planeta.

Para hacer esto posible el satélite Magellan fue puesto en la órbita de Venus el 10 de Agosto de 1990, registrando más del 90% de la superficie del planeta usando SAR y Thermal Emission Radiometry. El proyecto generó un trillón de bytes de información y la virtualización está a cargo de la empresa JPL.

El empleo de Realidad Virtual en la exploración de Venus prueba una vez más la eficiencia de los mundos virtuales para incursionar en ambientes donde la presencia humana no está permitida y no por ello significa un límite para la búsqueda del conocimiento.

#### **4.7 Entretenimiento**

Es indiscutible el hecho de que la Realidad Virtual tiene uno de sus mayores filones de acción en el entretenimiento. A pesar de sus múltiples aplicaciones, este campo sigue siendo el más explotado por el momento, debido probablemente a la cantidad de posibilidades que ofrece o quizá como fruto de la novedad

que implica. El caso es que grandes compañías del sector de los videojuegos caseros han entrado al desarrollo y comercialización de juegos bajo Realidad Virtual.

*Sega* es uno de los líderes en el desarrollo y comercialización de juegos en Realidad Virtual. Ofrecen coches y motos que permiten al usuario vivir virtualmente carreras. Uno de sus productos principales es la estación R360, la cual es una cabina montada en una esfera que gira 360° sobre dos de los ejes. En una simulación convencional el usuario puede volar invertido o sentirse boca abajo, literalmente hablando.

Las empresas *Horizon Entertainment*, *Sphere Software* y la europea *W. Industries* recientemente presentaron sus dos modelos de estaciones de juego en Realidad Virtual. Diferentes por su diseño y su precio, las dos reciben el nombre de *Virtuality*. Cada una está formada por un casco con sonido tridimensional, dos pedales y un volante o palanca de control.

Una característica de las estaciones *Virtuality* es la variedad de entornos que posee, ya que han sido diseñadas para poder aplicar varias realidades virtuales distintas y no creadas a partir de una realidad específica. Esto les permite ejecutar desde simuladores de vuelo de diferentes naves, hasta juegos de lucha entre robots.

El *Cybertron* de *StrayLight* somete al usuario a una inmersión tanto física como mental, al sujetarle a un mecanismo giroscopio que gira y se inclina 45° sobre cada uno de los tres ejes cuando el usuario desplaza su peso (44). Un argumento visual conduce al jugador sobre obstáculos a través de túneles y le hace entrar en barrera.

*Battle Tech* es un juego que está basado en los resultados de las simulaciones obtenidas de las fuerzas aéreas de E.U. para los cazas de combate. En este juego puede haber hasta ocho participantes, que simulan ser pilotos, teniendo cada uno su propia cabina. Este juego fue creado por la empresa *Virtual World Entertainment*.

La empresa japonesa *NAMCO* ha producido el programa *Galaxian 3 Interactive Space Simulator*. En él, las imágenes se proyectan en una pantalla de ocho metros de diámetro, cubriendo los 360°, lo que permite que el jugador se vea inmerso en el espacio rodeado de asteroides, avas y planetas.

Se están planeando parques de atracciones que incorporen Realidad Virtual para representar espectros virtuales interactivos que los usuarios puedan experimentar. Los efectos serían combinados con recorridos sobre plataformas móviles (45). Actualmente existen parques en E.U. que ya presentan atracciones del tipo simuladores, donde por medio de fantásticos trucos visuales y teatros móviles, el usuario tiene la sensación de cruzar el espacio o manejar un coche. "Viaje a las entrañas" de *Disneyland* y las excursiones por el cuerpo humano del centro *EPCOT* no son más que el comienzo. Estos simuladores no son interactivos, pero sólo es cuestión de tiempo para que esto se consolide.

#### **4.8 Arte**

---

Durante los últimos 2000 años, los significados de Ciencia y Arte han sido simultáneos de crear. Por ejemplo, una pintura o un sistema digital son plena evidencia de la expresión de la mente que simboliza la capacidad creativa del hombre.

Algunas personas tiene la errónea idea de que el arte es sólo un camino para observar, pero en realidad significa una forma de propagar el conocimiento. Esto es debido a que todos los trabajos de arte, ya sea un libro, una película, una pintura o cualquier otra manifestación creativa, tienen la propiedad de transportar a la persona fuera de sí y sumergirla en el propio trabajo artístico, lo que implica enfrentarla con

nuevas percepciones e ideas, con el fin de que el conocimiento no sólo acate las ocurrencias caprichosas de la rutina diaria.

La ciencia, por su parte ha constituido la base lógica de la explicación y relación de los fenómenos naturales, sociales o de cualquier otra índole, sentando fundamentos para la tecnología que conlleven al dominio del mundo teniendo pleno conocimiento de este.

Si bien el arte y la ciencia nunca habían circulado por caminos comunes actualmente existe la posibilidad de que se puedan relacionar. La sociedad se encuentra en una nueva era de comunicación, donde cualquier cosa puede ser digitalizada y expresada por las computadoras en forma de un entorno virtual interactivo. Con esto, los artistas tendrán nuevas formas de hacer propio el mundo y también podrán dirigirse hacia él con un perfil totalmente diferente al tradicionalmente usado por las ancestras tendencias artísticas.

El siglo XX se caracteriza por concentrar una enorme explosión de estilos y métodos artísticos no usando materiales convencionales (pinceles, pinturas, lienzos, etc.). El cambio comenzó con los impresionistas seguidos por los surrealistas y futuristas. Marcel Duchamp fue uno de los primeros artistas que expresaron arte intercambiando el uso de espejos por lienzos, o el de motores y objetos en lugar de pedras para las esculturas. Toda esta renovación le dio a Duchamp una nueva forma de libertad (46).

La razón por la cual la Realidad Virtual es un medio muy especial, es precisamente porque promueve una forma de libre expresión, debido a sus cualidades de inmersión e interactividad, las cuales permiten a la persona ser completamente creativa.

Después de 1990, la Realidad Virtual ha tenido no suficientes, pero sí significativos avances en cuanto a la tecnología que se ve involucrada en su creación. Se presenta ahora como una nueva forma de arte que da entrada a un universo en donde las sombras, siluetas, espacios y tiempos, pueden ser representados sujetándose a la versatilidad y caprichos de las mentes creadoras y donde sus visitantes pueden interactuar a plenitud.

El arte virtual puede ser usado para explorar, adquirir y cambiar tanto ideas, experiencias así como estados de la mente. Con ayuda del equipo convencional de Realidad Virtual, las visitas a mundos virtuales darán al usuario una nueva forma de identidad social.

Por consiguiente, el arte virtual debe de definirse como una tecnología, un medio y un concepto; no es las tres diferentes cosas, sino que significa tres diferentes aspectos de la misma idea:

- Es una forma mágica para integrar pintura, cine, escultura y literatura a través de estructuras dinámicas de música, teatro e inclusive fantasías.
- Es un medio que puede expresar diferentes estilos simultáneamente como cubismo, realismo, postmodernismo, etc.
- Es una experiencia en la cual los espectadores son transformados de usuarios pasivos a creadores de sus propias vivencias.

El artista en Realidad Virtual necesitará de toda la imaginación, habilidades y lecciones artísticas que durante más de 200 años se han practicado. Considerando la fuerza del sistema, el artista debe crear un entorno que refleje al espectador de forma precisa sus intenciones, ya que las técnicas multimediales que posee la Realidad Virtual cambian la línea tradicional de crear experiencias virtuales a través de combinar el poder de los ojos y oídos y las lecciones de música, pintura, cine, escultura, etc. El arte ya no quedará más encerrado en la pantalla de un cine, en el lienzo de una pintura o en las páginas de un libro.

Uno de los ejemplos artísticos que se están llevando a cabo con Realidad Virtual es el Museo de Arte Virtual en la Universidad de Carnegie Mellon en Pittsburgh, E.U., al que tendrá acceso el público a través de una red. El sistema inicial consiste en una computadora personal 486, un programa de software

especializado y un buen número de HMDs. Esto permite a un visitante curiosear a través de unas cuantas salas del Museo Virtual, donde se encuentran ejemplos de un nuevo expresionismo experimental.

La conexión por módem es posible sólo hacia la propia Universidad y a Japón, aunque se están añadiendo nodos complementarios en E. U., Australia, Canadá y Alemania. Se espera que cada recién llegado aporte una nueva sala al modelo. Cada nodo instalado tiene acceso a todos los entornos virtuales y cada uno está equipado con una "caja de herramientas" para la construcción de nuevos objetos virtuales o para la modificación de los existentes. Los planes incluyen un modelo "servidor", en el que un nodo actuará como controlador, permitiendo a muchos usuarios compartir un entorno de inmersión simultáneamente (47).

Las salas y galerías del Museo parten de un vestíbulo central y hay también un espacio para exhibiciones temporales. El espacio central compartido alberga a los directores televisantes de arte virtual quienes tienen la posibilidad de dar conferencias, convirtiéndose la Realidad Virtual en un medio de expresión cultural.

#### **4.9 Otras aplicaciones**

---

Uno de los principales objetivos de la Realidad Virtual es simular el ambiente real, por lo que ésta puede tener un número infinito de aplicaciones. Anteriormente fueron señaladas las áreas donde dicha tecnología tiene objetivos definidos y ha alcanzado un nivel de desarrollo un tanto aceptable.

Existen otros campos como el deporte y el sexo, para los cuales la Realidad Virtual presenta actualmente algunas posibilidades. Cabe señalar que para esta última área, la proyección que pudiera tener la Realidad Virtual es motivo de grandes controversias ya que para la mayoría de los críticos presenta más puntos en contra que a favor.

##### **Deportes**

En el campo del deporte existen varias aplicaciones de Realidad Virtual destinadas tanto a la práctica como al entrenamiento.

Para la práctica deportiva hay varios productos dirigidos por potentes PCs que tienen integrados en algunos casos bicicletas estacionarias, máquinas de remo, stepmasters y cintas de andar, con el fin de proporcionar una estimulación visual al que los utilice. Mediante la visión de las imágenes generadas por computadora, ya sea en una pantalla o rodeado por una escena proyectada, el usuario rema, pedalea, corre en carreras simuladas o competencias de atletismo. Generalmente la calidad de los gráficos y la inmersión que se experimente están determinadas por la inversión realizada en el sistema. Los presupuestos de estos productos oscilan entre 1000 y 5000 dólares para un sólo usuario.

El dispositivo más famoso de carácter no inmersivo más adecuado para el área del deporte y que no incluye ningún tipo de aparato deportivo, es el *Mandala System*, de Vivid Group de Toronto, una pequeña empresa creada por V. J. Vincent, S. Wyshynski y F. MacDougall, cuyo origen se remonta a 1984.



Fig. 4.1  
Logotipo del Mandala system.

Lanzado en 1988, el *Mandala System* es un sistema gráfico bidimensional que integra un gran número de posibilidades interactivas en las que combinan las imágenes y el sonido para aplicaciones de áreas como la música, la danza, el deporte, etc. Una nueva versión, el *VR Goals*, está totalmente dedicado a los deportes (48). Este sistema tiene numerosas posibilidades y no necesita equipo específico como cascos o guantes para ser usado.

Se están desarrollando aplicaciones para deportes como el tenis, esquí, golf y tiro al plato a partir de prototipos de laboratorio. Para muchas de estas actividades las PCs no serán suficientes. Se necesitarán sistemas superiores generadores de imágenes, sistemas de rastreo y supervisión que sean capaces de controlar efectivamente las aplicaciones que se desarrollen para dichos deportes (49).

Los programas computarizados de deportes de contacto como el fútbol, boxeo, hockey, etc. llegarán muy pronto a los hogares y clubes deportivos y se necesitarán de gafas o HMDs para poder ver el ambiente virtual.

Las escenas del programa estarán grabadas, por ejemplo, desde el punto de vista de un portero, con cámaras de televisión, lo cual proporcionará un lugar de inmersión para el usuario que experimente el juego desde esa perspectiva a través de su dispositivo visualizador. Para dar un grado mayor de dramatismo a las escenas, la visión será completada con sonido estereofónico.

Para el entrenamiento deportivo, existe entre otras cosas, un sistema desarrollado para el esquí alpino que está siendo probado en Japón y programado para ser lanzado este año en Estados Unidos. Este sistema está basado en un par de botas colocadas sobre unas láminas metálicas móviles que se encuentran en la máquina que simula la pendiente de la montaña. El participante debe colocarse un HMD, provisto con un rastreador. Cuando comienza la simulación, los bastones de esquí, los cuales llevan unos detectores de fuerza, sirven de dispositivos de control. El sistema supervisa continuamente las señales y ajusta el curso, con el fin de que sea adecuado para el usuario. Las rutas preparadas incluyen pendientes y pistas a través de bosques. Las herramientas de evaluación de movimiento pueden ser utilizadas para analizar la actuación de un usuario y proporcionar indicaciones para mejorarlas.

Por otro lado, algunos expertos en Cinemática llevan a cabo muchos estudios analíticos del movimiento con la ayuda de imágenes digitalizadas. Se pueden congelar figuras particulares para realizar una inspección detallada de los ángulos y combinaciones peculiares de movimientos que contribuyen a un magnífico rendimiento.

Las pautas de los atletas con éxito de cualquier deporte pueden ser utilizadas como base para la instrucción y el entrenamiento de otros atletas. Pueden ser un instrumento eficaz para acelerar la rehabilitación después de una lesión. Las pautas que pueden contribuir en las lesiones o bajos rendimientos pueden ser estudiadas y solucionadas mediante técnicas de retroalimentación transmitidas a través de modelos virtuales seguros y controlados (50).

Las sesiones de entrenamiento pueden estar dirigidas a proyectar las lecturas de ergometría, la presión arterial y los ritmos cardíacos o de respiración en una imagen de la persona sobre una pantalla. En base a los resultados observados se pueden introducir nuevas pautas de entrenamiento a un ritmo controlado. Los atletas se podrán preparar para una competencia en encuentros virtuales, midiéndose con oponentes virtuales que cada vez presenten un nivel mayor de destreza.

El diseño de equipamiento deportivo dependerá de un examen detallado y de una renovación interactiva a través del uso de prototipos virtuales. Estos pueden ser probados, modificados, mejorados y fabricados para determinados atletas de acuerdo con sus niveles de profesionalidad (51).

## Sexo

En lo que respecta al sexo, la idea de que la gente pueda usar Realidad Virtual para tener relaciones sexuales, parece hasta cierto grado absurda. No obstante, esta proposición fue hecha por Ted Nelson en los años 70's refiriéndose a una manera de estimular sexualmente a las personas utilizando medios electrónicos.

Veinte años después a las ideas de Nelson, cuando la Realidad Virtual ya se habla establecido como una tecnología revolucionaria para cualquier disciplina humana, Howard Rheingold retomaba la idea propuesta por Nelson, formulando posteriormente sus propios conceptos que sugerían una forma de relacionarse sexualmente usando un traje delgado de cuerpo completo y un HMD. El traje tendría miles de sensores que responderían a la actividad sensorial del cuerpo de manera similar a como el "Dataglove" lo hace ante los estímulos de la mano. La gente entonces podrá estimular su cuerpo con un tipo de "sexo electrónico". Un ejemplo precedente acerca de este punto se presenta en la comedia de Woody Allen llamada "Sleeper", donde se incluye el llamado "Orgasmatron".

El impacto social que tendrá el sexo al ser habilitado electrónicamente implicará serias cuestiones. Mientras unos hablan acerca de significados técnicos para poner en marcha esta experiencia, muchos otros se preocupan por los ya casi asegurados contratiempos que ocasionará.

Una de las posibles implicaciones que podría traer la Realidad Virtual en el sexo, es el gran potencial que representa para la pornografía. Recientes estudios señalan que más del 20% de las ventas y rentas de videos se suscitan en el mercado porno.

El primer programa virtual porno se exhibe actualmente en el mercado, pero éste requiere de una computadora Macintosh con CD-ROM, lo que significa un mayor presupuesto. Se pretende hacer nuevas versiones que mejoren la calidad de las imágenes y sean más económicas.

Ahora bien, ¿qué tan serio se podría tomar el papel de la Realidad Virtual en el sexo? Para Jaron Lanier, si se considera sólo esta tecnología como participante en la pornografía, sólo resta generar proyecciones visuales. Después de todo el primer órgano sexual es el cerebro. Pero, la posibilidad de una interacción virtual de sexo real, significaría caer en el misterioso funcionamiento de algunas hormonas esenciales para que exista una atracción sexual, lo cual, para Lanier, es prueba evidente de que una relación sexual no puede ser mantenida electrónicamente, no obstante de que se perfeccionara el equipo visual y sensorial de retroalimentación.

También en el ámbito sexual existen numerosas vertientes de lo que debe incluir el sexo virtual, como la procreación o las tan desastrosas enfermedades que se pueden contagiar al tener una relación sexual.

Algunas personas encontrarán el sexo electrónico atractivo, pero también adictivo ya que muchas de ellas son adictas a dispositivos manuales de estimulación sexual. Para otras, este sólo será un medio pasajero de entretenimiento.



El extraordinario nivel de interés público en el sexo electrónico, asegura que el experimento se lleve a cabo, pero no se sabe a ciencia cierta que tan exitoso será.

#### **4.10 Software comercial para crear aplicaciones**

---

Es importante recordar que existen dos aspectos muy importantes que diferencian la Realidad Virtual de la simple animación con imágenes: la inmersión y la interactividad; es decir, el usuario se pasea por un universo de imágenes con las que interacciona. Por lo tanto, es importante dotar a los objetos virtuales con un comportamiento realista si se simula un mundo existente y un comportamiento simulado, si se inventa un mundo artificial. Los programas clásicos de modelización no toman en cuenta estas características, por lo que los precursores de la Realidad Virtual han desarrollado programas especializados para sus propias necesidades.

Actualmente, la mayoría de las funcionalidades necesarias para virtualizar un mundo de imágenes están disponibles en forma de programas, los cuales aceleran notablemente el trabajo de quienes desarrollan aplicaciones de Realidad Virtual. Estos *toolkits* o paquetes de programas, son conjuntos de funciones escritas en lenguaje C o C++ que permiten importar imágenes CAD, gestionar la sucesión de acontecimientos, modelizar la dinámica de los objetos y dotarlos de las características físicas necesarias. También disponen de los programas necesarios para manejar los principales dispositivos empleados en la Realidad Virtual. Estos paquetes se venden entre cien dólares, en el caso de los más elementales y más de diez mil dólares los más potentes.

Entre los *toolkits* más sencillos se encuentran: *VRT3* de la empresa británica Dimension, *VRDS* de la empresa norteamericana Vream y *WalkThrough* de Virtus Corp., también norteamericana. Estos programas funcionan en microcomputadoras y no requieren ningún conocimiento de programación. La virtualización del mundo se efectúa de forma interactiva actuando sobre iconos. Incluyen generalmente unas funcionalidades básicas para crear la geometría de los objetos, modeladores, programas de sombreado y de iluminación de los polígonos. Constituyen unas herramientas excelentes para la iniciación a la Realidad Virtual y el desarrollo de aplicaciones relativamente sencillas (52).

Los más completos como el *WordToolkit* de la empresa norteamericana Sense 8, *dVS* de la sociedad británica Division y *Cyberspace Developer Kit* de Autodesk entre otros, están orientados a programadores experimentados. El dominio de la programación orientada a objetos permite aprovechar toda su potencialidad en vez de contentarse con funciones preestablecidas. Instrumentos de desarrollo de aplicaciones variadas, están concebidos para utilizar modeladores, como el *3D Studio* de Autodesk, los cuales permiten dibujar directamente en la pantalla, los objetos en tres dimensiones de manera interactiva. Estos *toolkits* funcionan en microcomputadoras y en estaciones de trabajo.

Sin embargo, hay que reconocer que la Realidad Virtual todavía está en su edad de piedra. Los entornos virtuales todavía son muy rudimentarios y aun no es posible contar con todas las funcionalidades deseables para lograr una total ilusión de realismo: frecuencia de reproducción de 30 Hz, escenas complejas con aspecto realista, sonido tridimensional, detección de colisiones, tiempo de latencia mínimo, simulación matemática y comportamiento "inteligente" de los objetos. Los límites de las computadoras actuales imponen hacer elecciones, principalmente entre la calidad de la imagen y la calidad de la simulación, por lo que los programadores a veces tienen que omitir el sonido y la detección de colisiones, en beneficio de la calidad de la imagen.

## CAPITULO 5. REALIDAD VIRTUAL Y MEDICINA

De todos los campos de la ciencia, el campo médico quizás sea el que más provecho ha obtenido de la revolución tecnológica. Además de la gran accesibilidad de consolidación que tiene sobre otros campos y la firme plataforma de tecnología experta construida durante muchas décadas, el motivo que impulsa el desarrollo de nuevas herramientas en 3-D en el área médica es único: la demanda de un mejor cuidado de la salud.

Durante largo tiempo, los médicos palpaban el cuerpo de sus pacientes e hicieron resonar con sus dedos, las cavidades internas para obtener signos del correcto o incorrecto funcionamiento del organismo. El oído y el ojo desnudos eran sus principales y únicos instrumentos para establecer el diagnóstico. Pero, desde el siglo XIX, la microbiología (derivada de los experimentos de Pasteur) y el descubrimiento de los Rayos-X por Wilhelm Roentgen, abrieron posibilidades inagotables a la ciencia médica. Los Rayos-X dieron nacimiento al diagnóstico por imágenes, que desde hace pocas décadas cuenta con nuevos métodos como la ecografía, el ultrasonido, la tomografía por emisión de positrones (CAT) o la resonancia magnética (MRI), entre otros. Estos dispositivos son usados para crear imágenes volumétricas de órganos internos o imágenes transversales del interior del cuerpo.

Esta tendencia continúa y el uso corriente de técnicas médicas basadas en computadora, está siendo estimulada aun más con la incorporación de la tecnología Realidad Virtual. 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, la exploración e intervención médica a niveles celulares y genéticos es facilitada en un entorno virtual, ya que sus características de disminución y aumento de escalas de las imágenes permiten a los cirujanos trabajar como si sus áreas fueran expandidas. Equipos y pacientes virtuales proporcionan a los practicantes y estudiantes más oportunidades de experiencias sin compromiso de las que han sido posibles hasta ahora, especialmente en casos de alto riesgo. Al mismo tiempo, los pacientes están comenzando a estar más informados, ya que están aprendiendo a comprar tratamientos médicos como cualquier otro servicio.

Los beneficios que la Realidad Virtual puede otorgar al campo médico son contundentes, pero todavía no son completamente una realidad. El desarrollo de dicha tecnología en este campo tomará de más tiempo que en otras áreas, ya que no debe ofrecer promesas, sino dar seguridad porque la vida humana está involucrada.

### 5.1 Cirugía virtual

Las técnicas de Realidad Virtual y telepresencia no pueden ser más útiles dentro de la Medicina que en el campo la cirugía.

Normalmente, las interfaces entre el cirujano y los instrumentos quirúrgicos que éste controla mediante el sistema, dejan mucho que desear. Siempre hay sitio para mejorar la precisión de la realimentación y graduación para los médicos en interacción con el sistema. Para ayudar, los efectos del realce visual tales como una mayor iluminación, sombreado y perspectivas, son combinadas con técnicas estereoscópicas que intensifican el efecto tridimensional. En muchos casos, no se dan mediciones exactas; a veces se exageran las formas, pero esto con el propósito de ayudar al médico a visualizar la situación. El reconocimiento de patrones y el realce de las imágenes pueden ser también incluidos para ayudar al médico a encontrar diferencias y hacer comparaciones.

En cualquier caso, los datos que son interpretados y expuestos en imágenes realzadas pueden ser aun más valiosos si son aumentados mediante experimentación. Por ejemplo, planes quirúrgicos que son óptimamente efectivos y mínimamente intrusivos pueden ser superpuestos sobre las imágenes para guiar a

los médicos cuando cortan a través del tejido blando del hueso. En un entorno de aprendizaje, se pueden usar varias técnicas para procedimientos quirúrgicos experimentales no intrusivos y para la experimentación de intervención y prevención.

Claro está que las técnicas que se requieren para estos nuevos procedimientos quirúrgicos son tan nuevas y tan diferentes, que se requieren probar por un lapso de diez años para que sean aprobadas por la FDA (Food and Drug Administration).

Existen dos clases de curva de aprendizaje en cirugía. Una es cuando un experimentado cirujano es el primero en ejecutar una nueva operación. La otra es cuando un joven médico va a ejecutar por primera vez una operación que ya está establecida. Los nuevos médicos consiguen su oportunidad después de haber estudiado por largo tiempo y después de haber sido asistentes de un médico en al menos quince operaciones. Usualmente su práctica inicial es hecha en animales y cadáveres, y eventualmente el nuevo médico hace el salto a pacientes reales (53). Son bajo estas dos circunstancias, cuando ocurren más complicaciones quirúrgicas.

La mayor contribución que la Realidad Virtual ha aportado a la medicina, podría ser la mejora en la curva de aprendizaje de los médicos.

#### **Cirugía telemanipulada**

Los primeros intentos de observar el interior del cuerpo humano sin recurrir a la cirugía comenzaron en el siglo XVIII con un tubo y una vela, para tratar de ver el recto. En 1881, el cirujano polaco Joseph von Mikulicz desarrolló el primer tubo bien iluminado con una lente para observar el estómago. A continuación aparecieron instrumentos para la observación del tramo inferior del intestino y de la vejiga urinaria. Los siguientes fueron ligeramente flexibles, hasta que la fibra óptica hizo posibles los primeros tubos totalmente flexibles, a los cuales se les conoce como endoscopios. Dicho aparato de sólo 6 mm de diámetro, contiene en su interior dos tubos de fibra de vidrio que transmiten rayos luminosos. Uno de los tubos sirve para dirigir un haz de luz hacia algún órgano del paciente y el otro está conectado a una cámara o a un lente; el médico puede ver entonces a través del endoscopio por la luz reflejada.

Hay procedimientos, como las tioras gastrofodoneales, que las modernas técnicas de exploración del cuerpo no revelan de manera adecuada. En esos casos, los médicos recurren al endoscopio para observar directamente el interior del cuerpo. A este método, que permite realizar estudios de diagnóstico, se le conoce como endoscopia. Dicho método se ha usado para fotografiar el desarrollo de un feto en el vientre materno, y también se está utilizando en la cirugía con rayo láser, en la que los cirujanos operan sin usar el bisturí.

La laparoscopia es un nuevo método quirúrgico que evita hacer incisiones mayores en los pacientes, realizando en su lugar 3 incisiones pequeñas a lo mucho. Generalmente, este tipo de cirugías se apoya en tomografías, RMI, termografías o ultrasonidos para que primero se localice el área dañada y posteriormente se realicen las incisiones. Cuando se ha detectado exactamente el sitio de trabajo, se inserta en el cuerpo del paciente un laparoscopio, el cual es un aparato con una luz de fibra óptica y una pequeña cámara al final de un delgado cable, y cuidadosamente es maniobrado a través del cuerpo para obtener un acercamiento de los órganos y tejidos. Las imágenes de la cámara son desplegadas en un monitor de video en la sala de operaciones y el instrumental es insertado a través de las otras incisiones, manipulándolo desde afuera del cuerpo.

La clase de cirugías que se han practicado por laparoscopia son pocas, entre las cuales destacan las de vesícula biliar, ligadura de trompas de Falopio y extracción del apéndice.

Una de las desventajas de este método es que sólo utiliza una cámara y se requieren más para observar una representación tridimensional verdadera, pero esto no está permitido porque los objetos extraños dentro del cuerpo producen laceraciones. Es por esto que este tipo de cirugías limita la operación a

sólo tres incisiones; una para insertar el laparoscopio y las dos restantes para el instrumental quirúrgico, en el caso de la laparoscopia. Para poder contrarrestar dicha deficiencia, dicho método será apoyado por técnicas de Realidad Aumentada, así el médico podrá ver por completo la escena de donde está operando y se dará cuenta con más facilidad si los instrumentos están siendo maniobrados y colocados correctamente.

El cirujano estará efectuando una clase de telepresencia al estar observando en el monitor, al igual que en la endoscopia, el trabajo que está realizando al manejar el instrumental, sin que sus manos estén en el interior del cuerpo. Este método reduce las posibilidades de infección y la cantidad de daño hecho al cuerpo, lo que promete a los pacientes menos dolor y una menor estancia en el hospital (54).

El empleo de estos nuevos procedimientos ha sido tan aceptado que ha forzado a los médicos es familiarizados con los viejos métodos a aprender rápidamente las nuevas técnicas por el riesgo de que si no lo hacen perderán a sus pacientes con los competidores que sí ofrezcan los nuevos métodos. La demanda sin precedente que han tenido estos nuevos procedimientos resalta un viejo interés de los círculos médicos por la curva de aprendizaje.

David Hon, presidente de IXON, ha sido pionero en el desarrollo de cuerpos simulados y programas de entrenamiento. Él se encuentra desarrollando un simulador gastrointestinal endoscópico que usa un sensor de posición acoplado a una computadora con procesador Intel-386 y un lector de disco láser. El sistema debe desplegar las imágenes endoscópicas a razón de 30 Hz para simular la ejecución del procedimiento en exámenes (55).

El sensor es usado con un maniquí especial para crear la retroalimentación de fuerzas táctiles, en base a unos sensores que retransmiten la posición del endoscopio y los catéteres que se encuentran dentro de la anatomía del cuerpo. De esta forma el sistema reacciona en tiempo real a las decisiones y movimientos de los estudiantes.

El Coronel Richard Satava, miembro de la U.S. Army Medical Corps y socio del American College Surgeons, es uno de los principales investigadores en el campo de telepresencia quirúrgica. Trabajando junto con un equipo de investigadores en SRI International, ha desarrollado un simulador quirúrgico basado en Realidad Virtual. Los componentes de este experimento son: un HMD, un "Dataglove", una Workstation de Silicon Graphics y software 3-D Swivel. Los resultados fueron prometedores pero menos que satisfactorios. Según Satava, existen dos requerimientos genéricos para cualquier simulador quirúrgico: "Debe tener un detalle exacto y debe ser altamente interactivo. Específicamente, la imagen debe ser anatómicamente precisa y los órganos deben de simularse con sus propiedades naturales".

El uso de tecnologías como el MRI, pueden proveer imágenes anatómicamente correctas, pero para lograr la interactividad se necesita de tecnología que aun no ha sido completamente desarrollada, como la retroalimentación táctil y de fuerzas. Además, el poder que las computadoras tienen actualmente, es tristemente inadecuado para una efectiva simulación quirúrgica. Existen cinco áreas las cuales deben ser habilitadas para proveer una simulación real, según opinión de Satava:

1. **Fidelidad.** La imagen debe tener suficiente resolución para parecer real.
2. **Propiedades de los objetos.** Los órganos deben deformarse como cuando son agarrados y afectarse por la fuerza de gravedad.
3. **Interactividad.** Las manos del cirujano y los instrumentos quirúrgicos deben interactuar de una manera realista.
4. **Sensores de Entrada.** La retroalimentación táctil, de fuerzas y la presión deben poder sentirse por los cirujanos.
5. **Reactividad.** Los órganos deben tener reacciones apropiadas a la manipulación o al corte, tales como hemorragias o pérdida de fluidos.

Satava ha creado un simulador quirúrgico primitivo de un torso que contiene el estómago, páncreas, hígado, árbol biliar, vesícula biliar y colon (Fig. 5.1), además de unos pocos instrumentos quirúrgicos como

un escalpelo y pinzas. Las imágenes son generadas en tiempo real a 30 Hz, así que las gráficas son relativamente imperfectas, poco realistas y no existe retroalimentación táctil y de fuerzas. La interactividad es excelente, pero el sistema carece del suficiente poder computacional para proveer de realismo a las imágenes de los órganos y los efectos de la cirugía. No existe deformación o hemorragias. De cualquier modo, los órganos pueden ser vistos por fuera o por dentro, y el abdomen completo puede ser explorado usando un conjunto de imágenes que caracterizan a cada capa que conforma el abdomen.



Fig. 5.1  
Simulador quirúrgico.

Al mejorar el equipo y el software, mejorará la simulación. Satava y el equipo de Investigadores de SRI International han obtenido una prueba del concepto, pero queda mucho por hacer antes de que los cirujanos puedan combinar los beneficios de la visualización directa con las nuevas técnicas quirúrgicas laparoscópicas y endoscópicas.

Otra rama de la Medicina que está siendo desarrollada es la "cirugía mínimamente invasora" (MIS por Minimally Invasive Surgery), la cual se basa en el uso de micromáquinas. Las micromáquinas son dispositivos muy pequeños compuestos de motores, palancas, engranajes, interruptores y poleas infinitesimalmente pequeños. Insertadas mediante un catéter, estas micromáquinas pueden llegar a los lugares del cuerpo inaccesibles o que inhibían intervenciones quirúrgicas o mecánicas como son los sistemas vasculares.

Los cirujanos y especialistas, ayudados por exhibiciones de Realidad Virtual, ejecutarán la teleoperación con dispositivos en pacientes humanos. Una imagen virtual muy ampliada que mantenga un paralelismo con la realidad, proporciona a los cirujanos una opción que permite visualizar mejor el lugar de la operación, las micromáquinas y sus componentes de trabajo, junto con un preciso telecontrol de los dispositivos, ayudará a los cirujanos a realizar procedimientos delicados de microcirugía con mayor confianza, ya que estos entornos virtuales permiten a un cirujano acentuar su sentido de percepción o posición.

#### Cuerpo virtual

El cuerpo virtual básico, es una imagen tridimensional generada por computadora, la cual está compuesta por tiras o rebanadas dibujadas desde diferentes ángulos del cuerpo de una persona real. La información usada para crear esta imagen puede ser combinada con información de otras fuentes como CAT-Scan, MRI, ultrasonido, etc. con el fin de mejorar el modelo, de tal forma que puede llevar no sólo información clínica, sino también análisis específicos e interpretaciones de la información (56).

Los discos láser que contienen imágenes detalladas de órganos específicos ya están disponibles y también se venden bases de datos para animación de órganos, esqueletos y sistemas muscular y vascular.

Un cirujano depende primordialmente de la evaluación que realice de la parte del cuerpo que se encuentre afectada. Muchas veces esta evaluación la realiza, ayudándose de ultrasonidos, resonancia magnética o imágenes computarizadas.

Ahora, con la ayuda de un mapa virtual de "visión a través", se puede superponer a la zona que el médico examina y ayudarle así a visualizar lo que hay debajo. Por ejemplo, a través de una unidad situada en la cabeza con superficies transparentes de imágenes virtuales entre sus ojos y el mundo real, el médico será capaz de examinar el estómago de un paciente y "ver dentro", a través de una imagen superpuesta en el estómago. Las imágenes superpuestas mostradas son generadas a través de paquetes de información del paciente real. Esta técnica de visualización es lo que se conoce como **Realidad Aumentada**, es decir, al mismo tiempo que el mundo real queda a través de las unidades de visión, se puede ver el mundo virtual generado por la computadora.

Un sistema de visualización interpreta y transforma la información recogida en imágenes de computadora, que muestran la estructura anatómica y revelan detalles del tejido circundante. Estas imágenes ultrasónicas transparentes situadas entre el ojo del médico y el cuerpo real, equipan al médico con un tipo de *ultravisión*, la cual es especialmente útil, por ejemplo, a la hora de planificar una reconstrucción quirúrgica facial o de la cadera (57).

Partes o todo el cuerpo virtual, podrían ser vistas en una estación de trabajo quirúrgica. Una simulación más útil podría envolver el uso de gafas de alta resolución, con las cuales el médico vería un cuerpo virtual sobre una mesa situada enfrente de él. La visualización obtenida sería transparente en orden de revelar los órganos importantes o los sistemas biológicos que requiere estudiar. Alrededor de el médico podría estar un desplegado virtual de información, visible en el lugar que él quiera, conteniendo una amplia variedad de datos del paciente.

Para propósitos de enseñanza, un grupo de estudiantes podría usar gafas similares, o bien, observar la simulación en línea desde las computadoras de sus dormitorios. Ya que el cuerpo virtual puede ser enteramente generado fuera de un modelo computacional, los estudiantes podrán escoger el punto de vista que deseen para estudiarlo. Adicionalmente, el médico podrá demostrar procedimientos, como el de aplicar una droga particular y los efectos que produce sobre el cuerpo virtual.

Un software con una auténtica reproducción del sistema óseo y muscular humano requiere un completo entendimiento de la estructura y función de las células musculares. Una vez que se logre representar fielmente los músculos y su función e interacción, la simulación podrá ayudar a planear mejor las operaciones. Por ejemplo, las heridas muy largas requieren cirugía reconstructiva. La mejor opción muchas veces resulta ser la transferencia de músculo, en la cual un músculo saludable es desplazado a un punto determinado, de manera que cubra la parte afectada. Los cirujanos, de manera típica, confían en su experiencia para escoger el músculo más apropiado en términos de aspecto y salvar la funcionalidad del cuerpo, tanto como sea posible.

Un modelo de computadora exacto del cuerpo podría asistir en el entendimiento de los resultados biomecánicos de la cirugía reconstructiva y ayudar al cirujano a tomar la mejor decisión.

Las simulaciones por computadora no son nuevas en el campo médico, pero la habilidad de las gráficas por computadora para crear órganos y cuerpos virtuales sí lo es. Por muchos años han existido simulaciones basadas en texto únicamente. Compañías farmacéuticas han seguido apoyando la producción de este tipo de programas para que los médicos puedan saber de sus nuevos productos.

Una simulación basada en texto describe una serie de síntomas y después ofrece una serie de opciones para que el médico seleccione una. Dependiendo de su selección, aparecerá en la pantalla de la computadora la reacción, efectos laterales o la necesaria intervención.

Muchas Universidades se encuentran desarrollando sus propias bases de datos y simulaciones en multimedia, para venderlas a otras escuelas. La escuela de Medicina de la Universidad Estatal de Washington ha gastado más de diez años desarrollando un catálogo digitalizado del cuerpo humano. Ellos ya tienen un disco láser que contiene 54,000 fotografías del corazón humano y están planeando hacer lo mismo con el cuerpo humano entero con el propósito de que para finales de los 90's, cuando se supone que existirá la tecnología computacional capaz de tomar esas imágenes y crear un cuerpo virtual perfecto animado para simulaciones médicas.

Trabajando con un equipo de ilustradores médicos, la empresa ADAM Software Inc. de Marietta, Georgia ha construido una guía referencial interactiva, con técnicas basadas en multimedia, del cuerpo humano. Esta ofrece una base de datos anatómica con ilustraciones de alta-resolución asociadas con información médica detallada.

ADAM le permite al usuario despellejar la piel e investigar dentro del cuerpo, una capa de tejido a la vez, hasta llegar a la capa 40, revelando cada hueso, músculo y nervio. Cada área del cuerpo puede ser observada desde el frente, ningún lado, la parte posterior o una sección transversal. En monitores laterales, los usuarios pueden consultar información de Rayos-X, CAT-Scan y estudios de tejidos y aun ver la progresión de la patología típica.

El software tiene herramientas autorizadas que los instructores pueden emplear para organizar el material con fines de entrenamiento, uniendo las notas en pantallas laterales, con animación y vídeo. Los estudiantes pueden ser guiados a través de la cirugía simulada y los médicos pueden usar esto para pulir los procedimientos.

ADAM puede proveer una experiencia más real del estudio del cuerpo. Por ejemplo, un profesor de la Escuela de Medicina de la Universidad de Arkansas, está desarrollando material de apoyo que refuerce el entendimiento de las relaciones entre las diversas capas del cuerpo, simulando a los estudiantes un viaje a través de la piel, permitiéndoles identificar los vasos, músculos y los nervios. Esto puede ser usado para crear animaciones que ilustren las consecuencias de las lesiones, tales como la reducción del rango de movimiento de la rodilla, debido a ligamentos dañados.

James Black, usa a ADAM para entrenar a los residentes del Hospital de Veteranos James A. Haley, en Tampa, Florida. El ensaya procedimientos quirúrgicos con sus estudiantes y los examina en el sistema antes de que realice una operación real.

Un equipo en Alemania está usando una supercomputadora para una simulación más realista del funcionamiento del corazón. Ellos quieren usar los resultados de los cálculos para alimentar un sistema que usa equipo VPL para poder entender el funcionamiento del corazón y obtener una visión del interior del bombeo de sangre. Este equipo quiere tomar las habilidades computacionales que se han desarrollado para la investigación de materiales para estudiar fluidos dinámicos y así poder determinar que ocurre en un ventrículo o arteria virtual durante un infarto o fibrilación.

## **5.2 Radiaciones**

---

Una de las aplicaciones más asombrosas y precisas de las técnicas de realidad virtual es la de la configuración de rayos para los tratamientos de radiaciones para tumores.

La terapia experimental para radiaciones contra el cáncer trata de resolver el problema de dirigir múltiples Rayos-X a un objeto tridimensional como un tumor que ordinariamente es visto sólo en dos dimensiones. Tradicionalmente, los radiólogos y oncólogos que tratan el cáncer sólo han obtenido imágenes por computadora bidimensionales o tridimensionales para aumentar su pericia en el suministro de dosis letales de radiaciones a tumores cancerígenos. Siempre está presente el riesgo de exponer los tejidos que

rodean el tumor. Esto es debido, a que muchas veces el tumor en cuestión puede estar envuelto en un órgano, incrustado en tejido sensible o puede tener ramas a través de otras áreas. La tarea, teóricamente es más fácil si se usa una imagen virtual del tumor a la cual se le va a mandar la radiación, ya que esto permitirá examinar el crecimiento descontrolado del tumor y así poder decidir sobre las formas y los medios más efectivos para tratar el problema.

El proceso comienza con una imagen tradicional CAT-Scan o MRI del paciente, la cual es convertida en un modelo 3-D de la anatomía de su cuerpo. Dicho modelo es lo que se conoce como paciente virtual. Un dispositivo montado sobre la cabeza del médico es el medio por el cual va a visualizar e interaccionar espacialmente con el mundo virtual del tumor. El médico, como parte del entorno virtual podrá examinar la condición del paciente desde todos los ángulos, explorando el tumor y sus alrededores para después situar los rayos virtuales en posiciones que él considere que dañan menos a los tejidos sanos.

Las áreas que representan los tejidos sanos pueden ser sensibilizadas por computadora para que si son invadidas por rayos virtuales, el médico sea alertado mediante símbolos sonoros o visuales, pudiendo reajustar la configuración de estos (58).

Sólo cuando el médico está convencido de que la radiación está dirigida al tumor, empieza la terapia de radiaciones, mediante la retroalimentación de las posiciones virtuales de los rayos en el programa que controla los rayos reales.

Esta clase de tratamientos fue llevada a cabo por primera vez en la UNC bajo la supervisión de Frederick Brooks.

### 5.3 Elaboración de fármacos

La visualización y manipulación de modelos moleculares virtuales son de gran interés y gran utilidad para los químicos y bioquímicos. Ayudan a visualizar estructuras moleculares tridimensionales complejas y hoy en día los investigadores son capaces de recuperar todo tipo de información relevante de bases de datos científicos. La información programada sobre átomos, enlaces, cargas eléctricas, coordenadas y conectividad ya está disponible para crear moléculas virtuales de átomos y enlaces. Cada vez más, las aplicaciones basadas en Realidad Virtual están utilizando en ensayos de acoplamiento de enzimas y en el desarrollo de productos farmacéuticos.

Las moléculas que forman el mundo a nuestro alrededor consisten en un número variable de átomos distintos unidos por débiles o fuertes enlaces químicos. Aunque sólo existen alrededor de cien átomos diferentes, éstos se combinan en cientos de millones de moléculas distintas. Cada año, los químicos sintetizan una media de 100,000 nuevas sustancias. Las propiedades químicas de cada una de ellas vienen determinadas en última instancia por la forma particular en la que se organizan sus átomos.

El método tradicional de representar las estructuras moleculares es por medio de esferas, que corresponden a los átomos, y de varillas, que simulan los enlaces químicos. Para diferenciar los distintos elementos, las esferas aparecen coloreadas: blanco para el hidrógeno, rojo para el oxígeno, azul para el nitrógeno, etc. De esta forma, con la ayuda de filamentos de alambre y varillas metálicas, los investigadores J.C. Kendrew y Max Perutz, ambos de la Universidad de Cambridge, mostraron por primera vez en 1962, la estructura tridimensional de las proteínas, en concreto, de la hemoglobina y de la mioglobina.

A diferencia de las fórmulas químicas escritas, estas maquetas, además de ser fáciles y baratas de construir, tienen la ventaja de permitir que se aprecie de un vistazo las singularidades de una molécula, las cuales son tremendamente importantes para definir sus propiedades. Por ejemplo, los aminoácidos, al igual que otras moléculas, pueden existir en formas cuyas imágenes especulares no son superponibles, como ocurre con la mano derecha y la izquierda.



En la década de los cincuentas, coincidiendo con el desarrollo de técnicas como la cromatografía y la difracción de Rayos-X, los químicos se embarcaron en la onerosa labor de determinar la configuración de moléculas enormes y complejas. Pero los modelos esféricos no eran la manera más satisfactoria de representar estructuras de grandes dimensiones ya que resultaban voluminosos, incómodos de manejar e incluso podían desarmarse por su propio peso. Durante los últimos 20 años, los programas gráficos de computadora han hecho posible dibujar la molécula en lugar de tener que construirla físicamente. Estas simulaciones son muy versátiles ya que se pueden mover en la pantalla, superponerlas, rodarlas y verlas desde distintos ángulos.

Actualmente, los investigadores químicos están tratando de entender un poco el comportamiento de los átomos con la ayuda de la Realidad Virtual, obteniéndose grandes ventajas.

Conociendo la estructura de una sustancia y sus posibles enlaces químicos, los analistas pueden programarla en una computadora y ver cómo se comporta la molécula frente a un determinado experimento antes de materializarla en el laboratorio. También se ofrece la posibilidad de crear revolucionarios medicamentos y reducir su experimentación en animales. En la pantalla se podrá observar cómo se comporta el hipotético fármaco en el organismo experimental. Además, las moléculas virtuales pueden ser resaltadas con etiquetas, flechas, colores o una longitud y anchura de enlaces proporcional a su tamaño. Con gafas de obturación, pueden ser movilizadas desde una PC, flotando como hologramas enfrente de los ojos (Fig. 5.2).



Fig. 5.2  
Manipulación de moléculas.

Las moléculas pueden ser escaladas con las proporciones que el usuario desee. Pueden ser aumentadas de tal forma que el usuario pueda "volar" a través y alrededor de la estructura, examinándola desde diferentes perspectivas.

Con el desarrollo de la Realidad Virtual, la Química y la Bioquímica han tenido nuevas formas de estudiar el comportamiento de las estructuras moleculares de los átomos. Las moléculas no sólo tienen forma. Tienen regiones de fuerza electrónica que varía según la colocación de sus átomos. Desde cada posición los átomos se atraen, se atraen y repelen desde diferentes puntos al mismo tiempo. El investigador había estado intentando conseguir que dos moléculas se unieran usando simples indicaciones hasta que Frederick Brooks de la UNC, desarrolló el GROPE III, el cual es un dispositivo de retroalimentación basado en un brazo robótico que le permite sentir la retroalimentación de fuerzas que tienen los átomos en las propias manos y así poder juzgar la estructura de los átomos y sus fuerzas físicas y atómicas. Utilizando el GROPE III junto con unas gafas de visualización, el sistema les da a los químicos la habilidad de experimentar físicamente como se acomodan las moléculas, entendiendo con detalle, los campos de fuerza y el lugar donde se unen y así entender el porqué algunos átomos se acomodan fuertemente y otros pobremente.

Con átomos tan grandes, el usuario puede jugar a alterar la estructura molecular, uniendo fragmentos para formar moléculas mayores, eliminando y cambiando enlaces. El programa revisa cualquier estructura modificada por si fue geométricamente inaceptable o no respeta las leyes físicas.

El programa también puede proporcionar formas de calcular las longitudes de los enlaces, sus ángulos y sus torsiones. Los archivos de valores de equilibrio y rigidez para diferentes tipos de enlaces, ángulos y torsiones pueden ser utilizados y modificados para introducir condiciones especiales. El usuario puede girar la molécula y ver su profundidad y sus cambios en la forma. Cualquier visión particular puede ser "congelada" y posteriormente se puede recuperar cualquier registro sobre su forma, posición y cualidades para examinarla.

#### **5.4 Trastornos mentales**

---

La Realidad Virtual puede ser de gran ayuda en las terapias de desensibilización que se usan para tratar algunos trastornos mentales como las fobias. El enfrentamiento progresivo del paciente al animal, objeto o situación que le provoca ese miedo desproporcionado que caracteriza a la fobia, puede recrearse en escenarios virtuales de forma más controlada que en la realidad.

Así, por ejemplo, la aracnofobia o miedo irracional a las arañas, se trataría enfrentando al paciente a representaciones virtuales cada vez más realistas de arañas en movimiento. Bajo la supervisión de un psiquiatra, el paciente aprende a controlar su miedo y a modificar su conducta.

Cualquier situación puede ser recreada para el tratamiento de trastornos que se tratan con técnicas conductistas.

#### **5.5 Discapacitados**

---

La experiencia virtual nunca podrá ser una experiencia real. En cualquier caso, una experiencia virtual cuidadosamente diseñada puede aproximar en la mente de una persona la participación, proporcionar un sentido de control sobre el entorno, aunque sea virtual y facilitar, en gran medida, los procesos de aprendizaje y entrenamiento. Con la Realidad Virtual, la gente con deficiencias físicas va a estar capacitada para experimentar situaciones negadas a ellas. La tecnología permitirá ejercer control sobre ambientes en los cuales se dará la oportunidad de experimentar sensaciones que nunca antes habían estado posibilitadas a tener.

Teresa Middleton, gerente del Programa de Instrucción y Tecnología de SRI International, imagina un papel muy positivo para la Realidad Virtual en ayudar a los discapacitados. En una presentación dada en la conferencia sobre "Tecnología y Personas con Incapacidades", efectuada en el año de 1992, ella apuntó la posibilidad de diseñar ambientes virtuales con características particulares, que puedan ayudar a vencer varias incapacidades junto con el apoyo del aprendizaje de técnicas de comunicación.

Middleton dio el siguiente ejemplo: "Para los niños con daño auditivo, el mundo virtual puede ser enormemente realizado si se le incorpora un reconocedor de voz, donde los estudiantes son representados con un modelo visual del sonido correcto y así podrán visualizar su propio patrón de voz y modularlo hasta hacerlo igual al patrón de voz".

Indiscutiblemente, el conjunto estándar de dispositivos de entrada, como guantes o palancas de dirección, será aumentado con señalizadores controlados por los ojos o por los músculos, dependiendo de las limitaciones de control o de movimiento que tenga el usuario.

Estos biocontroladores o biosensores pueden detectar y procesar la mayoría de las señales bioeléctricas o la actividad eléctrica de los músculos o del cerebro. Se pueden programar significativamente colecciones de señales de biocontroladores como rutinas complejas para el sistema, proporcionando así a la persona un sentido de capacidad de control para manipular su entorno virtual en formas que no son posibles directamente en el mundo real (59).

Los tipos de biocontrol que son particularmente apropiados para aplicaciones médicas son los siguientes:

- Controladores que toman los movimientos verticales y horizontales del ojo como señales de control.
- Controladores musculares, que capturan y trazan señales de la actividad eléctrica en los músculos.
- Controladores de ondas cerebrales que no existen todavía pero tienen el potencial de detectar y transmitir señales de ondas cerebrales que representan órdenes subvocales a los sistemas.

Los controladores musculares son especialmente apropiados para personas físicamente disminuidas, muchas de las cuales poseen actividades funcionales pero demasiado débiles para producir movimiento, lo cual puede ser detectado por la computadora, la cual puede poner en marcha los dispositivos.

El software y el sistema de entorno para cada aplicación son independientes del funcionamiento del biocontrolador, por lo que el usuario puede conectar y activar diferentes modelos de aplicación.

Para las personas con imposibilidad de movimientos físicos irremediables y para las imposibilidades completamente, las tecnologías de biocontrol y la realidad virtual les permitirán desprenderse de su dependencia, ejercitando el control para poder conducirse libremente sin impedimentos, logrando una interacción tan libre y amplia como sus mentes quieran. Este estímulo psicológico justifica por sí sólo algunas aplicaciones.

Los controladores de ondas cerebrales están siendo investigados como mecanismos de control volitivo en muchas áreas. Los programas de detección de pautas analizan y programan diferentes tipos de actividad de ondas cerebrales como rutinas para el sistema. Hasta hoy, no existe ningún controlador que pueda interpretar rutinas subvocales, pero sí se utilizan controladores para modular sonidos de fondo y música.

Para los ciegos, acostumbrarse a nuevos territorios o actividades, como cambiarse de casa o utilizar una escalera mecánica, puede presentar muchos peligros. Para resolver estos problemas, estas condiciones se pueden reproducir virtualmente, y con ayuda de una retroalimentación háptica, los ciegos podrán adaptarse y saber enfrentarse a la situación real. En este mundo virtual, el usuario es alertado ante obstáculos físicos para no tropezarse con ellos. Podrá sentir un golpe, más no hacerse daño.

La interacción entre un usuario ciego y la máquina es facilitada por pantallas táctiles en relieve. Más que el Braille gráfico, estas transmiten información en una variedad de formas no visuales como textura, vibraciones, sonidos o relieves. El mismo sistema podría generar planos táctiles del tamaño de la pantalla de las áreas o entornos virtuales que el usuario tiene intención de explorar, para que éste se acostumbre a puntos de interés relativos a la escena, antes de estar realmente ahí.

Con la ayuda de un software de supervisión fisiológica especialmente desarrollado, los investigadores están creando ayudas para personas físicamente disminuidas. Este tipo de software produce un flujo de datos clínicos de las personas al sistema. Estos a continuación son analizados y utilizados en el desarrollo de productos para el diagnóstico y la terapia.

La Realidad Virtual también ha sido usada para mejorar algunas terapias físicas, ya que permite a los especialistas la supervisión y la medición de los límites críticos del movimiento. Pacientes que se están recuperando de algún golpe y están tratando de comenzar a mover la pierna o brazo lastimado, usualmente tienen una gran dificultad en controlar el movimiento del miembro afectado. Existen además problemas significantes para motivarlos a realizar su terapia ya que muchas veces sus cuerpos no responden a esta.

Los investigadores médicos utilizan dispositivos sensoriales como guantes y trajes de cuerpo completo con el fin de realizar estudios de valoración del movimiento para aplicaciones y productos de entrenamiento y preparación en la rehabilitación; por ejemplo, ayudar a disminuidos a coger objetos reales. La habilidad de un sistema para detectar, medir y almacenar los cambios en los grados de movimiento,

informa a los terapeutas del progreso o retroceso de un paciente a lo largo del curso del tratamiento, y permite al médico alterar o reforzar el programa cuando sea necesario.

Usando un sistema de sonido tridimensional Biomouse y un rastreador de posición fija en el miembro con problemas, es posible proveer la retroalimentación faltante por medio de tonos variables que permitan al paciente hacerse una idea del movimiento gradual que ha realizado su miembro, con lo cual la motivación se mejora. Los pacientes que están reacios a efectuar el ejercicio por el dolor o las dificultades que representa podrían hacer 50 repeticiones o más, si pudieran escuchar una representación de lo que están haciendo. Además el tono les informaría cuando estén haciendo el ejercicio correctamente.

Los sistemas de reconocimiento de gestos proporcionan una tecnología de entrada para los disminuidos físicos. El Glove Talker (guante hablante), primer dispositivo de Realidad Virtual creado por la GMS (Greeneleaf Medical Systems), está siendo probado como un dispositivo de comunicación alternativo. Este tipo de dispositivos puede ser programado para acoplarse a un sistema, de tal forma que se puedan evocar cientos de frases simplemente gesticulando. Las frases pueden ser visualizadas como un texto, traducidas a voz sintetizada o transmitidas a los equipos como rutinas o como flujos electrónicos acompañados por la traducción hablada (60).

El producto está diseñado para usarse en hospitales y ha sido probado en el Centro Médico de la Universidad de Loma Linda en San Diego, California. Víctimas de apoplejía, algunas con la laringe removida o gente con parálisis cerebral que tienen daño motriz y vocal, pero que aun pueden usar sus manos pueden usar el guante para comunicarse con sus enfermeras.

En los casos en los que está indicada una reeducación de la memoria, las tecnologías virtuales proporcionan oportunidades para restablecer y supervisar pautas funcionales perdidas. La naturaleza inmersiva de la simulación virtual puede acelerar este tipo de reeducación de la memoria y grabación de pautas.

### **5.6 Beneficios adicionales**

---

Los pacientes ayudados por esta tecnología estarán capacitados para participar más activamente con los médicos. Los síntomas como dolores en una área específica o la intensidad de los mismos pueden ser representados por el médico virtualmente en una imagen o realización que el paciente puede ajustar hasta identificarla con su propia percepción de los síntomas. A través de este lenguaje visual, los pacientes y los médicos podrán entenderse de manera más efectiva, consiguiendo que la toma de decisiones se refuerce con esta retroalimentación y con el aspecto emocional del paciente que muchas veces es ignorado.

Los escenarios virtuales serán efectivos para que los pacientes puedan observar los procedimientos de las operaciones o los cursos de los tratamientos, acobardando con sus miedos infundados.

El elevado sentido de control y seguridad que una persona puede sentir en un entorno virtual, permitirá realizar terapias de imitación, en las cuales el paciente podrá explorar con seguridad, los problemas esenciales que le asustan bajo condiciones normales. El médico podrá acompañar a su paciente a través de los escenarios virtuales, fomentando el diálogo y las técnicas de modificación de conducta, descubriendo formas positivas de enfrentarse a las situaciones.

Desde lugares remotos, los participantes de una terapia pueden conectarse a un espacio virtual compartido para intercambios interpersonales o para practicar técnicas sociales. Los miembros de dichos grupos pueden ser reales o agentes terapéuticos artificiales programados específicamente para satisfacer las necesidades individuales de cada paciente.

Algunos procedimientos psicoanalíticos acentúan la conciencia de la persona sobre las demandas del entorno, revisando las formas mediante las cuales la persona se ajusta a ellas para satisfacer sus necesidades instintivas. La exposición de los pacientes a ciertos aspectos de la realidad, podrá ser más segura con entornos controlados y controlables, especialmente diseñados para introducir dichos aspectos en dosis medidas. La naturaleza y el ritmo del tratamiento se determinan por el éxito con el que el paciente se ajusta a la realidad.

Los practicantes de medicina industrial y las industrias también han mostrado interés en las tecnologías para poder proporcionar a sus trabajadores herramientas diseñadas para minimizar el potencial de lesiones en el trabajo. El establecimiento de estas condiciones para los trabajadores requiere una extensa valoración clínica e informes de los progresos que se han obtenido al desarrollar aplicaciones basadas en Realidad Virtual, con el fin de mejorar la precisión de los diagnósticos y de las medidas de corrección apropiadas. Los movimientos violentos y repetitivos, como los que realizan los trabajadores de las líneas de ensamblaje, están siendo analizados para extraer pautas de comportamiento y determinar aquellos movimientos que disminuyen la posibilidad de tener una lesión. Cuando son detectados, las ayudas virtuales de rehabilitación se diseñan para que las personas puedan practicar pautas óptimas de movimiento y recibir una retroalimentación que refuerce dichos movimientos.

### **5.7 La Universidad de Loma Linda y la Realidad Virtual**

---

El Centro Médico de la Universidad de Loma Linda se encuentra situado cerca de Los Angeles, California. En esta institución se han realizado investigaciones médicas avanzadas que han sido en algunos casos, muy controvertiales, como el intento de sustituir el corazón de un infante por el de un mono.

El médico David Warner es uno de los principales investigadores de la Universidad en el Departamento de Neurología. Bajo la supervisión del Decano de la Escuela de Medicina, el Dr. A. Douglas, Warner y su equipo han aplicado las gráficas por computadora y los dispositivos empleados en Realidad Virtual, como el Dataglove de la empresa VPL, para explorar muchos problemas asociados con enfermedades neurológicas como el mal de Parkinson, el mal de Alzheimer y Corea de Huntington. Además, están desarrollando algunos nuevos conceptos para la comunicación con pacientes y psiquiatría infantil.

Warner y sus colegas obtuvieron su primer Dataglove de VPL por medio de una donación que realizó un grupo de pacientes con el mal de Parkinson. Uno de los síntomas de dicha enfermedad es el temblor en las manos, lo cual a menudo es mal interpretado en los comienzos de la enfermedad. El sistema más usado para exámenes clínicos es subjetivo y no confiable. Otros métodos están restringidos a una posición de descanso o un temblor voluntario y restricciones de movimiento de la mano en un modo dinámico. Usando el Dataglove, se pueden obtener medidas más precisas del movimiento de la mano, además de que estas mediciones son transmitidas a través de fibra óptica, la cual es inmune a la interferencia eléctrica y magnética, por lo que los resultados no son alterados.

El registro de dicha información es en tiempo real, lo cual permite obtener una medida cuantitativa para evaluar el movimiento (disposición) del brazo y la eficacia de los medicamentos que se están aplicando. Los médicos pueden observar la progresión de la enfermedad todo el tiempo, ya que se pueden obtener datos cuantitativos que se pondrán en el archivo personal del paciente, el cual se podrá consultar cuantas veces sea necesario.

Los datos recolectados con el Dataglove pueden ser correlacionados con una máquina MRI y un electroencefalograma, fusionarse y desplegarse gráficamente, obteniendo la estructura actual del cerebro. Se puede correlacionar la función del cerebro y los movimientos de la mano, así como ver la actividad eléctrica relevante de dichas estructuras en tres dimensiones.

Parte de esta investigación ha conducido a nuevos métodos de análisis usando la Teoría del Caos. Como el Dr. Warner ha afirmado: "No sólo se están considerando nuevos dispositivos cuantitativos; también somos pioneros en usar nuevos métodos matemáticos para la evaluación de dicha información" (61). Estos resultados fueron presentados en la Primera Conferencia Internacional en Topografía Cerebral en Osaka, Japón, en 1990.

Otro dispositivo que está siendo usado por Warner y otros investigadores de Loma Linda es un sensor de presión con película flexible hecho por TekScan, Inc. Este es usado para introducir datos de la presión que ejercen diversos puntos del cuerpo que pueden ser gráficamente desplegados en un monitor. Por ejemplo, los dentistas usan un versión de este dispositivo para analizar la mordida de un paciente. Gracias a este dispositivo y al uso de un spray, Warner descubrió la manera de detectar un síntoma clave del mal de Huntington llamado "Mano de ordeñadora". Anteriormente no había manera de medir de manera precisa este síntoma.

Warner tiene además pensado un uso innovativo para la Realidad Virtual en el tratamiento de niños que han sufrido abusos por parte de adultos. Los niños podrían entrar a un salón de juegos virtual, agarrar un juguete, y después el terapeuta puede manifestarse como el juguete e interactuar con el niño. Además se puede automatizar este ambiente de tal manera que el niño consiga reforzar su carácter de acuerdo a lo que está viviendo en dicho ambiente. A este sistema, Warner le llamó Terapia Pediátrica con Realidad Virtual.

En Mayo de 1992, Warner junto con Simgraphics Engineering Corporation y su Performance Animation System, tuvieron una demostración de un sistema en el Hospital Infantil de la Universidad. Usando una caricatura llamada "Eggwardo", la cual era controlada por medio de una armadura facial y por un actor profesional, se mantenían entretenidos a los niños y al mismo tiempo se les daba terapia. "Eggwardo" visitaba a los niños en su cuarto, ya fuera apareciendo en la televisión o hablándoles por teléfono. Dicha caricatura tenía la habilidad de transformarse en diversas formas tridimensionales. Dicho experimento tuvo un total éxito (62).

Entre otros proyectos que tiene pensados el Dr. Warner están el crear una estación de trabajo para rehabilitación que permita incorporar muchos elementos de tecnología basada en Realidad Virtual.

## **5.8 El futuro**

---

Más allá de las cuatro paredes de un quirófano, la Realidad Virtual hará posible que un experto cirujano pueda mostrar cómo realizar una operación, de forma que otra persona, siguiendo sus pasos, haga la verdadera intervención a un par de metros de distancia o a miles de kilómetros. Una vez que se pone una computadora entre el cirujano y el paciente, es cuestión de tiempo que ambos no estén en la misma sala, afirma Steve Pieper, de la Escuela de Ingeniería de la Universidad de Dartmouth.

Entre las ambiciones más remarcables que tiene la Realidad Virtual en el campo de la Medicina, en un futuro no muy lejano, se encuentran:

- Laboratorios de investigación que cuenten con avanzados microscopios electrónicos y de túnel, podrán ser accedidos a distancia por investigadores médicos vía telepresencia. Como resultado se tendrá gran acceso a tecnología para los investigadores a un bajo costo de uso ya que los costos del equipo estarán cubiertos y compartidos por mucha más gente.
- Las tecnologías de producción de imágenes auxiliadas por computadoras serán un recurso más para los médicos, ya que serán usadas para explicar y educar a los pacientes acerca de lo que les está sucediendo. Es decir, podrán monitorear y seguir la evolución de su mejoría.

● Los costos administrativos bajarán por la reducción de registros duplicados de cada hospital. Esto sucederá a través del uso de bases de datos centralizadas dentro de hospitales o quizás se podría crear un registro computarizado nacional de datos personales de salud.

A pesar de que toda esta tecnología parece prometedora, existen algunas personas que tienen sus reservas. Una editorial en el Reino Unido ha expuesto lo siguiente: "Aunque los motivos detrás de la experimentación clínica con Realidad Virtual son muy loables, ya que pueden reemplazar la prescripción de psicotrópicos nocivos, el hecho que dicha experimentación esté bien encaminada, no evita la rápida examinación de los temas éticos. Un punto de vista cauteloso es requerido antes de que se ofrezca el cuidado de la salud por medio de Realidad Virtual o la investigación clínica que es ofrecida a los pacientes, especialmente a aquellos que están mentalmente enfermos". Fundamentalmente, los asuntos implicados incluyen la capacidad que tiene la Realidad Virtual de deformar las pruebas de realidad en pacientes cuyo juicio se encuentra ya dañado y los peligros del paternalismo médico. Pacientes vulnerables no deberían ser expuestos a Realidad Virtual hasta que el posible impacto que le produzca pueda ser anticipado de manera confiable.

## CAPITULO 6. INTEGRACION DE LA REALIDAD VIRTUAL AL MERCADO DE HOY

A pesar de los problemas que implícitamente están asociados a la Realidad Virtual, su futuro es prominente, no tan sólo por la revolución computacional que implica, sino también por la gama de oportunidades que indudablemente beneficiarían cualquier actividad humana.

No obstante al amplio panorama que emerge de la tecnología Realidad Virtual, su integración a cualquier sociedad queda supeditada a factores económicos, políticos y sociales.

Desafortunadamente, la tecnología de alto nivel junto con la base de conocimientos científicos en la cual está sustentada, no son una realidad factible para los países atrasados, los cuales preconizan por la necesidad urgente de enfrentar los retos económicos, como es el caso de nuestro país.

A diferencia de algunas naciones en donde sus economías son sólidas y flexibles, la de México es débil e indefensa. Esta situación es consecuencia de una herencia económica y social, producto de varios siglos de subyugación y explotación que hacen de México un país vulnerable a los factores externos y carente de soberanía funcional.

Desde que México logró su independencia, el rumbo que han tomado sus estrategias económicas ha cambiado constantemente para que la economía nacional no dependa exclusivamente de la agricultura de subsistencia y de la exportación de algunos cultivos, minerales, energéticos, etc. Muchas veces los cambios han sido resultado de las condiciones económicas internacionales, más que por un sentimiento de confianza y entusiasmo, ya que la capacidad de crecimiento y la estabilidad económica de una nación depende de la flexibilidad de esta para adaptarse a las continuas transformaciones que se suscitan en el mercado internacional (62).

Desde la década de los 70's, México ha empleado estrategias más remarcadas en materia económica y social; por ejemplo, la apertura de nuevos mercados fundamentalmente con los países de América Latina, América del Norte, la Cuenca del Pacífico y Europa; donde ha participado plena y activamente. Como consecuencia de estas medidas se ha logrado cierto avance industrial, científico, tecnológico y en el ramo de servicios, sin embargo, a pesar de los logros adquiridos, es notorio el striso económico y social que persiste en nuestro país. Esto ha sido consecuencia de innumerables factores como el rápido crecimiento demográfico, la disminución de la participación popular, corrupción, militarización, descuido de las dimensiones culturales, divisiones de clase, dependencia científica y tecnológica, etc. De todos estos apremiantes, la dependencia científica y tecnológica constituye uno de los principales retos para nuestro país, ya que la incorporación y competencia en los mercados internacionales requieren una respuesta ágil y oportuna derivada de la modernización científica y tecnológica que se suscite.

Como parte de las innovaciones científicas y tecnológicas, se encuentra precisamente la Realidad Virtual, cuyo desarrollo y adaptación dentro de nuestro país dependerá de las estrategias políticas que se tomen en consideración.

### **6.1 Políticas científicas y tecnológicas**

La ciencia y la tecnología son recursos que cualquier sociedad promueve y utiliza de acuerdo con sus propósitos, intereses y valores. Estas áreas son importantes no tan sólo para mejorar la calidad de vida, sino que proporcionan actitudes objetivas ante el mundo.

La historia de la humanidad ha mostrado claramente que los países avanzados se han caracterizado por haber tenido la capacidad de generar conocimientos científicos y tecnológicos apropiados a sus



circunstancias políticas, económicas y sociales. Es por esto, que la ciencia y la tecnología adquieren un papel central en la estrategia del cambio estructural de México, así que estas no podrán desempeñarlo cabalmente sino se reconoce en primera instancia que la cultura nacional y la historia nacional de la ciencia y la tecnología son el marco de referencia para la política científica y tecnológica que se necesita (63).

México tiene una larga tradición en algunas ramas de actividad tecnológica y en ciertas disciplinas científicas, la investigación de enfoque moderno comenzó hace ya varios decenios. Esto ha permitido generar algunos conocimientos científicos y el desarrollo de tecnologías propias que han alcanzado niveles de excelencia, particularmente en algunas disciplinas como biomédica, física, ciencias agropecuarias, y algunas áreas de ingeniería. No obstante, la mayoría de los núcleos en que se realiza actividad científica intensa y de buena calidad, permanecen aislados del entorno que podría dar trascendencia práctica a sus logros.

### La investigación en México

El patrón de industrialización y desarrollo seguido por México, a partir de los años cuarenta, tenía como uno de sus elementos característicos un escaso desarrollo de la base científico-tecnológica y una educación superior centrada en carreras no científicas o técnicas, orientadas fundamentalmente a cumplir funciones de integración cultural de la sociedad.

La ciencia y la investigación en México no surgieron vinculadas al proceso de acumulación de capital y al mantenimiento y aumento de las tasas de ganancia, como sucedió en los países desarrollados. El origen de la actividad científica en México se basó en individuos aislados, influidos y atraídos por el auge del desarrollo científico internacional y no por una necesidad económica de la sociedad (64). Estos inicios marcaron de una manera especial a la actividad científica mexicana, la cual se caracterizó por:

1. Los problemas científicos que concentraron el mayor interés, eran aquellos considerados de frontera por la ciencia internacional.
2. Había un énfasis de la actividad científica en torno a problemas de tipo teórico, ya que se carecía de los recursos económicos necesarios para desarrollar la infraestructura económica requerida por la ciencia experimental y la sociedad no tenía interés en proporcionarlos.
3. El conocimiento científico generado no se difundía y transmitía a la sociedad, por lo que se empezó a crear una brecha entre la élite y la cultura científica del resto de la sociedad.

Para mediados de este siglo, cuando en los países desarrollados la ciencia había pasado a ser una fuerza productiva en sí misma concentrada, en torno a los grandes laboratorios y centros de investigación de la industria, en México, la profesionalización de la actividad científica y su institucionalización en las universidades la ubicaba cada vez más como un elemento importante dentro de la cultura y cada vez menos como una respuesta a necesidades económicas o sociales de la sociedad. La investigación continuaba centrada en torno a problemas que la comunidad científica internacional calificaba de relevantes. Las pocas comunidades científicas existentes, propugnaban por mantener sus vínculos con la comunidad científica internacional, y por dar a conocer en el extranjero los avances de la ciencia mexicana.

Es a partir de los años sesenta que se empieza a dar un fuerte impulso a la investigación institucionalizada. Partiendo del supuesto de que la incapacidad para generar ciencia y tecnología es un factor central en el atraso del país, se critica y condena la orientación de la ciencia mexicana hacia la investigación básica y de ciencia pura y se empieza a dar un mayor apoyo a la llamada ciencia aplicada y a los desarrollos tecnológicos, a la vez que se intenta, mediante instrumentos y mecanismos específicos, que las empresas del sector productivo fomentaran y utilizaran la investigación científica y tecnológica, ya fuera en las universidades o en el interior de las propias empresas, para lograr innovaciones tecnológicas que ayudaran a sacar de la crisis a la economía nacional.

El aparato científico creció rápidamente y con ello se empezaron a formar institutos de investigación no universitarios, dependientes del sector público que se dedicaron a la investigación en campos específicos. Además, se dio gran énfasis a la formación de recursos humanos para la investigación, por lo que el CONACYT dedicó gran parte de sus recursos a otorgar becas para estudios de postgrado, tanto en el país como en el extranjero, mientras que la UNAM también elevó substancialmente los recursos que destinaba a becas, para la formación de su personal docente.

A partir de la década de los ochentas y con la situación de crisis en que entró la economía nacional, los recursos destinados a las actividades científicas y tecnológicas disminuyeron sensiblemente y las presiones político-económicas sobre el sistema científico y tecnológico se agudizaron.

La crisis del estado, las políticas de adelgazamiento del aparato estatal y el recorte del gasto han deteriorado la capacidad de las distintas instituciones para ejecutar y coordinar entre sí políticas de apoyo a la ciencia y tecnología. Por otra parte, estas políticas también han contribuido al deterioro del ambiente general necesario para el desarrollo de estas actividades. Aunado a lo anterior, las políticas de inversión extranjera, de apertura comercial, de reconversión industrial y de compra de tecnología en el extranjero dejan a la innovación tecnológica nacional completamente desprotegida.

La política tecnológica, que hasta ahora ha enfatizado el aspecto de investigación y desarrollo, habrá de diversificarse hacia los campos de adquisición, asimilación, adaptación y difusión eficientes de tecnología. La vinculación entre las estrategias para fomentar el desarrollo tecnológico junto con los requerimientos del aparato productivo nacional, constituirán los elementos cruciales de la modernización en este ámbito.

#### **Problemas que enfrenta México**

En un país como México que se encuentra en vías de desarrollo, sería irónico alardear que se cuenta con una base sólida para desarrollar ciencia y tecnología. Existe una gran dependencia hacia su vecino país del norte que involucra cuatro áreas: ciencias básicas, ciencias aplicadas, tecnología inferior de tipo tradicional y alta tecnología basada en el desarrollo científico.

Las ciencias básicas con frecuencia se descuidan porque se consideran demasiado abstractas y costosas. Muchas veces se ha partido del supuesto de que a México le pueden ser suficientes los resultados científicos obtenidos en los países desarrollados. Debido a esta actitud, no se ha podido formar un número suficiente de científicos capacitados a los cuales recurrir para obtener asesoramiento acerca de los problemas que inevitablemente se plantean cuando se aplica en la práctica la ciencia (65).

La falta de un esfuerzo para desarrollar las ciencias básicas afecta el ritmo del progreso de las ciencias aplicadas. El dominio de estas es indispensable para el desarrollo y el crecimiento del bienestar social, pues ejercen una influencia directa en la capacidad económica del país para atender las necesidades básicas de su población, como la seguridad alimentaria, abastecimiento de agua y energía, mejorar la salud pública, así como la conservación del ambiente.

Los países avanzados han hecho hincapié en tecnologías industriales en áreas tales como: la producción de hierro, acero y otros metales, los productos químicos, el petróleo, la generación y distribución de energía y la maquinaria eléctrica pesada. Casi ningún principio nuevo queda por descubrir en estos sectores. No obstante para México, constituye el campo tradicional de la capacitación y los conocimientos técnicos.

Por lo que respecta a las nuevas tecnologías basadas en el desarrollo científico, México ha puesto muy poca atención. A diferencia de las técnicas industriales estándar antes mencionadas, el dominio de las nuevas ciencias y tecnologías exigen un alto grado de conocimientos en las ciencias básicas correspondientes.

Toda esta situación, obliga a pensar que México ha hecho muy poco por la ciencia y la tecnología. Esto trae como consecuencia varios problemas, entre los cuales se pueden citar:

- La falta de una relación sistemática entre la práctica científica y la aplicación tecnológica.
- Muchos científicos se ven obligados a trabajar solos, sin respaldo de empresas productivas.
- No se ha reconocido debidamente la necesidad de facilitar la conversión de los descubrimientos científicos a innovaciones tecnológicas, el cual es un proceso costoso.
- El sector privado ha tendido a utilizar casi por entero tecnología importada, a menudo ligada a las inversiones extranjeras directas de las empresas internacionales.
- Otro de los problemas es la fuga de cerebros; es decir, la migración de personal científico y técnico calificado a los países desarrollados.

La apertura a las importaciones, que favorece el proceso de "adquisición, asimilación, adaptación y difusión" de tecnología, se basa en la introducción de insumos para la producción orientada a la exportación, los cuales ya contienen una carga tecnológica determinada; es decir, se introduce tecnología incorporada. También permite la introducción de tecnología mediante la adquisición o uso de licencias de sistemas de producción en sus diversas fases. Sin embargo, un problema siempre presente en el proceso de introducción de tecnología es que esta se importe indiscriminadamente, generando efectos no deseados para el desarrollo industrial nacional, ya que se puede importar tecnología obsoleta, o bien, tecnología que no se adapta a las condiciones del país o que es de difícil asimilación. Por otra parte, el flujo de tecnologías avanzadas a nivel internacional es más restringido, ya que el sistema de licencias con pago de regalías que operaba anteriormente se ha modificado. Ahora se exige el establecimiento de condiciones contractuales más complejas, en forma de paquete tecnológico: conocimientos tecnológicos, condiciones ventajosas de fabricación, facilidades de mercado, acceso a insumos y financiamiento.

La transferencia de tecnología no puede ser el único medio por el cual se fortalezca el aparato productivo, ya que en la actualidad la tecnología se ha convertido en una "materia cara" debido a que los países desarrollados la controlan con rigidez. Además, debido a que la transferencia tecnológica se ha dado en forma desventajosa colocando al país en condiciones de mayor retraso, es claro que se requiere una completa reformulación al respecto.

#### **Estrategias para el desarrollo científico y tecnológico**

La ciencia y la tecnología del mundo contemporáneo evolucionan a un ritmo sin precedente, modificando con gran dinamismo la posición competitiva de empresas, industrias y países. Esta característica de la situación mundial exige una pronta y eficaz modernización de las políticas nacionales en ciencia y tecnología que partan del reconocimiento de que el rezago de nuestro país en estos campos ha aumentado considerablemente. El fortalecimiento científico y tecnológico es urgente y debe ser muy acentuado en los próximos años, dada la necesidad de continuar impulsando la participación eficiente de la economía mexicana en la economía internacional y la inconveniencia e imposibilidad de mantener indefinidamente la competitividad del aparato productivo sobre la base de insumos y mano de obra baratos. El crecimiento futuro de la productividad, dependerá crucialmente de la modernización tecnológica del país.

La actual estrategia de desarrollo para el país, basada en El Plan Nacional de Desarrollo 1995-2000, tiene como fines la estabilización de la economía, la ampliación de la disponibilidad de recursos para la inversión y la modernización económica, la cual contempla el desarrollo científico.

La modernización requiere una clarificación de las respectivas contribuciones de la actividad científica y de la actividad tecnológica en el desarrollo nacional. La ciencia no debe valorarse como un proceso supeditado a los requerimientos cotidianos de las actividades económicas, sino por su contribución a largo plazo. Por su parte, la tecnología debe ponderarse principalmente por su capacidad para impulsar el mejoramiento de las actividades productivas: ahorrando insumos materiales, mejorando el trabajo humano, permitiendo obtener productos de mejor calidad y elevando los ingresos de quienes la utilizan. Así como el

desarrollo tecnológico tiene como impulso básico la búsqueda de beneficios económicos apropiados para empresas o instituciones, la ciencia persigue generar conocimientos de utilidad pública. Por lo tanto, resulta indispensable hacer una distinción entre los objetivos y las estrategias que habrán de procurar las políticas gubernamentales en ciencia y tecnología, sin que ello implique apoyar el desarrollo de una en detrimento de la otra.

**Desarrollo científico.** La política para promover el desarrollo tecnológico del país debe sujetarse a profundos cambios acordes con el aumento de la productividad y de la competitividad requerida para el crecimiento económico.

De acuerdo al Plan Nacional de Desarrollo 1995-2000, el desarrollo científico del país se impulsará mediante las siguientes acciones:

- Se dará un aumento gradual y sostenido en el monto de recursos públicos que incidan en la actividad científica, de tal manera que crezca sensiblemente la cantidad y calidad de las infraestructuras físicas y humanas utilizadas en esta área. Adicionalmente, se fomentará la atracción de recursos privados en la medida que la comunidad científica oriente su trabajo en los casos que así proceda, a la solución de problemas vinculados al desarrollo nacional de largo plazo.
- Se establecerán programas permanentes de mejoramiento y actualización para los profesores de las licenciaturas en ciencias básicas e ingeniería, dando reconocimiento y estímulo especial a los investigadores que participen en dichos programas.
- Se crearán en los programas de formación de recursos humanos, las condiciones que aseguren que los becarios en áreas científicas se incorporen al término de sus estudios a grupos institucionales de investigación con productividad comprobada.
- Se apoyará el mantenimiento de grupos de investigación ya establecidos, que hayan demostrado tanto su capacidad en la producción científica como en la formación de investigadores de alta calidad y se apoyará la formación de nuevos grupos de investigación en áreas y proyectos prioritarios, en los cuales las instituciones académicas aseguren un ambiente propicio para el desempeño de sus funciones. Esta y las anteriores acciones permitirán crear las condiciones propicias para retener en el país el talento científico hasta ahora propenso a emigrar a centros de investigación en el extranjero.
- Se descentralizarán las actividades científicas y se apoyará el establecimiento de proyectos de investigación de carácter multidisciplinario interinstitucional, en los que participe grupos de investigadores de diversas instituciones nacionales cuyas actividades incidan en un problema común específico.
- Se inducirá el regreso de los científicos mexicanos radicados en el extranjero, mediante incentivos que les permitan incorporarse eficazmente a grupos de investigación ya existentes en las instituciones de México.
- Por último, se fomentará el establecimiento de convenios de cooperación con instituciones nacionales y extranjeras que permitan a los investigadores mantenerse actualizados en las áreas prioritarias para el desarrollo nacional.

**Modernización tecnológica.** La modernización tecnológica implica el abatimiento de los costos de producción, el aumento de la calidad de los productos y los procesos y en general, el desarrollo eficiente de la inversión.

De acuerdo al Plan Nacional de Desarrollo 1995-2000, la modernización tecnológica del país será promovida con las siguientes acciones:

- Se introducirán cambios en la normatividad y los esquemas de financiamiento de los centros de investigación con orientación tecnológica del sector público y universitario, para que encausen sus actividades hacia la prestación directa de servicios a empresas de los sectores público y privado. Estos centros serán motivados para apoyar los esfuerzos de asimilación, adaptación y difusión de tecnología del aparato productivo nacional.
- Se fomentará el financiamiento a la modernización tecnológica de las empresas del país, con base en esquemas de crédito.
- Se fortalecerán los acervos de información tecnológica, orientando y estimulando a las instituciones que los administren para que con ello promuevan estos servicios con eficacia a los usuarios de los sectores productivos y se promoverá a la vez, la función de asistencia técnica y la consultoría de alta calidad de instituciones públicas y privadas, particularmente en beneficio de empresas pequeñas y medianas.
- Se fomentará los flujos de inversión extranjera directa, ya que esta constituye un vehículo efectivo para la adquisición de tecnología avanzada cuando existen, como en nuestro país, condiciones de apertura al comercio internacional que dan lugar a la competencia entre empresas con base en mayor eficiencia y productividad.
- Se otorgarán, en el marco de las leyes aplicables, facilidades técnicas y administrativas para que las empresas adquieran eficientemente las tecnologías disponibles en los mercados internacionales, lo que supone reorientar la función del registro nacional de transferencia de tecnología.
- Por último, se promoverá la modernización del régimen de normalización y control de calidad de productos, de tal manera que se constituyan en un factor de estudio a la adquisición, asimilación y desarrollo de tecnología, evitando que se convierta en un instrumento no arancelario de protección comercial.

## **6.2 Sector Salud en México**

---

El Sector Salud está integrado por la Secretaría de Salubridad y Asistencia (SSA), como cabeza de sector de varios organismos descentralizados y por grandes entidades no sectorizadas: el IMSS, el ISSSTE y el ISFAM.

Los objetivos generales del sector salud en nuestro país, son los siguientes:

- Elevar el nivel de salud de la población.
- Ampliar la cobertura de los servicios de salud, especialmente en atención preventiva.
- Intensificar la atención médico-asistencial en el núcleo materno infantil.
- Adecuar el conocimiento demográfico a las condiciones económicas y socioculturales del país.
- Disminuir los daños a la salud causados por la contaminación ambiental, incrementando las medidas de control sanitario.

### **Salud, asistencia y seguridad social**

Entendida en un sentido amplio, la salud no es solo la ausencia de enfermedad, sino un estado de completo bienestar físico y mental en un contexto ecológico y social propicio para su sustento y desarrollo. La salud descansa en la esfera de prácticamente todas las interacciones económicas, sociales y culturales,

siendo un componente sinérgico de bienestar social. De este modo, la salud es un elemento imprescindible del desarrollo y un derecho esencial de todos.

La salud es resultado del progreso económico y social. Requiere de acciones específicas para prevenir, preservar o restituir la integridad y vitalidad física y mental de los individuos en todas las esferas donde pueden estar expuestos a distintos riesgos: el hogar, el trabajo, las actividades de la vida cotidiana y el medio ambiente, principalmente.

La asistencia y la seguridad social complementan a la salud haciendo más integral el propósito de atender el bienestar social en esta materia. La asistencia social persigue incorporar a los individuos que lo requieren a una vida digna y equilibrada. La seguridad social atiende el bienestar del trabajador y de su familia en sus necesidades de salud, educación, vivienda, cultura y recreación; protege el poder adquisitivo de su salario, otorga apoyos financieros y garantiza la protección en casos de accidente, jubilación, sesentía y muerte.

En los últimos años, no obstante las severas restricciones de recursos que ha enfrentado el país, se han conseguido avances en materia de salud. Los principales indicadores muestran un mejoramiento de las condiciones generales del bienestar del país. La mayoría de los mexicanos tiene acceso a establecimientos permanentes de servicios de salud y se ha logrado una fase de crecimiento regulado de la población. Sin embargo, en las zonas marginadas urbanas y rurales aun no se ha alcanzado la cobertura total de los servicios de salud, ni la calidad deseable y subsisten, en general, limitaciones en el suministro de medicamentos, materiales de curación, equipo e instrumental médico, así como escasez de medios para su mantenimiento.

El objetivo más amplio que la política de salud, asistencia y seguridad social persigue, es extender la protección a todos los mexicanos, brindando prestaciones y servicios oportunos, eficaces, equitativos y humanitarios, que ayuden efectivamente al mejoramiento de sus condiciones de bienestar social.

Las estrategias generales que regirán las acciones del sector son: mejorar la calidad del servicio, atenuar las desigualdades sociales, modernizar el sistema de salud y descentralizar y consolidar la coordinación de los servicios de salud.

#### **Modernización del sector salud**

Promover activamente la salud como uno de los bienes más preciados del individuo y la comunidad es uno de los propósitos fundamentales del sector. En la modernización del sector salud, se buscará impulsar la más alta eficiencia en la prestación de servicios médicos, principalmente en las unidades ambulatorias, hospitalarias y clínicas, buscando el mayor aprovechamiento de los recursos disponibles, tanto de infraestructura como de personal y administrativos. Se dará prioridad a la rehabilitación y al aprovechamiento cabal de la capacidad instalada, más que a la construcción de nuevas unidades. Se impulsará vigorosamente en la sociedad una cultura de la prevención y el autocuidado de la salud individual, familiar y colectiva. Esto se logrará a través de la educación para la salud y el desarrollo de acciones de fomento y protección, donde colaboren las empresas y los organismos empleadores, los centros de educación, los distintos niveles de gobierno y las asociaciones sociales, profesionales y cívicas que compartan responsabilidades o intereses en la protección de la salud.

En el renglón correspondiente a la prevención y protección se dará especial énfasis a la prevención de enfermedades, consolidando los avances obtenidos en los programas ya existentes. Serán objeto de atención prioritaria las acciones dirigidas a incrementar la sobrevivencia infantil y a proteger la salud reproductiva. Por otra parte, se impulsará la prevención de lesiones por accidentes. La salud en el trabajo y la salud mental serán objeto de programas prioritarios. Así mismo, se fortalecerán las acciones para la protección del medio ambiente y el saneamiento básico, con el fin de disminuir la incidencia de enfermedades infecciosas. Se promoverán prácticas higiénicas para el manejo de desechos y para evitar la

contaminación del ambiente y de los alimentos. Se reforzarán las campañas contra las adicciones y la farmacodependencia.

De gran importancia será impulsar la investigación biomédica y el desarrollo tecnológico para aprovechar sus logros en beneficio de la salud.

### **6.3 El hilo de la modernidad**

---

Mucho se ha escrito de la importancia de la informática para el desarrollo tecnológico de las sociedades modernas, de la automatización de los servicios y de la producción.

Como resultado natural de las tendencias económicas globales, una meta presente en nuestra sociedad es la modernización. No resulta de ninguna manera exagerado afirmar, que el éxito o fracaso de los esfuerzos de modernización de las sociedades de hoy en día depende, en mucho, de su capacidad para la adaptación inteligente de la tecnología informática al logro de sus objetivos. La computadora es la primera herramienta creada por el hombre que le permite controlar, almacenar, estructurar y distribuir lógicamente grandes cantidades de información, por lo que será imposible participar ventajosamente en un mercado global de bienes que depende de la informática para su organización y funcionamiento.

Las computadoras son, hoy en día, herramientas fundamentales en el diseño de multitud de nuevos productos incluyendo, por supuesto, a las mismas computadoras. Con ellas pueden construirse prototipos virtuales, dando lugar a un proceso que se centra en la creatividad y que ahorra una enorme cantidad de recursos.

Las redes de computadoras unidas a las de telefonía y televisión digital están destinadas a ser la herramienta fundamental de un sistema eventualmente universal para el manejo inteligente de la información de los individuos y de las sociedades del futuro.

Por otro lado, para obtener ventajas del proceso de globalización de la economía, nuestro país necesita ofrecer bienes y servicios que resulten competitivos en el mercado internacional, así que una red informática adecuada ayudaría eficazmente, por ejemplo, en la distribución inteligente de los servicios de salud que México necesita. Por una parte, los centros de atención se dividen naturalmente por sus diferentes niveles de especialización y capacidad de atención al público; por otra, deben encontrarse adecuadamente distribuidos para acercarse a la población. Es por esto que un sistema informativo adecuado, se vuelve esencial para coordinar acciones y estrategias generales. Un buen sistema permitirá, por ejemplo, conocer a tiempo los diversos tipos de epidemias que se presentan en la población, llevar estadísticas sobre los efectos de los diferentes tratamientos, tener información inmediata y a la mano sobre camas disponibles en hospitales cercanos, inventarios y medicamentos, equipo médico, ambulancias, etc. Adicionalmente, se podrían utilizar sistemas de Realidad Virtual como auxilio en la atención e investigación médica que realicen las instituciones de salud, obteniendo todos los beneficios que conllevan.

Las computadoras deben servir para mejorar la calidad de nuestras vidas, no para enajenarlas. Deben ayudar a enlazar mejor nuestro trabajo individual con el de la sociedad en su conjunto, para lograr un mejor entendimiento y control sobre lo que hacemos. Pero, para conseguir estos objetivos, es esencial contar con una capacidad propia para adaptar esta tecnología a nuestra cultura.

La informática, a diferencia de otras tecnologías que requieren enormes cantidades de energía, materias primas y trabajo mecánico, es principalmente producto de trabajo intelectual y de conocimiento. La capacidad que se tenga para aprovechar esta tecnología depende fundamentalmente, de la formación adecuada de recursos humanos; por lo tanto, es necesario la formación de una cultura científica y tecnológica que se fundamente en la experiencia propia de la historia mexicana en estas materias, con el fin de formar

**una nueva mentalidad y hacer una valorización social de la ciencia y la tecnología. De aquí la importancia clave de las instituciones de educación para el desarrollo y formación de esta nueva mentalidad.**



**FALTA PAGINA**

No. 102

## CAPITULO 7. ANALISIS E INVESTIGACION DE LA REALIDAD VIRTUAL EN EL IMSS

De acuerdo a los lineamientos establecidos en el capítulo anterior, donde se detallan las características propias de un mercado de servicios de salud, así como las repercusiones de este en la vida moderna, con sus constantes limitantes en cuanto a tecnología de vanguardia, podemos iniciar la búsqueda de alternativas para el proyecto Realidad Virtual

### 7.1 La Realidad Virtual y el proceso productivo

Todas aquellas personas involucradas en el desarrollo de la Realidad Virtual, tienen como su principal objetivo, crear la ilusión lo más fiel posible de la realidad. Esto hace de ella una potente herramienta de formación, pero también un instrumento de ayuda a la concepción y al diseño, para probar soluciones alternativas, especialmente en términos de ergonomía y para visualizar prototipos sin necesidad de realizarlos físicamente. Es también un notable instrumento de diálogo, en especial para realizar estudios de impacto en urbanismo o bien, para decidir la nueva configuración de un taller o incluso de una cocina.

Adicionalmente, la Realidad Virtual aporta la capacidad de representar lo invisible, con lo cual, se convierte en una herramienta de comprensión. Un ejemplo de esto es la representación, por medio de flechas, de la circulación del aire en algún ambiente determinado. Se ha comprobado que, a menudo, la interacción con un modelo virtual abstracto permite comprender mejor el funcionamiento de sistemas complejos, por lo que la Realidad Virtual se puede convertir entonces en una herramienta de optimización y ayuda a la toma de decisiones. La explotación de este modo simbólico modificará de forma insospechada la práctica de numerosas profesiones. Permitirá realizar lo que sería imposible con cualquier otro medio.

Finalmente, la Realidad Virtual tiene la posibilidad de interactuar con el mundo real. Se sabe que la teleoperación permite actuar en medios distantes u hostiles. Igualmente, la Realidad Aumentada prolonga la percepción de nuestros cinco sentidos permitiendo, por ejemplo, "ver" la radiactividad o la temperatura. Sin embargo, estas propiedades adquieren toda su fuerza cuando se cambia de escala, ya sea para interaccionar con lo infinitamente pequeño (nanopresencia, microcirugía, síntesis molecular) o para controlar sistemas complejos muy amplios (supervisión de procesos industriales, herramientas de vigilancia y de decisión para los controladores aéreos).

Concebir herramientas virtuales es determinar, en función de las necesidades de los usuarios, la combinación óptima de todas las posibles dimensiones que tiene la Realidad Virtual; pero, sobre todo, es la sencillez de utilización, más que el recurso sistemático de la inmersión, la que garantizará el desarrollo de nuevas interfaces y por tanto, las aplicaciones profesionales de esta tecnología.

### 7.2 El IMSS y su realidad

El Instituto Mexicano del Seguro Social fue creado en 1943, en el contexto de la difícil situación de antagonismo patronal que se produjo en los últimos años de la etapa cardenista y el primer trienio de la administración del Presidente Manuel Avila Camacho. Nació como una novedosa acción tripartita, donde el estado, sumándose a las clases que participan en la producción, inició una participación activa y decisiva en la planeación y financiamiento de la prevención y seguridad social, convirtiéndola en una institución de interés público.

## ¿Por qué el IMSS?

En la búsqueda de alternativas para el proyecto Realidad Virtual enfocado al Sector Salud del país, se ha determinado al Instituto Mexicano del Seguro Social como la base más sólida en lo que respecta a infraestructura básica y de vanguardia, así como también, pilar de tecnología y capacitación. Entre las características de gran valor con que cuenta el IMSS, se pueden mencionar:

1. Buen nivel de personal comprometido, calificado y especializado
2. Buen nivel de infraestructura tecnológica
3. Ley del seguro social
4. Alto nivel de liderazgo
5. Buen nivel de infraestructura inmobiliaria
6. Alta disposición para la integración, organización y trabajo en equipo
7. Contrato colectivo de trabajo
8. Normatividad institucional
9. Buenas relaciones con la representatividad sindical
10. Alto nivel para la formación y capacitación de personal para la atención a la salud
11. Ubicación estratégica de las unidades médicas que facilitan el arribo de los usuarios
12. Alto nivel de investigación médica
13. Alto prestigio del Centro Médico Nacional Siglo XXI

Al mes de julio de 1995, el IMSS tenía registrados a un total de 9 millones, 870 mil 542 asegurados permanentes en todas las entidades del país, lo cual corresponde a una población beneficiaria de los servicios de salud y seguridad social de aproximadamente 39 millones de mexicanos.

En cuanto a infraestructura, el Instituto cuenta con un total de 1,495 unidades de medicina familiar, 227 hospitales generales y 42 hospitales de alta especialidad.

El Instituto es, además, parte fundamental del Sistema de Educación Médica del país, toda vez que a sus instalaciones de segundo y tercer nivel acuden para obtener un grado de especialidad 50% de los estudiantes de medicina, el 30% de los pasantes y 50% de los residentes de especialidades médicas. Del ciclo lectivo 1992-1995, egresaron un total de 2,091 especialistas, con lo cual no solo se apoya al Instituto, sino al ejercicio médico de todo el país.

## Financiamiento

El IMSS es un organismo público descentralizado sujeto a control presupuestal. Se nutre económicamente de las contribuciones que cubre los patrones y los asegurados, además de la participación del estado. La cobertura de asegurados se ha venido ampliando a un número cada vez mayor de trabajadores: actualmente están amparados no solo los asalariados, sino también los pertenecientes a sociedades cooperativas y los no asalariados que pagan cuota.

El presupuesto previsto para 1995 es de 46,572 millones de pesos.

## Marco Jurídico

El artículo 123 constitucional establece que es de utilidad pública la Ley del Seguro Social; comprende seguros de invalidez, de vejez, de vida, de cesación involuntaria del trabajo, de enfermedades y accidentes, de servicio de guarderías y cualquier otro encaminado a la protección y bienestar de los trabajadores, campesinos no asalariados y otros sectores sociales, junto con sus familiares. La Ley del Seguro Social es reglamentaria de la constitución en esta materia.

### **Principales programas**

Los principales programas del IMSS, orientan sus objetivos a ofrecer servicios de salud suficientes a los derechohabientes, así como las prestaciones económicas y sociales de los trabajadores. La mayor parte de sus recursos los canaliza hacia los siguientes programas:

- Atención Preventiva
- Atención Curativa
- Prestaciones Económicas
- Prestaciones Sociales

Estos programas absorbieron en 1993 alrededor del 70% del gasto total designado a la entidad y en 1994 el 80%.

### **Objetivos prioritarios del IMSS**

El IMSS participa activamente en el Plan Nacional de Desarrollo, como una organización que tiene mucho que ver en los aspectos de la salud de la población y que es quizás uno de los instrumentos más poderosos para contribuir a su avance, para corregir deficiencias o para cumplir los objetivos que la política de salud se trace.

Un punto importante que se ha determinado es la transferencia del programa IMSS-Solidaridad a las entidades federativas. Esta medida es parte de una política social amplia y federalista, con lo cual se logra una mayor capacidad de ampliar la cobertura y mejorar la calidad de los servicios.

En sí, son 4 las responsabilidades más importantes que demarca el Plan Nacional de Desarrollo para el IMSS:

- La vinculación, respaldo y apoyo con la reforma del Sistema Nacional de Salud.
- La participación decisiva en la conformación del ahorro interno, indispensable para el crecimiento sostenido y estable del país y por lo tanto, para recurrir solo de forma complementaria al endeudamiento.
- La participación en la política demográfica.
- La descentralización del programa IMSS-Solidaridad como una parte del proceso más amplio de integración de la política social con una concepción federalista.

### **Informe de reorganización**

La reorganización administrativa del IMSS tiene como meta fundamental la solución de diversos problemas que se han presentado por años, como los siguientes:

- La centralización
- La duplicidad de funciones
- El rezago tecnológico en sistemas de información y control
- Rasgos de burocratismo

En enero de 1995, el IMSS dio inicio al Programa de Reorganización Administrativa. Los principios básicos del programa comprenden el fortalecimiento del ámbito regional y delegacional para la desconcentración de funciones y toma de decisiones, así como la reducción de la entidad central para

eficientar la gestión, eliminar el burocratismo excesivo y aprovechar mejor los recursos humanos y financieros con que cuenta la institución.

Para este fin se reorganizó la estructura administrativa a nivel central y se crearon siete direcciones regionales que coordinan el trabajo de 36 delegaciones en todo el país.



DIRECCION REGIONAL	BAJA CALIF. SUR	LA BAJA CALIF. SUR	BAJA CALIF. SUR	OCIDENTE	OCIDENTE	Baja California	OCIDENTE
D	9 DISTRITO FEDERAL	1 DISTRITO FEDERAL	COMABA	AMBUQUE	SAN GUILLERMO	ONILCA	CAMPOTE
E	4 DISTRITO FEDERAL	2 DISTRITO FEDERAL	CHAMPA	COLMA	SAN GUILLERMO	PUELA	GUERRA ROO
A	CHICPA	CHICPA	CHICPA	CHICPA	CHICPA	CHICPA	CHICPA
C	CHICPA	CHICPA	CHICPA	CHICPA	CHICPA	CHICPA	CHICPA
O	CHICPA	CHICPA	CHICPA	CHICPA	CHICPA	CHICPA	CHICPA
I	CHICPA	CHICPA	CHICPA	CHICPA	CHICPA	CHICPA	CHICPA

A la fecha, los resultados arrojados por el Programa de Reorganización Administrativa son alentadores. Además de la conformación de una nueva estructura administrativa central, regional, delegacional y de unidades operativas médicas y no médicas, la desconcentración ha permitido tener, a nivel regional, una creciente oportunidad y una mayor atención en los servicios, así como una política de firme racionalización y disciplina presupuestal, encaminada a dar solución inmediata a los problemas locales que confronta la población derechohabiente en el mismo lugar donde se suscitan.

#### Actividades que realiza el IMSS

Según los informes generados, las actividades que cubrió el IMSS en el año de 1995 son:

- 92 millones de consultas
- 1 millón 943 mil egresos hospitalarios
- Más de 1 millón 260 mil intervenciones quirúrgicas
- Más de 755 mil partos
- Se practicaron 80 millones de análisis clínicos, 9 millones de estudios radiológicos y 4.5 millones de sesiones de rehabilitación
- Diminución global de 1,100 mil días de incapacidades temporales

- Se contribuyó a la erradicación de la poliomielitis y disminución en más del 50% la mortalidad por diarrea
- Se inició el programa de Medicina Familiar Siglo XXI para la mejora de servicios, junto con la emisión de 16 millones y medio de nuevas tarjetas de afiliación con banda magnética, para evitar irregularidades
- Atención prioritaria a 1 millón 433 mil jubilados

En un día "tipo" del Instituto hay:

- 368,000 derechohabientes en consulta
- 25,700 estudios radiológicos
- Mas de 5,300 egresos hospitalarios
- 3,500 intervenciones quirúrgicas
- Nace un promedio de 86 niños cada hora

#### Niveles de atención

La estructura del Instituto para la atención de la población asegurada, se divide en tres niveles.

**Primer nivel, Medicina Familiar.** Es en este nivel, donde se atiende la gran mayoría de los padecimientos de la población, siendo además, la puerta de entrada del paciente al resto del sistema. Las unidades de medicina familiar ofrecen servicio en turnos diurnos de seis horas cada uno, durante cinco días a la semana, donde cada derechohabiente sólo puede recibir consulta en el turno correspondiente, ya sea de 8:00 AM a 2:00 PM o de 2:00 PM a 8:00 PM.

El eje de funcionamiento de la unidad es el médico familiar, el cual debe resolver enfermedades de menor grado de dificultad técnico-médica que requieren de diagnóstico y tratamiento poco complejos, además de brindar orientación sobre higiene, alimentación y forma de vida.

Las unidades que cuentan con más de 5 consultorios, cuentan con auxiliares de diagnóstico como Rayos X y laboratorios necesarios para realizar estudios poco complejos y de gran demanda. Cada unidad cuenta con los archivos de afiliación, vigencia y expedientes médicos de la población adscrita a la unidad y cuentan con una farmacia que ofrece los cuadros básicos de medicina.

**Segundo nivel.** Esta compuesto por hospitales generales de región, zona y subzona que cubren la totalidad del territorio nacional. En ellos se ofrece atención a los padecimientos de alta demanda y mediana complejidad, que requieren del apoyo de especialidades médicas, de hospitalización para cirugía, así como tratamiento y diagnóstico especializados.

El médico especialista de cirugía general, gineco-obstetricia y medicina interna, es el eje central de la atención, recayendo el trato de los pacientes, principalmente en el personal de enfermería. Se apoyan con auxiliares de diagnóstico y tratamiento más desarrollados, garantizando la atención de urgencias las 24 horas de los 7 días de la semana.

**Tercer nivel.** Este nivel atiende a los pacientes con padecimientos de poca frecuencia y que por su elevada complejidad requieren de recursos médicos y técnicos muy especializados para su diagnóstico y tratamiento.

Entre sus actividades se encuentra el desarrollo de tecnología de punta y de los mejores especialistas. Como en el segundo nivel de atención, el personal de enfermería desarrolla la mayor parte de las actividades relacionadas con la atención al paciente.

### 7.3. Determinación de la muestra

El IMSS como se explicó anteriormente, está descentralizado en 7 direcciones regionales, las cuales se subdividen a su vez en delegaciones. Para efectos de la elección de la muestra y tras el análisis deductivo que se ha llevado a cabo en el presente proyecto, se decidió por la Delegación 3 Suroeste, región Siglo XXI del Distrito Federal como posible lugar para desarrollar aplicaciones con Realidad Virtual, obteniéndose un beneficio generalizado a toda la población.

La dirección de la Delegación 3 Suroeste es:

Calle Popocatepetl No. 14  
Colonia Hipódromo Condesa  
Delegación Alvaro Obregón  
C.P. 06170 México, D.F.

Esta Delegación comprende 8 delegaciones políticas del Distrito Federal, como se indica a continuación:

DELEGACION	% PART.
008 COYOACAN	88.8
004 CUAJIMALPA	100.0
009 MEXICALCO	100.0
010 AERONAUTICA	100.0
012 TLAZUVALCO	76.8
014 BARRIO AJAJAJE	64.8
018 CHINÁBTZOC	87.4
016 MEXICALCO	18.8

La Delegación cuenta con 22 unidades médicas, las cuales están divididas en: 11 unidades de medicina familiar, 2 hospitales generales de zona con unidad de medicina familiar incorporada, un hospital general regional y 8 hospitales de alta especialidad o tercer nivel.

El presupuesto autorizado de gastos para 1995 ascendió a 2,152 millones 100 mil pesos, los cuales fueron distribuidos de la siguiente manera:

RUBROS	TOTAL (EN MILES)	%
Servicios de personal	1'108,850	51.52
Consumo de bienes	230,639	10.72
Conservación	32,349	1.51
Serv. Generales	49,017	2.09
Pres. en dinero	735,045	34.16

Actividades que se realizan en la Delegación 3 Suroeste

Un día típico de trabajo, conformado por las 22 unidades médicas de la Delegación, equivale a:

- 11 847 consultas, de las cuales:
  - 6,710 corresponden a medicina familiar
  - 3,255 son de especialidad
  - 462 son dentales
  - 1,420 corresponden a urgencias
- 235 egresos hospitalarios
- 178 intervenciones quirúrgicas realizadas en hospitales generales de zona y alta especialidad
- 60 partos

- 27,119 análisis de laboratorio clínico y 1,968 estudios de radiodiagnóstico
- 8 defunciones

**Motivos de la elección de la muestra**

La presencia del Centro Médico Nacional Siglo XXI, juega un papel preponderante en la formación y capacitación de personal para la salud. En este Centro, junto con los hospitales de Gineco-Obstetricia No. 4, el Psiquiátrico "San Fernando" y Urgencias Traumatológicas, se ubica equipo e instrumental de la más avanzada tecnología y personal altamente capacitado, lo que les otorga una amplia capacidad resolutive, particularmente al conjunto de hospitales del Centro Médico Nacional Siglo XXI, que le hace ser, el primero del sistema institucional y del país.

**7.4 Resultados de la investigación de mercado**

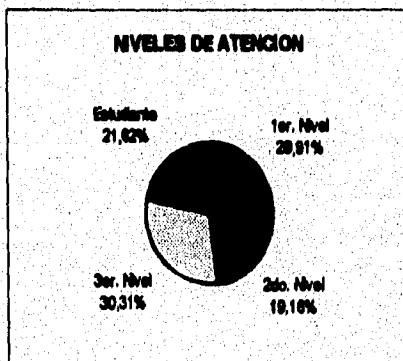
Con el fin de conocer el punto de vista de la posible población usuaria de sistemas basados en Realidad Virtual, se decidió a elaborar un cuestionario directo estructurado, el cual fue aplicado a médicos, enfermeras, técnicos y médicos residentes. Cabe mencionar que a cada uno de los encuestados se les proporciono un folleto explicativo de lo que es la Realidad Virtual, el cual se les podía leer después de haber contestado algunas preguntas. Dicho folleto, se encuentra en el Apéndice B.

Para efectos de la investigación, se visitaron las 22 unidades operativas que comprenden la Delegación 3 Sureste. Cada visita tenía una duración de 4 horas totales, comprendidas en 2 horarios: de 10:00 AM a 12:00 AM y de 16:00 PM a 18:00 PM. Durante este periodo de 2 horas, se trataba de encuestar al mayor numero de posibles usuarios. Al terminar las visitas, se recabaron un total de 307 encuestas, de las cuales se desecharon veinte, por considerar que los datos obtenidos no eran confiables.

Los resultados obtenidos son los siguientes:

● Se encuestaron a:

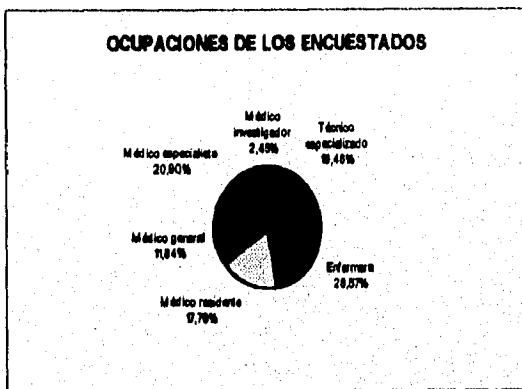
- 83 trabajadores del primer nivel de atención
- 55 trabajadores del segundo nivel de atención
- 87 trabajadores del tercer nivel
- 62 estudiantes



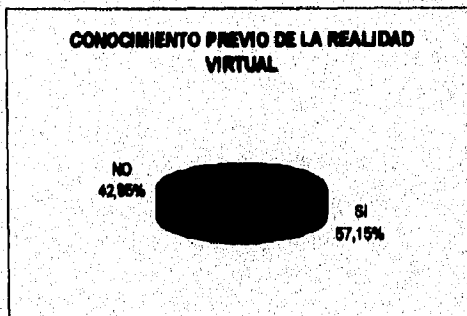


● Las ocupaciones de los 287 encuestados son:

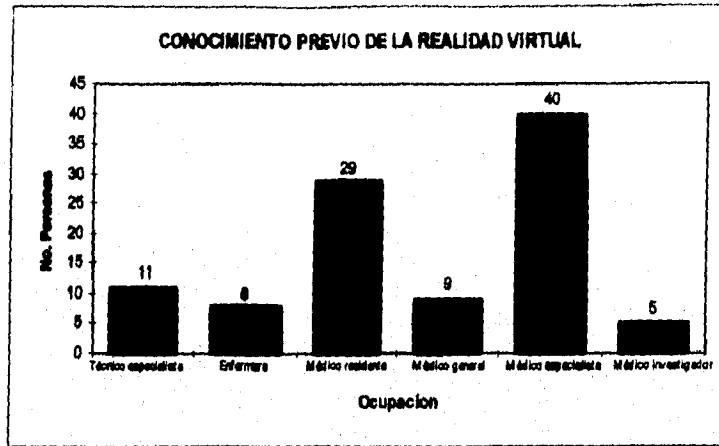
- 53 técnicos especialistas
- 82 enfermeras
- 51 médicos residentes
- 34 médicos generales
- 60 médicos especialistas
- 7 médicos investigadores



● De los 287 encuestados, el 57.15% (164 encuestados) tenía conocimiento de la Realidad Virtual.



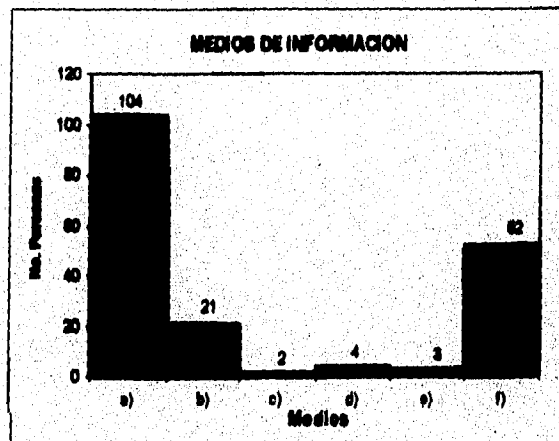
Las ocupaciones de las 164 personas que tenían conocimiento de la Realidad Virtual son:



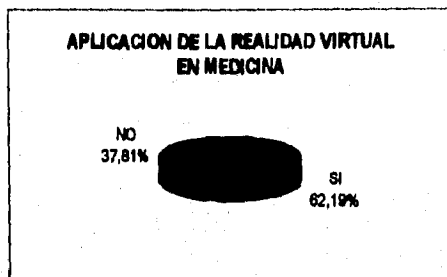
● El medio por el cual se enteraron de esta tecnología, básicamente fue por :

- a) Revistas/periféricos
- b) Televisión
- c) Conferencias/simposiums
- d) Libros especializados
- e) Por medio de colegas
- f) Otros

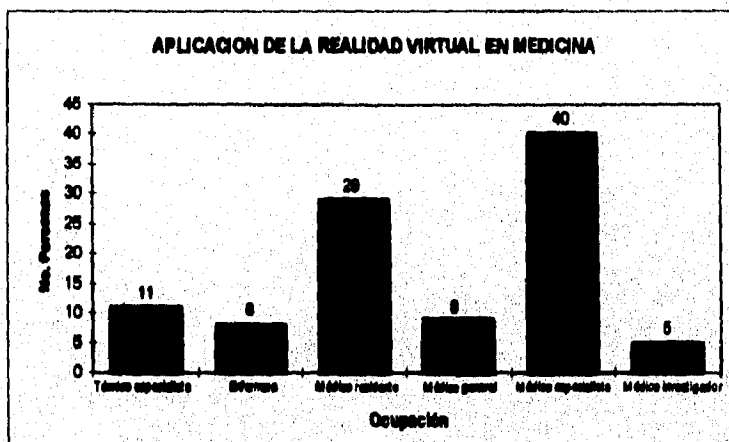
Dentro de la opción otros, las respuestas obtenidas se basaron en: cine, radio y por medio de juegos de video.



- Las 164 personas que tenían conocimiento previo de la Realidad Virtual, 102 de ellas consideraron que la Realidad Virtual sí tiene aplicaciones en medicina, mientras que las restantes 62 no consideraban su utilización en el área médica.



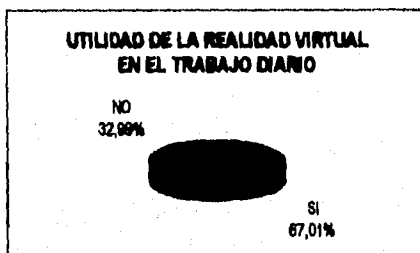
Las ocupaciones de las 102 personas que consideraban que la Realidad Virtual tenía aplicaciones en medicina son:



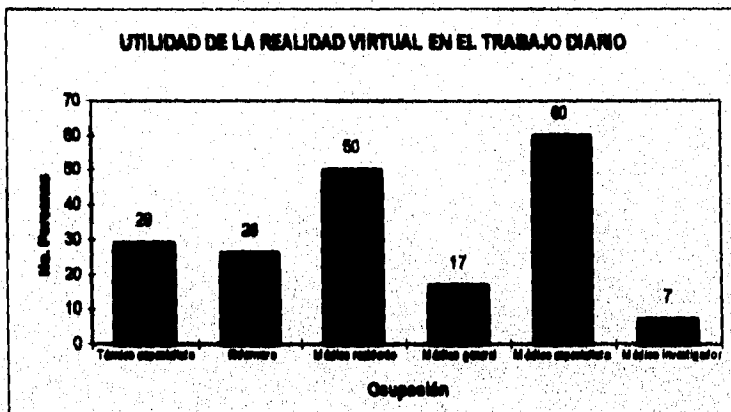
El motivo principal por el cual las personas tenían conocimiento de que la Realidad Virtual es empleada en el campo de la medicina, era debido a que la fuente de información por la cual se enteraron citaba ejemplos del empleo de la tecnología en medicina y/o la información era exclusiva del área de medicina. Las personas que respondieron negativamente a la pregunta, citaron que relacionaban a la Realidad Virtual con juegos de video, o bien, no se imaginaban cómo esta tecnología podía utilizarse en medicina.

Tras haber contestado esta pregunta, a los 287 encuestados se les mostró un folleto (ver Apéndice B), en el cual se explica lo que es la Realidad Virtual, sus requerimientos, aplicaciones, costo y el futuro de dicha tecnología. Al haber concluido su lectura, se les preguntó a los encuestados si se les había hecho interesante la información, de los cuales sólo 2 personas respondieron que se les había resultado interesante, mientras que el resto (285 personas) contesto afirmativamente.

- Del 99.3% de los encuestados (285 personas) que consideraron interesante la información relativa a Realidad Virtual, sólo el 67% considero útil, el utilizar un sistema basado en Realidad Virtual para desarrollar su trabajo específico dentro del IMSS.



Las ocupaciones de las personas encuestadas que si consideraron útil la utilización de un sistema basado en Realidad Virtual para desarrollar su trabajo son:



Los motivos por los cuales las personas consideraron útil la utilización de un sistema de Realidad Virtual se basaron en la información que leyeron en el folleto, ya que consideraron que tendrían más opciones para aprender y practicar, agilizarían las investigaciones y podrían desarrollar nuevas investigaciones en menos tiempo y en general todos los encuestados consideraron que con la implantación de la Realidad Virtual tendrían más herramientas de trabajo.

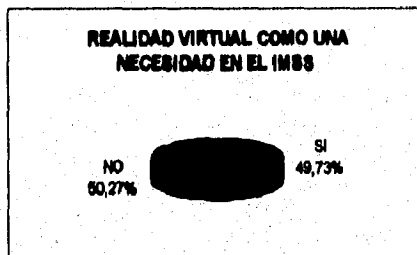
Las personas que no consideraron útil la implantación de sistemas de Realidad Virtual, básicamente se basaron en el hecho de que no consideran necesario el usar un sistema con las características expuestas en el folleto, inclinándose más a la utilización de equipo que conocen plenamente.

- De las 191 personas encuestadas que consideraron útil el poder disponer de un sistema de Realidad Virtual para desempeñar su trabajo, sólo 12 personas, 5 médicos especialistas y 7 investigadores, consideraron viable la implantación de sistemas de Realidad Virtual en un corto plazo. Los motivos que expusieron fueron dos: el primer motivo fue que al utilizar un sistema de Realidad Virtual sería más fácil

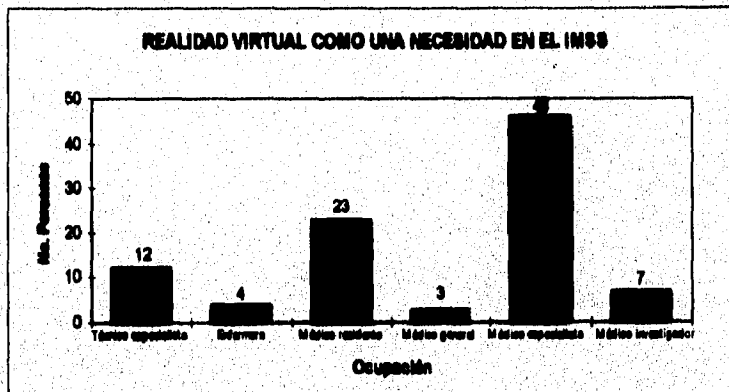
su trabajo, por lo que promoverían su adquisición en base a esa premisa y el segundo motivo radica en el hecho de que la Realidad Virtual es tecnología de punta y el IMSS se ha caracterizado por utilizar este tipo de tecnología. Estas 12 personas representan sólo el 9.94% de las encuestadas.

El 90,06% restante, es decir, las 179 personas que no consideran viable la implementación de sistemas de Realidad Virtual, coincidieron en tres puntos: el primero es la falta de recursos; el segundo es la urgencia de cubrir otras necesidades como la falta de medicamentos, obsolescencia de equipo así como la falta de mantenimiento a estos, aumento salarial, entre otros; el tercer punto se refirió a la falta de autonomía de las unidades hospitalarias, ya que aunque tengan el presupuesto para adquirir un sistema de Realidad Virtual, no pueden hacer uso de los recursos, mas que solo para lo que dispongan en el nivel central del IMSS.

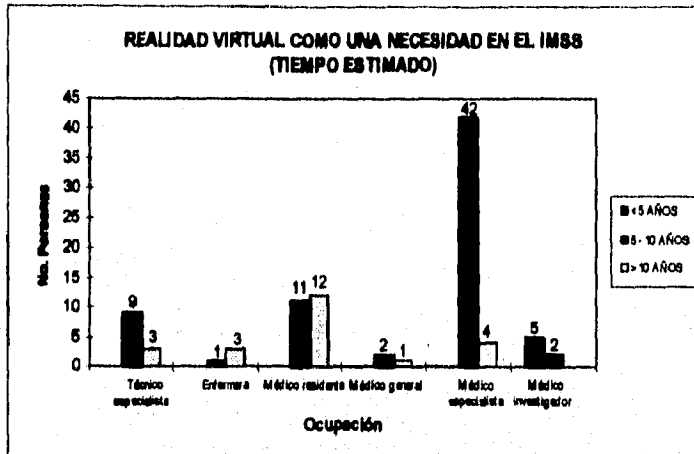
- Finalmente, de las 191 personas que consideran útil el disponer de un sistema de Realidad Virtual para desempeñar su trabajo, el 49,73% (95 personas) consideraron que a futuro, la implantación de sistemas de Realidad Virtual será una necesidad para el Instituto. El 50,27% restante (96 personas) no considera que a futuro, la Realidad Virtual sea una necesidad para el Instituto.



Las ocupaciones de las 95 personas que consideran la implementación de sistemas de Realidad Virtual como una necesidad para el Instituto son:



- El tiempo en que consideran las 95 personas encuestadas, que la Realidad Virtual se va a convertir en una necesidad, se muestra en la siguiente gráfica:



## 7.5 Conclusiones

Tras haber recabado y analizado la información, llegamos a las siguientes conclusiones:

- Las enfermeras y los médicos familiares son los menos motivados para implementar nuevas tecnologías, en general. Esto es debido a que no cuentan con ningún tipo de incentivo para premiar la calidad en su desempeño, siendo la jubilación, su única motivación. Este hecho, repercute en el bajo nivel de capacitación y actualización académica que tienen.
- El 54% de los encuestados que trabajan en los servicios auxiliares de diagnóstico, manifestaron un gran interés en la Realidad Virtual; sin embargo, todos concluyeron que es más apremiante resolver los problemas actuales a los que se enfrentan para el buen funcionamiento de esta área, antes de adquirir una nueva tecnología. Por ejemplo, en los hospitales que conforman el segundo nivel de atención, existe un gran problema de obsolescencia de equipo, mientras que en el tercer nivel de atención, existe un rezago en tecnología, ya que por falta de recursos en la década pasada, no se renovó el equipo. Adicionalmente, sólo el 23 % (23 personas) de los encuestados de esta área, consideró que la Realidad Virtual llegaría a ser una necesidad en un tiempo de 5 años o más.
- Los estudiantes de medicina consideran que sería de gran ayuda para su formación, el poder emplear sistemas bajo Realidad Virtual, no sólo en el Instituto, sino también en las Universidades, por todas las ventajas ya explicadas. Sin embargo, sólo el 49% de los encuestados consideró que la Realidad Virtual será una necesidad para el IMSS, debido a las condiciones existentes en el Instituto.
- Los médicos investigadores y los médicos especialistas son los que consideran, no sólo útil la utilización de sistemas de Realidad Virtual para desempeñar su trabajo diario, sino que consideran, en su mayoría, que el empleo de Realidad Virtual será una necesidad en el IMSS en un plazo no mayor a 10 años.
- No hay un sistema de abastecimiento oportuno de medicamentos e insumos de diagnóstico en los tres niveles de atención, el cual debe de remediarse antes de iniciar cualquier proyecto.
- Los cuerpos de gobierno de los hospitales de segundo y tercer nivel se limitan a la instrumentación de los programas administrativos y médicos establecidos a nivel central, por lo que no tienen capacidad de

asignar los recursos presupuestales con que cuentan, para satisfacer sus propias necesidades. Esto da como resultado una escasa capacidad de planeación y administración de sus propios recursos.

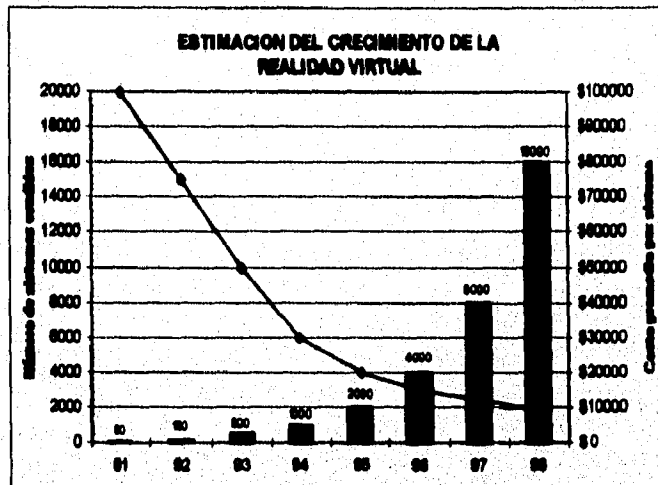
- Las unidades médicas que conforman el tercer nivel de atención son las que más oportunidades tiene de implantar la Realidad Virtual como un auxiliar de diagnóstico más y como parte fundamental en las investigaciones realizadas. Destaca entre ellas, el Centro Médico Nacional Siglo XXI.

## CAPITULO 8. LA ACEPTACION DE LA REALIDAD VIRTUAL EN EL IMSS

El IMSS, como se ha explicado, tiene un papel central en el desarrollo de México. Sus principios de seguridad y redistribución del ingreso son la base para contar con una fuerza productiva más sana, elevando los niveles de salud de la población. El buen desempeño de la administración institucional es básico, por lo que la modernización del Instituto es necesaria, con el fin de poder ofrecer costos de operación más bajos y mejores servicios.

### 8.1 El futuro de la Realidad Virtual

La Realidad Virtual está emergiendo de un estado embrionario y no comercial. Las estimaciones de las inversiones y los ingresos en este campo son difíciles de calcular, ya que oscilan entre 5 millones y 50 millones de dólares anualmente. Sin embargo, los pronosticadores predicen un notable incremento tanto en los niveles de actividad como en las inversiones. La industria de la Realidad Virtual experimentará un notable crecimiento en los siguientes 30 años, pero en los años cercanos, las empresas existentes lucharán por mantenerse en el pequeño, pero creciente mercado. Tan sólo a mediados de 1992, se calculaban 300 sistemas totalmente inmersivos, existentes en todo el mundo.



Se prevé que para el año 2020, la Realidad Virtual este convertida en una herramienta de uso cotidiano a nivel mundial, no sólo en el trabajo, sino también en el hogar. Cualquier persona podrá acceder a un sistema personal de Realidad Virtual sin tener que hacer un gasto desorbitante. Podrá viajar a Marte desde la comodidad de su hogar o jugar un partido de tenis con su estrella de cine favorita. Las posibilidades, como se ha explicado son infinitas. Ante esta situación, nos preguntaríamos ¿qué habrá después de la Realidad Virtual?. Algunos predicen que será la robótica, pero en realidad la respuesta es incierta. Lo que sí se puede asegurar es que esta tecnología no desaparecerá, sino al contrario: cada día avanza más su desarrollo, al unisono que la velocidad y capacidad de cálculo de las computadoras actuales.



La entrada a México de sistemas de Realidad Virtual, como se ha explicado en el capítulo 6, dependerá de las estrategias que se planteen para incorporar esta tecnología al ámbito nacional. En la actualidad, destaca la labor de la empresa *Virtuality*, la cual ha presentado en diversos centros comerciales y en algunas exposiciones, una estación de juego en Realidad Virtual, formada por un casco con sonido tridimensional y una palanca de control, con la cual mucha gente ha podido "conocer y experimentar" esta nueva tecnología.

## **3.2 La Realidad Virtual en el IMSS**

Las realizaciones del IMSS en cuestión en materia de educación y de la ciencia médica son reconocidas en todo el mundo. Además de ser centro de formación de los mejores especialistas del país, la investigación y aplicación de las más avanzadas técnicas en la atención médica permite importantes logros en beneficio de la población usuaria.

Los programas dirigidos a la formación de personal para la atención a la salud abarcan la formación de médicos especialistas, de enfermeras especialistas y personal profesional-técnico. En este ámbito, el Programa de Educación Continua permite mantener actualizados los conocimientos y destrezas del personal de la institución, mientras que el programa de Promoción de la Investigación Médica permite la identificación de proyectos y el reconocimiento a investigadores a través de la organización de comités locales de investigación.

En las instalaciones del IMSS, durante el año de 1995, realizaron sus estudios de postgrado 6,174 médicos residentes. Se cubrieron 2,316 plazas de alumnos de medicina en internado de pregrado. Se formaron 1,291 enfermeras generales y 1,274 especialistas.

Actualmente, el Instituto cuenta con 210 investigadores de tiempo completo, realizando investigación científica y técnica que se complementa con el trabajo que en este rubro realizan los médicos. Esta es una actividad prioritaria, de trascendental importancia en la vida del Instituto. Para estos fines, se destina el 3% del presupuesto total a la implementación y seguimiento de proyectos de investigación.

Debe destacarse que estos datos, los cuales reflejan un compromiso de apoyo a la investigación y al avance en la más alta calidad de atención, perderán fuerza si no se aquilata la trascendencia de que cualquier trabajador, independientemente de su ingreso económico o de su ubicación geográfica, pueda acceder a la más alta tecnología médica en caso de necesitar trasplantes o tratamiento cuyos costos sean elevados.

En base a esta información, los principales proyectos basados en Realidad Virtual que apoyarían al Instituto serían:

- Apoyo a cirugías mínimamente invasoras, como son la laparoscopia y la artroscopia con **Realidad Aumentada**
- Empleo de programas de entrenamiento como "simuladores quirúrgicos virtuales" o el estudio de "pacientes virtuales"
- Empleo de programas que permitan la visualización tridimensional del cuerpo del paciente, como soporte de la información obtenida por otros medios, como el ultrasonido, MRI, CAT-Scan, etc.
- Sistemas de investigación biomédica para el estudio de moléculas y elaboración y prueba de fármacos
- Implementar redes para poder dar asistencia a comunidades rurales por medio de la telepresencia
- Desarrollo de sistemas hechos a la medida que vayan acorde a las necesidades de la Institución, así como a las investigaciones que se estén realizando

### **8.3 Estrategias para la implementación de la Realidad Virtual en el IMSS**

El IMSS debe dar mayor importancia a aquellos proyectos que permitan desarrollar las capacidades de su infraestructura. La disposición que tiene el Instituto para modernizarse representa una importante oportunidad para la implantación de la Realidad Virtual.

Tras haber analizado la situación en la que se encuentra el IMSS y debido a que los mayores logros médicos se han presentado en los 7 Centros Médicos Nacionales, principalmente en el Centro Médico Nacional Siglo XXI, el cual cuenta con el equipo e instrumental de la más avanzada tecnología, que le hace ser el primero del sistema institucional del país, es lógico pensar que la implantación de sistemas de Realidad Virtual sea en estas unidades; sin embargo, a medida que la adquisición de este tipo de sistemas sea más accesible, principalmente por sus costos, sería de gran utilidad para las unidades hospitalarias del tercer y segundo nivel de atención contar con sistemas basados en Realidad Virtual, por lo que a continuación se enumeran las estrategias que permitirán al IMSS, contar con los recursos necesarios para la adquisición de los mismos:

#### *1. Reasignación presupuestal de recursos en las áreas de investigación y capacitación.*

En esta estrategia, es importante considerar que en la asignación de los recursos, se van a ver afectadas, en menor o mayor grado, las principales partidas en las que el IMSS distribuye su presupuesto, con el fin de dar apoyo económico al proyecto de implantar Realidad Virtual. De esta forma se deberá racionalizar la asignación económica, con el fin de dar continuidad a los planteamientos de investigación, que por su naturaleza sean importantes para la Institución, permitiendo con esto, que la inyección financiera sea sin daño a áreas sustantivas y a la realización del proyecto.

#### *2. Reducción de cargas no básicas para el sector salud.*

Los deportivos, centros de seguridad social, guarderías y velatorios, son entidades propias del Instituto que generan grandes fugas presupuestales para su mantenimiento y funcionamiento. Tomando como premisa básica que el Instituto ofrece servicios de salud a todos los mexicanos, estas actividades secundarias deberán ser concesionadas a la iniciativa privada, permitiendo con ello un beneficio por partida doble ya que al otorgarse la concesión, se obtendrá un ingreso que beneficiará y apoyará las finanzas de la Institución.

#### *3. Elevar la capacidad resolutive de cada hospital según su nivel de atención.*

Al tener una baja capacidad para resolver eficazmente los padecimientos de la población, principalmente dentro del primer nivel de atención, se generan sobrecargas en el resto del sistema, incrementando los costos de la atención médica.

#### *4. Concientizar al personal de la importancia de usar eficientemente los recursos.*

Este hecho se da principalmente en la expedición excesiva de recetas y órdenes de estudio de laboratorio y radiológicos, lo cual repercute, tanto en el gasto institucional, como en la acción eficiente de las farmacias y áreas auxiliares de diagnóstico. Por ejemplo, al sobresaturarse los servicios auxiliares de diagnóstico, el mantenimiento a los equipos deberá hacerse con menos diferencia de tiempo, lo cual reduce los márgenes de inversión, los cuales permitirían aumentar la oportunidad de la atención.

**5. Impulsar la sistematización del Instituto.**

A pesar de que la sistematización del Instituto se ha extendido a todas las áreas, como fue la automatización de los laboratorios clínicos en el año pasado, es preocupante el rezago existente. Se deben incorporar modernos equipos y sistemas de cómputo con miras a integrar la red institucional de comunicaciones, lo cual beneficiaría enormemente al proyecto Realidad Virtual.

**6. Descentralizar las unidades hospitalarias.**

Esto permitirá que cada unidad planifique sus gastos de acuerdo al presupuesto otorgado, con lo cual se fortalecerá la calidad y productividad de los servicios prestados. Además, al analizar las necesidades de cada unidad hospitalaria, se fomentará el desarrollo profesional de los médicos, ya que se les apoyaría directamente.

## CONCLUSIONES

Una tecnología de alto nivel como lo es la Realidad Virtual está condicionada por varios factores. Se necesita más que la buena voluntad de un científico, investigador o una empresa para adquirir o desarrollar algún material relacionado con esta tecnología.

Los recursos que se destinan a la seguridad social pueden verse de dos maneras: como un gasto o como una inversión. La primera se da cuando los recursos que se invierten en ella no mejoran su calidad ni la hacen competitiva. En cambio, puede ser una inversión rentable cuando sirve para garantizar la salud de la población y en esa medida hacerla más productiva.

Es por eso que la seguridad social es de capital importancia para nuestro país, porque es un componente fundamental del desarrollo y el bienestar general. Si la salud representa un aspecto determinante para la productividad, es precisamente por su íntima relación con el desarrollo humano.

Es un hecho de que cualquier mejora en el sistema de salud tendrá efectos positivos en la economía, porque al elevarse la calidad de los servicios de salud, se optimizará la infraestructura existente, se promoverá la inversión productiva y se elevará la productividad de los trabajadores.

Tras haber analizado toda la información recabada, podemos suponer que el proyecto Realidad Virtual podrá ser viable en el IMSS hasta después del año 2000, tiempo necesario para planear las estrategias más convenientes que permitan crear las condiciones apropiadas para la implementación de dicha tecnología. Evidentemente, la primer área beneficiada será la de investigación médica. Además, como el Instituto es parte fundamental del Sistema de Educación Médica del país, es necesario pensar en la rápida incorporación de sistemas de Realidad Virtual, como simuladores quirúrgicos virtuales, para mejorar la enseñanza y capacitación de los futuros médicos generales y especialistas.

Una situación ideal sería aquella en la que:

- Tanto el gobierno como la industria, estimularan los mercados domésticos para el desarrollo de tecnologías innovadoras
- Existieran fondos adecuados disponibles para la investigación de sistemas de computación en las Universidades

Como una propuesta alternativa, podría ser de interés retomar el tema de Incorporación de Realidad Virtual al ámbito nacional, no sólo en el área médica, sino en todas aquellas áreas que conlleven una mejora en la calidad de vida de la población del país, pero en las Universidades del país. Esto ayudaría a la mejor preparación de los estudiantes y fomentaría la investigación, ya que como se ha explicado a través de todo el trabajo: "Para la Realidad Virtual no hay límites, más que la imaginación del usuario".

**FALTA PAGINA**

**No.**

122

## BIBLIOGRAFIA

- Brenda Laurel. "The art of human computer interface design", Addison Wesley, New York, 1992, Pags 138-384.
- Jon Peddis. "Graphical user interfaces and graphic standard", Mc Graw Hill, Indiana, 1990, Pags 52-203.
- Tom Hayward. "Adventures in virtual reality", QUE, Carmel IN, 1993, Pags 1-237.
- Francis Hamit. "Virtual Reality and the exploration of cyberspace", Sams Publishing, E.U.A., 1993, Pags 1-342.
- Ken Pimentel, Kevin Teixeira. "Virtual Reality: Through the new looking glass", Intel/Windcrest/McGraw Hill, E.U.A., 1993, Pags 1-273.
- Howard Rheingold. "Virtual Reality", Touchstone, E.U.A., 1992, Pags 11-390.
- Nicholas Lavroff. "Mundos virtuales. Realidad virtual y ciberespacio", Anya Multimedia América, México, D.F., 1994, Pags 15-164.
- Alan Waxelbat. "Virtual reality: applications and explorations", Boston Academic Publishers, 1993, Pags 45-237.
- L. Casey Larjani "Realidad Virtual", McGraw-Hill, Madrid, España, 1994, Pags 1-242.
- Vicente Nortes. "La realidad virtual abandona el terreno de la ciencia ficción", en *EC Actual* (Barcelona, España), 1992, Pags 240-252.
- José A. Mayo. "Viven los cibernautas", en *Muy Interactivo* (México, D.F.), Año VII, No. 1, Pags 18-24.
- Vicente Fernández de Bobadilla. "Ciberespacio", en *Muy Interactivo* (México, D.F.), Año VIII, No. 5, Pags 5-18.
- David A. Smith. "Virtual reality", en *Chinci Magazine* (New York, NY), Año 2, No. 3, Pags 65-69.

- Alejandro de la Fuente. "Realidad Virtual una clave del futuro", en Mundo 21 (México, D.F.), Año 4, No. 12, Pags 26-39.
- José Raúl Alonso. "Realidad Virtual: un mundo fantástico toca a su puerta", en Mundo 21 (México, D.F.), Año 5, No. 4, Pags 80-89.
- Alejandro Sacristán, Alicia López. "Los cibernautas de la cosmopista", en Muy interesante (México, D.F.), Año 11, No. 4, Pags 66-73.
- Torbjørn Hanson. "La realidad virtual en el cine", en Información científica y tecnológica (México, D.F.), Vol 16, No. 208, Pags 44-48.
- Alejandro F. Cora. "Moléculas famosas en bolas", en Muy interesante (México, D.F.), Año X, No. 10, Pags 54-58.
- Stanley Englehardt. "Prepárese para la realidad virtual", en Selecciones de Reader's Digest (México, D.F.), Pags 57-61.
- Moisés Cretek Eychenbaum. "Realidad virtual y vida artificial", en PC Magazine (México, D.F.), Año 5, No. 3, Pags 73-75.
- Enrique Calderón Alzati. "Computadoras y mundos virtuales", en Información científica y tecnológica (México, D.F.), Vol 15, No. 205, Pags 38-41.
- Mario de Luis García. "Videojuegos virtuales, viajes a la 3a. dimensión", en Conocer (México, D.F.), Vol 15, No. 205, Pags 18-23.
- Alberto Oliva. "Año 2003: la "tele" que le cambiara la vida", en Conozca Mas (México, D.F.), Año 4, No. 12, Pags 28-31.
- Harry Labelson, Bette Rush. "La Medicina entra en una nueva era", en Mundo 21 (México, D.F.), Año 6, No. 2, Pags 9-11.
- Beatriz Ramos, Carlos Williams. "Ver, oír, tocar... para que nuestra vida tenga sentido", en Mundo 21 (México, D.F.), Año 5, No. 9, Pags 100-115.
- José Antonio Mayo. "Ciberculturas", en Muy interesante (México, D.F.), Año 11, No. 9, Pags 5-18.
- Rafael Muñoz Saldaña. "Realidad Virtual: vértice de 2 mundos", en Información científica y tecnológica (México, D.F.), Vol. 16, No. 212, Pags 24, 25.

- Gonzalo Casino. "La revolución de la cirugía virtual",  
en Conocer (México, D.F.), No. 137, Pags 48-53.
- José Raul Alonso. "RV ¿Cuánto hemos avanzado...?",  
en Mundo 21 (México, D.F.), Vol. 5, No. 11, Pags 4-7.
- Dominique Chouchan. "Realidad Virtual ¿Evolución o revolución?",  
en Mundo Científico (Barcelona España), Vol. 14, No. 148, Pags 610-612.
- Jean Segura. "La panoplia de lo virtual",  
en Mundo Científico (Barcelona España), Vol. 14, No. 148, Pags 612-617.
- Franck Barnu. "Programar lo virtual",  
en Mundo Científico (Barcelona España), Vol. 14, No. 148, Pags 618-621.
- Christian Dobry. "La cirugía asistida por la Realidad Virtual",  
en Mundo Científico (Barcelona España), Vol. 14, No. 148, Pags 621-624.
- Raymond Fournier. "La telerrobótica en la época de la Realidad Virtual",  
en Mundo Científico (Barcelona España), Vol. 14, No. 148, Pags 624-627.
- Carl Eugene Loeffler. "Encuentros en la Realidad Virtual",  
en Mundo Científico (Barcelona España), Vol. 14, No. 148, Pags 628-631.
- Jean Segura. "La Realidad Virtual, una nueva industria",  
en Mundo Científico (Barcelona España), Vol. 14, No. 148, Pags 632-634.
- Jean Segura. "Los juegos virtuales",  
en Mundo Científico (Barcelona España), Vol. 14, No. 148, Pags 634-639.
- Carlos Vilanova. "Realidad Virtual: ¿Ficción o Realidad?",  
en Mundo Científico (Barcelona España), Vol. 14, No. 148, Pags 640-645.
- V. F. B. "Paseo por el planeta Marte",  
en Muy Interesante (México, D.F.), Año 8, No. 12, Pags 50-52.
- Juan José Saldaña. "La historia de la Ciencia y de la Tecnología Mexicanas y la  
Modernización" en Ciencia y Desarrollo, (México, D.F.), Vol. 21, No. 122, Pags. 60-69.
- Stephen Lock. "Diccionario Médico Familiar",  
Reader's Digest México, México, 1983, Pags 1-756.



- Donald W. Cowell. "Mercado de Servicios",  
EGIS, Colombia, 1989, Pags 1-354.
- Ronald M. Weiers. "Investigación de Mercados",  
Prentice Hall, México, D.F., 1986, Pags 1-496.
- Miguel Angel Campos, Sara Rosa Medina. "Política científica e innovación tecnológica  
en México", IIMAS UNAM, México, D.F., 1992, Pags 1-219.
- Comisión Nacional para los países del Sur,  
"Comisión Nacional de Desarrollo para los países del Sur", Cap. 3
- Ernesto Zedillo Ponce. "Plan Nacional de Desarrollo 1995 - 2000",  
México, D.F., 1995.

## APENDICE A: GUIA DE PRODUCTOS

### - Dispositivos de salida

#### HMDs

##### **Advanced Technology Systems/V.R.G.**

*Modelo:* VRG HMD

*Especificaciones:* Monocromático, 1280 x 1024 pixeles, pantallas CRT, 2.5 lbs

*Señal de video:* NTSC o RGB

*Costo:* 60,000 U.S.

##### **CAE-Electronics Ltd.**

*Modelo:* FOHMD

*Especificaciones:* Color, 1000 x 1000 pixeles, pantallas CRT junto con fibra óptica, de 5.0 a 6.0 lbs

*Señal de video:* NTSC o RGB

*Costo:* Desde 250,000 U.S.

##### **Kaiser Aerospace**

*Modelo:* Wide Eye

*Especificaciones:* Monocromático, 1024 líneas de resolución vertical, pantallas CRT, 3.8 lbs

*Señal de video:* RGB

*Costo:* 50,000 U.S.

*Comentario:* Usado básicamente en helicópteros y aviones de combate

##### **LEAP Systems Inc.**

*Modelo:* Cyberlase 2

*Especificaciones:* Color, 479 x 234 elementos, pantallas LCD, 4.25 lbs

*Señal de video:* NTSC o RGB

*Costo:* 8,100 U.S.

##### **Polhemus Labs**

*Modelo:* Looking Glass

*Especificaciones:* Utiliza fibra óptica, 500 x 500 pares de líneas de TV CRT, 0.88 lbs

*Señal de video:* NTSC o RGB

*Costo:* Desde 35,000 U.S.

##### **Virtual Research**

*Modelo:* VR Flight Helmet

*Especificaciones:* Color, 360 x 240 elementos, pantallas LCD, 3.7 lbs

*Señal de video:* NTSC

*Costo:* 6,000 U.S.

##### **VPI Research Inc.**

*Modelo:* LX

*Especificaciones:* Color, 442 x 238 elementos, pantallas LCD, 2.5 lbs

*Señal de video:* NTSC

*Costo:* 9,150 U.S.

*Comentario:* Utiliza un sistema de rastreo Polhemus Isotrack

**VPL Research Inc.**

**Modelo:** XVR

**Especificaciones:** Color, 442 x 238 elementos, pantallas LCD, 2.5 lbs

**Señal de vídeo:** NTSC

**Costo:**

**Comentario:** Parte del sistema Microcosm de la misma empresa

**VPL Research Inc.**

**Modelo:** HRX

**Especificaciones:** Color, 700 x 400 elementos, pantallas LCD, 2.5 lbs

**Señal de vídeo:** NTSC o RGB

**Costo:** 49,000 U.S.

**Comentario:** Producto con mayor resolución para pantallas LCD. Contiene controles para ajustar el brillo y contraste

**W Industries**

**Modelo:** Vlaste

**Especificaciones:** Color, 372 x 276 elementos, pantallas LCD, 6.4 lbs

**Señal de vídeo:** NTSC

**Costo:**

**Comentario:** Diseñado para uso exclusivo de juegos. Su peso es exagerado

**Fake Space Labs**

**Modelo:** BOOM-2C

**Especificaciones:** 2 pantallas a color CRT, 1280 x 1024 pixeles

**Costo:** 74,000 U.S.

**Comentario:** Usa solo 2 colores primarios en lugar de tres

**LEEP Systems Inc.**

**Modelo:** Freedom Boom

**Especificaciones:** Pantallas a color LCD, 720 x 240 pixeles

**Señal de vídeo:** NTSC o RGB

**Costo:** 10,000 U.S.

**Comentario:** Se utiliza en aplicaciones donde la resolución y el color son importantes

**Sonido**

**Crystal River Engineering**

**Modelo:** Convolvertron

**Entrada:** 4 canales

**Costo:** 15,000 U.S.

**Comentario:** Requiere una fuente de sonido o un secuenciador MIDI

**Focal Point 3D Audio**

**Modelo:** Focal Point

**Entrada:** 2 canales

**Costo:** 1,800 U.S.

**Comentario:** Sirve para una PC o una Macintosh

## Retroalimentación táctil

**ARRC/Airmuac Ltd.**

*Modelo:* Teletact II

*Entrada:* 30 bolsas de aire

*Fuerza de salida:* 12 psi

*Costo:* 4,900 U.S.

*Comentario:* El sistema de control se vende por separado con un costo de 13,400 U.S.

**Xtensory Inc.**

*Modelo:* Tactools XTT1

*Entrada:* 1 canal

*Fuerza de salida:* 30 gramos

*Costo:* 1,500 U.S.

*Comentario:* Se puede conectar a un puerto serial o de MIDI

**CM Research**

*Modelo:* DTSS X/10

*Entrada:* 8 canales

*Costo:* 10,000 U.S.

*Comentario:* Este dispositivo tiene la posibilidad de generar retroalimentación por temperatura, ya que utiliza termopares que pueden generar sensaciones de calor o frío.

## Retroalimentación de fuerzas

**Sarcos and the Center for Engineering Design**

*Modelo:* Exoskeletal Master

*DOF:* 10

*Costo:* 100,000 U.S. (prototipo)

*Comentario:* Puede utilizarse con el Sarcos Dexterous Arm para teleoperaciones

## - Dispositivos de entrada

### Reps cableada

**Sarcos and the Center for Engineering Design**

*Modelo:* Exoskeletal Hand Master

*Tipo:* Sensores mecánicos

*Sensores:* 16

*Costo:* Prototipo

*Comentario:* Su volumen lo limita para algunas aplicaciones

**EXOS Inc.**

*Modelo:* Dexterous Hand Master

*Tipo:* Sensores mecánicos

*Sensores:* 20

*Costo:* 15,000 U.S.

*Comentario:* Su volumen lo limita para algunas aplicaciones

**Virtual Technologies (Virtex)**

*Modelo:* CyberGlove CG1801

*Tipo:* Sensores de fibra óptica

*Sensores:* 18

*Costo:* 6,500 U.S.

*Comentario:* Incluye software para visualizar el movimiento en una computadora

**VPL Research**

*Modelo:* DataGlove 2+

*Tipo:* Sensores de fibra óptica

*Sensores:* 10

*Costo:* 8,800 U.S.

*Comentario:* Incluye sistema de rastreo Polhemus Isotrack. Existen diferentes tamaños

**VPL Research**

*Modelo:* DataSuit

*Tipo:* Sensores de fibra óptica

*Sensores:* 20

*Costo:* Prototipo

**Varas**

**Virtual Research**

*Modelo:* Wand

*DOF:* 6

*Costo:* Prototipo

*Comentario:* Incluye sistema de rastreo Polhemus Isotrack

**Bolas de fuerza**

**Polhemus Inc.**

*Modelo:* 3Ball

*DOF:* 6

*Costo:* Prototipo

*Comentario:* Incluye sistema de rastreo Polhemus Isotrack, el cual se monta en una bola de billar

**CIS**

*Modelo:* Geometry Ball

*DOF:* 6

*Costo:* Desde 1,400 U.S.

*Comentario:* Detecta fuerzas de hasta 4.5 lbs. Incluye 9 botones adicionales que puede programar el usuario.  
Existen 4 modelos a elegir

**Spaceball Technologies Inc.**

*Modelo:* Spaceball 2003

*DOF:* 6

*Costo:* 1,600 U.S.

*Comentario:* Detecta fuerzas de hasta 4.5 lbs. Incluye 9 botones adicionales que puede programar el usuario.

## Ratones

### Logitech Inc.

*Modelo:* 3-D Mouse

*DOF:* 2/6

*Costo:* 1,000 U.S.

*Comentario:* Utiliza un sistema de rastreo ultrasonico. Incluye 5 botones adicionales que puede programar el usuario

### SlimGraphics

*Modelo:* Flying Mouse

*DOF:* 2/6

*Costo:* 4,000 U.S.

*Comentario:* Utiliza un sistema de rastreo electromagnético

## Biosensores

### BioControl Systems Inc.

*Modelo:* Bio-signal Processing Unit

*Canales:* 8

*Costo:* 10,000 U.S.

*Comentario:* Múltiples electrodos dermales rastrean la actividad muscular. Señales eléctricas pueden ser procesadas por otros dispositivos como un MIDI o un videojuego.

### Dragon Systems Inc.

*Modelo:* DragonWriter and DragonDictate

*Costo:* 1,500 U.S.

*Comentario:* Software para reconocimiento de voz. No requiere hardware especial.

## Rastreadores

### Ascension Technology Corp.

*Modelo:* A Flack of Birds

*Tipo:* Electromagnético

*DOF:* 6

*Retardo:* 15 msec

*Rango de actualización:* 100 Hz

*Costo:* 3,200 U.S. (Incluye 2 sensores)

*Comentario:* Efectivo para rastrear los movimientos de la cabeza

### Faloutsos Labs

*Modelo:* Istruck II

*Tipo:* Electromagnético

*DOF:* 6

*Retardo:* menos de 25 msec

*Rango de actualización:* 50 Hz

*Costo:* 3,200 U.S.

*Comentario:* Sujeto a interferencia de objetos de metal, monitores de computadora o TV

**Pelhamus Labs**

**Modelo:** Fastrak

**Tipo:** Electromagnético

**DOF:** 6

**Retardo:** 4 msag

**Rango de actualización:** 120 Hz

**Costo:** 3,700 U.S.

**Comentario:** Soporta hasta 4 sensores

**Logitech Inc.**

**Modelo:** Head-tracker

**Tipo:** Ultrasonico

**DOF:** 6

**Retardo:** 20 msag

**Rango de actualización:** 50 Hz

**Costo:** 1,000 U.S.

**Comentario:** Sujeto a interferencia de otros sonidos de alta frecuencia

**Gyration Inc.**

**Modelo:** GyroEngineer

**Tipo:** Giroscópico

**DOF:** 3

**Retardo:** 4 msag

**Rango de actualización:** 1000 Hz

**Costo:** 1,500 U.S.

**Comentario:** Tiene ciertas limitaciones en el rango de movimiento angular

**Shooting Star Technology**

**Modelo:** ADL-1

**Tipo:** Mecánico

**DOF:** 6

**Retardo:** 4 msag

**Rango de actualización:** 300 Hz

**Costo:** 1,500 U.S.

**Comentario:** Tiene ciertas limitaciones en el rango de movimiento por el brazo mecánico

**GRC Ferrenti**

**Modelo:** GRD-1010

**Tipo:** LEDs infrarrojos

**DOF:** 6

**Retardo:** 4 msag

**Rango de actualización:** 240 Hz

**Costo:** 50,000 U.S.

**Comentario:** Debe ser colocado en un HMD o un guante, junto con un sensor óptico que rastrea los movimientos

## APENDICE B: DATOS OBTENIDOS DE LA INV. DE MERCADO

Con el fin de conocer el punto de vista de la posible población usuaria de sistemas basados en Realidad Virtual, se decidió a elaborar un cuestionario directo estructurado, el cual fue aplicado a médicos, enfermeras, técnicos y médicos residentes.

Para efectos de la investigación, se visitaron las 22 unidades operativas que comprenden la Delegación 3 Sureste. Cada visita tenía una duración de 4 horas totales, comprendidas en 2 horarios: de 10:00 AM a 12:00 AM y de 16:00 PM a 18:00 PM. Durante este periodo de 2 horas, se trataba de encuestar al mayor número de posibles usuarios. Al terminar las visitas, se recabaron un total de 307 encuestas, de las cuales se desecharon veinte, por considerar que los datos obtenidos no eran confiables.

El cuestionario que se les fue aplicado fue el siguiente:

<b>CUESTIONARIO</b>			
Instrucciones: Favor de contestar las siguientes preguntas con la información correspondiente.			
1. El hospital en donde usted labora, ¿qué nivel de atención proporciona?	<input type="checkbox"/> 1er. nivel	<input type="checkbox"/> 2do. nivel	<input type="checkbox"/> 3er. nivel
			<input type="checkbox"/> Estudiante
2. ¿Qué trabajo desempeña?	<input type="checkbox"/> Técnico especialista	<input type="checkbox"/> Médico especialista	
	<input type="checkbox"/> Enfermera	<input type="checkbox"/> Médico investigador	
	<input type="checkbox"/> Médico residente	<input type="checkbox"/> Médico general	
3. ¿Qué edad tiene?	<input type="checkbox"/> 18-25 años	<input type="checkbox"/> 26-35 años	<input type="checkbox"/> 36 a 50 años
			<input type="checkbox"/> Más de 50 años
4. ¿Con qué frecuencia utiliza la computadora?	<input type="checkbox"/> Nunca la ha utilizado	<input type="checkbox"/> 1 vez por semana	<input type="checkbox"/> 2 a 4 veces por semana
			<input type="checkbox"/> Más de 4 veces por semana
5. Actividades que realiza con la computadora	<input type="checkbox"/> Ninguna	<input type="checkbox"/> Comunicaciones (Internet, e-mail)	
	<input type="checkbox"/> Redacción de textos	<input type="checkbox"/> Juegos/entretenimiento	<input type="checkbox"/> Otros
	<input type="checkbox"/> Manejo de hojas de cálculo	<input type="checkbox"/> Elaboración de programas propios	<input type="checkbox"/> Especifique
6. ¿Ha oído hablar de Realidad Virtual?	<input type="checkbox"/> Si	<input type="checkbox"/> No	
¿Dónde?	<input type="checkbox"/> Revistas/periódicos	<input type="checkbox"/> Cursos	
	<input type="checkbox"/> Televisión	<input type="checkbox"/> Colegas	
	<input type="checkbox"/> Conferencias/simposios	<input type="checkbox"/> Otros	
	<input type="checkbox"/> Libros especializados	<input type="checkbox"/> Especifique	



7. ¿Cree usted que la Realidad Virtual tenga aplicación en medicina?  
 Sí  No  
 ¿Por qué? \_\_\_\_\_

\*\*\* Después de contestar esta pregunta, se muestra el folleto al encuestado. \*\*\*

8. ¿Considera usted interesante esta información?  
 Sí  No (Fin de encuesta)

9. ¿Consideraría usted útil, disponer de un sistema de Realidad Virtual para desempeñar su trabajo en específico?  
 Sí  No (Fin de encuesta)  
 ¿Por qué? \_\_\_\_\_

10. ¿Considera viable la implementación de sistemas de Realidad Virtual en el IMSS a corto plazo?  
 Sí  No  
 ¿Por qué? \_\_\_\_\_

11. ¿Piensa usted que a futuro sea una necesidad disponer de sistemas de Realidad Virtual en la institución?  
 Sí  No (Fin de encuesta)

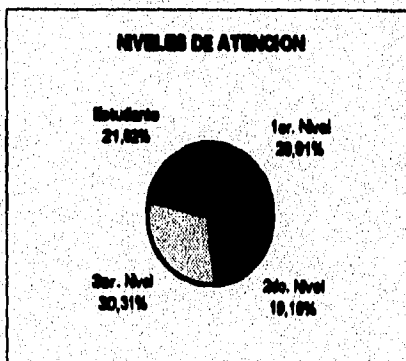
12. Si contestó afirmativamente la pregunta anterior, ¿en cuánto tiempo cree usted que la Realidad Virtual sea una necesidad?  
 Menos de 5 años  De 5 a 10 años  Más de 10 años

Gracias.

Los resultados obtenidos son los siguientes:

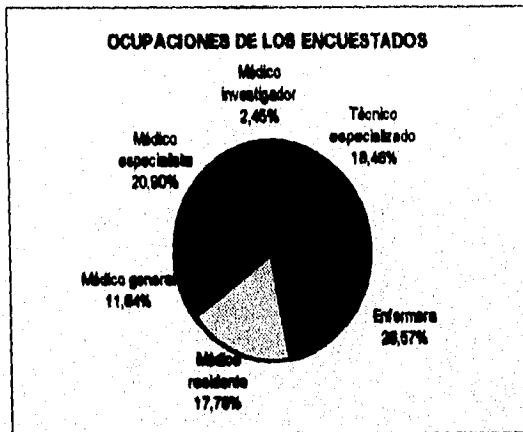
● Se encuestaron a:

- 83 trabajadores del primer nivel de atención
- 55 trabajadores del segundo nivel de atención
- 87 trabajadores del tercer nivel de atención
- 62 estudiantes



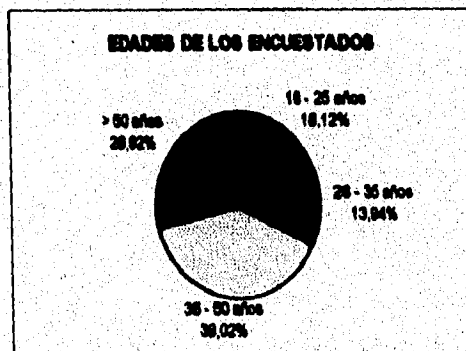
● Las ocupaciones de los 287 encuestados son:

- 53 técnicos especialistas
- 82 enfermeras
- 51 médicos residentes
- 34 médicos generales
- 60 médicos especialistas
- 7 médicos investigadores



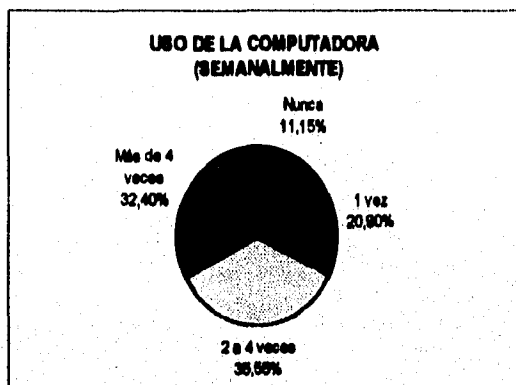
● Las edades de los encuestados están comprendidos en los siguientes intervalos:

- 52 encuestados entre 18 - 25 años
- 40 encuestados entre 26 - 35 años
- 112 encuestados entre 36 - 50 años
- 83 encuestados con más de 50 años



- La frecuencia con la que utilizan la computadora los encuestados es:

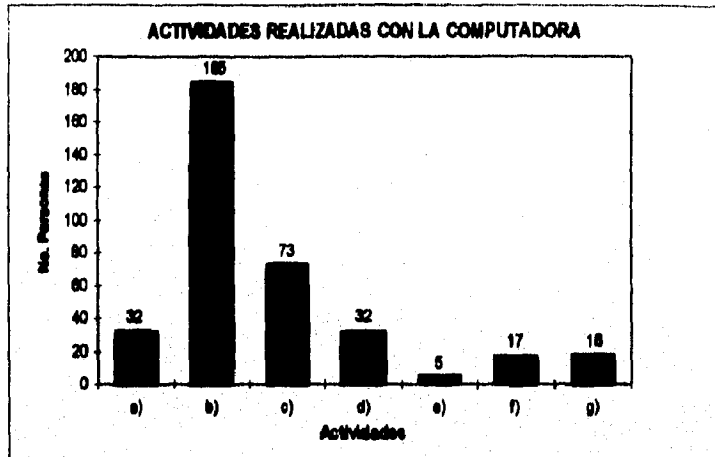
32 encuestados que nunca la ha utilizado  
60 encuestados la utilizan 1 vez por semana  
102 encuestados la utilizan de 2 a 4 veces por semana  
93 encuestados la utilizan más de 4 veces por semana



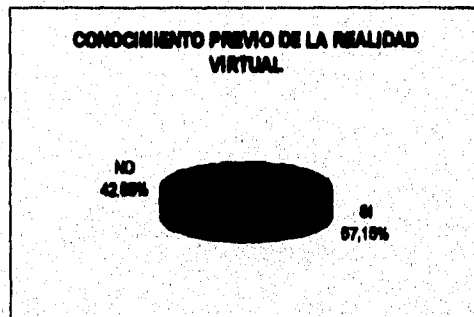
- Las actividades que realizan los encuestados con la computadora son:

- a) Ninguna
- b) Redacción de textos
- c) Manejo de hojas de cálculo
- d) Juegos/entretenimiento
- e) Elaboración de programas propios
- f) Comunicaciones
- g) Otros

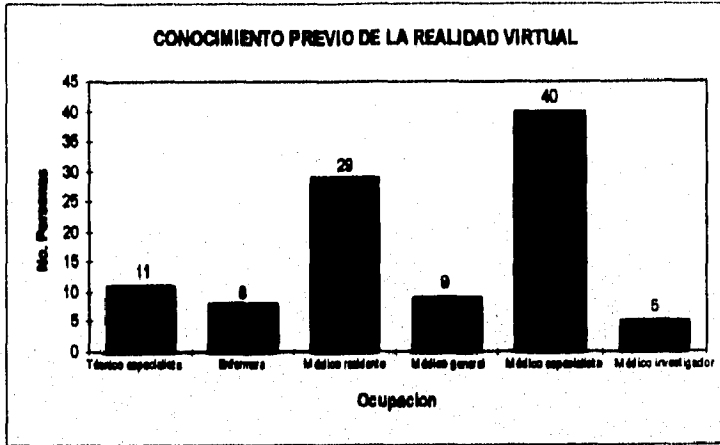
Dentro de la opción otros, las respuestas obtenidas fueron programas científicos y de uso específico para su trabajo.



● 164 encuestados tenía conocimiento de la Realidad Virtual.



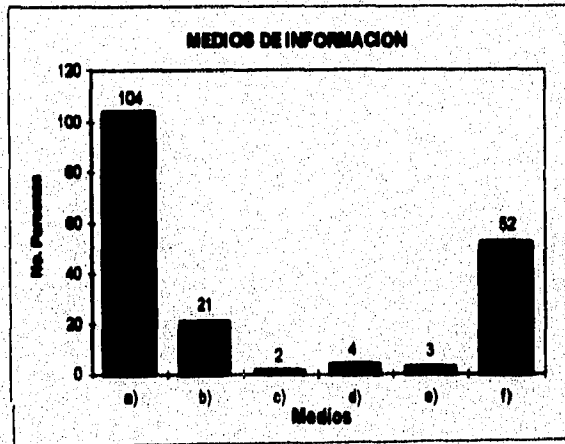
Las ocupaciones de las 164 personas que tenían conocimiento de la Realidad Virtual son:



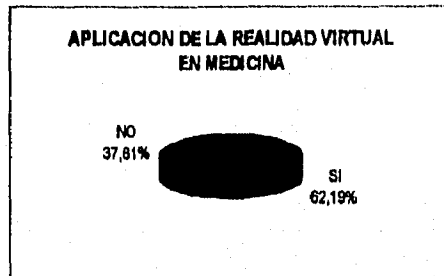
● El medio por el cual se enteraron de esta tecnología, básicamente fue por:

- a) Revistas/periódicos
- b) Televisión
- c) Conferencias/simposiums
- d) Libros especializados
- e) Por medio de colegas
- f) Otros

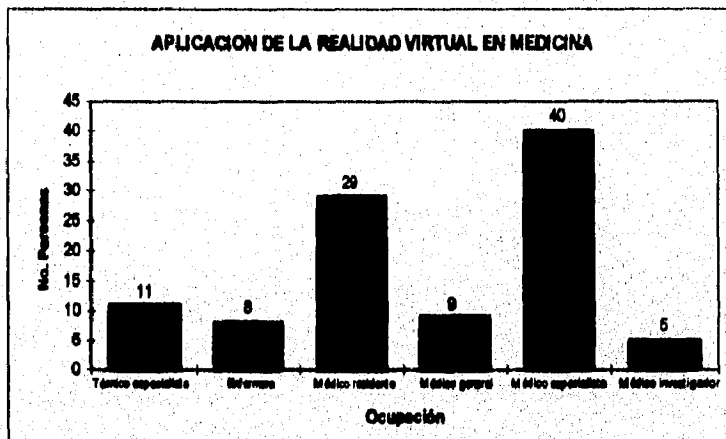
Dentro de la opción otros, las respuestas obtenidas se basaron en: cine, radio y por medio de juegos de vídeo.



- Las 164 personas que tenían conocimiento previo de la Realidad Virtual, 102 de ellas consideraron que la Realidad Virtual sí tiene aplicaciones en medicina, mientras que las restantes 62 no consideraban su utilización en el área médica.



Las ocupaciones de las 102 personas que consideraban que la Realidad Virtual tenía aplicaciones en medicina son:

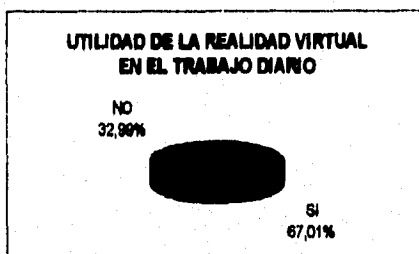


El motivo principal por el cual las personas tenían conocimiento de que la Realidad Virtual es empleada en el campo de la medicina, era debido a que la fuente de información por la cual se enteraron citaba ejemplos del empleo de la tecnología en medicina y/o la información era exclusiva del área de medicina. Las personas que respondieron negativamente a la pregunta, citaron que relacionaban a la Realidad Virtual con juegos de video, o bien, no se imaginaban cómo esta tecnología podía utilizarse en medicina.

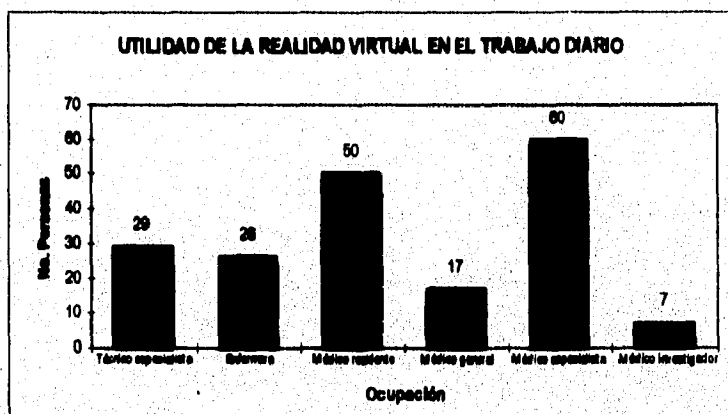
Tras haber contestado esta pregunta, a los 287 encuestados se les mostró un folleto, en el cual se explica lo que es la Realidad Virtual, sus requerimientos, aplicaciones, costo y el futuro de dicha tecnología. Al haber concluido su lectura, se les preguntó a los encuestados si se les había hecho interesante la

información, de los cuales sólo 2 personas respondieron que no les había resultado interesante, mientras que el resto (283 personas) contesto afirmativamente.

- Del 99.3% de los encuestados (285 personas) que consideraron interesante la información relativa a Realidad Virtual, sólo el 67% considero útil, el utilizar un sistema basado en Realidad Virtual para desarrollar su trabajo específico dentro del IMSS.



Las ocupaciones de las personas encuestadas que sí consideraron útil la utilización de un sistema basado en Realidad Virtual para desarrollar su trabajo son:



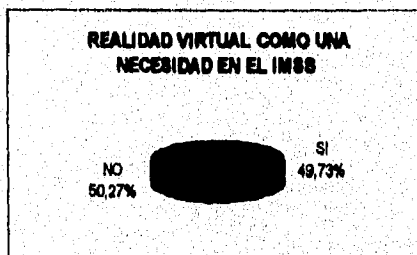
Los motivos por los cuales las personas consideran útil la utilización de un sistema de Realidad Virtual se basaron en la información que leyeron en el folleto, ya que consideraron que tendrían más opciones para aprender y practicar, agilizarían las investigaciones y podrían desarrollar nuevas investigaciones en menos tiempo y en general todos los encuestados consideraron que con la implantación de la Realidad Virtual tendrían más herramientas de trabajo.

Las personas que no consideraron útil la implantación de sistemas de Realidad Virtual, básicamente se basaron en el hecho de que no consideran necesario el usar un sistema con las características expuestas en el folleto, inclinándose más a la utilización de equipo que conocen plenamente.

- De las 191 personas encuestadas que consideraron útil el poder disponer de un sistema de Realidad Virtual para desempeñar su trabajo, sólo 12 personas, 5 médicos especialistas y 7 investigadores, consideraron viable la implantación de sistemas de Realidad Virtual en un corto plazo. Los motivos que expusieron fueron dos: el primer motivo fue que al utilizar un sistema de Realidad Virtual sería más fácil su trabajo, por lo que promoverían su adquisición en base a esa premisa y el segundo motivo radica en el hecho de que la Realidad Virtual es tecnología de punta y el IMSS se ha caracterizado por utilizar este tipo de tecnología. Estas 12 personas representan sólo el 9.94% de las encuestadas.

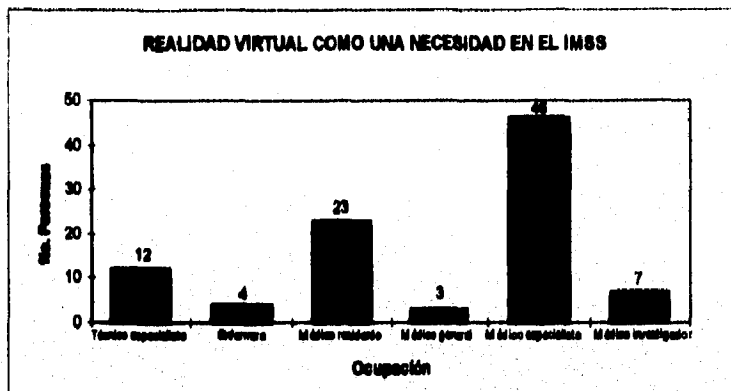
El 90,06% restante, es decir, las 179 personas que no consideran viable la implementación de sistemas de Realidad Virtual, coincidieron en tres puntos: el primero es la falta de recursos; el segundo es la urgencia de cubrir otras necesidades como la falta de medicamentos, obsolescencia de equipo así como la falta de mantenimiento a estos, aumento salarial, entre otros; el tercer punto se refirió a la falta de autonomía de las unidades hospitalarias, ya que aunque tengan el presupuesto para adquirir un sistema de Realidad Virtual, no pueden hacer uso de los recursos, mas que solo para lo que dispongan en el nivel central del IMSS.

- Finalmente, de las 191 personas que consideran útil el disponer de un sistema de Realidad Virtual para desempeñar su trabajo, el 49.73% (95 personas) consideraron que a futuro, la implantación de sistemas de Realidad Virtual será una necesidad para el Instituto. El 50.27% restante (96 personas) no considera que a futuro, la Realidad Virtual sea una necesidad para el Instituto.

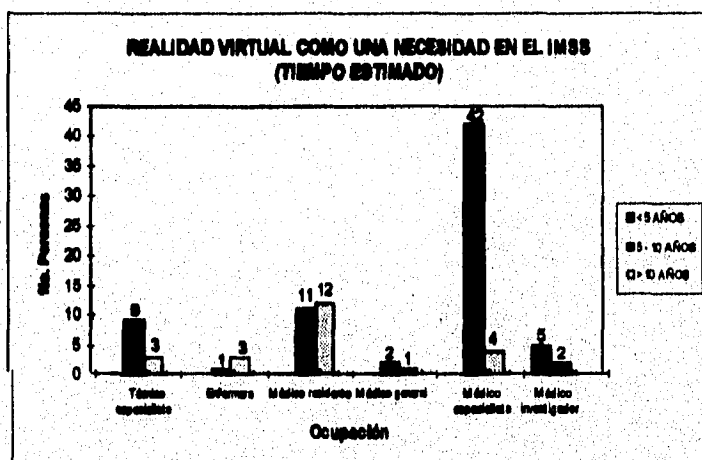


Las ocupaciones de las 95 personas que consideran la implementación de sistemas de Realidad Virtual como una necesidad para el Instituto son:





● El tiempo en que consideran las 95 personas encuestadas, que la Realidad Virtual se va a convertir en una necesidad, se muestra en la siguiente gráfica:



A continuación se muestra el folleto que se les mostró a cada uno de los encuestados.

## ¿QUE ES LA REALIDAD VIRTUAL?

Se trata de una novedosa y revolucionaria tecnología que consiste en la creación, mediante computadoras, de espacios y objetos simulados, con los que el hombre logra entrar en una interacción virtualmente real, con todos o varios de nuestros sentidos. El objetivo de la Realidad Virtual es dar al usuario la impresión de que el mundo creado por la computadora es real.

La palabra clave de esta nueva tecnología es *inmersión*. A través de ella la persona puede palpar, escudriñar, cambiar lo que observa en las imágenes que se proyectan ante sus ojos como si fuera algo real. Para lograr esta ilusión, son indispensables tres elementos:

- Los equipos especiales que permiten recrear la imagen virtual viva, tridimensional y a todo color y sumergir al individuo dentro de ella (pueden ser cascos y gafas especiales, guantes, trajes, controles externos, sensores, etc.).
- El programa computarizado y una potente computadora para ponerlo en funcionamiento.
- La habilidad humana de explorar y de cambiar un medio imaginario.

Los técnicos, ingenieros y científicos que trabajan en la creación de estos mundos virtuales, son conscientes de que la entrada del hombre en la Realidad Virtual no es un fin en sí mismo, sino un medio para desarrollar otras actividades humanas. Esta posibilidad nos ofrece una infinidad de aplicaciones potenciales. A continuación, se describen algunos de los campos en los que esta tecnología se ha convertido ya en una herramienta importante.

**Química.** Un científico puede crear una estructura de una molécula muy complicada sin usar ningún objeto físico y podrá manipularla. Esto es particularmente útil en algunas aplicaciones en que interesa estudiar la manera en que las formas de dos moléculas interactúan entre sí. El tipo de manipulaciones que permiten los modelos permite, por ejemplo, crear la ilusión de que la molécula es tan grande como un edificio y de que es posible moverse a través de ella.

**Arquitectura.** Es posible crear modelos virtuales de edificios que están en el proceso de planeación y que alguna vez se convertirán en verdaderos edificios físicos. Los modelos virtuales permiten a los diseñadores hacer experimentos que sería muy difícil de hacer de otra manera, o bien, recorrer los edificios antes de construirlos.

**Aplicaciones espaciales.** El entrenamiento de los astronautas se basa cada vez más en el uso de sistemas de Realidad Virtual que recrean escenarios del planeta Marte, por ejemplo.

**Medicina.** La importancia de la Realidad Virtual para la ciencia médica se hace cada vez más obvia.

Se puede crear una clínica virtual en donde un médico o estudiante de medicina pueda aprender y practicar las nuevas técnicas quirúrgicas en modelos anatómicos que contengan órganos que reaccionen ante los procedimientos quirúrgicos, tratamientos químicos, terapias, etc. Con esto, se tiene la oportunidad de familiarizarse con el problema de un paciente sin exponerlo a un largo tiempo de operación y se puede ensayar una o varias técnicas hasta lograr la más adecuada e inclusive fracasar varias veces, por que se esta

utilizando sólo un modelo virtual.

En otro caso, en la realización de ultrasonidos a mujeres embarazadas, en lugar de mirar un monitor, el médico puede mirar a través de la madre, pues las señales del ultrasonido son convertidas por la computadora en una imagen tridimensional viva. Con este mismo sistema es posible localizar y visualizar un tumor y estudiar el ángulo más conveniente para atacarlo.

Con toda su tecnología en desarrollo, la Realidad Virtual enfrenta la necesidad de superar exitosamente un conjunto de problemas.

Además de buscar una substancial disminución del tamaño de los dispositivos visuales y de mejorar la calidad de la imagen recibida por el usuario, la disposición de la Realidad Virtual al público enfrenta principalmente el aspecto económico: un equipo básico de Realidad Virtual para un usuario y el software para desarrollar la aplicación cuesta aproximadamente \$8,000.00 dólares. Sin embargo, si se toma en cuenta la celeridad con que se producen actualmente los avances dentro de las ciencias computacionales, la Realidad Virtual ofrecerá al hombre resultados espectaculares dentro de muy pocos años, con costos bastantes inferiores.

Sin embargo, por mucho que la Realidad Virtual llegue a perfeccionarse, nunca podrá reemplazar a la realidad concreta en la mente de las personas psicológicamente sanas, ya que una simulación en computadora, jamás podrá superar la infinita riqueza y variedad de la realidad. Un mundo sintético, por perfecto que sea, es sólo un mundo artificial.

**FALTA PAGINA**

**No.**

144

## GLOSARIO

<b>Ambiente/Entorno virtual</b>	Espacio en el que el usuario de la Realidad Virtual se imagina a sí mismo y en el que se produce la interacción; visualización de un mundo o escenario generado por computadora.
<b>ARM</b>	Argonne Remote Manipulator. Es un dispositivo de control y entrada con un movimiento de 6-DOF, a menudo utilizado para proporcionar realimentación al usuario en aplicaciones que conllevan fuerzas o torsiones.
<b>Atributo</b>	Un adjetivo, cualidad, rango distintivo o característica de una persona, lugar o cosa.
<b>Biosensores</b>	Dispositivos que detectan y procesan la mayoría de las señales bioeléctricas (por ejemplo, la actividad eléctrica de los músculos, el movimiento del ojo, etc.) convirtiéndolas en señales digitalizadas.
<b>CAD</b>	Diseño asistido por computadora; utilizado en la arquitectura y en el diseño de productos.
<b>CAM</b>	Fabricación asistida por computadora.
<b>CAT Scan</b>	Tomografía asistida por computadora; examen del cuerpo por rayos X.
<b>Ciberspacio</b>	Término creado por William Gibson, escritor de ciencia ficción, para describir espacios tridimensionales sintetizados por computadora. Los términos "Ciberspacio" y "Realidad Virtual" son a menudo intercambiados, pero algunos investigadores los distinguen basándose en los requisitos de cada uno.
<b>Convergencia</b>	En imágenes estereoscópicas, es cuando las imágenes izquierda y derecha se fusionan en una sola imagen.
<b>CRTs</b>	Terminales de presentación o pantallas de TV fabricadas con tubos de rayos catódicos. Son pesadas y voluminosas para muchas tareas. Las imágenes son producidas por electrones disparados a una pantalla de fósforo emisora de luz.
<b>Detección de colisión</b>	Habilidad computacional para calcular si un usuario comparte sus coordenadas espaciales con un objeto virtual.
<b>Digitalizado</b>	Convertido o traducido electrónicamente a dígitos que pueden ser procesados y visualizados por computadora.
<b>Efectores</b>	Dispositivos de entrada y salida que comunican los movimientos del usuario o comandos a la computadora o proveen estimulación sensorial entre la computadora y el usuario.
<b>Endoscopio</b>	Fino instrumento óptico con forma de tubo, provisto de una fuente luminosa que es insertado en una cavidad o u órgano del cuerpo para realizar un examen médico.
<b>Esterescópico</b>	Que proporciona un efecto tridimensional ya que cada ojo recibe una imagen ligeramente diferente de tal forma que, cuando son visualizadas juntas, parece tener profundidad.
<b>Esqueleto</b>	Estructura conectada mecánicamente para controlar y recibir realimentación de una aplicación.
<b>Fractal</b>	Algoritmo aleatorio que sirve para modelar fenómenos que parecen no tener orden.
<b>Generador de la realidad</b>	Sistema informático con software para generar objetos y mundos virtuales y permitir la interacción con el usuario.
<b>Geometría</b>	Información que describe los atributos físicos de objetos o mundos virtuales.
<b>Gráficos por computadora</b>	Dibujos o pinturas creados o introducidos en la computadora mediante escáner o fotografías. Pueden ser almacenados, recuperados y

	manipulados electrónicamente. Normalmente son percibidos como figuras geométricas o lineales.
<b>Háptico</b>	Perteneciente a las sensaciones táctiles mediante la piel, los músculos, tendones o articulaciones; que representa sensaciones táctiles (aunque no está limitado a ellas).
<b>Imagen</b>	Reproducción mental, manual o generada por computadora. Generalmente, es percibida como una serie de píxeles.
<b>Interfaz</b>	Cualquier cosa que se utilice para conectar al usuario con un programa.
<b>Latencia</b>	Retraso entre el movimiento del usuario y la respuesta del sistema.
<b>LCD</b>	Pantalla de cristal líquido utilizada en las calculadoras y los relojes digitales. Al aplicarse un campo eléctrico a una superficie de moléculas de cristal líquido, estas se comportan como filtros de polarización de luz.
<b>MRI</b>	Magnetic Resonance Imaging. Imagen del cuerpo derivada de lecturas de energía magnética.
<b>Multimedia</b>	Combinación de textos, imágenes, videos de movimiento y sonidos. Se requiere potencia computacional.
<b>NTSC</b>	National Television System Committee. Establece los estándares oficiales para las señales de transmisión por video.
<b>Píxeles</b>	Puntos de una pantalla que forman letras o dibujos. El número de píxeles por pulgada determina la nitidez de la imagen.
<b>Polígono</b>	Figura plana formada por tres o más líneas rectas. Es la pieza más pequeña de una presentación virtual.
<b>Reconocimiento de gestos</b>	Interpretación de la computadora de los movimientos de la mano, cara o del cuerpo como órdenes de acción.
<b>Reconocimiento de voz</b>	Reconocimiento de la voz humana como entrada a la computadora, transcribiendo lo que es hablado, analizando las muestras de sonido y convirtiéndolo en texto digitalizado.
<b>Realidad artificial</b>	Espacios simulados generados por computadora; una combinación de sistemas computacionales y videosistemas.
<b>Realidad aumentada</b>	Comparada a realidad virtual; percepción mejorada; cuando una persona escoge fiarse del mundo real como franja de referencia, pero utiliza una presentación transparente para aumentarla, por ejemplo, una superposición esquemática del motor un coche.
<b>Realidad proyectada</b>	Una imagen de los movimientos del usuario es proyectada junto con otras imágenes en una extensa pantalla, donde el usuario puede verse a sí mismo como si estuviese en la escena.
<b>Retroalimentación de fuerzas</b>	Dispositivo de salida que transmite presión, fuerza o vibración para proporcionar al usuario sentido del tacto. Simula la resistencia al movimiento.
<b>Retroalimentación táctil</b>	Retroalimentación dirigida a través de la simulación del sentido del tacto o sensación física que refleja la magnitud de la fuerza.
<b>Realización</b>	Actualización de una imagen en un entorno virtual; convertir datos en objetos visualizables.
<b>Resolución</b>	Medida de la calidad de la imagen, generalmente expresada en puntos por pulgada. Mientras más puntos, más nítida es la imagen.
<b>RGB</b>	Siglas de los colores primarios: rojo, verde y azul (Red, Green, Blue). Las combinaciones e intensidades de estos tres colores son utilizadas para representar el espectro completo.
<b>Simulación</b>	Proceso para generar condiciones de ensayo que se aproximan a las condiciones reales u operacionales.
<b>Sinergia</b>	Acción de cooperar dos o más órganos comunes en un fin común.
<b>Sonido espacial</b>	Notas y tonos que parecen emanar de diferentes y variables distancias, obteniéndose un sonido envolvente.
<b>Telepresencia</b>	Medio que proporciona a la persona la sensación de estar físicamente en

<b>Tiempo real</b>	una escena remota. Este término fue creado por Marvin Minsky.
<b>Torsión</b>	Momento justo en que algo sucede.
<b>Valores absolutos</b>	Rotación alrededor de un eje. Posición y orientación dentro de un espacio virtual como medida de un punto simple y constante que sirve de origen, por ejemplo, una esquina del espacio virtual. Si el objeto es movido, se ignoran las medidas previas y se toman nuevas medidas de posición y orientación.
<b>Valores relativos</b>	Valores de posición y orientación relativos a la posición y orientación anteriores en un espacio virtual.
<b>Visualización</b>	Tomar datos (generalmente científicos), explorar su significado y hacerlos más comprensibles presentándolos en una simulación intuitiva; es usada principalmente en física, química y aplicaciones médicas.
<b>Virtual</b>	Se refiere a la esencia o efecto de algo, más no al hecho; lo que físicamente no existe.

## REFERENCIAS

- (1) N.Tijonoy, D.P.Kostomárov, "Algo acerca de la matemática aplicada", Ed. Mir, Moscú 1993, Pag. 101.
- (2) Ken Pimentel, Kevin Teixeira. "Virtual Reality: Through the new looking glass", Intel/Windcrest/McGraw Hill, E.U.A., 1993, Pag. 8.
- (3) Computerword, Año 15, Núm. 411, México, D.F., Pag. 22.
- (4) L. Casey Larijani "Realidad Virtual", McGraw-Hill, Madrid, España, 1994, Pag 9.
- (5) Alejandro de la Fuente. "Realidad Virtual una clave del futuro", en Mundo 21 (México, D.F.), Año 4, No. 12, Pags. 35-36.
- (6) Alejandro de la Fuente. "Realidad Virtual una clave del futuro", en Mundo 21 (México, D.F.), Año 4, No. 12, Pag. 39.
- (7) Ken Pimentel, Kevin Teixeira. "Virtual Reality: Through the new looking glass", Intel/Windcrest/McGraw Hill, E.U.A., 1993, Pag. 19.
- (8) Tom Hayward. "Adventures in virtual reality", QUE, Carmel IN, 1993, Pag. 32.
- (9) Ken Pimentel, Kevin Teixeira. "Virtual Reality: Through the new looking glass", Intel/Windcrest/McGraw Hill, E.U.A., 1993, Pag. 37.
- (10) L. Casey Larijani "Realidad Virtual", McGraw-Hill, Madrid, España, 1994, Pag 207.
- (11) Tom Hayward. "Adventures in virtual reality", QUE, Carmel IN, 1993, Pag. 54.
- (12) Ken Pimentel, Kevin Teixeira. "Virtual Reality: Through the new looking glass", Intel/Windcrest/McGraw Hill, E.U.A., 1993, Pag. 105.
- (13) Ken Pimentel, Kevin Teixeira. "Virtual Reality: Through the new looking glass", Intel/Windcrest/McGraw Hill, E.U.A., 1993, Pag. 108.
- (14) Ken Pimentel, Kevin Teixeira. "Virtual Reality: Through the new looking glass", Intel/Windcrest/McGraw Hill, E.U.A., 1993, Pag. 109.

- (15) Ken Pimentel, Kevin Teixeira. "Virtual Reality: Through the new looking glass", Intel/Windcrest/McGraw Hill, E.U.A., 1993, Pag. 110.
- (16) L. Casey Larjani "Realidad Virtual", McGraw-Hill, Madrid, España, 1994, Pag. 42.
- (17) Nicholas Lavroff. "Mundos virtuales. Realidad virtual y ciberespacio", Anaya Multimedia América, México, D.F., 1994, Pag. 35
- (18) Ken Pimentel, Kevin Teixeira. "Virtual Reality: Through the new looking glass", Intel/Windcrest/McGraw Hill, E.U.A., 1993, Pag. 121.
- (19) Tom Hayward. "Adventures in virtual reality", QUE, Carmel IN, 1993, Pag. 57.
- (20) Tom Hayward. "Adventures in virtual reality", QUE, Carmel IN, 1993, Pag. 63.
- (21) Tom Hayward. "Adventures in virtual reality", QUE, Carmel IN, 1993, Pag. 67.
- (22) L. Casey Larjani "Realidad Virtual", McGraw-Hill, Madrid, España, 1994, Pag. 52.
- (23) L. Casey Larjani "Realidad Virtual", McGraw-Hill, Madrid, España, 1994, Pag. 53.
- (24) Ken Pimentel, Kevin Teixeira. "Virtual Reality: Through the new looking glass", Intel/Windcrest/McGraw Hill, E.U.A., 1993, Pag. 129.
- (25) Ken Pimentel, Kevin Teixeira. "Virtual Reality: Through the new looking glass", Intel/Windcrest/McGraw Hill, E.U.A., 1993, Pag. 130.
- (26) Ken Pimentel, Kevin Teixeira. "Virtual Reality: Through the new looking glass", Intel/Windcrest/McGraw Hill, E.U.A., 1993, Pag. 133.
- (27) L. Casey Larjani "Realidad Virtual", McGraw-Hill, Madrid, España, 1994, Pag. 41.
- (28) L. Casey Larjani "Realidad Virtual", McGraw-Hill, Madrid, España, 1994, Pag. 39.



- (29) L. Casey Larjani "Realidad Virtual",  
McGraw-Hill, Madrid, España, 1994, Pag. 20.
- (30) Ken Pimentel, Kevin Teixeira. "Virtual Reality: Through the new looking glass",  
Intel/Windcrest/McGraw Hill, E.U.A., 1993, Pag. 90.
- (31) Ken Pimentel, Kevin Teixeira. "Virtual Reality: Through the new looking glass",  
Intel/Windcrest/McGraw Hill, E.U.A., 1993, Pag. 82.
- (32) Ken Pimentel, Kevin Teixeira. "Virtual Reality: Through the new looking glass",  
Intel/Windcrest/McGraw Hill, E.U.A., 1993, Pag. 84.
- (33) Ken Pimentel, Kevin Teixeira. "Virtual Reality: Through the new looking glass",  
Intel/Windcrest/McGraw Hill, E.U.A., 1993, Pag. 93.
- (34) L. Casey Larjani "Realidad Virtual",  
McGraw-Hill, Madrid, España, 1994, Pag. 105.
- (35) L. Casey Larjani "Realidad Virtual",  
McGraw-Hill, Madrid, España, 1994, Pag. 107.
- (36) L. Casey Larjani "Realidad Virtual",  
McGraw-Hill, Madrid, España, 1994, Pag. 107.
- (37) L. Casey Larjani "Realidad Virtual",  
McGraw-Hill, Madrid, España, 1994, Pag. 163.
- (38) L. Casey Larjani "Realidad Virtual",  
McGraw-Hill, Madrid, España, 1994, Pag. 163.
- (39) L. Casey Larjani "Realidad Virtual",  
McGraw-Hill, Madrid, España, 1994, Pag. 167.
- (40) L. Casey Larjani "Realidad Virtual",  
McGraw-Hill, Madrid, España, 1994, Pag. 177.
- (41) L. Casey Larjani "Realidad Virtual",  
McGraw-Hill, Madrid, España, 1994, Pag. 140.
- (42) L. Casey Larjani "Realidad Virtual",  
McGraw-Hill, Madrid, España, 1994, Pag. 141.
- (43) V. F. B. "Pasco por el planeta Marte",  
en Muy Interesante (México, D.F.), Año 8, No. 12, Pags 50-52.

- (44) L. Casey Larijani "Realidad Virtual",  
McGraw-Hill, Madrid, España, 1994, Pag. 123.
- (45) L. Casey Larijani "Realidad Virtual",  
McGraw-Hill, Madrid, España, 1994, Pag. 123.
- (46) Ken Pimentel, Kevin Teixeira. "Virtual Reality: Through the new looking glass",  
Intel/Windcrest/McGraw Hill, E.U.A., 1993, Pag. 230.
- (47) L. Casey Larijani "Realidad Virtual",  
McGraw-Hill, Madrid, España, 1994, Pag. 132.
- (48) Jean Segura. "Los juegos virtuales",  
en Mundo Científico (Barcelona España), Vol. 14, No. 148, Pags 634-639.
- (49) L. Casey Larijani "Realidad Virtual",  
McGraw-Hill, Madrid, España, 1994, Pag. 149.
- (50) L. Casey Larijani "Realidad Virtual",  
McGraw-Hill, Madrid, España, 1994, Pag. 150.
- (51) L. Casey Larijani "Realidad Virtual",  
McGraw-Hill, Madrid, España, 1994, Pag. 151.
- (52) Franck Barnu. "Programar lo virtual",  
en Mundo Científico (Barcelona España), Vol. 14, No. 148, Pags 618-621.
- (53) Ken Pimentel, Kevin Teixeira. "Virtual Reality: Through the new looking glass",  
Intel/Windcrest/McGraw Hill, E.U.A., 1993, Pag. 196.
- (54) Ken Pimentel, Kevin Teixeira. "Virtual Reality: Through the new looking glass",  
Intel/Windcrest/McGraw Hill, E.U.A., 1993, Pag. 197.
- (55) Ken Pimentel, Kevin Teixeira. "Virtual Reality: Through the new looking glass",  
Intel/Windcrest/McGraw Hill, E.U.A., 1993, Pag. 199.
- (56) L. Casey Larijani "Realidad Virtual",  
McGraw-Hill, Madrid, España, 1994, Pag. 84.
- (57) L. Casey Larijani "Realidad Virtual",  
McGraw-Hill, Madrid, España, 1994, Pag. 87.
- (58) L. Casey Larijani "Realidad Virtual",  
McGraw-Hill, Madrid, España, 1994, Pag. 97.

- (59) Ken Pimentel, Kevin Teixeira. "Virtual Reality: Through the new looking glass", Intel/Windcrest/McGraw Hill, E.U.A., 1993, Pag. 204.
- (60) Francis Hamit. "Virtual Reality and the exploration of cyberspace", Sams Publishing, E.U.A., 1993, Pags 103.
- (61) Francis Hamit. "Virtual Reality and the exploration of cyberspace", Sams Publishing, E.U.A., 1993, Pags 107.
- (62) Comisión Nacional para los países del Sur,  
"Comisión Nacional de Desarrollo para los países del Sur", Pag. 55
- (63) Juan José Soldado. "La historia de la Ciencia y de la Tecnología Mexicanas y la Modernización" en Ciencia y Desarrollo, (México, D.F.), Vol. 21, No. 122, Pag. 68
- (64) Miguel Angel Campos, Sara Rosa Medina. "Política científica e innovación tecnológica en México", IDIAS UNAM, México, D.F., 1992, Pag. 60.
- (65) Comisión Nacional para los países del Sur,  
"Comisión Nacional de Desarrollo para los países del Sur", Pág. 63