

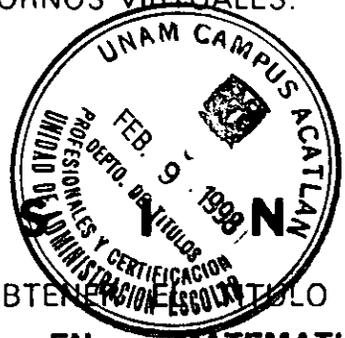
9  
2es.



# UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES  
ACATLAN

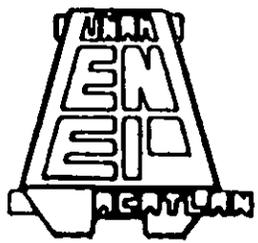
EL METODO DE GRAFICACION EN TRES DIMENSIONES. APLICADO EN EL DESARROLLO DE ENTORNOS VIRTUALES.



**T E S I S**

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:  
**LICENCIADA EN MATEMATICAS APLICADAS Y COMPUTACION**  
**P R E S E N T A :**  
**LEONOR MARIA DOMINGUEZ ZAZUETA**

ASESOR: ING. ADALBERTO LOPEZ LOPEZ



MEXICO.

1998

**TESIS CON FALLA DE ORIGEN**

258346



Universidad Nacional  
Autónoma de México

UNAM



## **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 está 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.

# Gracias

## **A MIS PADRES**

Que son las personas que más amo en el mundo, gracias por la paciencia que me tienen, por confiar en mí, y por todo ese apoyo que me han brindado, deseando que siempre estén conmigo compartiendo estos momentos.

## **A MIS HERMANOS**

Que después de mis padres son los que más amo, gracias por soportarme, apoyarme y quererme tanto como yo los quiero, no se imaginan cuanto los he extrañado pero esto lo compensa.

## **A MIS TIAS**

Que a pesar de que no querían que estudiará tan lejos, me apoyaron y trataron de que la distancia no fuese tan grande, recordandome siempre que estaban conmigo, gracias las amo.

## **A ISIDRO**

Que sin esperarlo llego a mi vida, para darme cuenta que aún quedan muchas cosas por hacer y espero compartirlas juntos, gracias por insistir tanto, te quiero.

## **A ALMA**

Gracias por ser mi mejor amiga, por ayudarme a ser mejor cada día, por escucharme y espero que sigamos siempre tan unidas.

## **A MIS AMIGOS GUADALUPE Y BRAULIO**

Que son mis mejores amigos, gracias por estar conmigo en las buenas y malas y por soportarme, los quiero.

---

# ÍNDICE

<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	4
<b>1. ANTECEDENTES</b> .....	6
1.1 Nacimiento de las Computadoras Gráficas .....	6
1.1.1 Animación antes de las Computadoras .....	6
1.1.2 Primer Dispositivo de Imágenes:Televisión .....	6
1.1.3 Dispositivos, Técnicas y Programas en 1960 .....	7
1.1.4 Desarrollo del hardware y software de la imagen por computadora en 1970 .....	8
1.1.5 Animación y efectos especiales en las imágenes en 1980 .....	9
1.1.6 El avance del software en las imágenes tridimensionales en 1990 .....	10
1.2 Pioneros de la Realidad Virtual .....	10
1.2.1 Morton Heilig .....	10
1.2.2 Ivan Sutherland .....	11
1.2.3 Dr. Frederick P. Brooks Jr. ....	12
1.2.4 Thomas Furness .....	13
1.2.5 Myron Krueger .....	14
<b>2. FUNDAMENTOS DE TRES DIMENSIONES</b> .....	16
2.1 Definiciones .....	16
2.1.1 Animación .....	16
2.1.2 Animación Tradicional .....	16
2.1.3 Animación en Dos Dimensiones .....	17
2.1.4 Tiempo Real .....	18
2.1.5 Tiempo Simulado .....	18
2.1.6 Animación en Tres Dimensiones .....	18
2.1.7 Modelado .....	19
2.1.8 Reproducción .....	20
2.2 Técnicas existentes de graficación 3D .....	22
2.2.1 Arquitectura Gráfica Distribuida .....	22
2.2.2 Arquitectura de Máquina Gráfica Integrada .....	23
2.2.3 Modelos de Aplicaciones Gráficas .....	24
2.2.4 Modelo Gráfico DIGL .....	24
2.3 Matemáticas para graficación en 3D .....	25
2.3.1 Transformaciones Lineales .....	25
2.3.2 Transformaciones de Coordenadas .....	29
2.3.3 Proyección de Objetos en 3D en un Plano .....	31
2.3.3.1 Proyección en Perspectiva .....	32
2.3.3.2 Proyección Peralela .....	32
2.3.4 Sistemas de Vistas .....	33
2.3.4.1 Especificaciones del Plano de Proyección .....	33
2.3.4.2 Recorte .....	34
2.3.4.3 Transformaciones de Vistas .....	35
2.3.4.4 Construcción de una Vista Tridimensional .....	36

---

2.4 Requerimientos para 3D .....	36
2.4.1 Software .....	36
2.4.1.1 AutoCAD .....	37
2.4.1.1.1 AUTOLIPS .....	40
2.4.1.2 Visual Basic .....	40
2.4.2 Hardware .....	43
2.4.2.1 Unidad Central de Proceso .....	43
2.4.2.2 Dispositivos de Computadoras .....	43
2.4.2.3 Monitor .....	43
2.4.2.4 Tarjetas de Video .....	45
2.4.2.5 Plataformas Low-End .....	47
2.4.2.6 Plataformas High-End .....	48
<b>3. FUNDAMENTOS DE REALIDAD VIRTUAL .....</b>	<b>49</b>
3.1 Definiciones .....	49
3.1.1 Virtual .....	49
3.1.2 Real .....	49
3.1.3 Realidad Virtual .....	49
3.1.4 La Vista .....	50
3.1.5 El Oído .....	51
3.1.6 Punto de Vista .....	51
3.1.7 Navegación .....	51
3.1.8 Manipulación .....	52
3.1.9 Inmersión .....	52
3.2 Técnicas existentes para realidad virtual .....	53
3.2.1 RV Inmersiva .....	53
3.2.2 Simulación RV .....	54
3.2.3 Proyección RV .....	54
3.3 Matemáticas para visualizar imágenes en RV .....	55
3.3.1 Sistemas de Coordenadas .....	55
3.3.2 Base de Datos .....	55
3.3.3 Rotación .....	56
3.3.4 Álgebra de Matriz y Vector .....	56
3.3.5 Transformación del Sistema de Coordenadas .....	57
3.3.6 Matrices Homogéneas .....	57
3.3.7 Visualización en la Pantalla .....	57
3.4 Requerimientos para RV .....	57
3.4.1 Software .....	57
3.4.1.1 Partes del Software para RV .....	59
3.4.1.2 Elementos a investigar antes de comprar un software .....	60
3.4.2 Hardware .....	67
3.4.2.1 Dispositivos de Entrada .....	68
3.4.2.2 Ratones y Joysticks tridimensional .....	68
3.4.2.3 Guante de Datos .....	69
3.4.2.4 Dispositivos de Salida .....	71
3.4.2.5 Dispositivos Montados sobre la Cabeza .....	71
3.4.2.6 Lentes .....	71

---

3.4.2.7 Sonido 3D .....	73
3.4.2.8 Retroalimentación .....	75
3.4.2.9 Olfato .....	76
<b>4. APLICACIONES DE REALIDAD VIRTUAL .....</b>	<b>77</b>
4.1 Aplicaciones en diferentes áreas .....	77
4.2 Desarrollo de una Aplicación en la UNAM .....	80
4.2.1 Diseño de espacios virtuales .....	80
4.2.2 Preparación .....	80
4.2.3 Solución .....	81
4.2.4 Salida del espacio virtual diseñado .....	83
4.3 Selección de herramientas .....	84
4.4 Solución de la aplicación .....	86
4.4.1 VRLM .....	86
4.4.2 Visualización .....	88
<b>CONCLUSIONES .....</b>	<b>90</b>
<b>APÉNDICE .....</b>	<b>92</b>
<b>GLOSARIO .....</b>	<b>96</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>99</b>

---

---

# INTRODUCCIÓN

En la actualidad, rodearse de imágenes y sumergir nuestros sentidos de tal manera que la línea entre el mundo real y el imaginario desaparezca es posible, gracias a la convergencia dinámica de diferentes tecnologías.

En los años 60s la tecnología que existía en este tiempo no permitía la generación de imágenes de objetos en tres dimensiones debido al desarrollo, por el alto costo de memoria, ya que los sistemas no contaban con la cantidad de memoria necesaria. Hoy en día esto no es un problema, ya que la velocidad y potencia de la computadora combinada con avances en procesamiento de imágenes, mecanismos de búsqueda e intuición humana en la comunicación por computadora dan lugar al medio llamado Realidad Virtual (RV).

La imagen visual es el aspecto más importante de un sistema de realidad virtual, ya que éste puede vencer la falta de sonido o tacto; para crearlo es necesario utilizar un sistema de gráficas por computadora tridimensional (3D), para simular tanto el movimiento como el manejo de objetos en el plano.

El objetivo de este trabajo es dar una visión al lector del método de graficación en tres dimensiones que es usado en la creación de entornos virtuales, conociendo definiciones y requerimientos necesarios para éstos; y de igual forma dar una visión del uso de las matemáticas en la creación de objetos utilizados para los mismos.

Un sistema de gráficos tridimensional, es el proceso de crear modelos en tres dimensiones dentro de la memoria de la computadora colocando luces y aplicando texturas, enviando a la computadora el ángulo del cual se desea ver la escena en 3D, así, se genera una imagen que simula las condiciones definidas en la escena. La animación en tres dimensiones envuelve los mismos pasos, pero añade coreografía o movimiento a los objetos, luces o cámaras.

Para entender la producción de imágenes de diferentes objetos en una escena, se analizará la vinculación que existe de los métodos de graficación en tres dimensiones con los diferentes dispositivos utilizados en realidad virtual, los cuales permiten la inmersión del usuario en la escena visual que simula un entorno real, permitiendo al usuario percibir una visualización más real del entorno.

Para la realización del presente trabajo, se definirán conceptos de graficación en tres dimensiones y realidad virtual, se conocerán algunas de las técnicas existentes usadas en la graficación, algoritmos matemáticos utilizados para la manipulación de imágenes, requerimientos de hardware y software, y por último se conocerán algunas aplicaciones de realidad virtual en diferentes áreas y una aplicación desarrollada en la UNAM.

La información obtenida de la investigación se organizó de la siguiente manera:

En el primer Capítulo Antecedentes, se muestra algunas de las investigaciones más sobresalientes que ayudaron al surgimiento de la graficación en 3D y Realidad Virtual, con el fin de ubicar al lector en el contexto de la graficación por computadora como base de la RV en la actualidad.

---

En el Capítulo 2 Fundamentos de programación en 3D; se define la teoría fundamental de la graficación, las diferentes técnicas, así como los dispositivos de hardware y software utilizados para la programación de graficación en 3D.

En el Capítulo 3 Fundamentos de programación en RV, se define la teoría fundamental de realidad virtual, y técnicas , así como tecnologías recientes que le dan soporte, haciéndola más factible para el desarrollo de aplicaciones de vanguardia en muchas áreas del conocimiento.

En en Capítulo 4 Aplicaciones, se muestran ejemplos de áreas en las cuales ha tenido mayor impacto la RV, así, como el análisis de una aplicación desarrollada en la UNAM.

Y por último, como parte complementaria del trabajo, se incluyen las conclusiones obtenidas durante el desarrollo del mismo, y con el fin de comprender mejor el contenido de éste se incluye un glosario de términos, apéndice y bibliografía consultada.

# CAPITULO 1 ANTECEDENTES

## 1.1.- NACIMIENTO DE LAS COMPUTADORAS GRÁFICAS

### 1.1.1.- ANIMACIÓN ANTES DE LAS COMPUTADORAS

La animación fue el precursor de la película y las imágenes en movimiento. En 1824 un estudiante llamado Peter Mark Roget publicó un artículo llamado "La persistencia de visión con la observación de objetos en movimiento", el cual determinó que el ojo humano retiene una imagen por una larga fracción de segundos.

El siguiente paso en la animación, fue el desarrollo de la película transparente *light-sensitive*. En 1887 Hannibal Goodwin, un fotógrafo amateur en Newark, New Jersey creó la película de celuloide sobre la emulsión de *light-sensitive*, poco después George Eastman desarrolló una película similar que podía ser usada con una cámara kodak que él inventó, la nueva película de celuloide tuvo muchas ventajas, y esencialmente dio el nacimiento de las cámaras de película modernas y proyectores de hoy.

A medida que creció el cine por todos lados en los Estados Unidos, las caricaturas animadas fueron más y más populares, el primero fue en 1906 de J. Stuart Blacktons, "Humorous Phases of Funny Faces".

Durante este período, un dibujo completo era requerido por cada animación creada, este problema fue vencido por John Bray alrededor de 1913, lo determinó usando papel translúcido para imprimir el dibujo en el fondo. Earl Hurd también usó hojas de celuloide, pero pintó los caracteres sobre ellas, así el carácter podía fácilmente ser cubierto en fondos compuestos. Así es como el término "cel animation" se originó.

Pocos años después, una de las más memorables caricaturas animadas hizo su debut: Mickey Mouse, en 1923 Walt Disney comenzó creando historias de caricaturas para niños y en 1928 creó "Buque de Vapor Willie", primer corto estelarizado por Mickey Mouse, en este tiempo la dirección popular en películas incluyó una trayectoria de sonido sincronizado, y éste se convirtió en el primer dibujo animado con sonido. En 1937, Disney publicó la primera película animada de largo metraje: "Blanca Nieves y los Siete Enanos"; continuó creando películas, incluyendo el sitio de interés con "Fantasía" en 1940. Actualmente, los Estudios Walt Disney continúan emitiendo películas de alta calidad.

Los experimentos con películas a color con movimiento comenzaron en 1906 y no fue hasta 1933 que el proceso fue perfeccionado y comercialmente viable. La película "Becky Sharp" (1935), basada en una novela de William Makepeace Thackeray, fue la primera en usar sistema technicolor (tres colores). El color creció rápidamente en popularidad, y en 1950 ya muy pocas películas fueron producidas en blanco y negro. Desde los años 50's hasta hoy la mayoría de las técnicas para producir películas no han tenido muchos cambios.

### 1.1.2.- PRIMER DISPOSITIVO DE IMAGENES: LA TELEVISIÓN

En 1923, el Físico Ruso Vladimir Kosma Zworykin inventó el iconoscopio, la primera cámara de video. La falta de una buena cámara de video fue la principal restricción en el desarrollo de la televisión, así trabajando con una cámara de video y otros avances electrónicos tales como el tubo al vacío, la televisión fue una realidad hasta 1920. Para comprenderlo mejor, una cámara de video por dentro convierte la distribución de luz en señales eléctricas análogas, las cuales son el código que puede ser transmitido a través del aire o un cable de TV instalado.

### 1.1.3.- DISPOSITIVOS, TÉCNICAS Y PROGRAMAS EN 1960

A mediados de 1940, un joven estudiante del Instituto Tecnológico de Massachusetts (MIT) llamado Jay Forrester, fue seleccionado para encabezar un grupo de investigación, y fue también el responsable de diseñar el equipo que entrenaría nuevos pilotos y examinaría el nuevo diseño de un avión aerodinámico, esto determinó que una computadora digital pudiera ser la mejor herramienta para este proyecto.

La nueva computadora digital fue conocida como **Whirl-wind**. Pocos años después, el origen del proyecto cambió de un simulador Tester a un sistema de defensa de radar computarizado. En Abril 20 de 1951, tuvo su primera demostración y fue un completo suceso, pero más que ser un próspero proyecto de computadora el **Whirl-wind** representó el primer uso práctico de las gráficas por computadora.

En 1958, un cineasta llamado John Whitney comenzó experimentando con computadoras analógicas para crear arte, usando una computadora, creó una animación visual de un M-5 antiaéreo utilizando una computadora análoga para controlar el movimiento de la cámara y el trabajo de arte. Las técnicas de Whitney condujeron a otros proyectos de películas futuras, en 1966 junto con su hermano, produjo otra película gráfica titulada "**Lapis**".

La DEC fue inaugurada en 1957 en Maynard, Massachusetts. En Noviembre de 1960 introdujo el **PDP-1 (Programa Procesador de Datos)**, el primero para una computadora interactiva, el cual por años jugó un papel importante en el desarrollo de las gráficas por computadora.

En 1959, el primer sistema de dibujo por computadora, **DAC-1 (Diseño Asistido por Computadora)** creado por General Motors e IBM, permitió la introducción de 3D para la descripción de un automóvil en donde la imagen podía girar y verse desde diferentes ángulos; éste se inauguró en 1964 en la Conferencia de Computación en Detroit.

El siguiente gran avance en las computadoras gráficas ocurrió con la llegada de otro estudiante de MIT, Ivan Sutherland, en 1961, creando un programa de dibujos por computadora llamado **Sketchpad** que permitía al usuario el uso de una pluma para dibujar figuras en la pantalla de la computadora, la pluma por sí misma tenía una pequeña celda fotoeléctrica en la punta, que emitía un pulso electrónico cuando era situada en frente de la pantalla. Por simple sincronización del pulso electrónico con la localización de la pistola de electrón, la computadora podía precisar cuando la pluma toca la pantalla y así situar el cursor. Muchos de los estándares de interfaces de las computadoras gráficas son derivados del programa Sketchpad.

#### TÉCNICAS DE PRESENTACIÓN DE IMÁGENES

Las antiguas gráficas por computadoras fueron vectores gráficos compuestos de varias líneas, a diferencia de las de hoy que son basadas en **raster**<sup>1</sup> usando píxeles.

#### PROGRAMAS DE MANEJO DE IMÁGENES

En 1961, otro estudiante de MIT, Steve Rusell, creó el primer juego de video llamado: **Spacewar** escrito por la DEC PDP-1; el cual fue todo un suceso. TRW, Lockheed-Georgia, General Electric y Sperry fueron de las compañías que comenzaron con las gráficas por computadora a mediados de 1960. IBM respondió con la publicación de IBM 2250 una terminal gráfica, la primera computadora gráfica disponible.

<sup>1</sup>raster. trama(técnica para representar imagen de figuras como una matriz de puntos).

### DISPOSITIVOS DE SEÑALAMIENTOS

En 1963 Doug Englebart, del Instituto de Investigación de Stanford, inventó el primer **Mouse**, actualmente existen dos tipos de mouse: óptico y mecánico. El mouse mecánico tiene una bola de goma dentro, con dos ruedas a lo largo (una para el movimiento vertical y la otra para el horizontal), cuando el usuario mueve el mouse la bola y la dirección de movimiento es seleccionado arriba en código y convertido a coordenadas para la computadora. El mouse óptico emite una luz dentro de un block especial que la refleja hacia el mouse y los sensores ópticos, los cuales pueden detectar la dirección del movimiento del mouse, por el movimiento de la luz reflejada.

### DISPOSITIVOS DE DIGITALIZACIÓN

También a mediados de 1960, fue desarrollada la **tableta digitalizadora**, que tiene una rejilla de alambre bajo su superficie, a través de la cual son conducidos los pulsos eléctricos; el estilo (horizontal y vertical) es detectado con la sincronización correcta de los pulsos; esta información es convertida en coordenadas y almacenada en la computadora, la cual puede entonces haciendo uso de éstos localizar el cursor en la pantalla.

La siguiente investigación importante fue la creación del **realismo**, en el cual Warnock y W. J. Bouknight trabajaron sobre el tema mostrando objetos en 3D a color. Esto cuando las gráficas por computadora iniciaron su cambio de gráficas de vectores a gráficas raster. Uno de los primeros métodos usados para crear un objeto sombreado fue basado en el trabajo del Físico y Astrónomo, Johann Lambert. Al aplicar la Ley del Coseno de Lambert a las gráficas en 3D, se permitió a los artistas crear objetos sólidos coloreados, este método fue mejorado y hoy es comúnmente referido a un **plano sombreado**, en el cual los colores de cada polígono tienen el mismo color, ese color es variado usando como referencia la orientación de una fuente de luz, lo que significa que cuando los polígonos o la superficie construida del objeto son bastante pequeñas, el plano sombreado puede proveer un poco de realismo.

## 1.1. 4.- DESARROLLO DEL HARDWARE Y SOFTWARE DE LA IMAGEN POR COMPUTADORA EN 1970

La Corporación de la Imagen por Computadora (CIC), desarrolló un complejo sistema de hardware y software tales como: ANIMAC, SCANIMATE Y CAESAR, trabajando todos estos sistemas, logrando el manipular y hacer que los objetos se aplasten, extiendan, giren y vuelen alrededor de la pantalla.

Mientras el plano sombreado permitía ver un objeto sólido con bordes de los polígonos, también reducía el realismo de la imagen, ya que al poder crear pequeños polígonos, estos aumentaban la complejidad de la escena, lo cual volvía lento el funcionamiento de la computadora. Para resolver esto, en 1971 Henri Gouraud presentó el método **Gouraud Shading** el cual consiste en crear la apariencia de la superficie curva, por la interpolación del color a través de los polígonos; teniendo como una limitante, el no poder fijar el borde visible del objeto.

Este desarrollo llevó al uso de las gráficas por computadora para películas en movimiento, en 1973, cuando Whitney y Demos trabajaron sobre la película "Westworld"; usaron una técnica llamada **pixelización**.

Ed Catmull en 1974, incluyó en su tesis el **mapping z-buffer**, que es un algoritmo que ayuda al proceso de ocultar superficies usando zels, que son similares a pixeles pero en lugar de registrar la luminosidad de un punto específico en la imagen graba su intensidad (la letra z). El z-buffer es entonces un área de memoria dedicada a incluir un dato para cada pixel en una imagen. Además incluyó la interpretación de las superficies curvas, con lo que pretendía mostrar que la **textura mapping** produce en las gráficas un nuevo nivel de realismo. Este es un método que toma la representación en 2D de la vista de la superficie de un objeto, cuando se está aplicando el plano de la imagen para generar objetos en 3D en la computadora.

La primera aplicación en las gráficas por computadora, NYIT fue enfocada en animación 2D y creó herramientas para asistir la animación tradicional, una de las herramientas que Catmull construyó fue Tween que interpolaba cuadros in-between desde una línea de dibujos a otros. Los investigadores de NYIT también desarrollaron un sistema de búsqueda y pintura para el lápiz de dibujo, el cual se desarrolló después dentro de CAPS de Disney (Sistema de Producción de Animación por Computadora).

A fines de 1970 Don Greenberg, de la Universidad Cornell, comenzó un laboratorio de gráficas por computadora donde produjo nuevos métodos de simulación de superficies reales; su colega, Rob Cook realizó un modelo de iluminación, de modo que todos tendrían una mejor aproximación a una superficie plástica. A su vez, buscó crear un nuevo modelo que permitiera a la computadora simular objetos como un metal brillante, dirigiendo la energía de la fuente de luz al contrario que la intensidad de la luz o el brillo.

### 1.1.5.- ANIMACIÓN Y EFECTOS ESPECIALES EN LAS IMAGENES EN 1980

IBM se acercó a Gates, de Microsoft, con la oferta de proveer un sistema operativo para una computadora personal, Gates recordó un sistema operativo del microprocesador Intel 8080 (el primero usado en las PC de IBM) escrito por Productos de Computadora Seattle (SCP) llamado 86-DOS, lo compra por \$50,000, lo modifica y renombra DOS sacando licencia para IBM como el sistema operativo para sus primeras computadoras personales. Irónicamente DOS fue modificado después por Investigaciones Digital de CPM.

La División de gráficas por computadora de Lucasfilm, fue el siguiente que ofreció secuencias de efectos especiales para la película "Star Trek II: The Wrath of Kahn", donde los efectos podrían haberse hecho tradicionalmente o por imágenes generadas por computadoras.

Las secuencias para la película "Willow" fueron las primeras transformaciones de tiempo que aparecieron en una película.

Los programadores de Producciones Digitales dirigieron la conexión de **Waldo** (personaje con el cual se crearon animaciones), la cual nunca fue usada para un proyecto comercial, sin embargo la idea del uso de dispositivos mecánicos para capturar movimiento, continúa siendo un componente mayor en la creación de la animación por computadora.

Jeff Kleiser fue animador por computadora en Omnibus, donde dirigió la animación para una película de Disney "Flight the Navigator", antes de esto, fue fundador de Efectos Digitales y trabajó sobre proyectos como "Tron" y "Flash Gordon". Cuando Omnibus cerró, se unió con Diana Walczak y formaron una nueva compañía, Construcciones Kleiser-Walczak; siendo su especialidad la animación de figuras humanas. En 1988 produjeron 3-1/2 minutos de un video musical llamado **Dozo** con un generador de computadora, usando el control del movimiento para introducir todos los movimientos de Dozo.

Brad DeGraf, se unió con Michael Wahman y formaron la Compañía de Producciones DeGraf/Wahman. En la conferencia de SIGGRAPH (Special Interest Group for Graphics, Grupo de Interés Especial por las Gráficas) en 1988 mostraron "Mike the Talking Head", que fue un interactivo 3D, cabeza animada por computadora; usando controles especiales fueron capaces de realizar una iteración con los participantes de la conferencia.

### 1.1.6.- EL AVANCE DEL SOFTWARE EN LAS IMAGENES TRIDIMENSIONALES EN 1990

En Mayo de 1990, Microsoft sacó al mercado Windows 3.0, que seguía una estructura GUI, similar a la de Apple Macintosh, y formó la fundación para un desarrollo futuro en multimedia.

En Octubre de 1990, la compañía New Tek publicó el "Video Toaster", que es una tarjeta de producción de video para una computadora personal Amiga, la cual viene con animación 3D y software para dibujar, efectos digitales de video y generación de caracteres. La capacidad práctica de la edición de video del Video Toaster se hizo inmediatamente popular, y hoy es usado para animación 3D en televisión como en "SeaQuest" y "Babylon 5".

En 1990, AutoDesk mostró el primer producto de animación por computadora 3D, Studio 3D, creado por Gary Yost (del grupo Yost), quien actualmente es el líder del software de animación tridimensional basados en PC.

Los efectos de dos películas fueron significativos en Hollywood: "The Beauty and the Beast" y "Terminator 2", ingresando a un largo futuro de las películas animadas por computadora.

En 1993, Wavefront adquirió Imagen Digital Thompson (TDI), hecho que incrementó significativamente la parte del mercado de animación por computadora, integrando productos de TDI para tener la línea de software para gráficas por computadora.

Tippett e ILM desarrollaron el Dispositivo de Entrada Dinosaurio (DID) que fue un modelo de dinosaurio con sensores de movimiento unido a los miembros.

Los animadores de ILM trabajaron con Stan Winston, usando el diseño dinosaurio, así CGI (Imágenes Generadas por Computadora) igualaría la escala del modelo. La piel del dinosaurio fue creada usando hand-painted, mapas de textura a lo largo (usando Renderman de sombreado de superficie); al ver que las gráficas producen realismo, Spielberg decidió añadir el diseño dinosaurio en la película siendo espectacular y logrando ganar así "Jurassic Park" un Oscar en Marzo de 1994.

## 1.2.- PIONEROS DE LA REALIDAD VIRTUAL

Muchas son las personas que contribuyeron al surgimiento del término Realidad Virtual(RV), pero sólo se hará mención de algunos de ellos, de quienes sus experimentos fueron relevantes para algunas prácticas.

### 1.2.1.- MORTON HEILIG

Uno de los pioneros de la tecnología de la RV, no era un programador de computadoras, ni un ingeniero eléctrico, sino un operador de cine, fotógrafo, inventor de aparatos de proyección y de cámaras: un visionario de Hollywood, California con gusto por la invención. En el año 1950 estudió cinematografía en Roma y después, por cuenta propia, estudió una carrera de productor de documentales. Escuchó del Cinerama inventado por Fred Waller durante la Segunda Guerra Mundial, como un simulador de vuelo militar, compuesto de tres proyectores y tres cámaras sincronizadas desde ángulos completamente diferentes, que se proyectaban de forma sincrónica sobre tres pantallas curvas para envolver el campo visual periférico de los espectadores. Reconoció en seguida que el Cinerama y las tres dimensiones eran importantes.

Heilig vio además otros desarrollos tales como el Cinemascope y películas en 3D, observó que un ser humano tenía una extensión visual de 155 grados verticalmente y de 185 grados horizontalmente, por lo tanto para

encapsular un espectador pasivo, la imagen tenía que extenderse más allá del límite, analizó el rango de los sentidos humanos y propuso una arquitectura de cine que permitiera la proyección de imágenes en 3D, para las cuales el espectador necesitaría usar lentes especiales u otros dispositivos. Los espectadores estarían situados en filas y muchos lugares serían interactivos con la trayectoria de la película para proveer no solamente sonido estereoscópico sino alguna sensación de movimiento.

En 1951, patentó e intentó comercializar una versión de Realidad Virtual; publicó además planos detallados del Sensorama, una máquina que situaba al espectador en un cine individual, donde se podía vivir una experiencia en tres dimensiones por dos minutos, una película con color, sonido, movimiento y olores. Solamente esta máquina sobrevive actualmente.

Heilig inventó una cámara con película estereoscópica en 1940, con la cual podía capturar una imagen en tres dimensiones sobre una película de 35mm, pero desafortunadamente nunca encontró apoyo para sus dispositivos. Predijo que el sonido de las películas en movimiento usaría muchos interlocutores para mejorar la audiencia y que éstas serían distribuidas para el uso directamente de la tecnología de la televisión al cine, también, que la audiencia podría participar eventualmente en la acción de la película. En 1957 patentó un dispositivo de televisión estereofónico montado sobre la cabeza, sin embargo permaneció aparte de la comunidad académica y no fue reconocido, sino hasta Abril de 1990.

### 1.2.2.- IVAN SUTHERLAND: EL PADRE DE LAS GRÁFICAS POR COMPUTADORA

La promesa de la Realidad Virtual fue primero demostrada por Ivan Sutherland en 1965, en su gran discurso en el congreso de IFIP (International Federation of Information Processing, Federación Internacional del Procesamiento de Información), presentó un programa explícito para el desarrollo del grafiñmo computarizado, definió el concepto de mundo virtual y dijo:

" ... deseábamos penetrar en él con nuestros oídos y el tacto. Uno crea el modelo matemático del mundo virtual en la computadora y luego desea que parezca, se sienta y suene lo más parecido posible a un mundo real al que está acoplada la mente humana..."<sup>2</sup>

Proyectó el primer dispositivo estereoscópico montado sobre la cabeza en 1960. Planeó el primer programa de diseño asistido por computadora, llamado: Sketchpad, el cual abrió otras posibilidades de ver las imágenes gráficas por computadora; fue un programa que permitió al usuario obtener objetos en tiempo real, esta versión fue más tarde una perspectiva en tres dimensiones; también permitió rotar, escalar, copiar y borrar de varias formas las primeras imágenes.

En los primeros experimentos con cubos dió una perspectiva completa para el desarrollo de los algoritmos de computadora para la interpretación de datos gráficamente.

En 1966, Sutherland habiendo creado un sistema interactivo en una pantalla, quiso adoptar la idea de Licklider de "contacto íntimo entre la mente humana y la computadora", al extremo de poner al usuario dentro del mundo gráfico tridimensional generado por la computadora. Por lo que comenzó una serie de experimentos implicando mostrar en tres dimensiones los datos por computadora. El primer dispositivo montado sobre la cabeza fue pesado, incómodo e inestable, el usuario se refirió a éste como : *La Espada de Damocles*. Fue un problema el generar solamente la parte de la imagen que podría ser vista, pero permitió al usuario mover su punto de vista a una parte diferente o un ángulo reciente sobre la imagen. Resolvió el problema de hacer la imagen dinámica y verdaderamente en tres dimensiones.

<sup>2</sup>Fragmento del libro [RV de Howard R.]

Planeó el primer rastreador **head-position** (posición de la cabeza), usando un dispositivo ultrasónico. Con el fin de crear la gráfica tridimensional y manipularla en tiempo real cuando los usuarios movieran la cabeza, Sutherland, sus colegas y discípulos crearon el **divisor de secciones**, una computadora de fines especiales que posibilitaba eliminar todas las líneas, en el modelo del mundo, que estuvieran detrás de la cabeza del usuario o fuera de su campo visual, se refiere a la aptitud optimizada del hardware de convertir la descripción de los datos de un objeto tridimensional en una descripción bidimensional a exhibir en una pantalla de gráficos. Otro problema técnico fue el de las "líneas ocultas", quitar todas las líneas que definen la estructura de un objeto en un cuadro tridimensional, las que están ocultas por parte del propio objeto o por otro.

En 1968, el Dr. Sutherland junto con un colega, el Dr. David Evans, fundaron la Corporación de Computadoras Evans & Sutherland, que comenzó a operar con seis empleados. Muchas de las líneas de productos estuvieron dedicadas al hardware y software de simuladores militares y la aviación comercial, se convirtió en líder en la industria de las gráficas por computadoras, que experimentó un crecimiento durante el año 1980; planeó muchos de los dispositivos y programas que hicieron posible la actual tecnología de Realidad Virtual.

Junto con otro colega, el Dr. Bob Sproul operó una firma investigadora: Sutherland, Sproul y Asociados; que fue comprada por Sun Microsystems, los cuales crearon las **workstation** (estaciones de trabajo) que son usadas en muchos experimentos de Realidad Virtual.

Por largo tiempo fue llamado "El padre de la Realidad Virtual" por: Tom Furness, Fred Brooks, Jaron Lanier y John Waldern, todos hicieron significantes contribuciones a este campo.

### 1.2.3.- DR. FREDERICK P. BROOKS, JR. Y EL MODELO MOLECULAR

Manejaba el concepto **AI (Amplificación de la Inteligencia)**, cuyo objetivo era reemplazar la mente humana por la máquina, su programa y su base de datos, es decir, construir sistemas que amplifiquen la mente humana proveyéndole auxiliares basados en la computadora, que realizan las actividades que la mente tiene dificultades para hacer.

Comparaba la mente con la computadora por lo que consideraba tres áreas en las que la mente humana es más poderosa que cualquier algoritmo elaborado hasta ahora: la primera, es el reconocimiento de imágenes ya sean visuales o auditivas, creía que era posible multiplicar ese poder usando la computadora para mostrar a los humanos imágenes que estos normalmente no son capaces de percibir, y permitir así que el aspecto humano del sistema decidiera cuáles son significativas; la segunda, es el dominio de lo que llamó evaluación, y la tercera, está en el sentido que nos capacita para recordar, en el momento apropiado, algo leído 20 años atrás con referencia a un tema diferente, y que de pronto nos parece significativo.<sup>3</sup>

Mostraba los tres campos en las que las computadoras son más diestras que la mente, los cuales son: "Evaluación de cálculos, Acopio de cantidades masivas de datos y Memorización de cosas sin necesidad de olvidárlas."<sup>3</sup>

Creía: "que el poder de las modernas computadoras para representar modelos matemáticos complejos en tiempo real, en una forma humana sensible, puede promover el progreso de la invención científica."<sup>3</sup>

También decía: "que si la matemática es la reina de las ciencias, el grafismo computarizado es el real intérprete."<sup>3</sup>

<sup>3</sup>Definición del Libro [RV de Howard R.]

En 1971, trabajó con el bioquímico Hermans para diseñar un sistema que representara y estudiara proteínas, su resultado fue el GRIP-71. Para 1972 Brooks y sus estudiantes empezaron a trabajar combinando la retroalimentación de la fuerza reflejada con el grafismo computarizado interactivo.

Desarrolló su primer proyecto basado en la molécula de una proteína, realizando un modelo en tres dimensiones. Por 1991 en SIGGRAPH realizó conferencias donde fueron mostrados sistemas de la Universidad de Carolina del Norte (UNC). Su trabajo con retroalimentación de la fuerza y gráficas tridimensionales, mostraba el esfuerzo en Realidad Virtual del cual surgieron una gran cantidad de aplicaciones.

Brooks decía: "que era difícil entender 3D, que podíamos navegar en la obscuridad y alcanzar objetos sin mirarlos."<sup>4</sup> Observó que el espectador comienza haciendo un mapa de navegación (de un mundo virtual) y mejora la escena, correspondiendo al comportamiento del mundo real ya que la vista es el sentir dominante en los humanos.

#### 1.2.4.- THOMAS FURNESS Y EL SUPERCOCKPIT

Fue el pionero del programa **SuperCockpit**, tecnología que permite a los pilotos volar un avión ultra rápido usando solamente la cabeza, ojos y movimientos de las manos. Fue jefe de la rama de Sistemas de Exhibición Visual, de la División de Ingeniería Humana del Laboratorio de Investigación Aeroespacial Armstrong de la Fuerza Aérea en Ohio. Durante 23 años trabajó en simuladores de vuelo y otros sistemas que desarrolló dentro de los primeros ambientes virtuales.

Trabajó en la Fuerza Aérea Lieutenant, continuando como científico civil en 1970, dedicándose a la creación de formas para mejorar el control de máquinas complejas.

Desarrolló un casco montado con luces infrarrojas para guiar misiles a objetos, que lo condujo eventualmente al concepto del SuperCockpit; el primer sistema desarrollado fue un rastreador que uso triangulación para determinar el vector, azimuth<sup>5</sup> y el ángulo de la cabeza.

En 1969, Furness ayudó al desarrollo de un dispositivo magnético de búsqueda: **Polhemus**, el primero en buscar la posición de la mano. Junto con sus colegas, experimentó con un dispositivo montado sobre la cabeza (HMD), usándolo en conjunción con cámaras de televisión estereoscópicas, para así controlar aviones y vehículos; situaron una cámara de televisión sobre la base de un jet F-100, el cual tuvo que atenuar el piloto usando sólo un dispositivo montado sobre la cabeza (HMD). Una exagerada vista del ángulo estereoscópico fue cuando se usó sobre un helicóptero.

En 1972, construyó el primer dispositivo periférico que igualó la forma del movimiento de los ojos, él y su equipo desarrollaron un dispositivo para ver los datos a través de un piloto llevando las transmisiones por fibra óptica y reflejándolas descubriendo así que el movimiento de los ojos por sí mismo sería usado para interrumpir los controles, así como se hace con un dedo.

Los experimentos con dispositivos de audio en tres dimensiones llevaron al primer generador de sonido tridimensional, el objetivo era proveer al piloto una mejor conexión con su cockpit.

En 1977 realizó experimentos con el casco **Darth Vader**, oficialmente conocido como la copia visual de un sistema simulador de vuelo (VCASS); usando el sistema, el piloto aceptaba una completa realidad artificial de

<sup>4</sup>Definición del Libro [RV de Howard R.]

<sup>5</sup>Azimuth.- Ángulo que se forma con el meridiano de un lugar al plano vertical que pasa por un punto.

símbolos generados por la computadora, los cuales se proyectaban directamente en el campo de visión del piloto dentro del casco; 75 displays y 300 controles diferentes de cockpit fueron incorporados a este dispositivo.

Fumess y su equipo desarrollaron controles activadores de voz y sistemas de cambio de la misma; viendo el enorme potencial para aplicaciones de esta tecnología, fundó el Laboratorio de la Tecnología de Interface Humana en 1989.

### 1.2.5.- MYRON KRUEGER: PIONERO DE LA REALIDAD ARTIFICIAL

El Ingeniero Myron Krueger, electrónico autodidacta, quería examinar una silueta de video y determinar de forma automática, si la persona en la imagen hacía un ademán.

En 1969, investigó sobre la interacción hombre-computadora en la Universidad de Wisconsin; fabricó el **GLOWFLOW** que creaba efectos visuales mediante el uso de otras tecnologías (sin el uso del grafismo computarizado), trabajando desde entonces en torno al ambiente de realidad artificial que simplemente rodea al usuario sin el uso de guantes o lentes. Un año después, en Mayo de 1970, exhibió **METALPLAY** incluyendo videocámaras, pantallas de video con proyección posterior, instrumentos de grafismo computarizado y 800 conmutadores sensibles a la presión. Su siguiente obra fué **PSYCHIC SPACE** en 1971, un cuarto con un ambiente compuesto con miles de sensores bajo el piso, una herramienta para crear una diversidad de realidades (un participante encuentra en el laberinto un símbolo gráfico en la pantalla).

Entre los años de 1972 y 1974, publicó el libro llamado: "Realidad Artificial", además los experimentos que siguió realizando con diferentes sistemas para percibir la posición y responder a imágenes de video llevaron a la creación de un instrumento de laboratorio para la realidad artificial de fines generales. Después del **PSYCHIC SPACE**, trabajó en **VIDEOPLACE**, exhibido en Octubre de 1975, un gráfico con un ambiente controlado por la computadora, que sin existencia física une a personas que se encuentran en sitios separados en una experiencia visual común, permitiéndoles que actúen entre ellas de maneras inesperadas a través del video como medio de transmisión.

Así mismo, propuso, un dispositivo ciberespacial llamado **Kun-Fu** que podía mecanografiar combinando el procesamiento de palabras con ejercicios aeróbicos. Sus experimentos, la percepción humana y la gesticulación, usando la comunicación del video, llevó a la realización de factores humanos que son la parte esencial de la interface hombre-computadora.

Elaboró dos formas de ambientes de telepresencia. Planeó un programa de computadora llamado: **Critter**, elaborado para interactuar con las imágenes gráficas de la gente en **VIDEOPLACE**, esto lo describió como una personalidad artificial.

Posteriormente publicó otros libros sobre el tema los cuales contienen aplicaciones de la telepresencia, y constituyen además un modelo para la interacción del ciberespacio.

Cada uno de estos pioneros contribuyó en gran medida a la tecnología fundamental de la Realidad Virtual lo cual surgió de la intersección de la computación, la estereoscopia y la simulación en los laboratorios de investigación académicos, comerciales y militares; a fines de los 70 y principios de los 80.

## **CONCLUSIÓN**

La necesidad del hombre de facilitar el manejo de información, lo llevó a inventar y desarrollar la computadora, a partir de entonces el desarrollo de la tecnología, ha ayudado a desempeñar de forma más eficiente el trabajo diario en diferentes campos, y desde entonces se pensó en crear escenarios virtuales los cuales fuesen semejantes a escenarios reales, donde el hombre interactúa con el entorno creado. Por lo que en la actualidad las investigaciones continúan.

## CAPITULO 2

# FUNDAMENTOS DE TRES DIMENSIONES

### 2.1.- DEFINICIONES

En la actualidad, la animación por computadora ha sido la estación generadora de los efectos especiales de las compañías de cine, creando ilusiones fantásticas casi ordinarias como: el poder ver líquido, gente bailando un ritmo africano, una playa exótica, o dinosaurios gruñendo y atacando a otros, como en Jurassic Park.

El campo de la animación es el único en el que se puede expresar el talento artístico aún con la falta de habilidad física requerida, esta compleja técnica puede ser aparentemente intimidante.

A lo largo de la historia, los artistas invirtieron incontables horas estudiando como poder manejar una brocha, un pincel o un instrumento musical y pasaron años practicando antes de lograr algo productivo; ahora, las gráficas por computadoras han reducido el tiempo de estudio para capacitar artistas.

#### 2.1.1.- ANIMACIÓN

Es la ilusión de movimiento, la cual puede ser realizada fácilmente presentando una serie de imágenes que muestran un pequeño incremento de cambios en un objeto representado, reproduciendo las imágenes rápidamente el ojo percibe el movimiento. Esta clase de animación es llamada: cinematografía stop-frame.<sup>6</sup>

La agudeza visual humana es bastante baja, solamente 12 de 15 diferentes imágenes (o cuadros) necesitan ser mostradas por segundo para producir la ilusión de movimiento. La televisión o video muestra 30 cuadros por segundo (fps), y la película, alrededor de 24 fps; cuando la animación es creada por televisión divide 30 imágenes transmitidas ante los ojos, cada segundo la mente percibe la secuencia de imágenes fijas individuales como fluido en continuo movimiento.

#### 2.1.2.- ANIMACIÓN TRADICIONAL

Habitualmente los dibujos son creados por un gran grupo de artistas. Los conceptos de la animación son creados con una técnica llamada **storyboard**, que es parecido a un dibujo muy detallado el cual ayuda a que el productor visualice el producto final como desearía verlo. El resultado de una película storyboard, el llamado "story real", es refinado y ajustado, de manera que el productor puede obtener un lugar propio, sincronización y el desarrollo de la historia del dibujo.

El equipo de artistas crea el fondo de la escena trazando con lápiz el dibujo, produciendo los movimientos del carácter animado; los actores comienzan recordando el diálogo de los dibujos permitiendo a éstos analizar el sonido y obtener los caracteres para combinar las palabras. Para asistir a los animadores se usa un cuadro aumentado (mouth chart), el cual muestra el largo de las vocales y sonido constante, el intervalo entre palabras y espacios.

Aunque se necesitan varios cuadros para cada movimiento por segundo, el artista obtiene solamente los que contienen la llave, o los principales movimientos del carácter. Este tiempo es usado para obtener la separación

<sup>6</sup>Definición del Libro [The Magic of Computer Graphics]

del fondo de la escena para varios cuadros, cuando solamente los caracteres mismos son movibles y la escena es estática. Para resolver este problema se usan varios cuadros:

- ◆ Se imprimen copias para el fondo sobre un papel translúcido.
- ◆ Se imprimen caracteres sobre hojas de celuloide o cels, para así poder cubrir sobre un fondo único.

Trazando con un lápiz cada cuadro se entinta y pinta, este paso es llamado **inking and painting**.<sup>7</sup> Uno por uno los dibujos son transferidos a las celdas, en el lado opuesto de las mismas son pintadas, así que el contorno permanece limpio. Las celdas son puestas encima de sus correspondientes fondos, fotografiadas y guardadas en la película; ésto se realiza con una cámara automatizada suspendida encima de la "animation stand" (animación firme), la cual guarda las celdas mientras son fotografiadas, las capas de celdas son guardadas o aseguradas en un lugar, los animadores pueden mover lentamente a lo largo del fondo dibujado para crear la ilusión del personaje caminando o moviéndose a través del fondo.

Hoy en día muchos productores de animación usan la computadora para mejorar las técnicas tradicionales. Las ventajas de ésta son:

- ◆ Puede buscar un esquema y mostrar el reverso como un ejemplo de la animación.
- ◆ Puede crear algunos cuadros in-between<sup>7</sup>, en muchos casos automáticamente.
- ◆ Entinta y pinta celdas individuales con la ayuda de herramientas.
- ◆ Puede cambiar el color en la animación después de que las celdas fueron pintadas.

### 2.1.3.- ANIMACIÓN EN DOS DIMENSIONES(2D)

Los nuevos campos de la animación pueden estar divididos en dos áreas principales: 2D y 3D. La animación en 2D es esencialmente un plano de imágenes que son creadas o editadas en la computadora, es usada comúnmente para caricaturas y efectos especiales tales como la transformación, pudiendo manipular las imágenes.

Este tipo de animación está dividida en cuatro principales categorías: celdas animadas, efectos ópticos, transformación y serie de colores.<sup>8</sup>

*Celdas Animadas:* Se posiciona o mueve la celda en cualquier lugar en la pantalla, así se puede representar una persona caminando, esto se lleva a cabo al realizar una secuencia de movimientos lentos del lado izquierdo de la pantalla hacia el lado derecho.

*Efectos Ópticos:* Un paso más que conduce a las celdas animadas, por ejemplo, siguiendo la línea de la historia requerimos una persona para subir caminando una colina; usando los efectos ópticos se puede rotar lentamente la celda animada como la persona que comienza a subir el declive. Otro ejemplo sería una persona caminando una gran distancia; para crear estos efectos, la computadora disminuiría lentamente la escala de la persona.

---

<sup>7</sup> in-between - interpolación

<sup>8</sup> Definición del Libro [The Magic of computer Graphics]

*Tweening y Transformación:* Son efectos similares, Tweening toma dos diferentes objetos en distintas formas y crea los cuadros in-between, necesarios para hacer un plano de transición entre ellos. Con la transformación, se ve como el primer objeto comienza a cambiar en la figura del segundo objeto, la computadora lentamente desvanece el primer objeto fuera de la secuencia. Por un tiempo la computadora se desvanece en el segundo objeto, el resultado es que el primer objeto se transforma uniformemente en el segundo objeto.

Sin embargo Tweening no es la solución al problema de la creación de formas in-between, porque la computadora no es suficiente para hacer movimientos reales desde imágenes 2D.

*Serie de Colores:* Es un método de animación en el cual se usa solamente un cuadro o imagen, y la computadora cicla o cambia los colores en un dibujo predeterminado, es usado comunmente para efectos fáciles de animación, tales como corriente de agua. Una larga serie de luces como las que están en el exterior de los hoteles de Las Vegas, usan una técnica similar para crear los efectos del movimiento de éstas. Pero con las luces de encendido y apagado se crea la ilusión de que se mueven en una dirección específica, esto es exactamente lo que hace la computadora, un efecto más interesante que el de las luces de Las Vegas.

#### **2.1.4.- TIEMPO REAL**

Medio en el que la computadora puede presentar los cuadros a una velocidad de alrededor de 15 fps, cada cuadro es generado a alta velocidad, o extraído desde la memoria y mostrado en la pantalla a una velocidad; en el caso de la animación en tiempo real, esencialmente se puede conectar una grabadora de video a la computadora y grabar la animación.

#### **2.1.5.- TIEMPO SIMULADO**

Las formas individuales son almacenadas en la memoria de la computadora y llamadas una por una mostrándose en la pantalla, y grabadas por una video de alta calidad, la cual es capaz de registrar correctamente un cuadro a un tiempo o querer registrar una película del uso de imágenes en movimiento. Este método es comunmente llamado frame-by-frame animation (animación de cuadro por cuadro) resultado de la más alta calidad, porque cada imagen puede tener un máximo nivel de detalles y puede ser grabado a gran velocidad.

Una nueva producción de computadora personal añade una promesa en equipo para diferenciar entre el tiempo real y el simulado, condensando las formas individuales para que no consuman mucha memoria. Una vez comprimidas, pueden ser mostradas a la velocidad y resolución aceptadas para algunas aplicaciones de video. Un ejemplo de esta tecnología es Registro de Animación Personal (PAR, Personal Animation Recorder) de Sistemas de Procesamiento Digital (DPS, Digital Processing Systems).

#### **2.1.6.- ANIMACIÓN EN TRES DIMENSIONES(3D)**

Son considerablemente más complejas, envuelven creando mundos en tres dimensiones dentro de la computadora, más específicamente los objetos están donde la fuente de luz y donde está el punto de vista de la cámara, una vez que esta información es suministrada en la computadora, puede usar fórmulas matemáticas para crear una escena de la imagen simulada en 3D.

## 2.1.7.- MODELADO

Las gráficas por computadora 3D son similares a la fotografía (objetos 3D), viendo a través del visor de la cámara alinea el sujeto, y oprime el obturador (colocando el punto de vista de la cámara, creando la computadora la imagen).

El usuario de la computadora tiene el completo control de todos los elementos que pueden crear objetos 3D, en cualquier figura o tamaño, especificar el color, localización de luces y la posición de una cámara virtual. Basadas en la posición de la cámara, la computadora podría generar una imagen que represente la escena en 3D como se vería desde la localización de la cámara. Una vez que la escena es correcta, está preparada para el movimiento con animación, el artista puede especificar una trayectoria de la cámara. La computadora puede ser instruida para realizar un número de imágenes, mientras la cámara se mueve a lo largo de la trayectoria; de igual forma el artista puede crear cualquier objeto o mover las luces, cuando finaliza las imágenes son mostradas desde la película o la cinta de video, el resultado es la animación por computadora; respecto a esto el usuario es en parte pintor, escultor, fotógrafo y director.

Los objetos 3D son creados con un proceso llamado: **Modelado**, durante éste se crean objetos usando instrucciones de la computadora para hacer simples figuras geométricas, tales como: esferas, cubos y cilindros; estas formas geométricas son fáciles de manejar en la computadora, ya que hasta después de modelarlos son definidos con fórmulas matemáticas.

Se pueden crear figuras complejas combinando geometría básica, sin embargo para crear objetos complejos en 3D se requiere de técnicas avanzadas de modelado.

Hay muchas maneras de crear figuras complejas 3D, quizás la mejor forma es digitalizar el objeto real; esto se hace pasando un rayo láser sobre la superficie del objeto, así los sensores detectan las variaciones a través de la superficie. Este método es comunmente usado para crear modelos de actores, donde una computadora genera los efectos especiales para cubrir las necesidades del actor, tales como se ven en la película "Terminator 2".

Otra manera de hacer modelado complejo de superficies implica la técnica llamada: **realzado (lofthing) o sobresaliente (extruding)**, el término viene por si mismo desde las antiguas construcciones transportadas; para construir la compleja cubierta, primero crearían la sección del corte de ésta; construir un piso para sujetar la cubierta durante la construcción y el proceso de alzamiento de la sección del corte entre el piso para conocer como hacer la elevación.

Otra técnica del modelado es: **tornear**, algunas veces llamado **revolución de superficie**, es similar al piso estándar, sin embargo, en vez de extender la figura 2D hacia arriba en una dirección, se gira la figura alrededor de ella misma; se puede usar esta técnica para crear rápidamente un vaso con vino simplemente dibujando un corte del vaso, se gira el corte alrededor de 360 grados formando la figura.

Otros métodos para generar objetos donde la computadora utiliza las matemáticas y crea procedimientos de escenas o modelos en 3D, es con "Fractales", el cual produce una geometría orgánica natural, las fórmulas permiten a la computadora generar valores aleatorios, observando objetos naturales tales como: montañas, rocas, planetas, plantas y árboles.

Una manera de simular fenómenos naturales es usando: "Sistemas de Partículas", que consisten en figuras geométricas no reales, o mejor dicho en una colección de diminutas partículas que se mueven en cualquier dirección; se pueden simular fenómenos como: rocío de agua, nieve, destello de sol y erupción de un volcán.

Una tecnología relativamente nueva, se desarrolló en 1982, que permitió a los animadores de computadoras crear varios modelos orgánicos naturales (reales) que implica el uso de "metaballs", y es similar a la caída de líquido que el artista puede aumentar, extender y fundir con otros metaballs para formar una superficie curva natural.

El siguiente paso es la posición en el espacio, la computadora simula un gran vacío oscuro, en el cual se pueden posicionar los modelos 3D; para iluminarlo es necesario resaltar algunas luces de las cuales, existen cuatro clases básicas: ambiente, todo (omni), mancha y distante<sup>9</sup>.

- ◆ Ambiente: Las luces simplemente definen la cantidad del fondo de luz en el cuarto.
- ◆ Omni: Las luces son similares a los focos, lanzan luz en todas direcciones a una distancia limitada.
- ◆ Mancha: Es similar a un flash de luz invisible que puede poner un punto en cualquier dirección.
- ◆ Distante: Punto en una dirección específica, similar a una mancha de luz excepto que el rayo de una luz distante es paralela, simulando el efecto de una luz como el sol.

### 2.1.8.- REPRODUCCIÓN

Puede ser el paso que consume más tiempo en la animación por computadora 3D, ya que involucra un número de pasos complejos; como el que la computadora deba determinar cuando iluminar la forma del objeto, las propiedades de la cámara (archivos de visión, longitud focal y así sucesivamente) y muchos otros detalles alrededor de la escena.

La computadora construye una pantalla virtual y proyecta la escena 3D en la misma, que es el resultado final. Como se mencionó anteriormente, el artista de computadoras tiene para crear objetos en 3D, usualmente el modo **wireframe**<sup>10</sup>, que es muy similar a los cuadros de una casa o el montaje de acero de la construcción de una gran oficina; éstas no son paredes sólidas, precisamente un cuadro específica donde estarían las paredes, cuando se termine la construcción.

En vez de construir el wireframe, la computadora puede interpretar el objeto como si el wireframe fuese un objeto sólido, el color del mismo variaría a través de esta superficie de luz a oscuro, basados en la localización y brillo de luces en la escena 3D, llamado **reproducción de superficie sólida**.<sup>9</sup>

Para mejorar los objetos 3D, se pueden interpretar estos con un mapa de textura, que es simplemente un plano de imágenes 2D que la computadora envuelve alrededor del objeto 3D. Esto es similar a la aplicación de tapiz para una pared en una casa, o ver una esfera hecha de ladrillo, se crea una imagen de una pared de ladrillo y se aplica el mapa de textura al objeto 3D.

Otro método para incrementar el realismo es el uso de proyectar protuberancia, usando una imagen para hacer ver un objeto abollado con luz y oscuro para resaltarlo.

Finalmente, hay superficies reflexivas, la cual tiene tres formas de simulación con la computadora: proyectar reflexión, proyectar ambiente y el trazo de rayos.<sup>9</sup>

---

<sup>9</sup> Definición del Libro [The Magic Computer graphics]

<sup>10</sup> En inglés wireframe, literalmente "amazon de alambre".

- ◆ **Proyectar reflexión:** Toma una simple imagen y la refleja fuera de la superficie del objeto. Si la cámara se mueve alrededor del objeto, la reflexión cambia realmente; sin embargo, esta forma no hace la reflexión de otros objetos en la escena, perdiendo así un poco de realismo.
- ◆ **Proyectar ambiente:** Es similar al anterior, excepto que la imagen reflejada es creada al tiempo que la computadora interpreta el objeto. La computadora primero da una visión del objeto dentro del ambiente. Sin embargo hay limitaciones, si un objeto intercepta al objeto reflejado, éste no aparecería en la otra reflexión del objeto.
- ◆ **Trazo de rayos:** Simula mundos reales ópticos, trazando todos los rayos de luz en la escena 3D, desde el punto de vista de la cámara a través de la escena hacia el origen del rayo de luz; esto es lo opuesto de lo que sucede con el ojo humano, donde todos los rayos comienzan del origen y saltan fuera del objeto y entra al ojo.

Existen muchas ventajas para el trazo de rayos, tales como: refracción y radiodifusión.

- ◆ **Refracción:** Es el efecto del brillo de luz a través de un objeto sólido o un líquido, por ejemplo: ver a través de una pecera llena de agua para distorsionar el fondo; del mismo modo el trazo de rayos puede simular los efectos de refracción.
- ◆ **Radiodifusión:** Es una técnica que simula la manera del brinco de luz y refleja fuera de otros objetos. Una fórmula similar que calcule la dispersión del calor, es usada para determinar como muchas luces reflejan el objeto. Esta técnica puede crear bellas imágenes, iluminando las escenas con luces reflejadas.

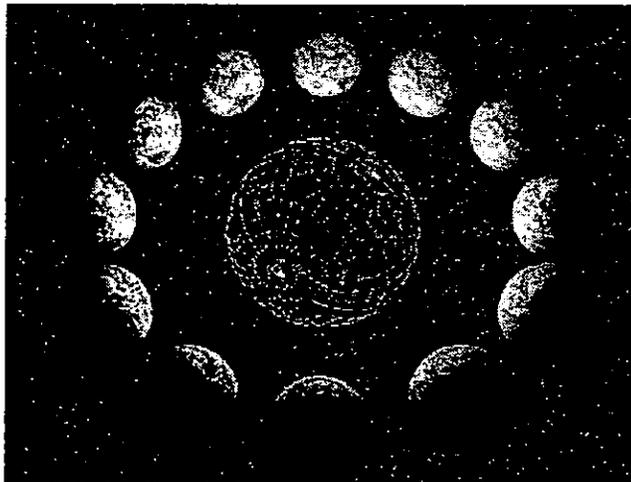


Imagen 2.1 Gráfica en Wireframe

## 2.2.- TÉCNICAS Y ARQUITECTURAS GRÁFICAS

Diferentes arquitecturas gráficas son de utilidad para un gran número de aplicaciones, en este trabajo se verán las dos más comunes: Arquitectura gráfica distribuida (el host del CPU con el nodo periférico, figura 2.1) y la arquitectura de máquina gráfica integrada (conocida algunas veces como la máquina de gráficas dedicada).<sup>11</sup>

### 2.2.1.- ARQUITECTURA GRÁFICA DISTRIBUIDA

La figura 2.1 ilustra la forma más común de arquitecturas gráficas, en este caso, una o más aplicaciones son conectadas indirectamente a un periférico remoto; aunque cientos de diferentes terminales gráficas o dispositivos podrían ser conectados a una microcomputadora o estación de trabajo, usualmente sólo son conectadas unas cuantas, sin embargo este tipo de arquitectura da muchos problemas de diseño para el programador de la aplicación.

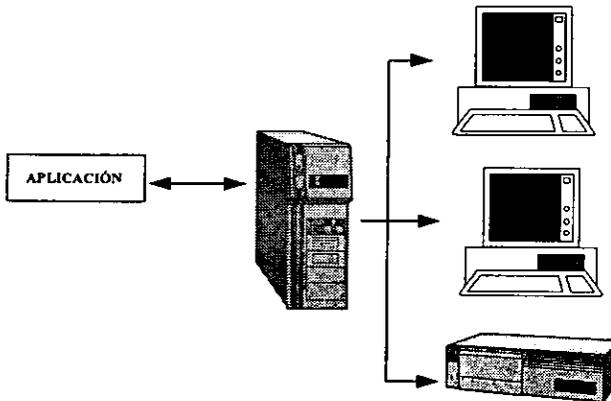


Figura 2.1 Arquitectura Gráfica Distribuida.

**PROTOCOLOS GRÁFICOS.** - Se refiere al tipo de secuencia requerida para ejecutar las operaciones gráficas, tales como: dibujar un segmento de línea de un punto A a un punto B; esta operación es diferente en casi todos los tipos de dispositivos gráficos disponibles.

Dispositivos tales como los de Hewlett-Packard que requieren comandos fáciles ASCII; también, la decisión de qué protocolo de dispositivo a usar es hecho por la librería gráfica que es parte de la aplicación, o una tercera parte de la solución proviene del vendedor del CPU.

Cualquier lenguaje capaz de ejecutar la información de las operaciones I/O puede ser usado para controlar este periférico.

**INTERFACE I/O.** - El mecanismo I/O tiene que realizar las conexiones físicas y lógicas entre los dispositivos gráficos, la computadora y fundamentalmente la aplicación del programa.

<sup>11</sup>Definición del libro [Computer Graphics Environments]

En el caso de la comunicación serial, las opciones son muy simples, por ejemplo: baud rate (velocidad en baudios) (transmisión serial en bits por segundo o bps) y handshake (inicio de comunicación) (Xon/Xoff). La librería de gráficos no toca los detalles de bajo nivel de esta interface, pero debe asegurar la apropiada conexión del dispositivo antes de que los caracteres sean transmitidos.

El bandwidth (ancho de banda) o velocidad con cualquier imagen gráfica dibujada, es afectada por el tipo de interface I/O usada. De 9600 baud, una interface serial transmite solamente 1,200 caracteres por segundo.

**REQUERIMIENTOS DE INICIALIZACIÓN Y RETROALIMENTACIÓN.** - Los diferentes dispositivos gráficos requieren diferentes secuencias de inicialización, para las cuales existen dos categorías que las caracterizan: Inicialización Automática e Inicialización Manual<sup>12</sup>. Los dispositivos de video, tales como terminales, se pueden considerar **automáticas**, uno o más comandos pueden ser emitidos para borrar la pantalla actual y para localizar el dispositivo en modo gráfico. Una vez que estos comandos fueron emitidos, se puede asumir que el modo gráfico es conjunto y continúa sobre la interpretación de imagen.

En el caso de algunos planos digitales, la secuencia de inicialización requiere una persona o robot que manualmente cargue una hoja de papel antes de que el modo gráfico sea establecido. Estas operaciones requieren retroalimentación, o dos formas de comunicación con programas de aplicaciones o conductores, también hay otros tipos de **inicialización manual**, por ejemplo: muchos tipos de adaptadores de presentaciones videográficas requieren un usuario para seleccionar un nuevo conductor para ser cargado.

## 2.2.2.- ARQUITECTURA DE MAQUINA GRÁFICA INTEGRADA

La figura 2.2 ilustra otra forma de arquitectura gráfica; en este caso no es un periférico externo; el área gráfica es conectada a la computadora por medio del mapeo de memoria I/O. Esta opera más rápido que la anterior, sin embargo, se desaprovecha.

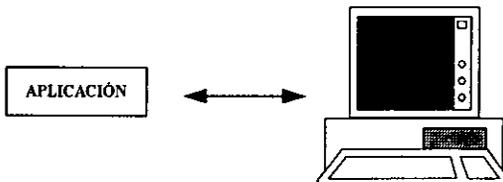


Figura 2.2 Arquitectura de Máquina Gráfica Integrada.

**PROTOCOLO GRÁFICO.** - En este caso, una capa mucho más compleja de software de conductores gráficos debe ser usada como una capa de interface, que es diferente de un periférico externo, la conexión entre la aplicación gráfica y el dispositivo es estrictamente lógico o por medio del software.

En lugar de transmitir un carácter de datos y comandos gráficos, el programa de aplicación debe comunicar directamente con la(s) rutina(s) conductora(s); la consecuencia más importante de esto, es que el tipo de interface de protocolo es un lenguaje específico. La diferencia con la arquitectura anterior, es que el conductor

<sup>12</sup>Tomado del libro [Computer Graphics Environments]

suministrado es basado en uno o más de dos lenguajes (C, Fortran, etc), a menos que la elección del lenguaje este incluida en el paquete, se debe confiar en uno de interface variada para soportarlo.

**INTERFACE I/O.** - El mecanismo de entrada/salida entre el CPU y un dispositivo periférico, es una secuencia de operaciones especializadas que podría no tener control. En el caso de mapeo de memoria I/O es capaz de escribir y leer directamente, además podría ser capaz de usar algunas operaciones gráficas.

El ancho de banda es determinado por la velocidad de la memoria de acceso y el CPU. Este modelo, soporta más números y tipos de vectores u operaciones raster que el modelo de arquitectura anterior.

En lugar de la distribución con cientos de caracteres por segundo, esta arquitectura trata varios cientos de miles por segundo.

**REQUERIMIENTOS DE INICIALIZACIÓN Y RETROALIMENTACIÓN.** - Como con periféricos externos, esta arquitectura tiene requerimientos especiales para la inicialización; se aplica también la inicialización automática. Una y otra vez, los conductores son usados para manipular todas las clases de emisión, relacionados con los requerimientos especiales de la secuencia de inicialización.

### 2.2.3.- MODELOS DE APLICACIONES GRÁFICAS

Muchos programadores escriben código para una arquitectura específica o librería, y simplemente no se preocupan por soportar otros dispositivos gráficos. Del diseño de una librería basada en un modelo flexible, se pueden escribir aplicaciones gráficas entre compiladores y arquitecturas de máquinas que sean generales, portables y con dispositivos independientes.

### 2.2.4.- MODELO GRÁFICO DIGL

La estructura del dispositivo de librería gráfica independiente (DIGL), soporta una gran variedad de arquitecturas. El diagrama de la figura 2.3, muestra que es un poco similar a la arquitectura gráfica distribuida, sin embargo, la implementación del DIGL asume que existe un conducto incorporado para cada dispositivo gráfico. Los dispositivos adicionales pueden ser soportados uniendo una plantilla conductora al nuevo dispositivo.<sup>13</sup>

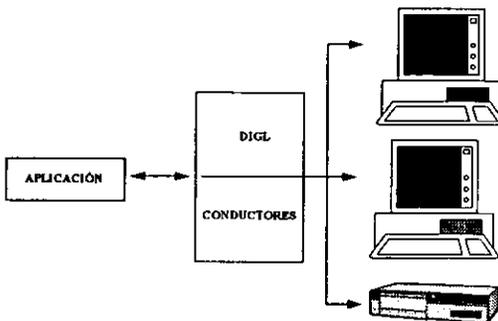


Figura 2.3 Arquitectura del Modelo DIGL.

<sup>13</sup>Definición del libro [Computer Graphics Environments]

Acercarse a un diseño estructurado es esencial como mantenimiento preventivo, para soportar el software para extensiones o arreglar defectos. La vía a la programación top down, se complementa con la implementación bottom up. Ejemplo: simulando una pirámide se pueden mencionar varias capas que indican como es utilizado el software:<sup>14</sup>

- ◆ Las capas inferiores representan los dispositivos específicos (CPU), implementación de llaves de función.
- ◆ En el segundo nivel, el conductor de dispositivos gráficos es la tercera parte del software que puede unirse para complementarlo.
- ◆ Las siguientes tres características de la estructura soporta los procesos fácilmente:
  - Como el tercero es implementado, el segundo nivel mantiene un código genérico de alto nivel, (en este caso C). Todo código a este nivel existe en una forma de aplicación independiente (CPU).
  - Cada capa provee una expansión ilimitada de capacidad por la fácil suma de un algoritmo plano o dispositivos gráficos, con un pequeño impacto en el código existente.
  - El software afecta la mayor parte de los cambios en el CPU o los dispositivos gráficos representan las pequeñas cantidades de código completo del sistema.

## 2.3.- MATEMÁTICAS PARA GRAFICACIÓN EN 3D

La construcción de imágenes gráficas tridimensionales requiere el empleo de geometría y transformaciones lineales tridimensionales. Constituidas por la composición de las transformaciones básicas de traslación, escalamiento y rotación, cada una de las cuales puede representarse como una transformación matricial, lo cual permite construir transformaciones más complejas al utilizar multiplicación o concatenación matriciales.

En la graficación por computadora, el método más popular para representar un objeto es el Modelo de Red de Polígonos. Esta forma de representación, es exacta o depende de una aproximación sobre la naturaleza del objeto. Un cubo por ejemplo, puede ser representado exactamente por 6 cuadros; un cilindro en contraste puede solamente ser aproximado por polígonos, el número de polígonos usados en la aproximación determina como el objeto es representado.

Un Modelo de Red de Polígonos "consiste de una estructura de vértices, cada vértice es un punto en tres dimensiones"<sup>14</sup>, así llamado en el sistema de coordenadas o definición del espacio. Más adelante se muestra cómo los vértices son conectados para formar polígonos, y cómo estos son estructurados en objetos completos considerándolos como un conjunto de vértices tridimensionales, y la forma en que son manejados usando transformaciones lineales.

### 2.3.1.- TRANSFORMACIONES LINEALES

Los objetos son definidos en un sistema de coordenadas, el cual convencionalmente utiliza la regla de la mano derecha (ver apéndice), hay tres razones para esto. Cuando un objeto en tres dimensiones es modelado, es útil construir vértices con respecto a algún punto de referencia en el objeto. De hecho un objeto complejo puede tener un número de sistemas de coordenadas locales, una para cada subparte. Esto hace que algún

<sup>14</sup>Definición del Libro [Fundamentals of 3D Computer Graphics]

objeto aparezca mucho tiempo en escena, y una definición con un origen local es solo una forma sensible para este conjunto.

Ejemplificado un objeto, sería aplicando una mezcla de traslación, rotación y puesta en escala que pueden ser vistas como una transformación del sistema de coordenadas local de cada objeto para el sistema de coordenadas. Cuando un objeto es rotado, es fácil si la rotación es definida con respecto a una referencia local tal como un eje de simetría.

Un conjunto de vértices o la propiedad de puntos en tres dimensiones para un objeto, pueden ser transformadas en otro conjunto de puntos por una transformación lineal.

Con respecto a algunos sistemas de coordenadas tridimensionales, un objeto **Obj** se considera como un conjunto de puntos:

$$\text{Obj} = \{P(x,y,z)\}$$

Si **Obj** se traslada a una nueva posición, puede considerársele como un nuevo objeto **Obj'**, del que todos los puntos coordenadas  $P'(x',y',z')$  pueden obtenerse aplicando una transformación lineal.

La notación de matriz es usada en la graficación para describir las transformaciones. Usando esta notación, un punto **V** es transformado bajo traslación, puesta en escala y rotación como:<sup>15</sup>

$$V' = V+D, \quad V' = VS, \quad V' = VR$$

donde **D** es el vector de traslación, **S** es la puesta en escala y **R** es la rotación de matrices.

Estas tres operaciones son las más comunes para las transformaciones lineales, permiten ser tratadas y combinadas en alguna forma usando coordenadas homogéneas. En un sistema homogéneo, un vértice  $V(x,y,z)$  es representado como  $V(X,Y,Z,w)$  por un factor escalar  $w=0$ . La representación de las coordenadas cartesianas en tres dimensiones es:<sup>14</sup>

$$x = X/w, \quad y = Y/w, \quad z = Z/w$$

## TRASLACIÓN

En las gráficas, **w** es siempre **1** y la representación del vector de un punto es  $[xyz1]$ . Un objeto es desplazado cierta distancia y dirección a partir de su posición original, la dirección y el desplazamiento de la traslación están prescritos por un vector<sup>16</sup>:  $V = aI + bJ + cK$

Las nuevas coordenadas de un punto trasladado pueden calcularse como una multiplicación de la matriz, al utilizar la transformación y convertirse en: (figura 2.3.1).

<sup>15</sup>Nota tomada de [Gráficas por Computadoras]

<sup>16</sup>Tomado de [Algebra Lineal]

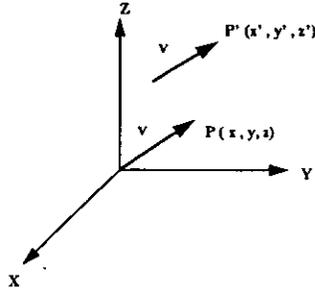


Figura 2.3.1 Traslación de una figura.

Ejemplo: una matriz de 4x4.  $V' = VT$ , donde  $T=(a,b,c)$

$$\begin{aligned}
 [x' \ y' \ z' \ 1] &= [xyz1] \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ a & b & c & 1 \end{bmatrix} \\
 &= [xyz1] T
 \end{aligned}$$

Esto implica que el objeto es trasladado en tres dimensiones, aplicando un desplazamiento  $a$ ,  $b$  y  $c$  para cada vértice que define al objeto, la notación de la matriz es la transformación escrita como un conjunto de tres ecuaciones:

$$\begin{aligned}
 T_v : \quad x' &= x+a \\
 y' &= y+b \\
 z' &= z+c
 \end{aligned}$$

A fin de representar esta transformación como matricial, es necesario utilizar coordenadas homogéneas, entonces la transformación matricial homogénea requerida puede expresarse como:

$$\begin{aligned}
 x' &= 1 \ 0 \ 0 \ a \ x \\
 y' &= 0 \ 1 \ 0 \ b \ y \\
 z' &= 0 \ 0 \ 1 \ c \ z \\
 1 &= 0 \ 0 \ 0 \ 1 \ 1
 \end{aligned}$$

### PUESTA EN ESCALA

El conjunto de transformaciones se completa con el proceso de puesta en escala y la rotación. El primero modifica las tres dimensiones de un objeto, el factor de escala  $s$  determina si la escala es una ampliación,  $s > 1$ , o una reducción,  $s < 1$ .<sup>17</sup>

En la puesta en escala con respecto al origen, donde dicho origen permanece fijo, se efectúa por la transformación:  $V' = VS$

<sup>17</sup>Tomado de [Algebra Lineal]

En forma matricial, esto es:

$$S = \begin{bmatrix} S_x & 0 & 0 & 0 \\ 0 & S_y & 0 & 0 \\ 0 & 0 & S_z & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

Así  $S_x$ ,  $S_y$  y  $S_z$  son factores escalares. Para un escalar uniforme  $S_x=S_y=S_z$  en otro caso, el escalar ocurre junto con sus ejes para el cual el factor escalar no es la unidad. Los procesos pueden ser expresados por un conjunto de tres ecuaciones:

$$S: \begin{aligned} x' &= S_x \cdot x \\ y' &= S_y \cdot y \\ z' &= S_z \cdot z \end{aligned}$$

Aplicado para cualquier vértice en el objeto.

## ROTACIÓN

La rotación de un objeto en un espacio de tres dimensiones es mucho más compleja que en dos dimensiones. En dos dimensiones, una rotación está prescrita por un ángulo de rotación  $\theta$  y un centro de rotación  $P$ . Las rotaciones tridimensionales requieren la prescripción de un ángulo y de un eje de rotación.<sup>16</sup>

Las rotaciones canónicas están definidas cuando se elige uno de los ejes coordenados positivos  $x$ ,  $y$  o  $z$  como eje de rotación, entonces la construcción de la transformación de rotación procede igual que la de una rotación en dos dimensiones, con respecto al origen (figura 2.3.2).

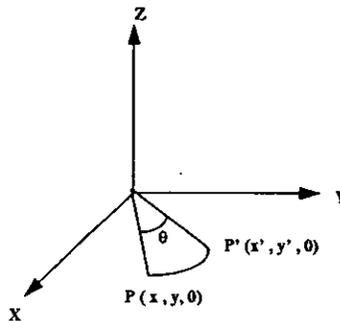


Figura 2.3.2 Rotación de una figura en segundo plano.

Rotación con respecto al eje z

$$R_{\theta k}: \begin{aligned} x' &= x \cos \theta - y \sin \theta \\ y' &= x \sin \theta + y \cos \theta \\ z' &= z \end{aligned}$$

**Rotación con respecto al eje y**

$$R_{\theta y}: \begin{aligned} x' &= x \cos \theta + z \sin \theta \\ y' &= y \\ z' &= -x \sin \theta + z \cos \theta \end{aligned}$$

**Rotación con respecto al eje x**

$$R_{\theta x}: \begin{aligned} x' &= x \\ y' &= y \cos \theta - z \sin \theta \\ z' &= y \sin \theta + z \cos \theta \end{aligned}$$

Obsérvese que la posición de un ángulo positivo de rotación se elige de acuerdo con la regla de la mano (ver apéndice) derecha respecto al eje de rotación.

Las transformaciones matriciales correspondientes son:

$$R_{\theta K} = \begin{bmatrix} \cos \theta & -\sin \theta & 0 \\ \sin \theta & \cos \theta & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

$$R_{\theta J} = \begin{bmatrix} \cos \theta & 0 & \sin \theta \\ 0 & 1 & 0 \\ -\sin \theta & 0 & \cos \theta \end{bmatrix}$$

$$R_{\theta I} = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 0 \\ 0 & \cos \theta & -\sin \theta \\ 0 & \sin \theta & \cos \theta \end{bmatrix}$$

**2.3.2.- TRANSFORMACIONES DE COORDENADAS (DEFORMACIÓN DE ESTRUCTURAS)**

También es posible lograr efectos de traslación, rotación y puesta en escala al mover al observador que ve el objeto y manteniendo estacionario el objeto. El escalar uniforme guarda la figura, usando diferentes valores de  $S_x$ ,  $S_y$  y  $S_z$ , el objeto es extendido o comprimido a lo largo de los ejes de coordenadas.

Las deformaciones mencionadas aquí son: **disminuir, girar y doblar**.<sup>18</sup> Usando la definición de fórmula para las transformaciones:

$$X=F_x(x), Y=F_y(y) \text{ y } Z=F_z(z)$$

donde  $(x,y,z)$  es un vértice en un sólido uniforme y  $(X,Y,Z)$  es un vértice deformado; la transformación puesta en escala sería:

<sup>18</sup>Definiciones de [Gráficas por Computadora]

$$X = S_x(x), Y = S_y(y) \text{ y } Z = S_z(z)$$

Disminuir gradualmente el desarrollo de un escalar, se escoge un pequeño eje, construyendo una pequeña función a lo largo de sus ejes. Así disminuye un objeto a lo largo del eje Z:

$$X = r x, Y = r y \text{ y } Z = z$$

donde  $r = f(z)$  es una función lineal o no lineal, para disminuir gradualmente el contorno.

El giro axial global puede ser desarrollado como una rotación diferencial tal como disminuir gradualmente el escalar diferencial. Para girar un objeto alrededor de un eje Z, se aplica:

$$\begin{aligned} X &= x \cos \theta - y \sin \theta \\ Y &= x \sin \theta + y \cos \theta \\ Z &= z \end{aligned}$$

donde  $\theta = f(z)$  y  $f'(z)$  especifica la razón de giro por unidad de longitud a lo largo del eje Z.

Doblar una línea a lo largo de un eje es una transformación compuesta, incluyendo una región doblada y un extremo de ésta donde la deformación es una traslación y una rotación.

Ejemplo (tomado del libro Gráficas por Computadora): Se define una región doblada a lo largo del eje Y como:

$$y_{\min} \leq y \leq y_{\max}$$

El radio de la curvatura es  $1/k$ , y el centro del doblez es  $y=y_0$ . El ángulo de la curvatura es:  $\theta = k(y-y_0)$ , donde:

$$y' = \begin{cases} y_{\min} & \text{si } y \leq y_{\min} \\ y & \text{si } y_{\min} < y < y_{\max} \\ y_{\max} & \text{si } y \geq y_{\max} \end{cases}$$

La deformación de transformaciones es hecha por:

$$\begin{aligned} X &= x \\ y &= \begin{cases} -\sin \theta (z-1/k) + y_0 & y_{\min} \leq y \leq y_{\max} \\ -\sin \theta (z-1/k) + y_0 + \cos \theta (y-y_{\min}) & y < y_{\min} \\ -\sin \theta (z-1/k) + y_0 + \cos \theta (y-y_{\max}) & y > y_{\max} \end{cases} \\ z &= \begin{cases} \cos \theta (z-1/k) + 1/k & y_{\min} \leq y \leq y_{\max} \\ \cos \theta (z-1/k) + 1/k + \sin \theta (y-y_{\min}) & y < y_{\min} \\ \cos \theta (z-1/k) + 1/k + \sin \theta (y-y_{\max}) & y > y_{\max} \end{cases} \end{aligned}$$

### 2.3.3.- PROYECCIÓN DE OBJETOS EN TRES DIMENSIONES EN UN PLANO

Aunque existen varios dispositivos que muestran un objeto o una escena tridimensional, la mayor parte son vistas en un medio bidimensional, con lo que surge el problema de proyección. Con el apoyo de la computadora, la capacidad de localizar un punto calculado permite utilizar la pantalla como medio de dibujo. La descripción matemática del proceso de proyección permite exhibir imágenes de objetos y escenas tridimensionales a voluntad.

En este trabajo se tratarán dos métodos básicos de proyección: **perspectiva** y **paralela**<sup>19</sup> (diferencias ilustradas en la figura 2.3.3), las cuales se idearon para resolver los problemas básicos pero mutuamente excluyentes de la representación pictórica: mostrar un objeto como aparece y conservar su verdadero tamaño y forma.

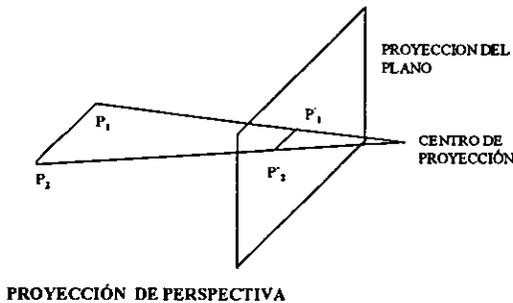


Figura 2.3.3 Dos puntos proyectados dentro de un plano usando Proyección Paralela y Perspectiva.

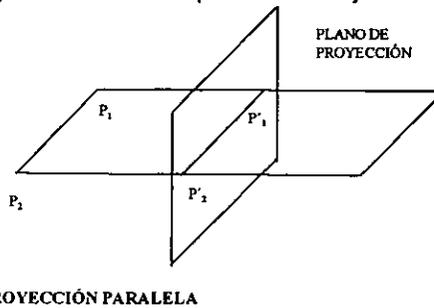


Figura 2.3.3 Dos puntos proyectados dentro de un plano usando Proyección Paralela y Perspectiva.

Una observación con respecto a las gráficas por computadoras, es que las proyecciones conservan las líneas, esto es, la línea que une las imágenes proyectadas de los puntos extremos de la línea original es la misma que la proyección de ésta.

<sup>19</sup>Definición del Libro [Fundamentals of 3D Computer Graphics]

### 2.3.3.1.- PROYECCIÓN PERSPECTIVA

Una transformación perspectiva, se establece al asignar un centro de proyección y un plano de vista, este último determinado por su punto de referencia de vista  $R_0$  y la normal al plano de vista  $N$ . El punto objeto  $P$  está localizado en coordenadas en  $(x,y,z)$ , el problema es encontrar las coordenadas del punto imagen  $P(x',y',z')$ .

La figura 2.3.4, muestra como una proyección de perspectiva es derivada. El punto  $P(x_v, y_v, z_v)$  es un punto tridimensional que es proyectado dentro de un plano normal para el eje  $z_v$ , y posicionado con una distancia hacia el origen del sistema. El punto  $P'$  es la proyección de este punto en el plano de vista, y tiene coordenadas en dos dimensiones  $(x_v, y_v)$  en un plano de vista en el sistema de coordenadas con el origen en la intersección del eje  $z_v$  y el plano de vista. El plano de vista es la superficie vista en pantalla.

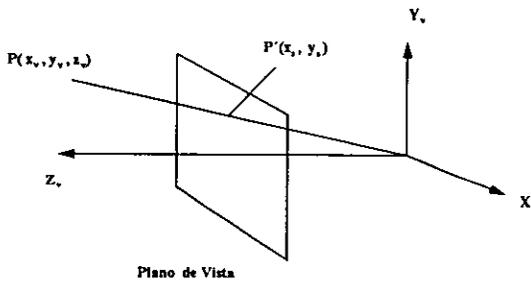


Figura 2.3.4 Derivada de una proyección en perspectiva.

El proceso de construir una vista perspectiva introduce ciertas anomalías que aumentan el realismo en términos de claves de profundidad, pero también distorsionan los tamaños y formas reales.

1. Acortamiento perspectivo: Cuanto más lejos está un objeto del centro de proyección, tanto más pequeño aparece (esto es, su tamaño proyectado se vuelve un poco más pequeño).
2. Puntos de fuga: La proyección de líneas que no son paralelas al plano de vista (esto es, líneas o rectas que no son perpendiculares a la normal del plano de vista) parecen encontrarse en algún punto del plano de vista. Una manifestación común de esta anomalía, es la ilusión de que los rieles de ferrocarril se unen en un punto en el horizonte.
3. Confusión de la vista: Los objetos del centro de proyección se presentan de cabeza y al revés sobre el plano de vista.
4. Distorsión topológica: Considérese el plano que pasa por el centro de proyección y es paralelo al plano de vista; los puntos de este plano se proyectan al infinito por la transformación perspectiva. En particular, un segmento finito de recta que une un punto que se encuentra frente al observador con un punto atrás del observador, en realidad se proyecta como una recta discontinua de extensión infinita.

### 2.3.3.2.- PROYECCIÓN PARALELA

Los métodos de proyección paralela son utilizados para crear dibujos de un objeto en los que se conserve su escala y forma.

Una transformación proyectiva paralela, está determinada al prescribir un vector de dirección de proyección  $V$  y un plano de vista, el cual se especifica con su punto de referencia en el plano de vista  $R_0$ , y una normal al plano de vista  $N$ . El punto objeto  $P$  está localizado en  $(x,y,z)$  en coordenadas mundiales. El problema consiste en determinar las coordenadas del punto imagen.

Si el vector de proyección  $V$  tiene la dirección de la normal al plano de vista  $N$ , se dice que la proyección es ortográfica, de lo contrario se denomina oblicua.

Algunas de las subcategorías comunes de las proyecciones ortográficas<sup>20</sup> son:

1. Isométrica: la dirección de proyección forma ángulos iguales con los tres ejes principales.
2. Dimétrica: la dirección de proyección forma ángulos iguales con sólo dos de los ejes principales.
3. Trimétrica: la dirección de proyección forma ángulos desiguales con los tres ejes principales.

Algunas subcategorías comunes de las proyecciones oblicuas<sup>20</sup> son:

1. De Cavalier: la dirección de proyección se elige de manera que no hay acortamiento de las líneas perpendiculares al plano  $xy$ .
2. De Cabinet: la dirección de proyección se elige de manera que las líneas perpendiculares a los planos  $xy$  se acortan a la mitad.

### 2.3.4.- SISTEMAS DE VISTA

La vista tridimensional de un objeto o imagen, requiere la especificación de un plano de proyección (denominado plano de vista), a un centro de proyección (punto de vista) y un volumen de vista en coordenadas mundiales. Además debe especificarse un punto de vista del dispositivo físico.

#### 2.3.4.1.- ESPECIFICACIÓN DEL PLANO DE PROYECCIÓN

Este se especifica al asignar: 1) un punto de referencia  $R_0(x_0, y_0, z_0)$  en el sistema de coordenadas, y 2) un vector normal unitario  $N = n_1 i + n_2 j + n_3 k$ ,  $[N] = 1$ , al plano de proyección. A partir de esto se pueden construir las proyecciones utilizadas, al presentar la vista requerida con respecto al punto de vista dado.

Obsérvese además que podrían servir otros parámetros de vista, para especificar vistas proyectivas, tales como puntos de fuga o la distancia al plano de proyección.

#### Coordenadas del plano de vista

Puede especificarse como sigue: 1) sea el punto de referencia  $R_0(x_0, y_0, z_0)$  el origen del sistema coordenado, y 2) determinense los ejes coordenados. Para hacer esto, primero se elige un vector de referencia  $U$  denominado vector hacia arriba, después puede encontrarse un vector unitario  $J_q$  por la proyección del vector  $U$  sobre el plano de visión, se hace que el vector  $J_q$  defina la dirección del eje  $q$  positivo para el sistema coordenado del plano de vista. Para calcular  $J_q$ , se procede como sigue, siendo  $N$  el vector normal unitario al plano de vista, sea  $U_q = U - (N \cdot U) N$ , entonces:<sup>20</sup>

$J_q = U_q / |U_q|$ , es el vector unitario que define la dirección del eje  $q$  positivo (figura 2.3.5).

<sup>20</sup>Definición del Libro [Gráficas por Computadora]

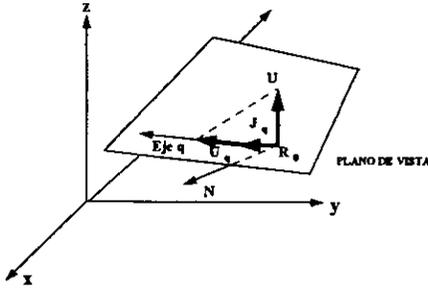


Figura 2.3.5 Coordenadas del plano de vista.

Por último, se elige el vector de la dirección  $I_p$  del eje positivo  $p$ , de manera que sea perpendicular a  $J_q$  y, por convención, de manera que la triada  $I_p, J_q$  y  $N$  forme un sistema coordenado izquierdo, esto es:

$$I_p = N \times J_q / |N \times J_q|$$

Este sistema coordenado recibe el nombre de *sistema coordenado de plano de vista*.<sup>20</sup> Tradicionalmente se elige el sistema izquierdo, de manera que si se piensa en el plano de vista como la parte frontal de un dispositivo de exhibición, el vector normal  $N$ , apuntará en el sentido contrario al de un observador frente al exhibidor, en esta forma, la dirección de distancia creciente con respecto al observador se mide a lo largo de  $N$ .

**Especificación del volumen de vista**

Este acota una región en el espacio coordenado mundial que se recortará y proyectará sobre el plano de vista, para definir un volumen que se proyecte sobre una ventana rectangular específica definida en el plano de vista, se utilizan coordenadas del plano de vista  $(p, q)_v$  para localizar puntos sobre el plano de vista, después se define una ventana rectangular del plano al prescribir las coordenadas de la esquina inferior izquierda:

$L (P_{\min}, Q_{\min})_v$  y la esquina superior derecha  $R (P_{\max}, Q_{\max})_v$ . Pueden usarse los vectores  $I_p$  y  $J_q$  para obtener las coordenadas mundiales equivalentes a  $L$  y  $R$ .<sup>20</sup>

Para una vista perspectiva, el volumen de vista que corresponde a la ventana dada es una pirámide semiinfinita, con vértice en el punto de vista. Para vistas creadas mediante proyecciones paralelas, el volumen de vista es un paralelepípedo con lados paralelos a la dirección de proyección.

**2.3.4.2.- RECORTE**

**Recorte con respecto a un volumen de vista infinito**

La extensión de los volúmenes de vistas creados antes es infinita, en la práctica, se prefiere utilizar un volumen finito para limitar el número de puntos que se van a proyectar; además para vistas perspectivas, los objetos muy distantes del plano de vistas, al proyectarse, aparecen como puntos indistinguibles, mientras que los objetos muy cercanos al centro de proyección parecen tener una estructura inconexa, esta es otra razón para emplear un volumen de vista finito.

Un volumen finito se delimita a través de *planos de recorte frontal* (acá) y *posterior* (allá) paralelos al plano de vista, estos se especifican al dar la distancia frontal  $f$  y la distancia posterior  $b$  relativas al punto de referencia del plano de vista  $R_0$ , y medidas a lo largo del vector normal  $N$ . Las distancias con signo  $b$  y  $f$  pueden ser positivas o negativas.<sup>20</sup>

**Algoritmos de Recorte**

Los algoritmos tridimensionales de recorte son adaptaciones directas de los bidimensionales Cohen-Sutherland, Sutherland-Hodgman y de subdivisión en el punto medio, las modificaciones necesarias surgen debido a que ahora se están recortando líneas con respecto a las seis caras del volumen de vista, que son planos a diferencia de las cuatro aristas de la ventana bidimensional, que son líneas. Las diferencias técnicas implican<sup>21</sup>:

1. La obtención de la intersección de una línea y un plano.
2. La asignación de códigos de salida a los puntos extremos de segmentos de recta para el algoritmo Cohen-Sutherland.
3. La decisión de cuándo un punto se encuentra a la derecha (lo que también se expresa como exterior) o a la izquierda (interior) de un plano para el algoritmo Sutherland-Hodgman.

**Estrategias de Recorte**

Dos estrategias para reducir sobrecarga<sup>21</sup>:

1. Recorte directo.- En este método el recorte se hace directamente con respecto al volumen de vista.
2. Recorte canónico.- En este método se aplican transformaciones de normalización que modifican el volumen original de vista haciendo de él un volumen denominado de vista canónica. Después el recorte se efectúa con respecto al volumen de vista canónica.

El volumen de vista canónica para la proyección paralela es el cubo unitario cuyas caras están definidas por los planos  $x = 0, x = 1, y = 0, y = 1, z = 0$  y  $z = 1$  (figura 2.3.6 (a)).

El volumen de vista canónico para proyecciones perspectivas es la pirámide truncada cuyas caras están definidas por los planos  $x = z, x = -z, y = z, y = -z, z = z_f$  y  $z = 1$  (figura 2.3.6 (b)).

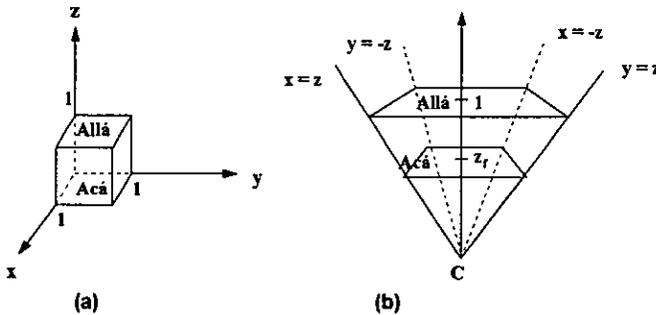


Figura 2.3.6 Recorte directo y recorte canónico.

**2.3.4.3.- TRANSFORMACIONES DE VISTAS**

Pueden considerarse las transformaciones de normalización  $N_{par}$  y  $N_{per}$ , (donde par = paralelo y per = perspectiva) bajo estrategias de recorte, como transformaciones geométricas, esto es, si **Obj** es un objeto definido en el sistema coordenada, la transformación:

<sup>21</sup>Definición del Libro [Gráficas por Computadora]

$$\text{Obj}' = N_{\text{par}} \cdot \text{Obj} \quad \text{o} \quad \text{Obj}' = N_{\text{per}} \cdot \text{Obj}$$

proporciona un objeto  $\text{Obj}'$  definido en el sistema coordinado de vista normalizada.<sup>21</sup>

El recorte canónico equivale al recorte en coordenadas de visión normalizada, esto es, el objeto transformado  $\text{Obj}'$  se recorta con respecto al volumen de vista canónica.

#### Plano de proyección en pantalla

Después de recortar en coordenadas de vista, se proyecta la imagen resultante sobre el plano de proyección en pantalla, que es el que resulta de aplicar las transformaciones  $N_{\text{par}}$  o  $N_{\text{per}}$  al plano.

### 2.3.4.4.- CONSTRUCCIÓN DE UNA VISTA TRIDIMENSIONAL

El proceso completo de vista tridimensional se describe con los pasos siguientes<sup>21</sup>:

1. Se transforma de coordenadas mundiales a coordenadas de vista normalizada al aplicar las transformaciones  $N_{\text{par}}$  o  $N_{\text{per}}$ .
2. Se recortan las coordenadas de vista normalizada con respecto a los volúmenes de recorte canónico.
3. Se proyecta sobre el plano de proyección en pantalla mediante las proyecciones  $\text{par}$  o  $\text{per}$ .
4. Se aplican las transformaciones de vista adecuadas (bidimensionales).

Se puede describir el proceso anterior en términos de una transformación de vista  $V_T$ , en donde

$$V_T = V_2 \cdot \text{par} \cdot \text{CL} \cdot N_{\text{par}} \quad \text{o} \quad V_T = V_2 \cdot \text{per} \cdot \text{CL} \cdot N_{\text{per}}$$

Aquí  $\text{CL}$  y  $V_2$  se refieren a las operaciones de recorte y transformaciones bidimensionales de vistas adecuadas.

## 2.4.- REQUERIMIENTOS PARA TRES DIMENSIONES

### 2.4.1.- SOFTWARE

La manipulación de imágenes es muy importante en esta aplicación, afortunadamente la tecnología de las gráficas por computadora ha producido herramientas estándar para su uso. La característica más importante de cualquier programa de software es la interface de usuario, que determina en qué forma se comunican la computadora y el usuario, cómo los dispositivos de datos en pantalla dan instrucciones a la computadora y cómo ésta regresa información.

Todos estos problemas se resuelven con la nueva tecnología comúnmente llamada **Interface Gráfica de Usuario GUI (Graphical User Interfase)**, la cual simula un escritorio común, con pequeñas imágenes que representan archivos, los cuales pueden ser programas o datos. Usualmente se puede determinar el tipo de archivo, con observar el icono. Un ejemplo de esta interface es Windows.

Por ejemplo para documentos, tales como archivos procesadores de palabras que contienen letras, el icono puede ser una pequeña página. Para el mismo programa de procesador de palabras, se puede ver alguna página, pero añadiéndole una pluma; este pequeño recuerdo visual ayuda para mantener en orden qué archivos crean datos y qué archivos son de datos.

Toda aplicación GUI corre en algún tipo de ambiente gráfico, el ambiente es la compuesto de ventanas y bajo menús. Algunos programas con estas cualidades son dos que se anuncian en los siguientes apartados:

### 2.4.1.1.- AUTOCAD

Este software permite realizar toda clase de dibujos técnicos bi y tridimensionales, contiene todas las herramientas requeridas por el dibujante; además permite especificar las dimensiones de los objetos dibujados tanto en sistema métrico decimal como en el sistema inglés de medidas.

Se podría considerar como un sistema operativo; en donde un sistema operativo orientado a gráficos es un software muy útil para trabajar con gráficos tridimensionales, así como en animación de imágenes.

### REQUERIMIENTOS BÁSICOS

1. Una computadora IBM compatible XT, 286 AT o 386 AT.
2. Un coprocesador Intel 8087, 80287 o 80387.
3. Un disco duro de al menos 20Mb.
4. Un adaptador de comunicación asincrónico.
5. Un monitor EGA y tarjeta gráfica.
6. Un digitalizador o ratón.
7. Un trazador gráfico (impresora gráfica).

### ENTORNO

La parte central de la pantalla se conoce como el área de dibujo (drawing Area); es donde se trabaja con los objetos y se seleccionan los puntos con el cursor. En la versión 10 de AutoCAD, la esquina inferior izquierda visualiza el icono del sistema de coordenadas personales (SCP ó UCS)<sup>22</sup>.

El área inferior de la pantalla, es llamada el área de apoyo del comando (Command Prompt Area) y a través de ella se comunica con AutoCAD, las indicaciones que se introduzcan por el teclado aparecerán ahí. Con <F1> se visualizarán las últimas 25 líneas de comandos y mensajes dentro de esta área.

Los mensajes en la línea operativa (status line) que se encuentra en la parte superior de la pantalla, a la izquierda se visualizan algunos nombres correspondientes a los modos activos así como la identidad de la capa (layer) activa en el momento.

Un poco hacia la derecha del centro de la pantalla se visualizan las coordenadas correspondientes a la ubicación del cursor, medidas en coordenadas absolutas (X & Y) o en coordenadas polares relativas. Con <F6> cambia entre los tres tipos de información mediante coordenadas que ofrece AutoCAD. El sistema de coordenadas que maneja se basa en tres direcciones, denotadas como: X, Y y Z; utiliza unas líneas indicadoras que son dos una horizontal y otra vertical que se cruzan en un punto en la pantalla, que se refieren a las coordenadas X e Y. Dichas líneas se utilizan para localizar los sitios en los que se desea dibujar.

Permite construir dibujos completos usando coordenadas XY, además se puede dibujar usando un tercer eje de coordenadas, Z que no se encuentra en el sistema XY. En su lugar éste consta de las distancias desde la esquina inferior izquierda del papel "sobre" y "debajo" de la superficie del papel, apunta con su dirección positiva hacia usted si sostiene el papel en sus manos, tiene el mismo origen que X e Y; su dirección forma ángulos rectos, o perpendiculares, tanto con el eje X como con el Y. El eje Z permite hacer algo mas que

<sup>22</sup>Nota: El manejo del programa se tomo del Libro AutoCAD Referencia Rápida.

dibujar en la superficie plana, dibuja directamente en el espacio. Además determina los ángulos contenidos entre tales líneas.

El modo Estático (Static Coordinate readout mode) es el modo de operación por definición de AutoCAD, visualiza las coordenadas a medida que se seleccionan los puntos. El modo Dinámico (Dynamic X,Y mode) visualiza las coordenadas absolutas de la posición del cursor a medida que éste se desplaza.

Por otra parte el modo Relativo (Relative polar readout mode) visualiza las coordenadas polares de la ubicación del cursor a medida que éste se desplaza. En este último modo, cada vez que AutoCAD solicite seleccionar un punto, visualizará en pantalla una coordenada referida al punto seleccionado con anterioridad.

El Menú lateral (Screen Menu) a la derecha de la pantalla del monitor, está estructurado para acceder todos los comandos de AutoCAD. Se visualiza una vez que quede activada la pantalla de dibujos (Drawing Editor Screen), seleccionando la opción 1 ó 2 del menú principal.

Cuando se trabaja en AutoCAD, se debe trabajar dentro de un "espacio" artificial controlado por el programa. Los espacios son de dos tipos principales, el dibujo y la creación del modelo se pueden realizar en el espacio de modelo y se pueden crear vistas especiales del dibujo orientadas al trazador en el espacio del papel. La mayoría de las actividades se realizan en el espacio del modelo, en un mundo totalmente tridimensional; creado el dibujo, se conmutará al espacio de papel para refinar las vistas que se usarán para enviar los dibujos a impresoras.

Al abrir un archivo de dibujo, en el lado derecho de la pantalla se visualiza el menú original (Root Menu), en donde la mayoría de las opciones son, en realidad, nombres de submenús donde se encuentran los comandos propiamente dichos. Para poder usar AutoCAD es necesario entender como se deben especificar los objetos a dibujar y cómo se deben seleccionar múltiples opciones del sistema de menús para ejecutar los comandos.

Apuntar o señalar implica el uso de un dispositivo selector como un ratón, una tableta digitalizadora o las teclas direccionales de flecha del teclado. Así al estar en la pantalla editora de dibujos, se verán dos líneas cruzadas que se desplazan sobre el área a medida que se mueve el selector manual de puntos (ratón, tableta digitalizadora, lápiz electrónico, etc.), con las cuales se especifican posiciones en la pantalla cuando se crean objetos. Dependiendo de la función que se realice el cursor adopta diferentes formas, por ejemplo: cuando se seleccionan objetos adopta la forma de un pequeño cuadro.

Para dibujar líneas ortogonales (líneas exactamente horizontales o verticales) se usa el modo de ortogonalidad u Ortho, éste se activa al pulsar la tecla <F8> o la combinación de <Ctrl- O> a la izquierda de la línea de operatividad en la parte superior de la pantalla.

Para trazar las líneas a ángulos determinados, resulta más cómodo especificar la distancia y el ángulo por el teclado, usando coordenadas polares relativas.

Muchos comandos de AutoCAD solicitan la selección de puntos, simplemente introduciendo valores de coordenadas polares relativas. A continuación se explicarán los métodos y filtros empleados para la selección de puntos tridimensionales.

Las coordenadas absolutas usan como referencia el origen del sistema de coordenadas personales (SCP) definido por el usuario para la selección de puntos. Se puede introducir la ubicación de una coordenada absoluta, dando valores para los ejes de coordenadas X, Y & Z separados por comas,

---

ejemplo: select point:6,3,1. En caso de omitir el valor Z AutoCAD presupone como valor por definición el que está activo en ese momento.

Las coordenadas relativas toman el último punto introducido como referencia. Son introducidas de la misma forma que las coordenadas absolutas, pero con la diferencia que los valores van precedidos del signo (@). Ejemplo: select point @ 6,3,1.

Las coordenadas polares relativas se definen introduciendo la distancia precedida por el signo (@), seguido del signo (<) y posteriormente el ángulo deseado. Ejemplo: select point @ 6<45.

El método para seleccionar puntos en espacios tridimensionales se llama filtro. Este permite introducir valores independientes uno de otro para las coordenadas X, Y ó Z.

El dimensionamiento de un dibujo consiste en una línea más delgada que las del objeto, que representa la distancia original que hay entre dos puntos de ese objeto, estas líneas llamadas de cota o de dimensión indican la magnitud de la distancia, por lo general la línea termina en una punta de flecha en cada extremo, y la magnitud de la dimensión se coloca en el centro (donde la línea se hace discontinua). Los extremos de una línea de cota nunca tocan el objeto, sino más bien están unidas al objeto por líneas de referencia o de extensión (líneas igualmente más delgadas que las demás y que se extienden desde los puntos cuya distancia se está midiendo). En el caso de arcos y círculos muy pequeños, la línea de cota o de dimensión se conoce como directriz o guía y permite dimensionar un diámetro o un radio.

#### PUNTOS DE DEFINICIÓN

Son los puntos para determinar la ubicación de la dimensión más otro punto ubicado al centro del texto de dimensionamiento. Estos puntos para las dimensiones lineales están ubicados en el origen de la línea de extensión y en la intersección de la línea de extensión y la línea de dimensión. En el dimensionamiento del diámetro de un círculo, los puntos de definición son el punto usado para definir el círculo y el punto opuesto en el círculo. Por su parte los puntos de definición del radio, son el punto usado para definir el círculo, más el centro del mismo, todos los puntos de definición están ubicados en una capa llamada Defpoints. Los puntos se visualizan sin tomar en cuenta si esta activa o no, pero para graficarlos, sí debe estar activa.

#### DIMENSIONES ASOCIATIVAS

Las dimensiones asociativas son aquellas que están dinámicamente conectadas a los puntos de definición. Actúan como una sola entidad u objeto; por lo cual, al escoger cualquier parte de la dimensión, toda la dimensión queda igualmente seleccionada. El valor por definición para el dimensionamiento asociativo es activo, y al ser desactivado los componentes de cualquier nueva dimensión actúan como entidad independiente de dibujo; no obstante las dimensiones que hayan sido introducidas con anterioridad conservan su condición de asociativas.

Permite dibujar superficies tridimensionales usando valores de coordenadas especificados por el usuario, esta opción es muy útil cuando se trabaja en dibujos topográficos y en el análisis de elementos finitos, puede ser usada con AutoLISP. Para generar un modelo topográfico, hay que realizar un listado cuadrículado de las coordenadas X, Y & Z, indicando los valores en la planilla, tal y como se verían en la planta, introduciéndolos en la esquina superior izquierda. Cuando aparece un mensaje solicitando el vértice se insertan los números de las columnas para la dirección M y los números de filas para la dirección N, introduciendo los valores de las coordenadas fila por fila, por la parte inferior izquierda de izquierda a derecha, asegurándose de incluir todos los valores de los desniveles.

### 2.4.1.1.1.- AUTOLISP

Es un lenguaje de programación derivado del lenguaje usado para aplicaciones con inteligencia artificial conocido como Common LISP: un lenguaje orientado a objetos, los que maneja o trabaja con listas de símbolos, además es un lenguaje evaluado en vez de ser interpretado o compilado como los demás. LIPS proviene de LIST Processing (Procesado de Listas); desarrollado en los años cincuenta, es uno de los lenguajes de programación más antiguos aún en uso. En particular en los programas de CAD, AutoLISP se vale de ciertas funciones especiales de common LISP adaptadas para la manipulación de los dibujos creados con AutoCAD.

### 2.4.1.2.-VISUAL BASIC

Es un sistema de desarrollo diseñado especialmente para crear aplicaciones gráficas de una forma rápida y sencilla. Para soportar este tipo de desarrollos, Visual Basic utiliza fundamentalmente dos herramientas, una que permite realizar los diseños gráficos y un lenguaje de alto nivel.

Visual Basic está centrado en dos tipos de objetos, ventanas y controles, que permiten diseñar sin programar, una interfaz gráfica (mecanismo de comunicación entre el usuario y la aplicación) para una aplicación. Para realizar una aplicación se crean ventanas, llamadas formularios, y sobre ellas se dibujan otros objetos llamados controles, tales como cajas de texto, botones de órdenes, listas desplegadas, etc.

Incluye como características más sobresalientes<sup>23</sup>:

- Soporte para intercambio de datos con otras aplicaciones (DDE - Dynamic Data Exchange).
- Soporte para objetos embudados y enlazados (OLE - Object Linking and Embedding)
- Una interfaz para múltiples documentos que permiten crear una aplicación con una ventana de aplicación y múltiples ventanas del documento, tal como, Microsoft Word (MDI - Multiple Document Interface).
- Soporte para establecer enlaces con Windows y con rutinas escritas en otros lenguajes (DDL - Dynamic Link Libraries).
- Kit de desarrollo de controles, con el que se puede diseñar propios controles a medida (CDK - Control Development Kit).
- Compilador de ayuda, una herramienta que permite la creación de ayudas estilo Windows (HC help Compiler).
- Librería para SQL que permite manipular base de datos relacionales, tales como Microsoft Access (SQL - Structure Query Language).
- Un sistema de ayuda en línea.
- Una librería de iconos para trabajos profesionales.

Cuando se combinan estas características, se dispone de un sistema de desarrollo que permite diseñar rápidamente aplicaciones sofisticadas. Con Visual Basic se pueden crear formularios sin escribir nada de código.

Un *Formulario* es una ventana que sirve de fondo para los controles y para los gráficos situados sobre la misma. Se pueden utilizar tantos formularios como se necesite, y dependiendo de la utilidad que se les dé, éstos serán de diferentes tipos. Así, se puede crear un formulario para que contenga un gráfico, para visualizar o para aceptar datos.

<sup>23</sup>Tomados del Libro Enciclopedia de Visual Basic.

Una vez creado el formulario, se pueden añadir controles tales como etiquetas, cajas de texto, macros, casillas de verificación, botones de opciones, etc. Los *Controles* son objetos que se dibujan sobre un formulario con el fin de aceptar o visualizar datos.

### REQUERIMIENTOS BÁSICOS

1. Microprocesador 80286 o superior.
2. Un disco duro.
3. Una unidad de disquete 3 1/2" o 5 1/4".
4. Un ratón.
5. Una tarjeta de video EGA, VGA, 8514, Hércules o compatibles.
6. MS-DOS versión 3.1 o superior.
7. Windows versión 3.0 o superior.
8. 1 Mb de memoria o más.

### EFFECTOS GRAFICOS

En Visual Basic se pueden mover objetos por la pantalla, hacerlos aparecer y desaparecer, modificar su tamaño y realizar, además cualquier gráfico que se nos pueda ocurrir combinando las figuras básicas, como líneas, cajas, círculos, etc.

### CONTROLES GRAFICOS

Provee de varios controles diseñados para crear efectos gráficos en una aplicación, estos son: Imagen, Línea y Figuras, como ventajas destaca que requiere menos recursos del sistema que otros controles, lo que redundaría en una mayor velocidad de ejecución, y requieren menos código que cuando se utilizan métodos gráficos.<sup>24</sup>

Tienen también unas limitaciones (referencia del libro Enciclopedia de Visual Basic):<sup>24</sup>

- No pueden ser enfocados durante la ejecución.
- No pueden contener a otros controles.

### IMÁGENES

En Visual Basic es posible añadir una imagen (una figura en general) a un formulario. Puede ser puesta directamente sobre éste, dentro de una caja de imagen o utilizando el control imagen. Esta imagen puede estar almacenada en tres tipos de ficheros: .BMP (bitmap), .ICO (icon) y .WMF (windows metafile). Una caja de imagen es un control que puede contener imágenes y otros controles.

### LINEAS

El control Línea permite dibujar líneas en tiempo de diseño. Un objeto de esta clase tiene propiedades que permiten controlar su posición, longitud, color, estilo, etc.

### FIGURAS

El control Figuras permite dibujar rectángulos, cuadrados, ambas figuras con sus esquinas redondeadas o sin redondear, círculos y elipses. Un objeto de esta clase tiene propiedades que permiten controlar su posición, tamaño, color del borde, color interior, recubrimiento, tipo de figura, estilo del borde, etc.

### ESTABLECIENDO UN SISTEMA DE COORDENADAS

Un sistema de coordenadas se puede ajustar a la escala que se desee. Hay una escala a medida y siete escalas predefinidas, las cuales se indican a continuación:

<sup>24</sup>Tomados del Libro Enciclopedia de Visual Basic.

Escala	Descripción
0	Los valores de las propiedades <code>ScaleLeft</code> , <code>ScaleTop</code> , <code>ScaleWidth</code> y <code>ScaleHeight</code> son establecidos por el usuario.
1	Escala por defecto Twips.
2	Puntos. Hay 72 puntos por pulgada.
3	Píxeles. Un pixel es la unidad más pequeña de resolución de un monitor o de una impresora.
4	Caracteres. Un carácter se define como un área de 1/2 pulgadas de ancho (120 twips) y de 1/6 pulgadas de alto (240 twips).
5	Pulgadas (1 pulgada es igual a 25,4 milímetros).
6	Milímetros.
7	Centímetros. Hay 567 twips por centímetro.

### COLOREAR FIGURAS

Una figura puede ser rellenada con un color sólido o con un determinado patrón. Para seleccionar con qué se va a rellenar la figura, se utiliza la propiedad `FillStyle`. Los valores posibles para esta propiedad se indican a continuación<sup>24</sup>:

Valor para <code>FillStyle</code>	Significado
0	Color sólido
1	Color transparente opción por defecto.
2	Líneas horizontales
3	Líneas verticales
4	Diagonales ascendentes
5	Diagonales descendentes
6	Líneas cruzadas
7	Diagonales cruzadas

### ANIMACIÓN DE GRÁFICOS

La animación de una imagen se realiza de acuerdo con la siguiente secuencia de pasos<sup>24</sup>:

1. Se dibuja una imagen en la pantalla.
2. Se introduce un retardo que será función de la velocidad con la que se quiere que se mueva el objeto.
3. Se borra la imagen, se calcula una nueva posición y se repite la secuencia de pasos desde el 1.

### ACCESO A BASE DE DATOS

Visual Basic provee de un control denominado `datos` que permite crear aplicaciones para visualizar, editar y actualizar información de varios tipos de bases de datos, como Microsoft Access, FoxPro, dBase y Paradox.

Para hacer que una aplicación se comunique con una base de datos, se añade un control `datos` al formulario y se especifica la base de datos de la que se desea información. La información se visualiza en otros controles, como cajas de texto, ligados al control `datos`.

## 2.4.2.- HARDWARE

### 2.4.2.1.- UNIDAD CENTRAL DE PROCESO

Todas las operaciones son hechas en una unidad llamada **UCP ó CPU (Unidad Central de Proceso)**, la cual maneja todos los procesos para el resto de la computadora. Por ejemplo, si el CPU necesita añadir dos números, éste busca los nombres de los números en la memoria y cuando los llama entran a una localización de memoria temporal. Cuando el CPU añade los dos números a la vez, la computadora almacena el resultado en la memoria principal.

El CPU puede comunicarse con la memoria de la computadora, así como otra parte de la misma tal como dispositivos de entrada y salida. Un dispositivo de salida es la pantalla, otro término que se le da es: **unidad de vídeo, unidad gráfica y monitor.**

La computadora presenta la información almacenada en una cierta parte de la memoria; el área de memoria especial es llamada **Unidad o Memoria de Vídeo**. La computadora ésta constantemente presentando el contenido de la memoria de video hacia la pantalla. Para que el CPU pueda obtener cierta información en pantalla, toda la unidad tiene que hacer la escritura de información para la correcta dirección a alguna parte en la memoria del vídeo, entonces la información es automáticamente proyectada en pantalla.

Los dispositivos de entrada incluyen algunos como: el teclado y ratón, ambos capaz de traducir alguna reacción física en números que la computadora pueda entender. Con presionar un botón en el teclado, las conexiones electrónicas son cerradas y las señales viajan a través de la computadora y eventualmente al CPU; éste entonces descifra la tecla presionada y pasa la información a la memoria de la unidad de vídeo, la cual se proyecta en pantalla. Esto significa que la letra presionada entra en la computadora y se proyecta en la pantalla como salida.

Como la información viaja dentro y fuera de la computadora, ésta permanece en ella para ser almacenada; este almacenamiento ocurre en la memoria principal de la misma, sin embargo esta memoria dura solamente mientras la computadora esté encendida; para que sea grabada la información permanentemente, el CPU la envía a alguna forma de medio magnético tal como una unidad de disco.

### 2.4.2.2.- DISPOSITIVOS DE COMPUTADORA

Naturalmente, un componente para trabajar con gráficas son los dispositivos de computadora. Estos están formados de: **Monitor y Tarjeta de Vídeo.**

### 2.4.2.3.- MONITOR

El Monitor es una televisión o pantalla de alta resolución y la tarjeta de vídeo es un dispositivo de memoria, que retiene todos los datos alrededor de cada píxel en la pantalla. La Tarjeta de Vídeo también convierte los datos digitales gráficos en una señal analógica en el monitor.

Los tres aspectos importantes de la Presentación de Monitores son: **Tamaño de Pantalla, Frecuencia y Punto de Inclinación.**<sup>25</sup>

---

<sup>25</sup>Definición del Libro [The Magic of Computer Graphics]

### TAMAÑO DE LA PANTALLA DEL MONITOR

El tamaño de pantalla diagonal de los monitores, se clasifica de 10 a más de 27 pulgadas. Algunos de los tamaños más comunes son: 14, 17, 20 y 21 pulgadas; éstas son precisamente para la obtención de gráficas en computadora. El tamaño de la misma no tiene relación con la calidad de las gráficas que produce; el beneficio solamente es cuando se están creando las imágenes, se puede ver con más detalle en un gran monitor que uno pequeño. En un monitor pequeño se pueden fijar detalles, sin embargo, se hace un acercamiento (hace la computadora aumentar el tamaño de píxeles que este envía sobre la pantalla) para ver los detalles.

El 76% de los monitores del mercado son de 14 pulgadas y solamente alrededor del 5% son de 17 pulgadas. La selección y precios es más competitiva con los monitores de 14 pulgadas.

### FRECUENCIA

Un factor que determina la calidad de presentación de la imagen en un monitor es la Frecuencia. Cuando un adaptador de tarjeta de video envía gráficas de la computadora al monitor, lo hace a una frecuencia específica; la cual depende de la resolución de la imagen que esta siendo presentada. Como con las televisiones, un electrón corre horizontalmente bajo la pantalla, obteniendo una línea a tiempo. Cuando este alcanza el botón de la pantalla, hace un repaso vertical y regresa a la parte superior de la pantalla. Naturalmente, con la alta resolución de la señal de video, el electrón tiene más líneas para dibujar; si la pantalla es con una resolución de 1280x1024, tiene que dibujar el doble de líneas como para una resolución de 640x480. Esto significa, que el doble de datos necesarios llegan a la tarjeta de video al doble de velocidad.

Las computadoras, sin embargo, pueden usar una señal entrelazada, la cual intenta que el electrón solamente dibuje cualquier otra línea bajo la pantalla; entonces se realiza un segundo paso y llena las líneas faltantes, esta señal entrelazada requiere dos repasos de electrones, así la pantalla es actualizada alrededor de una velocidad media. Esta velocidad causa un pequeño movimiento en la pantalla cuando éste está corriendo en modo entrelazado.

Sin embargo, la ventaja algunas veces pesa más que el movimiento; porque los datos pueden venir de la tarjeta de video a velocidad media normal. Estos monitores son menos caros, y las tarjetas de video pueden ser usadas para trabajos con gráficas de alta resolución (para resistir los movimientos); estos dispositivos de resolución para ambos monitores y tarjetas de video, son muchas veces clasificadas con uno y otro entrelazado o monitoreado. Además, el tamaño de la pantalla del monitor no tiene nada que ver con el dispositivo de resolución. Se puede presentar una resolución de imagen 1024x768 en un monitor de 14 pulgadas, el problema es que los píxeles pueden ser más pequeños.

A la velocidad de las señales que pasan entre la tarjeta de video y el monitor se le denomina Frecuencia. Las tarjetas gráficas envían señales horizontales y verticales al monitor para controlar el electrón. El número de cuadros algunas veces llamados razón de cuadro, frecuencia de exploración vertical o índice de regeneración vertical se determina por la frecuencia, y de todas maneras la señal es entrelazada; la señal horizontal es mucho más rápida que la señal vertical, porque el electrón solamente se mueve poco verticalmente al final de cada línea; así la frecuencia vertical es descrita en *hertz (Hz)*, y la frecuencia horizontal se expresa en *kilohertz (kHz)*.

### PUNTO DE INCLINACIÓN

El punto de inclinación de un monitor, es la manera de como cerrar el espacio de los puntos de luz individuales que están en la pantalla. Los tubos usan una máscara de sombra, la cual es una placa de metal usada para focos de electrón sobre rojo, verde y azul compuestos de fósforo. La cavidad en la máscara de sombras, determina como cerrar y agudizar la combinación de puntos RGB que aparecen en la pantalla; las cavidades

son medidas en milímetros (un punto de inclinación de .025mm es 25/100s de un milímetro) verticalmente desde el centro de puntos coloreados.

Un tubo de figura llamado *Trinitron Sony* es ligeramente diferente; en lugar de usar puntos ligeros, éste usa una serie vertical por lo que el punto de inclinación se mide con una distancia entre las series; así el Trinitron de Sony es una máscara de sombra algunas veces llamado una **Serie de Máscara o Apertura de Máscara**.<sup>26</sup>

El mejor dispositivo con un punto de inclinación sobre 0.28mm, haría aparecer en pantalla cubierto de pelusa o fuera de foco, además el monitor no tiene relación con cualquier cosa para la calidad de las gráficas; cuando la imagen final es terminada va a un dispositivo de salida; de la misma forma, si la pantalla es de baja resolución y aparece cubierto de pelusa, y no afecta la salida de las gráficas.

#### 2.4.2.4.- TARJETAS DE VIDEO

Las tarjetas de video tienen muchos nombres; algunos de estos son: tarjetas de presentación de video, tarjetas adaptadoras de video, adaptadores de presentación, adaptadores de video, adaptadores gráficos, tarjetas gráficas o controladores de video.

Las tarjetas de video generan información digital a la computadora y convierte ésta en una señal analógica para el monitor; esto también provee los conectores apropiados, así la señal analógica puede viajar de la computadora al monitor vía cable; también contienen *frame buffers* (*almacenamiento transitorio de cuadros*), que es un gran bloque de memoria que almacena pixel por pixel la información en la pantalla. Esto es, el almacenamiento transitorio de cuadros contienen la información que la tarjeta de video convierte en señal analógica para el monitor; por lo que los tres aspectos principales de los adaptadores de video son: **resolución, profundidad de color y velocidad**.<sup>26</sup>

#### RESOLUCIÓN

En las tarjetas de video, la resolución esencialmente se refiere a la dimensión (en pixeles) que la pantalla es capaz de presentar. Típicamente la resolución de la tarjeta se describe con la mas alta capacidad, por ejemplo: una resolución de 1280x1024 frecuentemente intenta que ésta pueda correr a todas las resoluciones comunes, de 320x200 amiba de 1280x1024. La resolución tiene una relación directa con la cantidad de memoria que tiene en la tarjeta. Con más memoria, más pixeles pueden ser almacenados en el frame buffer. Igualmente a más memoria, más cara la tarjeta de video.

#### PROFUNDIDAD DE COLOR

Todo video tiene capacidad de profundidad de color, éste describe el número de colores que la tarjeta de video puede producir. La siguiente lista muestra las posibles profundidades de bit y el número total de colores por cada uno:

Profundidad Bit	Número de Colores
1	2
2	4
4	16
8	256
16	64,000
24	16,700,000
32	16,700,000+256
64	16,700,000+256

<sup>26</sup>Definición del Libro [The Magic of Computer Graphics]

Además, una vez que la computadora alcanzara una profundidad de color de 24-bit (16.7 millones de colores), esto no se incrementa ya que el ojo humano no puede distinguir la diferencia entre colores cuando son más de 16.7 millones de variaciones de colores. Un color de 24-bit es derivado de tres canales de 8-bit, cada uno conteniendo 256 matices posibles; los tres canales son: uno para rojo, uno para verde y uno azul, cuando se combinan se obtienen 16.7 millones de colores posibles.

La computadora puede usar 8-bit extra por píxel, para especificar como se transparenta ese píxel cuando está cubriendo un diferente píxel coloreado; la computadora es capaz de separar imágenes compuestas, igual pegar la imagen encima teniendo un artículo tal como una sombra o un vaso como objeto. Usando el valor de transparencia extra, la computadora puede determinar como muchas de las imágenes ocultas serían mostradas a través de cada píxel.

La profundidad de color mencionada, usa 64-bit dato extra para ayudar a acelerar la animación y otras funciones tales como acercamiento (zooming) y panorámica (panning) de la imagen. Aunque unas pocas tarjetas de 64-bit están disponibles para una computadora personal, la mayoría se establecen en las workstation (estaciones de trabajo); algunas tienen 128-bit de almacenamiento transitorio de cuadros, proporcionando el último en la ejecución de gráficas.

La combinación de resolución y una profundidad de color, tal como 1024x768x256 es llamado *Modo de Video*; la mayor parte de las tarjetas de video soporta diferentes modos; algunas resoluciones ofrecen profundidad múltiples de colores. Por ejemplo, se dice que las tarjetas de video pueden correr a una resolución de 640x480 con una profundidad de color de 8, 16, 24 ó 32 bits, si se están simplemente dibujando líneas como las que se usan en software CAD, no se necesita una cantidad de color, se usa el modo de video con menos cantidad de color, ésta aceleraría la presentación después de que menos datos son movidos, la tarjeta de video acelera el trabajo. Sin embargo, cada "bit" de profundidad de color puede proporcionar dar uno para sí mismo.

## VELOCIDAD

Todos los aspectos mencionados de las tarjetas de video afectan la velocidad. La alta resolución proporciona más píxeles y la alta profundidad de color, más datos. Existen tres métodos que pueden ayudar: **Memoria de alta velocidad, Bus de alta velocidad y Coprocesador.**<sup>26</sup>

### - MEMORIA

La memoria para tarjetas de video tiene que ser mejorada; en lugar de usar **DRAM (Memoria de Acceso Dinámico Random)** normal se requiere la memoria principal de la computadora, las tarjetas usan **VRAM (Memoria de Acceso de Video Random)**. EL DRAM puede realizar sólo una cosa a un tiempo, así cuando la tarjeta está leyendo un almacenamiento transitorio de datos DRAM, para enviar la información al monitor, el CPU no puede actualizar el almacenamiento transitorio de datos al mismo tiempo. El VRAM, por otro lado, puede ejecutar dos funciones a la vez, las cuales permiten a la computadora escribir en el almacenamiento transitorio de datos al mismo tiempo que lee la tarjeta de video y envía la información al monitor, esto incrementa el completo funcionamiento, pero naturalmente las tarjetas de video VRAM son más caras que las DRAM. Si se utiliza alta profundidad de color y modos de video de alta resolución, entonces se consideran las tarjetas de video VRAM.

### - EXPANSIÓN DE BUS

Otra manera de acelerar las tarjetas de video, es hacer que puedan comunicarse lo más rápidamente posible con el CPU. Estas como otras tarjetas periféricas de computadora se conectan dentro de un bus de datos, algunas veces llamado **expansión de bus**. Este bus de datos es el medio de transmitir datos entre el CPU y la tarjeta de video.

Las computadoras personales vienen con un bus llamado: **ISA** (Arquitectura Industrial Estándar), sin embargo es muy lento comparado con la velocidad de procesamiento del moderno CPU. Un bus rápido es el **EISA** (Arquitectura Estándar Industrial Extendida), el cual permite enviar rápidamente; pero esto es cambiado principalmente hacia el disco duro, tarjetas controladoras y tarjetas de interfaces de red.

El bus **Local VESA** y el **PCI** (Componente Periférico Interconector), ambos permiten añadir tarjetas para comunicar directamente con el CPU para tener velocidad; y ambos incrementan la velocidad de las gráficas por computadora.

#### **- COPROCESADOR**

Una reciente adición a las tarjetas de video es inteligencia en el tablero (on-board intelligence); muchas tarjetas vienen con su propio microprocesador, usualmente llamado **coprocesador**. Este es utilizado para calcular datos gráficos, para auxiliar al CPU de la computadora con las tareas; por ejemplo: para dibujar un cuadrado sólido en la pantalla usando una tarjeta de video que no tiene un coprocesador, el CPU tendría que calcular el tamaño y localización del cuadrado, y determinar el renglón y columna de cada pixel dentro del cuadrado; entonces daría instrucciones a la tarjeta de video para regresar uno a uno los píxeles individualmente.

Para una tarjeta de video que tiene un coprocesador, el CPU solamente tiene que pasar el tamaño y localización del cuadrado y mandarla a la tarjeta para llenar esta con un color, aquí la tarjeta puede calcular exactamente cuales píxeles necesita para ser colocado. El CPU queda libre para ejecutar tareas más importantes. Hay solamente dos desventajas para el coprocesamiento de las tarjetas: el costo y el hecho de que la velocidad del CPU mejora constantemente, puede ejecutar el procesamiento de gráficas rápidamente con el coprocesador y realizar otras tareas. Así mientras el coprocesador puede incrementar la ejecución, la salida de información se ejecuta rápidamente.

#### **CALIBRACIÓN**

La calibración del color entre scanners, monitores e impresoras tienen que ser de una mayor producción de computadoras que están siendo usadas más y más en la industria gráfica profesional. Para ayudar a calibrar el color entre entrada, manipulación y salida un número de compañías están produciendo dispositivos de calibración, los cuales permiten calibrar el color profesionalmente en el scanners, monitor e impresora.

### **2.4.2.5.- PLATAFORMAS LOW-END**

Estas plataformas son utilizadas para las gráficas por computadora, incluyen cualquier IBM PC compatible y Apple Macintosh. Para el poder y capacidad estas plataformas son equivalentes mutuamente, todas tienen fortaleza y debilidad.

#### **APPLE MACINTOSH**

Esta línea de computadoras son muy usadas para aplicaciones gráficas; para la persona que quiere usar fácilmente la computadora, la Mac es una buena opción. Estas tienen una expansión de bus de alta velocidad llamado **NuBus** y soportan disco duro estándar, drives y scanners.

Una variedad de Macs están disponibles por menos de mil dólares o más, compitiendo con las PC's de IBM, sin embargo, el precio promedio del software gráfico es alrededor del 30% más caro que el software gráfico de las PC's.

#### **PC IBM COMPATIBLES**

Son las computadoras personales más populares del mercado, y a diferencia de la Mac los microprocesadores PC son producidos por un número de compañías tales como: Intel, Cyrix y AMD. Tres de los principales CPU's

usados actualmente para las computadoras gráficas son: 386, 486 y Pentium; los dos primeros son producidos por las tres compañías, mientras que Pentium es producido por Intel solamente.

#### 2.4.2.6.- PLATAFORMAS HIGH-END

Las plataformas high-end y las gráficas 3D están en las workstations en lugar de computadoras personales. Las cuales son computadoras de escritorio de alto rendimiento que pueden estar en red para compartir datos, estando ligadas dentro de una gran computadora llamada *server* (*servidor*); que tiene una gran cantidad de almacenamiento de disco y un rápido CPU.

Hay un número de fabricantes de workstations high-end y servidores, tales como: Silicon Graphics, Sun Microsystems, IBM, Hewlett-Packard, etc. Las workstations gráficas pueden ser compradas en un precio promedio.

##### **SILICON GRAPHICS INC.**

Fabrica la computadora gráfica más veloz, recientemente anunció "El microprocesador más rápido", el *POWER Onyx* super computadora basada en el procesador MIPS R8000 RISC. Pero su precio es muy elevado para la unidad de la base y para el sistema con 12 microprocesadores.

SGI tiene seis familias de productos: Indy, Indigo, Crimson, Onyx y Challenge. El Onyx puede servir como una workstation o servidor, los tres primeros vienen en varias configuraciones y el Challenge es una serie de servidor.

#### CONCLUSIÓN

El interés de interpretar los datos que contiene la computadora llevó a la creación de las gráficas por computadora en un plano bidimensional, mejorándolas en un plano tridimensional, creando así objetos más reales con volumen y cuerpo generando una imagen más agradable a la vista.

## CAPITULO 3

# FUNDAMENTOS DE REALIDAD VIRTUAL

### 3.1.- DEFINICIONES

La retina es una de las partes más complejas del ojo, varias de sus características se comparan con algunas de la televisión. En lugar de pensar a cerca de lo que este frente a uno, se debe pensar la imagen que se forma en la capa de la retina detrás del ojo. El cerebro, interpreta las señales de luz y crea la escena que se ve en frente. Similar es el proceso de las imagenes en la computadora.

La velocidad y potencia de la computadora han sido combinadas con avances de procesamientos de imágenes, mecanismos de búsqueda e intuición humana en la comunicación por computadora para dar lugar al medio llamado **Realidad Virtual (RV)**. Este término se podría definir como sigue: "Una simulación generada por computadora de un ambiente en tres dimensiones(3D), en el cual el usuario es capaz de ver y manipular el contenido del ambiente."<sup>27</sup>

Para comprender mejor el término iniciaremos por definir por separado las palabras virtual y real.

#### 3.1.1.- VIRTUAL

Es usado en la industria de la computación para referirse a algo que es simulado en software, por ejemplo: Memoria Virtual, que es un espacio en disco; el sistema operativo de la computadora puede mover datos reales desde la memoria física al disco y viceversa. Desde el punto de vista del usuario, esto parece como si la computadora tuviera más memoria RAM, que en realidad es lo que hace parecer, el disco duro es usado para simular más memoria.

El drive del disco virtual también existe, en realidad es el primer programa "ramdisk" (disco ram) para la PC IBM después llamado "disco virtual", en este caso una gran cantidad de memoria de la computadora es usada para simular el drive del disco. Por lo tanto, esto no es sorprendente, las simulaciones generadas por computadora del mundo real llamado RV, son realidades implementadas por completo en el software.

#### 3.1.2.- REAL

Toda nuestra percepción del mundo viene a través de nuestros cinco sentidos: ver, oír, tocar, hablar y gustar, las personas o cosas con existencia verdadera. Por lo que, las realidades virtuales generadas por la computadora son creadas para simular la entrada de uno o más de nuestros sentidos.

#### 3.1.3.- REALIDAD VIRTUAL (RV)

Se puede definir como término compuesto de muchos sistemas; apoyados en un fundamento básico de hardware, software y electrónica, se trata de sistemas independientes desarrollados para producir efectos visuales, auditivos y táctiles que son utilizados en entornos virtuales. Cada uno de estos sistemas refuerza un aspecto de la ilusión del usuario durante su inmersión en el entorno virtual, con ayuda de sus sentidos.

---

<sup>27</sup>Definición del libro [VR CREATIONS]

La RV explota todas las técnicas de reproducción de imágenes y las extiende, usándolas dentro del entorno en el que el usuario puede examinar, manipular e interactuar con los objetos expuestos.

Su objetivo puede resumirse en crear mejores formas de comunicación entre las computadoras y los seres humanos. Ahora bien no hay que confundirla con Inteligencia Artificial (IA), la cual se refiere a mecanismos y aplicaciones que exhiben inteligencia y comportamiento humano, éstos incluyen robots, sistemas expertos, reconocimiento de voz, y procesamiento de lenguaje natural.

Así pues, nuestros sentidos juegan un papel muy importante en la RV, pero no todos son igualmente importantes; en particular el sentido del gusto es raramente usado, al igual el sentido del olfato los cuales solamente proveen información limitada acerca del mundo. Se ha realizado poca investigación en cuanto a olores y gustos digitales. El sentido del tacto es un poco más importante, especialmente para la manipulación de objetos en el mundo virtual, se pueden identificar superficies por su textura, temperatura, peso y por la forma en que mucho de ellos resisten presión, distinguiendo un malvasisco de un cubo de hielo, etc. Estos sistemas también son para la simulación de la textura de superficie por medio de los dedos; algunos usan el sonido para sustituir el tacto, así cuando se toca una superficie se produce un sonido, que indica cuando es áspero o plano; sin embargo, los sentidos más importantes por mucho son la vista y el oído.

### 3.1.4.- LA VISTA

Es el más importante de los cinco sentidos, y así el principal énfasis en la investigación de la RV es el área de las gráficas. El producir imágenes reales es una parte importante en cualquier sistema. Existen varias maneras de comparar el realismo; las tres más comúnmente usadas son: resolución de presentación, resolución del color y medida del cuadro.<sup>28</sup>

#### RESOLUCIÓN DE PRESENTACIÓN

Es el número de puntos que son usados para crear la imagen; un típico sistema de RV low-end usa una resolución de calidad VGA (320 columnas por 200 renglones de puntos), las gráficas producidas por televisión usualmente tienen 640 columnas por 480 renglones de puntos, con alta resolución puede subir a 1024 por 768 puntos, la imagen parece más real; sin embargo, incrementando la resolución de la imagen la computadora puede tener procesando una cantidad más, para mejorar la creación de la misma.

#### RESOLUCIÓN DEL COLOR

Es el número de diferentes colores que puede mostrar la computadora, los valores más comunes son 256 colores, 32,768 (ó 65,536) colores y 16 millones de colores. Una muestra de 256 colores usa 1 byte (8 bits) por pixel, una muestra de 32,768 colores usa 2 bytes (15 ó 16 bits) por píxel y una muestra de 16 millones de colores usa 3 bytes (24 bits) por píxel.

#### MEDIDA DEL CUADRO

Es una importante comparación de realismo, es el número de veces por segundo en que la computadora puede actualizar la pantalla con una nueva imagen. En la televisión la pantalla se actualiza 30 veces por segundo; mientras que una película vista en el cine actualiza la pantalla 24 veces por segundo y la mayoría de las caricaturas usan 3 ó 4 cuadros por segundo.

Después de alrededor de 6 cuadros por segundo, el cerebro no alcanza a generar la ilusión de movimiento continuo, en su lugar la escena se ve como una serie de imágenes fijas, una después de la otra. Esto es un trade-off entre estos tres factores, la alta resolución de presentación y resolución del color, hacen que la

<sup>28</sup>Definición del libro [VR CREATIONS]

computadora dibuje cada cuadro. La alta resolución intenta disminuir la medida del cuadro, y en consecuencia disminuye la resolución que pretende la más alta medida del cuadro. El reto es proyectar un sistema que presente razonablemente una imagen de alta resolución, con una aceptable medida del cuadro.

### 3.1.5.- EL OÍDO

Es el segundo sentido más importante, con el cual localizamos e identificamos cosas basándonos en los sonidos que producen. Actualmente para la computadora, es más fácil tratar las imágenes las cuales están en partes, porque la cantidad actual de información que ha sido procesada es mucho más pequeña para el sonido que para imágenes visuales.

Existen dos medidas importantes de realismo: la primera es el *"sampling rate"* (*Índice de muestreo*); cuando una computadora almacena sonidos, esta muestra la señal del sonido tan frecuentemente y almacena ese valor como un número; el segundo factor determinante de la calidad del sonido digital es el *número de bit por muestra*, el valor más grande, la mayor precisión esta en la amplitud de la señal (volumen).<sup>29</sup>

Puesto que los ambientes virtuales son tridimensionales por naturaleza, es importante que una persona usando un sistema de RV sea capaz de localizar la fuente de un sonido alrededor de su espacio. Esto más allá de producir una señal estéreo (la cual da la simple posición de la fuente del sonido izquierda-derecha), necesita ser capaz de decir cuando un sonido se localiza en frente, detrás, arriba o abajo.

El proceso de modificar las señales de sonido para producir esto tridimensionalmente es llamado *"convolución"*, esto implica mucho cálculo numérico, pero los resultados son extraordinarios; llevando audífonos ordinarios, la gente puede especificar el sitio de cada sonido aproximándose.

Existen cuatro áreas fundamentales en las que se involucran los sentidos para llevar a cabo la RV: **Punto de Vista, Navegación, Manipulación e Inmersión.**<sup>29</sup>

### 3.1.6.- PUNTO DE VISTA

Es el punto desde el cual se ve la escena. Para comunicarse visualmente con una persona, se necesita conocer donde se localiza su punto de vista en el espacio físico y conocer el parámetro de su dirección.

En la computadora y para un sistema de RV la localización y dirección del punto de vista son las bases para todo lo que se muestra en la pantalla; se puede cambiar el punto de vista en un mundo virtual usando un dispositivo, tal como un joystick, puede decirle a la computadora desde que punto de vista o perspectiva se desea ver el objeto.

Así la RV esta construida alrededor del punto de vista visual, y cuando se cambia o se mueve el punto de vista a una posición y orientación diferente, se define la manera en que se navega a través del mundo.

### 3.1.7.- NAVEGACIÓN

Para que haya una mejor comunicación, necesitamos ser capaces de movernos en todas direcciones, cambiar de posición dentro del mundo, explorarlo e interactuar con él a voluntad. Con la RV computarizada las imágenes cambian respecto al punto de vista que uno se mueva, así la computadora calcula la distancia y diseña la gráfica en relación a la nueva dirección. El movimiento alrededor de la imagen es llamado Walk-through, si se sigue una ruta predeterminada.

<sup>29</sup>Definición del Libro [Adventure in Virtual Reality]

Si cambian las coordenadas la computadora entiende que se desea ver las imágenes y objetos desde un nuevo ángulo; un beneficio de la RV es que muchas herramientas de comunicación requieren fotografías estáticas, y con esta nueva técnica las ideas se pueden ver desde diferentes ángulos simplemente moviéndolos a nuevas posiciones. Esto contribuye a tener una agradable experiencia y añade una comunicación más efectiva.

### 3.1.8.- MANIPULACIÓN

Puede haber una comunicación más eficiente cuando se tiene el poder de manipular objetos dentro del mundo virtual; ejemplo: se puede vender un producto de un diseño mejorado, usando un modelo en el que el cliente comprendiera más fácilmente las mejoras hechas. Se puede crear este efecto con un software generado por computadora conocido como *Diseño de Prototipo Virtual*, el cual proporciona un sustancial beneficio comparado con un diseño de prototipo real.

Existen algunas ventajas en el uso de un prototipo virtual:

- ◆ Se evita que el diseño pueda ser impracticable o físicamente incompatible con otros componentes.
- ◆ Perspectiva en un futuro.
- ◆ Ayuda a experimentar con el surgimiento de un nuevo material o tecnología.
- ◆ El tiempo del diseño se reduce.

La RV es única, puede ser un medio interactivo e inmersivo, en un sistema se puede interactuar con el mundo manipulando objetos y alterar el curso de los eventos, para llevarlo a cabo se necesita tener un dispositivo de manipulación de alguna clase.

El dispositivo puede ser de varias formas: *Force ball* (bola de fuerza, esencialmente josticks 3d), *Gauntlets* que detectan la posición de los dedos individualmente. Algunos investigadores han dado un gran paso y crearon *Data suits* (traje de datos) que sigue el movimiento de la mayor parte de la articulación del cuerpo, el resultado es una encarnación virtual del usuario, con todos los movimientos del cuerpo hechos por la electrónica misma.

### 3.1.9.- INMERSIÓN

Es la quinta esencia de la RV, la cual requiere cada uno de las cuatro áreas fundamentales, pero la que tiene más importancia es la sensación de estar dentro de la escena o inmerso dentro de ella. Realizar una ilusión de inmersión en el ambiente generado por computadora, requiere algunos métodos para poder colocar imágenes frente a los ojos. Para tener una visión total, el cerebro hace el resto del trabajo creando la sensación deseada de estar inmerso.

El intento más común de colocar imágenes frente a los ojos, es equiparse con alguna clase de casco o lentes con pequeñas pantallas enfrente; así la imagen puede ser vista. Un desafío es lograr que las imágenes rodeen el cuerpo, proporcionando una experiencia completa de inmersión.

Quando se usa un ambiente sintético, las señales deben ser captadas por el procesador de la computadora informando la posición y orientación de la cabeza. El dispositivo que realiza esto es llamado *Head-Tracker* (Trayectoria de la cabeza), el cual se coloca en la cabeza y transmite las señales del movimiento de la misma a la computadora; calcula los grados de rotación y la computadora da la distancia del giro de la cabeza (el dispositivo montado sobre la cabeza recibe las señales de la computadora).

---

Un **dispositivo montado sobre la cabeza (HMD)** ésta formado por un par de pantallas que muestran dos imágenes del mundo desde diferentes ángulos; el usuario determina la ilusión de profundidad que puede dar la sensación de existencia actualmente, se produce un estímulo visual sincronizado con los movimientos de la cabeza: voltear la cabeza y ver la parte del mundo que esta hacia ese lado y así sucesivamente.

Introduce otra medida de calidad el campo de visión, que determina cuánta visión periférica tiene un campo de visión estrecho. Es visto a través de un par de binoculares, mientras que uno de visión ancha crea una fuerte sensación de presencia; se pueden usar LCD, lentes cerrados para presenciar imágenes dando la impresión de profundidad.

### 3.2.- TÉCNICAS EXISTENTES PARA REALIDAD VIRTUAL

Las técnicas de RV difieren del grado de inmersión de los sentidos en el entorno virtual; la selección de la técnica determina la capacidad y complejidad del sistema de hardware y software. El nivel de inmersión sensorial es determinado por:

- ♦ El tipo de dispositivo de entrada y salida usado en el sistema.
- ♦ La velocidad y el poder de la computadora para soportar el sistema.

La técnica de RV para un proyecto depende del propósito de la creación del entorno virtual, y pueden ser: **RV inmersiva** (meter la cabeza en el mundo virtual), **Simulación RV** (ascendiendo dentro del mundo virtual) y **Proyección RV, Realidad Artificial** (viendo su misma imagen en el entorno virtual).<sup>30</sup>

#### 3.2.1.- RV INMERSIVA

Esta técnica que genera la mayor parte de excitación y posesión de tecno-fascinación, está completamente diseñada para hacer sentir que uno existe en el mundo virtual; abandonar el mundo físico por medio de un HMD, hace ver y oír señales y sonidos en 3D que parecen rodearlo, ejemplo: alcanzar la puerta con el guante, vestirse con un traje de datos y entrar en la imagen por completo

Este tipo de sistemas se comienzan con alrededor de miles de dólares y puede llegar a millones; los componentes que utilizan particularmente los dispositivos de entrada y salida representan avances tecnológicos que requieren un gran mantenimiento y no son producidas en serie. Los caros componentes asociados con la RV inmersiva incluyen los siguientes aspectos:

##### REALITY ENGINE (Máquina de realidad)

El caballo de fuerza requerido para manipular multi-sensores, la inmersión estereoscópica y la interactividad entra desde un sistema de computadora y hardware interno y externo, incluyendo las tablas de generación de imagen (subsistemas gráficos), sonido sintetizado y procesos de sonido 3D, convertidores de señales computadora/video y localizadores posición/orientación.

La típica máquina de realidad (máquina gráfica) es una minicomputadora o workstation, construida por Silicon Graphics, Sun Microsystems o IBM. Para el proceso y muestra de imágenes de video separadas por cada ojo, las estaciones de trabajo necesitan dos tarjetas gráficas.

El alto costo de cualquier dispositivo montado sobre la cabeza (HMD) se debe a la tecnología de entrada sensibilidad-posición, los correspondientes requerimientos computacionales y los ópticos especiales requeridos para proveer un ancho campo de visión en los HMD con LCD relativamente pequeños.

<sup>30</sup> Tomado del Libro {Garage Virtual Reality}

### 3.2.2.- SIMULACIÓN RV

Representa el viejo tipo de sistema de RV, porque se originó con el desarrollo de simuladores de vuelo por el ejército, después de la segunda guerra mundial. Actualmente tanques militares y simuladores de vuelo continúan situando a los soldados y pilotos dentro de mundos reales virtuales. Simuladores similares ayudan a la policía en las persecuciones a alta velocidad, que incluye un control de vehículo estándar con retroalimentación táctil y audio.

Este sistema no es un proceso de imágenes estéreo o simplemente computar imágenes actualizadas dependiendo de la localización de la imagen, ya que la gráfica se ve plana, tersa y rápida.

Los paisajes virtuales presentados por los simuladores militares y policíacos muestran increíble el fotorealismo. En la actualidad se puede experimentar en un moderno simulador visitando un centro de entretenimiento del mundo virtual, el primero originalmente llamado **Battle Tech Center** abierto en Chicago en un centro comercial en 1991, detrás del cual hay una red de PC's, programación, ingeniería y trabajo de arte. Para fines de 1993 se abrieron más centros en New York, Los Ángeles, San Diego y San Francisco y surgieron más en los años siguientes.

Con la realidad inmersiva virtual, el sistema Battle Tech no limita las acciones de rutas programadas, el usuario puede ocultarse detrás de un árbol, ascender edificios, etc. En este tipo de simulación RV, la completa inmersión es reemplazada por la ilusión y soportada por el ambiente físico generado por la computadora.

### 3.2.3.- PROYECCIÓN RV

Esta categoría de RV se debió a la existencia de Myron Krueger, el artista de la computadora interactiva, fué el pionero de la participación del cuerpo completo definida como experiencia estética. En 1970 planeó una manera de utilizar la computadora, proyectó un video e imágenes gráficas sobre una gran pantalla que proporcionó una gran ventana dentro de un mundo virtual, inventó el término **Realidad Artificial** que describe la clase de ambientes creados por el sistema, que podría ser experimentado fuera o igual usando dispositivos de entrada.

En 1973, Krueger escribió: " ... Una realidad artificial percibe una acción del participante en términos de relación del cuerpo hacia un mundo gráfico y genera respuestas que mantienen la ilusión de él o ella de las acciones tomando parte dentro del mundo..."<sup>31</sup> Entonces la proyección RV muestra electrónicamente la imagen generada de uno mismo que controla el movimiento alrededor del espacio controlado; la imagen del video puede ser proyectada dentro de una escena creada por la computadora gráfica. Este también puede aparecer dentro de una escena basada en video o un paisaje conteniendo ambos, video imaginario y computadora gráfica. Cualquiera de las dos formas físicamente mantiene fuera del mundo virtual, pero se comunica con caracteres virtuales u objetos dentro de éste. También se le conoce como **Realidad Virtual de Escritorio**.

Este estilo de RV hoy sirve como una atención que proporciona herramientas a conferencias y muestras de comercio, como una herramienta educacional en museos, y como una fuente de diversión y de entretenimiento.

La proyección RV más popular es **Sistema de Realidad Artificial Mandala** del grupo Vivid, de Toronto Ontario; este sistema emplea una video cámara como la interface entre una persona y una computadora personal, y su costo es de miles de dólares.

<sup>31</sup> Fragmento del Libro [Garage Virtual Reality]

### 3.3.- MATEMÁTICAS PARA VISUALIZAR IMÁGENES EN RV

Para poder visualizar imágenes en un mundo virtual hay que hacer uso de las matemáticas, las cuales son las mismas utilizadas en el capítulo 2, ya que la graficación en 3D es requerida en la Realidad Virtual para ayudar a mejorar la visión en el proceso de la creación del mundo, explorando cómo los objetos son posicionados y dibujados. A continuación se explica la manera en la que la RV utiliza las matemáticas.

#### 3.3.1.- SISTEMAS DE COORDENADAS

Cada objeto en el mundo de RV tiene un nivel de código, simplemente un conjunto de números representando la localización de cada punto o coordenadas, que están expresadas en longitud, altitud y profundidad referida a las coordenadas X, Y, Z ó dimensiones cartesianas. Algunos sistemas de coordenadas usan decimales (números de punto flotante); ésto provee un rango grande de números, permitiendo más atributos alrededor del píxel individual (puntos en pantalla) para ser especificados; pero este proceso es lento, otro sistema prefiere usar solamente números enteros. La proliferación de procesos de puntos flotantes, los cuales aceleran el procesamiento de decimales, han incrementado el uso de este tipo de sistemas de coordenadas.

#### 3.3.2.- BASE DE DATOS

La base de datos mundial contiene información sobre todos los objetos que son parte del mundo de RV, no los objetos que están actualmente a la vista, pero todos los objetos que pueden aparecer en cualquier momento. La mayor parte del diseño de un sistema de RV; es la base de datos que contiene la descripción física de los objetos que explica como se comportan éstos. Una base de datos mundial también puede contener información sobre todas las experiencias causadas por el comportamiento de los objetos en el mundo virtual; cada acción en un objeto por el usuario resultaría en una reacción por la salida del sistema que controla los movimientos del usuario, sentido del tacto, temperatura o la fuerza ejercida en un sistema de retroalimentación.

La base de datos se almacena en un archivo simple, o puede ser una colección de archivos; con este método, cada objeto tiene un número de archivos, cada uno almacenando diferentes atributos, como la geometría. Por simplicidad y velocidad, sólo un movimiento descrito estaría activo para un objeto en cualquier instante, éste es potencialmente poderoso para un uso futuro, dependiendo de lo complejo que permite ese documento que sea.

Adicionalmente, un documento puede ser usado para atar o desatar un objeto desde una jerarquía; por ejemplo, un indicador puede unir al usuario a un objeto de carro donde él conducirá alrededor del mundo virtual. Alternativamente el usuario puede buscar o unir un objeto por sí mismo. Los indicadores que definen cómo se mueven los objetos en el mundo virtual permiten al sistema modificar la posición y orientación de los mismos; también define cómo cambia la luz o punto de vista basada en los movimientos.

Las luces en los mundos virtuales pueden estar donde se quiera, o tener posición y orientación de cada usuario solamente teniendo un punto de vista a un tiempo. Algunos sistemas sin embargo, requieren un segundo punto de vista, por ejemplo: un disparo sobre la cabeza, sería mostrada con una visión frontal.

Los indicadores no solamente determinan cómo reaccionan los objetos cuando son tocados por otro objeto virtual; éstos también reaccionan normalmente a los usuarios; por tanto tienen que incluir información acerca de lo que sucede cuando varias entradas de trayectorias u otros dispositivos son percibidos por el sistema, por ejemplo: cómo se debe adquirir un objeto en el mundo virtual, que el objeto pueda tener un indicador definiendo como reacciona este cuando es recibida por el guante de datos.

Normalmente, el indicador es llamado en la presentación en cada forma (también llamado *tick-funda o avance*) del programa de RV; para cada movimiento (cada tick) el indicador que determina las reacciones tiene que ser implementado, por ejemplo: el detector de colisión tiene que determinar cada movimiento si se da una colisión.

Los indicadores pueden ser textuales o estar en programas estructurados. El uso de lenguajes de programación visual para diseñar mundos viene de la investigación VPL con su sistema *Body Electric (Cuerpo Eléctrico)*, este lenguaje basado en Macintosh usa bloques en 2D en la pantalla para representar entradas, objetos y funciones, el programador puede conectar las cajas para indicar el flujo de datos, algunas veces la colección entera de archivos es cargado en memoria durante el inicio del programa, otros sistemas están basados en discos, llamando archivos desde medios magnéticos conforme se van necesitando.<sup>32</sup>

### 3.3.3.- ROTACIÓN

Se necesitan conocer dos cosas en orden para situar un objeto en cualquier parte del mundo: su posición (dónde está) y el ángulo que tiene éste, se pueden relacionar objetos uno con otro por su ángulo y posición relativo, como seccionando figuras unidas.

Para identificar el "dónde" de un punto, se usa un sistema de coordenadas tridimensional, el cual tiene tres ejes completamente perpendiculares uno a otro.

Imagine los ejes marcados con un número, con su punto de encuentro 0 en el origen, y apuntando hacia el fin con números positivos, viendo la pantalla el eje *x* estaría situado a la derecha, el eje *y* hacia arriba y el eje *z* hacia enfrente (dentro de la pantalla). Según la convención matemática, es un sistema de coordenadas de la mano izquierda (ver apéndice).

Existen varias formas de especificar la orientación de un objeto o punto de vista; un método usa tres ángulos, equivalentes para especificar la panorámica de la cámara (izquierda a derecha), inclinación (arriba a abajo), y giro (rotación de la cámara así que el objeto en la imagen no sea vertical). Esos ángulos son algunas veces llamados *desviar, inclinar y girar*, respectivamente cuando se refiere a la posición de un objeto (ángulo en el mundo). Se puede especificar un vector de tres números, equivalentes a la posición de la cámara en el origen y mirando hacia el punto especificado por el vector (método de look-at); o se puede utilizar una matriz, la cual es muy eficiente matemáticamente.<sup>32</sup>

El método de rotación de tres ángulos trabaja especificando una rotación alrededor de los ejes *x*, *y* & *z*, el orden en que las rotaciones son hechas es muy importante, primero rotando alrededor el eje *x* y después el eje *z* resulta en un ángulo diferente que rotando alrededor el eje *z* y después el eje *x*.

### 3.3.4.- ÁLGEBRA DE MATRIZ Y VECTOR

Las matrices son naturalmente adecuadas para la rotación de objetos, cualquier punto sobre un objeto puede ser multiplicado por la rotación de una matriz, y el resultado es como si el punto fuese rotado alrededor del origen. Los vectores pueden ser rotados en la misma forma, las secuencias de rotaciones no pueden ser usualmente combinadas añadiendo arriba de tres ángulos de cada rotación todas son alrededor del mismo eje. Esto es porque influye en el resultado una rotación angular, sin embargo, la rotación de matrices se puede multiplicar en una forma especial para crear una matriz que pueda ser usada para representar la secuencia de rotación compuesta.

<sup>32</sup>Tomado de [Computer Graphics Enviroments]

### 3.3.5.- TRANSFORMACIÓN DEL SISTEMA DE COORDENADAS

Para transformar un punto de un sistema de coordenadas a otro, tendrá que ser rotado en forma tal que si este sistema de coordenadas fue rotado con éste, los ejes  $x$ ,  $y$  &  $z$  estarían alineados con ese nuevo sistema de coordenadas. Esto se puede realizar multiplicando el punto por una matriz, entonces el origen del viejo sistema de coordenadas debe ser movido al origen del nuevo sistema, substrayendo las coordenadas del origen del viejo sistema desde el punto de coordenadas rotado.

### 3.3.6.- MATRICES HOMOGÉNEAS

La rotación y adición necesaria para transformar un punto entre el sistema de coordenadas puede ser representado por ejemplo, una matriz homogénea  $4 \times 4$ . Porque el renglón base es siempre  $[0,0,0,1]$ , se puede descartar este renglón y almacenar el resto en un arreglo  $3 \times 4$ , donde las primeras tres columnas son la matriz de rotación, y la columna siguiente es el vector de traslación.

La matriz homogénea puede ser multiplicada semejante a la matriz de rotación, y encontrar su inversa. Los cambios complejos en posición, rotación y el sistema de coordenadas pueden ser ejecutados en su totalidad simplemente multiplicando matrices homogéneas a la vez.

### 3.3.7.- VISUALIZACIÓN EN LA PANTALLA

Para crear una escena, los puntos para cualquier objeto son transformados dentro del sistema de coordenadas de la cámara, aquí la visión es siempre a lo largo del eje  $z$ , el eje  $y$  siempre apunta arriba de la pantalla, y el eje  $x$  siempre apunta a la derecha de la pantalla. Podría convertir los puntos del objeto para localizaciones en pantalla simplemente lanzando en seguida la coordenada  $z$ ; éste da una proyección ortoscópica, que es una manera de ver la escena desde lejos a través de un telescopio: el tamaño de los objetos no cambian con su distancia, las líneas no se encuentran en el horizonte y así sucesivamente.

Para lograr una proyección perspectiva, cuando el tamaño de los objetos disminuye con el incremento de la distancia, simplemente se divide las coordenadas del punto  $x$  &  $y$  por la coordenada  $z$ , resultando las posiciones  $x$  &  $y$  que pueden ser multiplicadas por un factor escalar para obtener la posición del punto en pantalla. El factor escalar puede ser visualizado como la distancia del plano de la imagen desde el punto de vista.

En algunos dispositivos, como el HMD muestran el ancho del ángulo o la visión Fresnel, donde aparece inclinado del otro lado, esto puede ser fijo parcialmente de manera efectiva inclinando el plano de la imagen durante la reproducción, la manera fácil de hacer esto es cambiar el ángulo de la cámara para un lado y trasladar la posición del centro de la imagen en la pantalla.

## 3.4.- REQUERIMIENTOS PARA REALIDAD VIRTUAL

### 3.4.1.- SOFTWARE

El software utilizado para crear RV difiere en una forma de los programas de gráfica tradicional: permite la interactividad entre el espectador y la animación en pantalla. Por supuesto muchos juegos de computadora no virtuales ofrecen un grado de interactividad donde el usuario puede seleccionar de opciones jerárquicas; en comparación el software de RV permite a los usuarios un gran número de opciones que no tienen que escoger jerárquicamente, así, aunque los usuarios con los juegos de gráficas estándar pueden seleccionar diferentes

escenas, en una experiencia de RV pueden cambiar las escenas, mover objetos alrededor del cuarto, cambiar su punto de vista, dar vueltas alrededor de la escena o igual comenzar una serie de eventos, tales como un incendio, que da como resultado otro acontecimiento.

El primer paso es aceptar el suministro de los dispositivos de entrada y control que se designan al sistema. Los dispositivos de entrada más usados son los más familiares para el usuario de cualquier computadora o juego de video: teclado, ratón, bola rodante, joystick (palanca de juegos) y volante. Los programas de RV, pueden usar dispositivos más exóticos, tales como: un ratón 3D, rastreadores de cabeza, rastreadores de posición 6D, guantes de datos, indicador de temperatura, voz (para un sistema de entrada de voz), video (para un sistema de reconocimiento de imágenes), o redes de datos para un traje.

El siguiente trabajo del software de RV es crear una simulación lógica (antes de las gráficas); la máquina o dispositivo de la simulación tiene que conocer el significado de varios suministros conocidos y las propiedades de los objetos en el mundo virtual, y entender las consecuencias de cualquier acción con la entrada de datos para interactuar con los objetos virtuales. La máquina de simulación tiene que ser rápida, porque por cada cuadro de tiempo, en el proceso de simulación tiene que ser repetido; la nueva entrada e interacción tiene que ser considerada y el nuevo resultado tiene que ser generado; si el sistema de RV tiene más de un usuario al mismo tiempo, tendrá que incluir una simulación que coordine la acción de todos los usuarios (en esencia coordinando la simulación en cada sistema del usuario).

Después que la simulación crea lo lógico (el escenario del mundo virtual), el sistema tiene que reproducir en pantalla o en el HMD la RV visual; este proceso también es responsable de crear sonido y si el sistema incluye oler, tocar, temperatura y gustar. El proceso de reproducción más común, así como el más complejo y más demandado recurso de computadora, es la reproducción visual. En general, esto es la calidad del proceso de reproducción visual que determina como sentir real la experiencia de RV. Los tres aspectos del proceso que afecta la calidad son tiempo retrasado, resolución y la generación de la razón del cuadro.<sup>33</sup>

Desafortunadamente, con los sistemas comunes cuyos procesos son forzados bajo la importancia de los requerimientos de computación, se necesitan trade-offs; y si el proceso de reproducción visual tiene que crear la razón de cuadro rápida o determina la alta resolución, el retraso del tiempo (período entre la acción del usuario y representación visual de las consecuencias de la acción) se incrementa.

Sin embargo, la alta razón de cuadro es extremadamente importante para que la experiencia de RV no se parezca a una película antigua; en general, 20 cuadros por segundo (fps), es la mínima razón en la cual la animación aparecería en el plano.

El proceso de reproducción actualmente no es una acción, es simplemente un número de acciones las cuales tienen que considerar la descripción física de los objetos en el mundo virtual, la localización de la cámara (el punto de vista del usuario) e iluminación; después, la máquina de reproducción tiene datos acerca del mundo, este primer trabajo es una eliminación, tiene que remover desde el campo visual todos los objetos que no serían visibles desde la cámara, esto se hace creando una visión de pirámide, una descripción del área que la cámara es capaz de ver. En seguida, todos los objetos se aseguran usando la pirámide como una clase de máscara, los objetos que permanecen realizan sus transformaciones geométricas dentro del sistema de coordenadas del ojo.

La iluminación o algoritmo de sombreado<sup>33</sup>, la sofisticación de estos algoritmos determina tanto, el realismo del mundo de RV, como el poder de procesamiento requerido para reproducirlo. El plano sombreado obtiene el mínimo de realismo, y cada superficie del plano se llena con un color; es extremadamente rápido pero crea

---

<sup>33</sup>Tomado de [The Magic of Computer Graphics]

imágenes que parecen caricaturas. El siguiente paso es incluir una variación en color; esto añade más de un sentido de iluminación y textura realista.

Una alternativa para crear efectos de iluminación usando el método de RV es pegar mapas de textura sobre los objetos. Estos son actualmente imágenes de texturas (las cuales incluyen efectos de iluminación) que simplemente se mapean sobre objetos virtuales; esto determina que parte de la textura del mapa sería visible. Un juego diseñado para RV lo usa para tener un número de objetos grandes, tales como una colina o edificios, siempre falsos para el usuario, así, si se mueve a la derecha o izquierda, los diferentes mapas de textura se pegan en los objetos, proporcionando una forma eficiente de crear la ilusión de que el usuario está moviéndose alrededor del objeto y viendo desde diferentes ángulos.

### **3.4.1.1.- PARTES DEL SOFTWARE PARA REALIDAD VIRTUAL**

#### **OBJETIVO DE LA BASE DE DATOS**

Todos los sistemas de RV incluyen una base de datos, las cuales contienen las descripciones de los objetos virtuales. Las bases de datos pueden ser generadas usando software de RV, pero muchas veces un software para gráficos externo como el AutoCAD, es utilizado. Los programas de diseño CAD usualmente inician con figuras en dos dimensiones, como los polígonos, círculos, curvas, y elementos tipográficos; esas figuras son colocadas dentro de la tercera dimensión. Otro medio para crear tercera dimensión son las superficies de resolución, formadas por el hilador de objetos 2D.

Las bases de datos CAD contienen datos numéricos acerca de los objetos, estos datos son usados en el modelado y reproducción de los objetos en la pantalla del HMD.

#### **ATRIBUTOS DE LA BASE DE DATOS**

Muchos sistemas de RV también tienen una base de datos de atributos de objetos. Estos atributos, objetos con movimiento, orientación, color y sonido, pueden ser fijos o condicionales basados en una fuente de datos externa.

#### **MANEJADOR DE SENSORES**

El trabajo del conductor de sensores consiste en controlar los dispositivos de rastreo en orden para conocer la posición del usuario.

#### **MANEJADOR DE PRESENTACIÓN**

Este actualiza la presentación basada en los conductores de sensores así como varias bases de datos (algunas veces, el conductor de presentación reside en una tarjeta gráfica, como la Máquina de Realidad de Silicon Graphics).

#### **ADMINISTRADOR DE SIMULACIÓN**

Este es el cerebro del sistema de RV; trabaja coordinando las actividades de todos los componentes. El administrador envía instrucciones para generar gráficas, rastrear objetos en pantalla para ver cuando chocan y mantener el punto de vista correcto.

#### **PROGRAMACIÓN**

Para programar un sistema de RV, primero hay que crear el objetivo de la base de datos. Para hacerlo hay que especificar las propiedades y comportamiento de cada objeto, así se tiene una respuesta del sistema para el sensor de datos derivados del conductor de sensores.

Virtualmente todos los programas para RV están escritos en C++, un lenguaje raramente usado por los programadores. Las aplicaciones de RV tienen varias formas de ayudar al usuario experimentado para crear

experiencias de RV, por ejemplo, los toolkits<sup>34</sup> están hechas de bibliotecas de rutinas de programación que se pueden combinar para crear el contenido del mundo de RV. Sin embargo, los toolkits presuponen que se puede programar en C++ para hacer cambios en las bibliotecas. Para el que no programa, programas autorizados de RV proveen un punto y triunfo en la Interface para organizar la construcción de bloques, figuras y colores, dentro de edificios, bosques, senderos y desiertos de la experiencia de la RV.

### 3.4.1.2.- ELEMENTOS A INVESTIGAR ANTES DE COMPRAR UN SOFTWARE PARA REALIDAD VIRTUAL

Antes de comprar cualquier software para RV necesitamos contestar las siguientes preguntas:

#### ¿ Crea el software propuesto una versión de tiempo de ejecución ?

La versión del tiempo de ejecución capacita al usuario para interactuar con el mundo virtual creado, pero no le permite crear mundos virtuales, es decir, se tiene que buscar un software en el que el tiempo de ejecución de la aplicación sea rápido. La ventaja de la versión del tiempo de ejecución es que no se tiene que comprar la versión completa del software para distribuirlo (la versión del tiempo de ejecución típica cuesta menos del 10% del costo de la versión completa).

#### ¿ Que hardware forma el soporte ?

Todo vendedor incluye manejadores que soportan diferentes dispositivos de entrada y rastreadores. Hasta ahora, la falta de hardware estándar para RV ha creado problemas para desarrollarlos. Por lo que se debe buscar el hardware adecuado a la aplicación.

#### ¿ Que plataformas son necesarias para correr el software ?

Lo mejor es esperar programas que corran en varias plataformas tanto como sea posible. Los mejores productos tienen una Macintosh, una PC y una versión UNIX, esto no solamente hace que la plataforma sea independiente y capaz de distribuir más fácilmente el software, si no que es capaz de usar de mejor manera la plataforma para cada tarea cuando el sistema de RV se está desarrollando.

A continuación se muestran algunas de las compañías de software actuales, enfocadas para RV:

### WORLDTOOLKIT

SENSE8  
1001 Bridgeway Suite 447  
Sausalito, CA 94965

Comúnmente, el WorldToolkit (WTK) es el software más popular para RV; una de las mejores cosas acerca de él, es que trabaja bien con mayor hardware para presentaciones de RV de compañías como: Intel, StereoGraphics, y Crystal River Engineering. Por consiguiente, usando WTK para crear video estereoscópico y sonido 3D es un proceso relativamente sin costuras; comúnmente, WTK corre en diferentes workstations y en Windows MS.

Los componentes de WTK incluye lo siguiente:

- ◆ Animación de Secuencias
- ◆ Dispositivos de Presentaciones Gráficas

<sup>34</sup>Literalmente "Juego de herramientas" [Virtual Reality Now]

- ◆ Sensores de Entrada
- ◆ Administrador de Objetos
- ◆ Canalización de Reproducción en tiempo real
- ◆ Administrador de Simulación

El WTK tiene herramientas para alisado, construcción geométrica, iluminación basada en vértices.

## PHOTOVR

StrayLight, Inc.  
150 Mount Bethel Road  
Warren, NJ 07059

PhotoVR fue creado con el propósito de construir mundos reales en la mente viendo RV. Por consiguiente, este paquete es fuerte en herramientas gráficas, los mundos de RV creados usando PhotoVR tienden a tener mejores texturas, matiz, luz, color, reflexiones y sombra que los creados con otros programas. Pero esto es un alto precio en términos de nivel de complejidad (y el reducido uso de recursos de computadoras). Una escena típica de PhotoVR está compuesto de más de 100,000 polígonos comparados con otros sistemas que realizan reproduciendo composiciones de solamente 10,000 ó menos polígonos (y muchos programas solamente usan 200 ó 300 polígonos).

El PhotoVR trabaja con una base de datos CAD, especialmente creado en AutoCAD, para crear mundos en RV. Por lo tanto una primera aplicación para este software es crear una pared a través de un espacio creado en un programa CAD. El poder computacional requiere para la presentación de gráficas high-end trabajos también con mucha interacción entre el usuario y el sistema. El PhotoVR además es usado muchas veces para crear presentaciones tipo RV con trade-show.

## VREAM

VREAM Inc.  
2568 North Clark St., Suite 250  
Chicago, IL 60614

El Sistema de Desarrollo de RV (VRDS) es excelente para los no-programadores y neófitos, éste provee un ambiente fácil de usar point-click. Los usuarios pueden entrar en ambientes 3D y rápidamente construir el mundo de RV. En suma para la creación de objetos, los desarrolladores pueden añadir atributos, tales como: movimiento, sonido o peso. El programa también tiene una forma simple para permitir a los usuarios desarrollar conexiones dinámicas; por ejemplo: se mueve la cortina torciendo un cordón o girando una llave causa que el automóvil arranque. Un detalle acerca de este programa consiste en que los usuarios pueden entrar al mundo virtual.

Este sistema corre sobre PCs basadas en DOS y con ambos dispositivos de Interface low-end (joystick o ratón) o high-end (HMD o guante de datos).

## REND386

En 1991, Dave Stampe y Bernie Roehl vieron la necesidad de un paquete que interpretara rápidamente la realidad virtual, por lo que decidieron crear REND386 y liberarlo al público con código fuente. Es un sistema de interpretación de polígonos para PC, el cual utiliza polígonos para crear objetos tomando en

cuenta la perspectiva y posición de los objetos en la pantalla; la colección de los objetos crea el mundo virtual.

Este paquete tiene dos cualidades: es muy amigable y muy técnico; con el programa se puede mover interactivamente a través de simples espacios 3D y crearlos, usa un complicado mecanismo para especificar los objetos en el espacio y las propiedades de los mismos; para correrlo se necesita tener lentes y guante específicamente. Con ellos uno se puede mover alrededor del espacio generado ya sea vertical, horizontal, arriba y abajo, usar combinaciones de lado y vertical por ejemplo, seleccionar objetos y moverlos, usando el ratón o apuntando el objeto con el guante, el cual aparecerá en pantalla. Las primeras tres versiones fueron diseñadas para mostrar la velocidad del sistema. Con la introducción de la versión 4.01. se regresó al paquete de interpretación de polígonos.

### Ejemplo: Diseñando un CUBO (objeto)

El primer paso es poner las coordenadas que son los vértices en el archivo PLG; hay que decidir cuál cuadrado será el que este enfrente y cuál atrás, después se determina la primer coordenada de la esquina baja izquierda (vértice) la cual deberá ser en el origen  $(0, 0, 0)$ ; así mismo se determina el vértice bajo derecho  $(300, 0, 0)$  como se muestra en la figura:

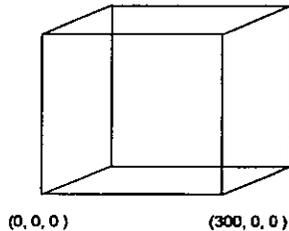


Figura 3.4.1. La esquina izquierda del cubo se etiqueta como origen.

Así se definen cada uno de los vértices en el archivo CUBO.PLG, donde el listado va quedando como sigue:

CUBO 8 6

```
0 0 0
300 0 0
300 300 0
0 300 0
300 0 300
0 0 300
0 300 300
300 300 300
```

El siguiente paso es definir los polígonos, utilizando las líneas descriptoras de polígonos, a cada línea se le puede especificar un color, para determinar cual línea corresponde a un polígono específico del objeto, para poderlo identificar en caso de un problema. Primero se coloca el color  $0x11FF$  seguido de un espacio y el número total de vértices del polígono a construir y seguido éste de los vértices, por lo que el listado quedaría de la siguiente manera:

CUBO 8 6

```

0 0 0
300 0 0
300 300 0
0 300 0
300 0 300
0 0 300
0 300 300
300 300 300
0x11FF 4 0 1 2 3
0x12FF 4 3 2 5 4
0x13FF 4 4 5 6 7
0x14FF 4 7 6 1 0
0x15FF 4 1 6 5 2
0x16FF 4 7 0 3 4
    
```

Así se tendría el objeto virtual terminado:

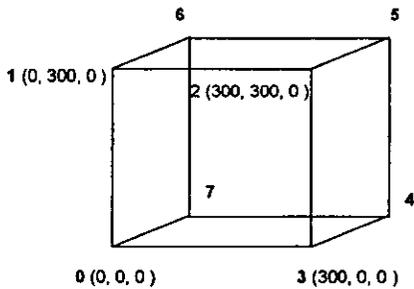


Figura 3.4.2. Coordenadas del Cubo

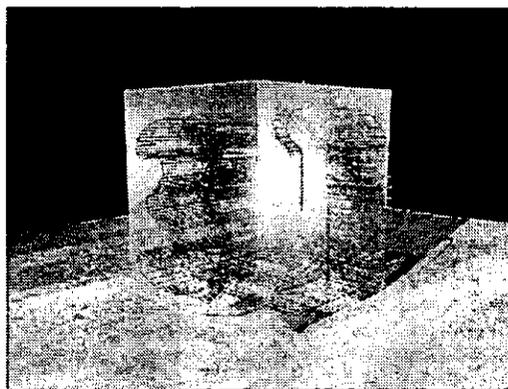


Imagen de un Cubo en 3D.

### Ejemplo utilizando los polígonos creados:

Para crear una figura humana utilizando simples figuras (cubos y esferas), el primer paso es crear una relación de diagrama entre las partes de la figura. A continuación se crea el archivo .FIG

La raíz del objeto sería el pecho de la figura humana:

```
{
  name = chest;
```

Lo siguiente es añadir información acerca del archivo PLG que será usado para representar el torso, se realiza con el atributo PLGFILE, usando el objeto CHEST.PLG, para todos los objetos en la figura, así continuaría la figura:

```
{
  name = chest;
  plgfile = chest.plg
```

En seguida se marcan los parámetros a un lado del atributo PLGFILE. La escala es un múltiplo de uno para las direcciones X, Y & Z:

```
{
  name = chest;
  plgfile = chest.plg scale 1,1,1;
}
```

La figura que obtendríamos sería la siguiente:



Figura 3.4.3. Torso de la figura humana.

Lo siguiente es añadir la cabeza tomando la figura del archivo PLG, pero se necesita determinar la escala, cambios, clase y mapa de parámetros. También incluir el atributo POS para el movimiento de la cabeza:

```
{
  name = chest;
  plgfile = chest.plg scale 1,1,1;
  {
```

```

        name = neck;
        plgfile = neck.plg scale .25,.25,.25 shift -50,0,-50;
        pos = 0,450,0;
    }
}

```

El brazo y el antebrazo derecho es agregado al igual que el pecho y la cabeza:

```

{
    name = chest;
    plgfile = chest.plg scale 1,1,1;
    {
        name = neck;
        plgfile = neck.plg scale .25,.25,.25 shift -50,0,-50;
        name = head;
        plgfile = head.plg scale 1,1,1 shift -50,0,-50;
        pos = 0,450,0;}
        pos = 0,450,0;
    }
    {
        name = righth arm;
        plgfile = righthupr.plg scale 1,1,1 shift -25,-200,-50;
        pos = -250,400,0;
        {
            name = righth forearm;
            plgfile = righthlow.plg scale 1,1,1 shift -25,-200,-50;
            pos = 0,-250,0;
        }
    }
}

```

El brazo y antebrazo izquierdo son añadidos de la misma manera:

```

{
    name = chest;
    plgfile = chest.plg scale 1,1,1;
    {
        name = neck;
        plgfile = neck.plg scale .25,.25,.25 shift -50,0,-50;
        name = head;
        plgfile = head.plg scale 1,1,1 shift -50,0,-50;
        pos = 0,450,0;}
        pos = 0,450,0;
    }
    {
        name = righth arm;
        plgfile = righthupr.plg scale 1,1,1 shift -25,-200,-50;
        pos = -250,400,0;
        {
            name = righth forearm;

```

```

        plgfile = righthlow.plg scale 1,1,1 shift -25,-200,-50;
        pos = 0,-250,0;
    }
}
{
    name =left arm;
    plgfile = leftupr.plg scale 1,1,1 shift -25,-200,-50;
    pos = 250,400,0;
    {
        name = left forearm;
        plgfile = leftlow.plg scale 1,1,1 shift -25,-200,-50;
        pos = 0,-250,0;
    }
}
}

```

Para añadir las piernas es exactamente el procedimiento anterior:

```

{
    name = chest;
    plgfile = chest.plg scale 1,1,1;
    {
        name = neck;
        plgfile = neck.plg scale .25,.25,.25 shift -50,0,-50;
        name = head;
        plgfile = head.plg scale 1,1,1 shift -50,0,-50;
        pos = 0,450,0;}
        pos = 0,450,0;
    }
{
    name = righth arm;
    plgfile = righthupr.plg scale 1,1,1 shift -25,-200,-50;
    pos = -250,400,0;
    {
        name = righth forearm;
        plgfile = righthlow.plg scale 1,1,1 shift -25,-200,-50;
        pos = 0,-250,0;
    }
}
{
    name =left arm;
    plgfile = leftupr.plg scale 1,1,1 shift -25,-200,-50;
    pos = 250,400,0;
    {
        name = left forearm;
        plgfile = leftlow.plg scale 1,1,1 shift -25,-200,-50;
        pos = 0,-250,0;
    }
}
}

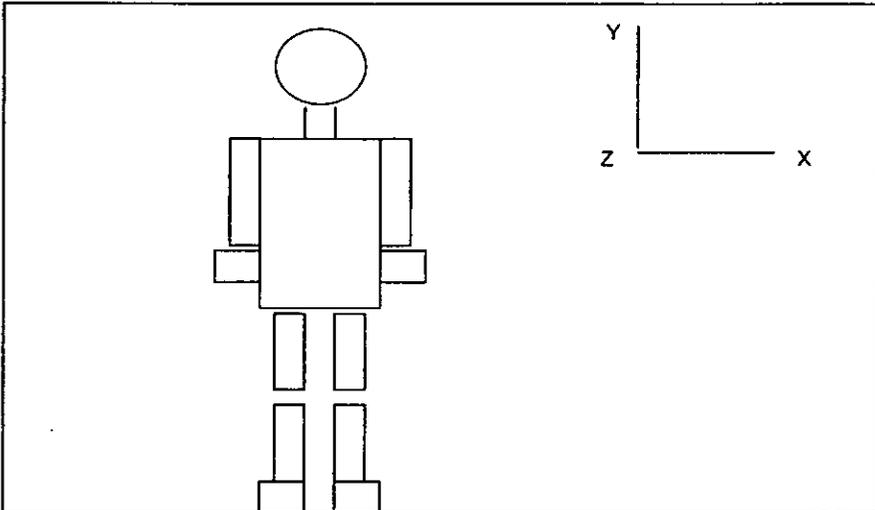
```

```

name =righ leg;
plgfile = leg.plg scale 1,1,1 shift -50,-200,-50;
pos = -100,-100,0;
{
    name = righ shin;
    plgfile = leglow.plg scale 1,1,1 shift -50,-200,-50;
    pos = 0,-250,0;
}
}
{
name =left leg;
plgfile = leg.plg scale 1,1,1 shift -50,-200,-50;
pos = -100,-100,0;
{
    name = left shin;
    plgfile = leglow.plg scale 1,1,1 shift -50,-200,-50;
    pos = 0,-250,0;
}
}
}

```

La figura final que se obtendrá será:



### 3.4.2.- HARDWARE

Representar la Realidad Virtual en la computadora requiere de un hardware especial para realizarlo. La mayor parte del hardware es caro, hasta ahora la principal expansión ha sido el poder del CPU para los requerimientos de RV.

### LÍNEA EN COMÚN

La Realidad Virtual provee un ambiente interactivo que simula un ambiente real. Las siguientes hipótesis la tocan :

- ◆ Se requieren dispositivos de cascos para RV
- ◆ Es deseable contar con trajes para RV
- ◆ Se requieren rastreadores de la Cabeza

La línea entre los dispositivos de entrada y salida no es siempre clara, porque un buen sistema de RV tiene que manejar ambos y están muchas veces ligados en retroalimentación. Así algunas veces se dibujarán arbitrariamente líneas entre los dos.

Tal descripción de RV puede trabajar en la definición de investigación, pero fuera de aquí en el mundo real donde se necesita para utilizar RV y material a fin en formas significativas, existen roles diferentes e hipótesis para aplicar.

#### 3.4.2.1.- DISPOSITIVOS DE ENTRADA

El trabajo de un dispositivo de entrada para RV es permitir la fluidez en tres dimensiones. Son muchas las diferentes las tareas que un dispositivo de entrada ejecuta, como:

- ◆ Cambiar el punto de vista
- ◆ Seleccionar o escoger objetos
- ◆ Mover objetos
- ◆ Rotar objetos
- ◆ Lanzar y poner objetos
- ◆ Interactuar con menús, barra de herramientas, iconos, botones y así sucesivamente

Sin embargo hay que considerar seis cosas, a las cuales se les llama los seis grados de libertad; los primeros tres son las direcciones familiares del espacio 3D: arriba/abajo, derecha/izquierda y adelante/atras, las segundas resultan familiares para cualquiera que haya jugado con un simulador de vuelo:

Roll     Rotación alrededor de un eje a lo largo del aeroplano.  
Pitch    Levantando o bajando la nariz del aeroplano.  
Yaw      Rotando alrededor de un eje que va verticalmente a través del aeroplano.

Un dispositivo de entrada debe realizar las seis tareas, y hay muy pocos que llevan esto a cabo. Estas son algunas alternativas, muchos de una compañía pionera de RV llamada 3DTV.

#### 3.4.2.2.- RATONES Y JOYSTICKS TRIDIMENSIONALES

Los ratones 3D son una extensión natural de los ratones convencionales, ya que permiten controlar el movimiento de cualquier objeto en un espacio tridimensional. Puesto que lo único que interesa es la posición del ratón, los dispositivos de localización ultrasónicos son los más adecuados por su bajo costo. Algunos ratones utilizados son:

##### LOGITECH CYBERMAN

Conocido solamente por gente que tienen que estar dentro de la RV, aunque el Cyberman soporta seis grados de libertad, es frecuentemente utilizado en los juegos, tiene una resolución de 200 puntos por pulgada y se conecta a la computadora a través del puerto serie. La primera limitación del Cyberman es que es difícil de

controlar; aunque la muñeca es soportada en la base, el peso de la mano impide su control, si se coloca la mano hacia abajo (un movimiento hacia abajo) no se puede controlar la dirección o posición.

Otra limitación consiste en la imprecisión de manejar el control ya que es difícil verificar cómo se hacen muchos movimientos. Estos problemas sin embargo, no son fatales, tener un control para varios direcciones de movimiento resulta muy conveniente.

### SPACEBALL 2003

Es un dispositivo de entrada para el desarrollo de RV, pero conviene por su funcionamiento intuitivo. Es futurista, la bola por sí misma no se mueve, ésta responde a la presión de la punta de los dedos en los seis grados de libertad descritos.

La inclinación de la plataforma provee gran soporte a la mano y muñeca, así el Spaceball es más fácil de usar que el Cyberman, no se toma como un Joystick, la presión de los dedos es todo lo que requiere para entrar, esto hace más fácil controlar el movimiento en las seis direcciones. En un futuro contendrá una columna de botones que permitirá un acceso más fácil.

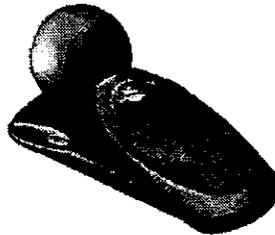


Imagen 3.4.1 Ratón Tridimensional.

### 3.4.2.3.- GUANTE DE DATOS

Usamos las manos para una gran cantidad de cosas, parecería natural usarlas para RV utilizando guantes, este dispositivo emplea técnicas electrónicas para obtener la posición y orientación de la mano que lo lleva. Mientras la mano se mueve en tres dimensiones, el guante envía una corriente de datos electrónicos a la computadora en forma de coordenadas tridimensionales, la cuál utiliza los datos para manipular un objeto en la pantalla, por ejemplo, puede mover su mano como si rotara un cubo en el espacio, la computadora utiliza los datos generados por el guante para rotar el cubo en la pantalla, en perfecta sincronización con los movimientos de la mano.

Aunque se han utilizado distintas tecnologías en los guantes para obtener la sensación de flexión y movimiento, en éste trabajo se hablarán de dos técnicas:<sup>35</sup>

- ◆ Los de Fibra Óptica
- ◆ Los de Imanes y Sensores

Con la técnica de Fibra Óptica, el guante ( VPL DataGlove) incorpora una red de fibras ópticas (de las que se utilizan en las redes telefónicas modernas) incorporadas a lo largo de los dedos. La técnica implica una luz de intensidad conocida que ilumina un extremo de la red de fibras, y luego mide la intensidad de la luz que

<sup>35</sup>Tomado de [Realidad Virtual y Ciberespacio]

emerge por el otro extremo, algunas de las fibras están integradas en las articulaciones de los dedos y los nudillos, lo que ocasiona una pérdida de luz cuando se doblan los dedos. La luz que emerge por el extremo de las fibras integradas se compara con la luz que sale de las fibras no integradas. La computadora utiliza estos datos para determinar qué articulaciones fueron flexionadas y hasta qué punto, y luego ajusta la imagen en concordancia.

Otra técnica, utilizada por el **Dexterous Hand Master** de Exos, implica un intrincado exoesqueleto de imanes y sensores que miden el ángulo de flexión de cada articulación de la mano. Hay una serie de imanes y sensores conectados a cada dedo con cinta Velcro, haciendo que el conjunto parezca un dispositivo robótico extraterrestre. Este debe instalarse con gran cuidado.

La tecnología del guante a bajo precio como el **Power Glove** de Mattel, ha sido desarrollado como un dispositivo de RV, utilizado para el Sistema de Entretenimiento Nintendo no es de alta tecnología pero es interesante, permite una interacción con un ambiente virtual. Un número de dispositivos y productos de software que soportan el **Power Glove** son de la compañía 3DTV.

El **Power Glove**, utiliza un procedimiento completamente diferente para medir la posición y orientación de la mano, utiliza medidores de tensión en las articulaciones de los dedos y los nudillos para determinar la flexión, los medidores de tensión están elaborados con tiras de poliéster cubiertas con tinta especial que varía su resistencia cuando es flexionada. A cada dedo le corresponde una cinta de medición.

Aunque el **Power Glove** no tiene la misma precisión que un **DataGlove** o que el **Hand Master**, puede calibrar el movimiento de la mano hasta un cuarto de pulgada (unos 6mm), incluso a una distancia de 1,5m de la pantalla; además emite una señal de ultrasonidos que es recogida por un receptor del monitor, en realidad son tres receptores que utilizan la triangulación para determinar con exactitud la posición del guante y poder medir también el grado de giro e inclinación del mismo.

Por ejemplo: el **CyberGlove** para la tecnología virtual contiene arriba de 22 sensores; éstos son tres sensores flexibles y un sensor para el ángulo de dedo para cada uno, sensores adicionales para cruzar el pulgar, arquear la palma, flexionar la muñeca y ángulo de la muñeca; todo esto está en un guante.

La mano es un instrumento complejo maravilloso y simplemente el mantener comunicación con todas las cosas, requiere un alto grado de sofisticación técnica. No obstante, todo lo que un guante hace es una serie de movimientos relativos de las partes de la mano, el movimiento de ésta en el espacio es otro resultado, por ejemplo, para recuperar un objeto en el mundo virtual, no se puede cerrar la mano, se tiene una posición de la mano siguiente al objeto; que envuelve manteniendo en comunicación la posición de la mano en el espacio. Dado que los sensores individuales pueden costar \$2,000.00, ésta es una tecnología que se puede tener en la PC.

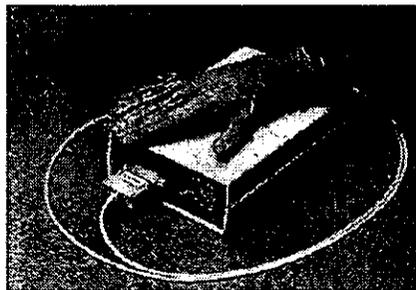


Imagen 3.4.2 Guante de Datos.

#### 3.4.2.4.- DISPOSITIVOS DE SALIDA

La forma más importante de salida desde un sistema de RV es la luz visible, bien sea desde un monitor normal o desde las pantallas instaladas en un casco (HMD). Cuanto mayor sea la variedad de salida, más real será el efecto obtenido: la mayoría de los sistemas de RV también utilizan el sonido y la presión sobre la piel, además de la luz para incrementar la ilusión de un mundo alternativo.

#### 3.4.2.5.- DISPOSITIVOS MONTADOS SOBRE LA CABEZA (HMDs)

Si solamente esto fuera un conjunto de lentes estereoscópicas 3D se podría adquirir por \$100 dls, todos serían hechos RV, desafortunadamente, la llegada de lentes a bajo costo y HMDs es poco viable.

Rastrear la cabeza es una emisión, con la computadora se debe recibir datos de sensores en el HMD que provee información precisa acerca del ángulo de la cabeza, distancia, rotación y así sucesivamente. Probando el HMD VR4 de Sistemas de Investigación Virtual (Virtual Research System). Incluye audífonos y un largo cable atrás de la cabeza que es la conexión con la base de la unidad, la cuál tiene dos entradas audio y video, pero se necesita una fuente para proveer una verdadera entrada 3D. El cable que actúa como un contrapeso para el frente de la unidad, no es pesado pero el balance de la misma hace esto mucho más confortable.

Para entender como funciona el VR4, por dentro se pueden ver las dos unidades de video, con pequeños controles al lado de ésta que permite ajustar la distancia entre los dos videos; se puede también deslizar el frente, el reverso y adelante para ajustar el confort.

Una unidad menos cara que el VR4 es el CyberEye de Realidad General (General Reality), cambia la visión de ángulo ancho por la alta resolución en una pequeña área y costos alrededor de \$2,000 dls.

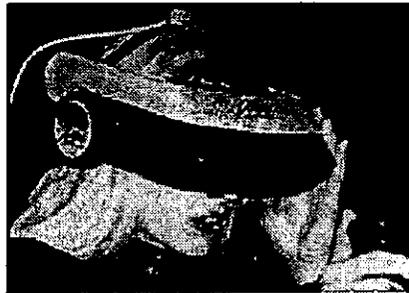


Imagen 3.4.3 Dispositivo Montado sobre la cabeza (HMD).

#### 3.4.2.6.- LENTES

Los lentes son una alternativa para los HMDs, la clase más común usa LCD en el ocular; si la fuente de la imagen (una televisión o el monitor de la computadora) está sincronizada para los lentes, la separación de las imágenes para cada ojo se puede obtener; ésto permite ver un verdadero movimiento para 3D.

Una vez que el objeto y el mundo virtual están interactuando, la siguiente consideración es convencer al ojo, de que el mundo existe en tres dimensiones. Es fácil decirlo, por lo que la historia de la tercera dimensión se puede resumir en:<sup>36</sup>

- ◆ Lentes Azul/Rojo.
- ◆ Lentes polarizados.
- ◆ Lentes con Obturador.

Cada una de estas técnicas se apoya en el aspecto de que cada ojo percibe diferentes perspectivas de un mismo contexto; ésto es muy fácil de entender, mediante el siguiente ejemplo:

Colocando el dedo frente a la cara y tapando con la otra mano uno de los ojos, se verá el dedo contra el fondo; si cambias ahora de ojo se vera que la perspectiva del dedo será diferente con respecto a lo visto anteriormente, ya que al cambiar de ojo, generamos una división periférica para cada posición.

### LENTES AZUL-ROJO

Esta es la técnica más fácil, pero también es la menos efectiva. Para visualizar imágenes en tercera dimensión se deben usar anteojos que tengan un lente de color azul y un lente de color rojo.

Para crear una imagen en tercera dimensión, se usa lo conocido como *stereo pair*, que consiste en aplicar colores azules y rojos sobre ésta, para que al ponerse los anteojos los tonos rojizos se filtren por el lente rojo y los colores azulados se filtren por el lente azul, de esta manera los colores rojos irán a un ojo y los colores azules al otro, dando como resultado una imagen en tercera dimensión.

### LENTES POLARIZADOS

Estos lentes también sobreponen dos imágenes dentro de una sencilla, pero en lugar de usar colores, esta técnica utiliza las capacidades de la luz polarizada. Esto es comúnmente usado en la proyección de películas, cuando la imagen de un ojo es proyectada dentro de la pantalla, la luz polarizada es usada en un ángulo determinado. El correspondiente lente de los anteojos tiene un filtro que solo permitirá entrar la luz polarizada en un ángulo específico. La imagen para el otro ojo utiliza un ángulo de polarización que es diferente por 90 grados con respecto al otro lente. En correspondencia los anteojos también tendrán el mismo ángulo de polarización. El resultado de ésto será que cada ojo verá solo la imagen de propósito para sí mismo.

Una ventaja significativa de la técnica de polarización es que se puede usar colores reales en cada imagen, también los resultados en 3D, serán mucho mejores que con anteojos azul/rojo. La desventaja, será que se necesita un equipo especializado de luz polarizada.

### LENTES CON OBTURADOR

Los lentes con obturador, toman de la misma manera una aproximación del problema que los tipos anteriores. Cada lente consta de un obturador que simplemente bloquea la vista del ojo cuando es cerrado. Este método es el apropiado cuando se trabaja con vídeo. Si se recuerda, un cuadro de vídeo está actualmente compuesto por dos campos. Si nosotros ponemos la imagen para un ojo en un campo y para el otro ojo en el otro campo, el obturador se puede usar para bloquear lo erróneo de los mismos; el resultado es que cada ojo verá solamente la información que le interese.

---

<sup>36</sup> Tomado del Libro [Virtual Reality Madness and More]

Una de las características, es que mediante estos lentes, efectivamente se corta la resolución vertical a la mitad. Este método también requiere de más complicados y costosos lentes que los otros dos. Esto esta compensado por el hecho de que no se requiere equipo especial para decodificar las imágenes.

### CYBERSCOPE

Es estacionario, sujeto al monitor y se debe ver a través del ocular para un efecto 3D. Dentro de la unidad, hay una luz que impide correr bajo el centro y una serie de espejos en el reverso cerca de las piezas del ojo. Mirando dentro del ocular del Cyberspace desde arriba; se puede ver la luz desde la pantalla pero la cámara tiene la pantalla fuera de foco. Se puede tener incluida un video clip en el CD-ROM que muestra la secuencia de entradas y esto hace el proceso más claro.

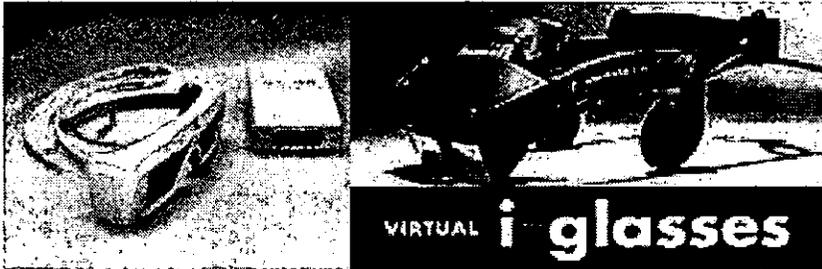


Imagen 3.4.4 Lentes

### 3.4.2.7.- SONIDO 3D

La inclusión del sonido en un sistema de RV añade una dimensión real adicional al entorno, de la misma forma que el añadir el sonido sincronizado otorgó una nueva dimensión a las películas a partir de los años 30. Un dispositivo desarrollado por Crystal River Engineering y llamado Convolutron utiliza 128 o más procesadores para producir un entorno auditivo tridimensional. Comercialmente, el uso del sonido en 3D está limitado a dos o cuatro canales, como lo hacen los aparatos Virtuality que están actualmente instaladas en las salas de videojuegos.<sup>37</sup>

La mayor parte de los sistemas de RV incluyen un componente de audio. Sin embargo la asignación tiene que ser realizada por el hecho que la tecnología produce sonido real no teniendo que ser aún perfeccionada. Igual que en otros casos en los cuales la tecnología esta disponible, incluyendo sonido junto con gráficas generalmente aumenta la carga en el proceso, aumentando así el costo del sistema.

Algunos sistemas usan sonido monofónico y otros estereofónico; para un sistema el sonido es parecido a algo real; sin embargo, éste necesita audio 3D, del cual su objetivo no es solamente localizar el sonido en el plano horizontal (como en estéreo) si no también en el vertical.

Hay un número de problemas con la programación de audio 3D. La cabeza y el oído forman efectos para localizar el sonido, así, cada uno de éstos puede usar diferentes ideas para localizar el sonido, en otras palabras se pueden escuchar sonidos diferentes. Para tomar cada atributo físico del individuo en cuenta, científicos pueden usar una compleja función matemática llamada: Head Related Transfer Funcion o HRTF, sin embargo, es una función muy individualista basada principalmente en la forma en que se expone al oído. De esta manera sistemas desarrollados para un individuo no necesariamente proporciona el mismo efecto para un segundo individuo.

<sup>37</sup> Tomado de [Realidad Virtual y Ciberespacio]

Calculando un HRTF de un individuo puede llevar de dos a tres horas, haciendo esto para cada usuario de RV resulta impráctico; una solución propuesta por Frederic L. Wightman de la Universidad de Wisconsin en Madison es tomar un promedio "filtro espacial" que sería cerrado para que la mayoría de la gente sintiera la localización del sonido. En suma, el equipo permitiría una fina sintonización, así que puede ser efectivo con un gran número de usuarios.

Otra solución, sugerida por Nathaniel Durlach del Instituto Tecnológico de Massachusetts del Grupo de Comunicación Sensorial, es disfrazar el sonido de tal manera que se pueda engañar los sentidos del receptor. En esta investigación la intensidad y las diferencias en el tiempo de las oscilaciones del sonido son incrementadas, la desventaja es que aunque la persona es capaz de identificar el origen del sonido, él o ella reciben la señal distorsionada; en otras palabras, el sonido no aparenta ser real, por lo cual la experiencia virtual tampoco lo es.

De cualquier manera, los sistemas actuales basados en HRTF todavía tienen algunos problemas, como la percepción de los sonidos que se originan detrás de la persona, ya que generalmente son percibidos en frente. Varias compañías ofrecen sistemas que intentan crear un sonido 3D, los cuales son usados para crear sonidos que correspondan a acciones que ocurran en el mundo virtual. Generalmente estos sistemas toman ventajas de la habilidad que posee el ser humano de considerar las diferencias de amplitud y tiempo de los patrones del sonido alcanzando a ambos lados de la cabeza en diferentes intervalos de tiempo, siendo la velocidad del sonido de 1100 pies/seg, si un sonido se origina del lado izquierdo llega al oído izquierdo aproximadamente un milisegundo más rápido que al oído derecho, además de que será menos intenso cuando llegue a éste, es por esto que la persona puede saber de donde se originó.

El Convolotron de Crystal River Engineering, Inc., permite al usuario experimentar con cuatro diferentes fuentes de sonido en el mismo espacio, reflexiones de seis superficies con características acústicas programables y transferencia de efectos Doppler.

Para desarrollar el Convolotron, los científicos de Crystal River colocaron micrófonos en el canal del oído y grabaron patrones de sonido antes y después de que las personas fueron alteradas en la cabeza. Ellos desarrollaron funciones matemáticas las cuales forman parte del algoritmo usado para generar el sonido creado a través de los audífonos del Convolotron.

Un trabajo similar ha sido realizado por Wightman. En los últimos años, él ha estado grabando los sonidos que percibe el oído interno después de que el sonido fue percibido por los oídos externos. Para complementar las pruebas se han colocado micrófonos en los canales del oído, que después son colocados en cuartos donde no hay eco, captando así todos los diferentes sonidos que se generan en él. Posteriormente las computadoras usan estos datos para determinar la duración y la intensidad de los sonidos, así como para determinar los efectos de filtrado de los oídos externos.

El siguiente paso es desarrollar procesos que utilizan los datos obtenidos para crear una ilusión del origen de los sonidos. La computadora modifica la señal que va a cada audífono y la persona trata de identificar la dirección de donde éste surge.

El Convolotron que fue desarrollado conjuntamente con la NASA, se conecta al HMD proveyendo una significativa coordinación del sonido con los gráficos. El principal problema que tiene es que aparenta que el sonido viene o surge de lugares preestablecidos, los cuales no cambian aunque la persona cambie de posición.

Debido a la investigación continua, se han podido resolver algunos de estos problemas. Crystal River ha desarrollado nuevas funciones matemáticas que han mejorado la simulación de la forma en que la cabeza y oídos externos propagan los sonidos, incrementando así la capacidad de localizar la dirección del sonido. De hecho si se exagera, el efecto el sistema permite que la persona incremente su capacidad de percepción de la localización del sonido, tal como se percibe en el mundo real.

Un reto desalentador, de acuerdo a Crystal River es la simulación de la reflexión de los sonidos. Las oscilaciones del sonido rebotan fuera de superficies totalmente diferentes basadas en el material y la forma de la superficie, prediciendo cómo el sonido sería afectado por un objeto requiriendo una computación compleja.

De igual forma, si los sistemas tienen el poder computacional para manipular las reflexiones del sonido, aún sería un problema entender cómo el ser humano localiza la dirección del sonido. Ciertamente, conociendo que el sonido que procede del lado izquierdo llega más rápido al oído izquierdo ya es un paso para entender la percepción humana del sonido, sin embargo, hay otras muchas consideraciones.

Aunque una importante aplicación para el sonido 3D sería el tradicional HMD basado en sistemas de RV, son usados otros para la tecnología, tales como los direccionamiento de controladores de tráfico aéreo y pilotos, o como ayudar a navegar a ciegas.

Los controladores de tráfico aéreo y pilotos tienen la difícil tarea relatada por una voz que proviene de los audífonos para elevar el avión en la pantalla del radar; si cada voz que proviene de los audífonos tienen una dimensión direccional que es igual a la localización actual en el espacio de la persona transmitiendo, la respuesta podría aumentar. En una aplicación los pilotos podrían tener un sistema en el cual ellos oírían el tráfico proveniente de la dirección de un avión. En teoría este sistema aviva a los pilotos a responder en un tiempo de 1 ó 2 segundos comparado con el sistema de evasión de colisión convencional. De acuerdo con la Administración de Aviación Federal es un proyecto para la investigación del sonido virtual.

De acuerdo con Jack Loomis, un Psicólogo de la Universidad de Santa Barbara California, una ayuda para navegar a ciegas sería usando el sonido virtual y señales de radio de un sistema de posición global (GPS), una red de satélites para navegación pueden dar la localización del punto sobre la superficie de la tierra a menos de pocos metros. El usuario podría llevar una pequeña computadora que contenga un mapa en el cuál sea planeada la trayectoria o camino; y así la computadora podría transmitir sonidos que parecieran venir del sitio del usuario.

#### 3.4.2.8.- RETROALIMENTACIÓN

El sentido del tacto permite interactuar con y recoger información acerca del entorno sintiéndolo con sus dedos u otras partes del cuerpo. Imagínese su mano virtual penetrando en el ciberespacio y sintiendo un objeto suspendido allí, o moviéndola y sintiendo realmente el objeto en las puntas de sus dedos. La tecnología actual permite que esto sea una realidad. Una de las maneras de afrontar este aspecto utiliza metales con memoria plástica, aleaciones que recuerdan su forma original y la recobran al ser calentadas. Estos metales son la base para los *estimuladores táctiles*, o *factores* que se encuentran en los guantes que lleva el usuario. Cuando la computadora detecta una colisión entre su mano virtual y el objeto virtual en la pantalla, envía una corriente eléctrica al tactor, haciendo que la lámina de metal cambie de forma enviando una señal que aplica una presión contra la punta de su dedo.

El Tactor strip puede estar unido a un botón de ratón, un botón del teclado o un dispositivo físico; la retroalimentación consiste de una clase de buzz proporcionado en el tactor; no se pueden sentir objetos reales, se captan con la punta del dedo estimulado cuando el software dispara el tactor.

No es posible encontrar cualquier software que soporte directamente el tactor, éste es de interés para investigadores y aficionados quienes necesitan experimentar con retroalimentación táctil. La interfaz física es simple (un contacto en el control de la unidad dentro de un puerto serial), programas como Visual Basic hace esto mas fácil.

Al introducir los factores, un guante de entrada de datos puede actuar también como dispositivo de salida, suministrándole retroalimentación táctil en su relación con el entorno virtual. Los guantes de retroalimentación de fuerzas son un poco más sensibles que los que producen una simple retroalimentación táctil, ya que deben tener la ayuda de algún tipo de exoesqueleto para proporcionar la necesaria resistencia para simular solidez. En el momento en que los dedos agarran el objeto, el exoesqueleto se endurece, haciéndose totalmente rígido en el caso de un objeto duro, o elástico en caso de uno maleable.

Otro de los sentidos del tacto de suma importancia es la percepción por parte del cuerpo de los efectos producidos por la fuerza de gravedad. Los simuladores de vuelo y de conducción utilizan esta sensación sobre el cuerpo para engañarlo y hacerle creer que se mueve sin ser cierto. Un ejemplo, Viaje a las Estrellas en Disneylandia, crea la sensación de movimientos haciendo que los asientos individuales y toda la habitación oscile y se incline.

#### **3.4.2.9.- OLFATO**

La primera vez que se utilizó el olor de una forma comercialmente viable fue con el dispositivo de Sensorama patentado por Morton Heilig en 1962. El problema con el olfato en la RV es que no puede ser reproducido por medios electrónicos depende de la interacción de partículas moleculares con los sensores de la nariz, con excepción de la estimulación directa del cerebro (lo que ciertamente está fuera del alcance de la RV), la única manera para crear sensaciones olfatorias o una imitación aproximada es la de introducir el verdadero olor por la nariz utilizando dispositivos de gases olorosos que alimentarían el HMD (una técnica poco viable). Por lo que actualmente no se ha desarrollado un sistema que proporcione la sensación de oler.

## **CONCLUSIÓN**

La tecnología de la realidad virtual ha crecido enormemente para mejorar la generación de imágenes, tanto de objetos creados por uno mismo utilizando polígonos, como digitalizando imágenes. Pero si el escenario no es manejado por algún dispositivo, como guante, lentes o jostyck o algún otro que introduzca al usuario en el ambiente virtual, éste queda solamente como una gráfica en tres dimensiones.

# CAPITULO 4

## APLICACIONES DE REALIDAD VIRTUAL

### 4.1.- APLICACIONES EN DIFERENTES AREAS

El uso de estaciones de control virtuales y de unidades de visualización permiten evaluar los diseños justo después de realizarlos, reduciendo los costos. Los diseños mal concebidos pueden ser modificados incontables veces o descartados más adelante, sin incurrir en pérdidas de tiempo que conllevan las inversiones físicas construídas. Después de la construcción real, el modelo virtual no necesita ser destruído, se puede utilizar con propósitos de entrenamiento.

Las técnicas tridimensionales de simulación incorporan paneles de armas reales, completados con botones y palancas que funcionan como interfaces entre el equipo humano y los sistemas que controlan.

La realidad virtual asiste en el desarrollo de productos realizando sistemas con CAD, este software capacita a los usuarios para manejar bases de datos que contienen información esencial acerca de los productos. En la base de datos el producto desarrollado es presentado matemáticamente, ya que el CAD utiliza números en la base para generar en pantalla una imagen 2D. Cuando la imagen en la pantalla es manipulada, la base numérica fundamental también es alterada para reflejar los cambios, si la dimensión del producto es cambiada en la base, la imagen correspondiente también es cambiada.

Un programa CAD realiza el trabajo del diseñador, permite que el producto sea visualizado, ayudando a producir productos más rápidamente.

En la actualidad existen nuevas tecnologías que usan varios materiales, se puede construir cualquier modelo usando CAD, estas máquinas son en esencia RV.

Existen una infinidad de aplicaciones de sistemas de realidad virtual en diferentes áreas, que ayudan al usuario a desempeñar más fácil su trabajo. Los siguientes ejemplos muestran lo anteriormente dicho:

#### EN LA FABRICACIÓN

La fabricación asistida por computadora ha incluido nuevas técnicas en los procesos de fabricación, las técnicas de RV adoptadas en cualquier etapa del proceso proporciona una serie más amplia de opciones para el diseño conceptual de productos y el análisis de ingeniería.

Un ejemplo de estos procesos utiliza el software WorldToolkit VR para desarrollar modelos 3D en máquinas para fabricar zapatos. Las máquinas trabajan en un piso virtual experimentando diferentes secuencias, así la compañía podría ser capaz de hacer más eficiente el trabajo. Otro diseño de RV es una sistema para el diseño de autos.

Actualmente en Japón es utilizado un sistema de RV en la sala de ventas de cocinas, mediante el cual los usuarios pueden "caminar" a través de diferentes modelos de cocinas virtuales, mirar alrededor, mover cosas, y hasta escuchar sonidos realísticos de abertura y cierre de puertas de gabinetes, platos puestos en el lavatrastes, etc.

## EN LA CIENCIA

La visualización y manipulación de modelos moleculares virtuales son de gran interés y utilidad para los químicos y bioquímicos; ayudan a visualizar estructuras moleculares tridimensionales complejas y los investigadores son capaces de recuperar todo tipo de datos relevantes de bases de datos científicas, así pues, la información sobre átomos, enlaces, cargas eléctricas, coordenadas y conectividad, es utilizada para crear moléculas virtuales de átomos y enlaces almacenando la información en la computadora.

## EN LA EDUCACIÓN

Los avances recientes de tecnología en RV están siendo aplicados en el ambiente de las bibliotecas, dando a los usuarios mucho mayor poder y facilidad en la búsqueda y recuperación de información.

Se pueden identificar seis etapas distintas en la vida de una tecnología: precursión, invención, desarrollo, madurez, obsolescencia y antigüedad. Para comprender mejor se hará un recorrido rápido desde la biblioteca clásica hasta la biblioteca de realidad virtual, pasando por la electrónica.

Una biblioteca clásica es donde las colecciones de conocimientos están contenidos en medios impresos (libros, revistas u otros medios), reunidos en un solo sitio y organizados de cierto modo para facilitar su búsqueda y recuperación, conforme a las necesidades del usuario.

Una biblioteca electrónica o biblioteca-E, es aquella cuyas colecciones de conocimientos están contenidas en libros o revistas electrónicas legibles por computadora. Un libro o una revista electrónica está conformada por un conjunto de conocimientos almacenados digitalmente en medios electrónicos tales como discos compactos o CD-ROM, así como discos y cintas magnéticas, legibles por computadoras.

Las colecciones completas de la biblioteca-E pueden ser consultadas por un usuario desde una terminal fija conectada directamente o mediante una red local a una computadora central localizada en la biblioteca. Asimismo, puede consultarse mediante una computadora portátil y discos magnéticos u ópticos que el usuario puede llevarse a casa. Actualmente se ofrece ya en el mercado el llamado libro electrónico. La existencia de la biblioteca-E lleva directamente como consecuencia tecnológica al surgimiento de la llamada Biblioteca Virtual.

Una Biblioteca Virtual o Biblioteca-V es un conjunto de dos o más bibliotecas-E interconectadas mediante una red de telecomunicaciones, lo cual permite el acceso a todas las colecciones de libros y revistas electrónicas desde una terminal de usuario.

Existe un sistema computarizado dedicado a un museo de arte virtual en red. El diseño se centra en un lobby central desde donde el usuario puede acceder galerías adjuntas. Además existe una galería de autos, donde el usuario puede conducir un Ford Festiva. Otra galería en proyecto es la del Antiguo Egipto Virtual, basado en templos clásicos.

## EN LO MILITAR

En el desarrollo de armas, las realizaciones de interfases inmediatas los controles y las exhibiciones entre equipos humanos y los sistemas que deben controlar reemplazan a las maquetas físicas.

Una vez que los sistemas son desarrollados, incluyen datos acerca de las propiedades de los componentes, especificando exactamente los necesarios, creando así un costo aproximado de materiales utilizados.

Simuladores de vuelos han sido utilizados para el entrenamiento de pilotos. Estos sistemas se han vuelto tan reales en el despliegado de imágenes y en la forma como el modelo de cabina gira y rueda sobre una plataforma móvil, que el primer vuelo real de un piloto en un nuevo modelo de aeronave es a menudo con un avión lleno de pasajeros.

Actualmente los simuladores basados en computadoras son usados no solamente para el entrenamiento de vuelos, sino que también para enseñar a pilotos de barcos cómo navegar a través de puertos difíciles, al personal de plantas nucleares para ensayar respuestas a emergencias y a los oficiales militares para comandar recursos diversos y distribuidos en las batallas.

### EN LA MEDICINA

La medicina y la investigación biomédica, usada esta última solamente en aplicaciones militares son usadas en sistemas de RV. Sistemas simples tienen que ser desarrollados para practicar operaciones asignadas a doctores. Los sistemas médicos Greenleaf (Palo Alto, CA), están usando el traje y guante de datos para obtener el rango de movimientos y medidas de intensidad para la rehabilitación de pacientes. Datos matemáticos de los sensores en el guante y traje son transmitidos a la máquina los cuales muestran el grado del daño en forma gráfica y también muestra el progreso del paciente. Una aplicación similar es usada para pacientes que no pueden caminar.

### VISIÓN RAYOS X

En la Universidad del Norte de Carolina se trabajó en la investigación de lentes para doctores usados para ultrasonidos, con ayuda de un HMD que contiene pantallas de LCD muestran imágenes ultrasónicas de un feto en una imagen de video real del abdomen de una mujer embarazada. En esencia, el doctor en apariencia puede ver dentro del cuerpo de la paciente a través de una ventana.

La principal ventaja del sistema es que podría permitir a los doctores la perspectiva de una mejora de la posición de la investigación dentro del cuerpo. Ejemplo, en la amniocentesis, usando un sistema de RV la aguja, así como la imagen ultrasónica podría ser mostrada en una pantalla de LCD, haciendo automáticamente la relación.

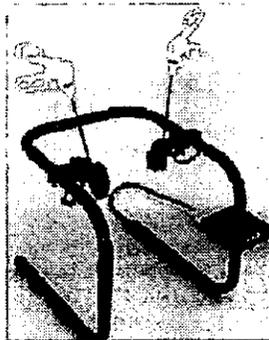


Imagen 4.1 Aparato utilizado en operaciones.

## 4.2.- DESARROLLO DE UNA APLICACIÓN EN LA UNAM REMODELACIÓN DE LA PLANTA BAJA DEL INSTITUTO DE GEOGRAFÍA.

Recientemente en la facultad de Ingeniería de la UNAM se realizó el diseño de un espacio virtual, pero debido a que la realidad virtual inmersiva es muy cara y los mundos virtuales que se pueden construir son todavía algo primitivos y difíciles de interactuar con ellos, una alternativa a la realidad virtual es la realidad virtual de escritorio. Estos sistemas corren en computadoras de escritorio compuestas de una computadora, un monitor grande, de alta resolución a color para presentar imágenes tridimensionales realistas, así como ratones 3D para la navegación y el control. El resultado del proyecto que se mencionará más adelante, se realizó llevando a cabo la metodología que se describen a continuación:

### 4.2.1.- DISEÑO DE ESPACIOS VIRTUALES

Para realizar un espacio virtual se requiere de varios pasos que consisten fundamentalmente en tres etapas, que son: la preparación, la solución y la salida.<sup>38</sup>

Según estudios realizados por el Instituto Tecnológico de Massachusetts (MIT), consideran como componentes esenciales de un espacio virtual, la extensión visual, el audio tridimensional, el tacto, la percepción de la posición y la actividad motora, así como los demás sentidos, sin dejar a un lado las computadoras y simuladores que forman la base de todos los componentes.

Sugiere además un marco de referencia que incluye cuatro partes:

1. Modelos matemáticos
2. Paradigmas de interacción
3. Interfaces lógicas con el modelo computarizado e
4. Interfaces físicas.

Estos modelos tienden cada vez más a ser orientados a objetos. Los modelos matemáticos incluyen inteligencia artificial, los paradigmas de interacción ayudan a definir cuántos parámetros del modelo podemos actualizar de manera simultánea, las interfaces lógicas y físicas nos dicen como mostrar la información en el espacio virtual.

Según algunos investigadores, el menos comprendido de estos cuatro componentes y el más característico de la RV, es el conjunto de paradigmas de interacción, que ayudan a diferenciar entre los gráficos tridimensionales convencionales y el espacio virtual, e implican condiciones previas que, también tienen que ver con las redes y las bases de datos.

### 4.2.2.- PREPARACIÓN

En esta etapa se realizan un sin número de operaciones para preparar los polígonos que serán sometidos a procesos durante la etapa de solución. Entre las operaciones se incluyen:

- ♦ Importar los polígonos, es decir, convertir los formatos de los archivos que entrega el usuario a un formato estándar de la aplicación desarrollada. Por lo general a .3DS (3D Studio) o .DXF (AutoCAD), junto con los archivos de materiales de las superficies a formatos de imágenes .JPG, .TGA, .GIF, etc.

<sup>38</sup> Tomado de la Tesis de Ingeniería

- ◆ Definir los materiales con los cuales las superficies están construidas. De acuerdo a los programas de aplicación que se utilicen, se podrá simular la interacción de la luz con los objetos del modelo.
- ◆ Asegurarse que las superficies del modelo se encuentren orientadas apropiadamente. Algunos sistemas de modelado, permiten la creación de superficies infinitas. Mientras que en los programas de aplicación relacionados con la simulación de efectos de iluminación es necesario especificar cuales son los lados de las superficies en los cuales se tiene interés en aplicar los efectos.
- ◆ Definir las propiedades fotométricas de las fuentes de iluminación usadas en el modelo. Es necesario definir los valores de las fuentes, tanto reales como artificiales.
- ◆ Añadir, eliminar y mover los objetos de las escenas que se deseen. Este es el último paso, antes de iniciar con la etapa de solución, nos permite dar los ajustes finales al modelo.

Antes y durante esta etapa conviene adquirir elementos que ayuden a conformar los requisitos mencionados, es decir, tomar fotografías o videos de los objetos a representar en el espacio virtual, de manera que durante esta etapa se puedan apoyar en dichos medios para obtener sus propiedades, como son color, texturas, iluminación y ubicación.

### 4.2.3.- SOLUCIÓN

Se toma la geometría iniciada para proceder a resolver la salida, esto es, durante esta etapa se definen todos los posibles parámetros de procesamiento de los polígonos, aplicándole de forma apropiada cada una de las propiedades ya definidas previamente, esto ahorra bastante tiempo, ya que sólo es necesario cambiar sus valores por defecto. En los programas actuales de aplicación, es sencillo ajustar las propiedades de los polígonos ya dibujados, sólo resta iniciar su procesamiento, para ver los resultados, el trabajo que queda es afinar dichos parámetros hasta obtener la salida adecuada.

El método de seguimientos de rayos de luz, que pretende lograr imágenes casi fotográficas, usado hoy en muchos productos comerciales de rendering y animación, funciona bajo el principio de seguir al camino de rayos que salen de una o más fuentes de luz. Dada la naturaleza óptica, este método es ideal para mostrar imágenes con vidrios, espejos, materiales cromados, etc., ya que es capaz de seguir el rayo rebotado de una a otra de estas superficies ideales.

El sistema, sin embargo, carece de varias limitaciones, la más importante sea el hecho de que no da buenos resultados con superficies difusas o fuentes de luz no puntuales, es decir, para situaciones con tubos fluorescentes, luz indirecta y materiales sin brillo. El problema se da porque un rayo de luz que cae sobre una superficie de este tipo rebota en cualquier dirección, y por lo tanto, para efectuar la simulación se deberían seguir todos los rayos resultantes; como éstos, a su vez, también pueden aterrizar sobre superficies difusas, el problema crece geoméricamente y en la práctica, es casi imposible realizar tantos cálculos, aún con el hardware más sofisticado del momento.

Otra desventaja de esta técnica es que debido a que se siguen los rayos que van al punto de vista definido para la escena, cualquier cambio de la posición del observador implica que se debe volver a ejecutar todo el proceso, por eso se considera una técnica dependiente del punto de observación.

Un nuevo método, conocido como radiosidad, surge de aplicar métodos de cálculo de transferencia de calor desarrollados para aplicaciones de ingeniería. Como el calor no es otra cosa que rayos infrarrojos y como estos rayos son sólo una forma de radiación electromagnética igual a la luz, resulta que las ecuaciones para manejar ambos fenómenos son básicamente las mismas. La diferencia es que el

resultado deseado no es la temperatura de los objetos, sino su luminosidad, con la complicación adicional de que se requiere mayor resolución en el cálculo, ya que el objetivo es generar una imagen realista de una escena y no un mapa de temperaturas.

La técnica de radiosidad consiste en generar una especie de balance térmico, pero en términos de luz, entre los objetos de una escena. Con este sistema no se siguen rayos y por lo tanto las fuentes de luz no necesitan ser puntos.

En esta técnica se calcula la absorción y emisión de luz desde la superficie de los objetos. Esto significa que, al revés de lo que pasa con el seguimiento de rayos, en radiosidad no hay (como no hay en la realidad) emisión de luz desde un punto y, por lo tanto, el uso de fuentes de luz grandes no es sólo posible con radiosidad sino que es una posibilidad intrínseca de la técnica.

Este método es ideal para superficies difusas y da excelentes resultados justo en las situaciones donde el seguimiento de rayos falla. A parte de esto, tiene la ventaja que, al calcular el balance lumínico de la escena, la parte más significativa del cálculo se hace sin necesidad de saber dónde está el punto de vista, y por lo tanto es una técnica independiente del punto de observación, lo que significa que, una vez generada la información de la imagen, es posible generar recorridos a través de la escena mucho más fácilmente que con el seguimiento de rayos.

Sin embargo, también existen otros criterios necesarios para el desarrollo de sistemas visuales de RV de vanguardia. Uno de los principales aspectos es la decisión de cómo representar los datos como objetos. El desarrollador, así como el usuario, deben tener una idea de la manera en que el objeto debe verse en el espacio virtual. Esto pone en perspectiva la noción de un objeto gráfico y sus atributos:

- posición geométrica,
- matrices de transformación,
- textura, y
- color.

Otros atributos se relacionan con las propiedades de los materiales como son: la reflexión, las propiedades de la superficie y la transparencia; la capacidad de visualizar, así como la capacidad de esquematizar en el despliegue las características de los conceptos e ideas abstractas.

Durante esta etapa se ejecutan varios procesos. Generalmente los pasos que se realizan son los siguientes:

- ♦ Preparar la geometría. El modelo se reduce a un conjunto de superficies que son optimizados para cada uno de los procesos a realizar. Una vez iniciada, no se deberá manipular el modelo geométrico.
- ♦ Definir los parámetros del proceso. Se definen parámetros globales del procesamiento (que serán aplicados de manera general al modelo completo) y parámetros locales (aplicados sobre superficies específicas). La calidad de la salida depende del control de estos parámetros. El colocar los valores apropiados a dichos parámetros requiere de mucha paciencia, para producir una salida más precisa o de mejor calidad, por eso requiere de mucho tiempo y espacio de memoria en el equipo.
- ♦ Cálculo de la solución. Se procede a calcular el efecto directo e indirecto de cada uno de los parámetros previos sobre el modelo, para determinar su comportamiento sobre la distribución completa de los objetos o superficies del modelo.
- ♦ Ajustar la solución. No es aceptable modificar la geometría del modelo, pero si es posible cambiar las características de los materiales y sus propiedades, como las de iluminación. Una vez realizados

estos cambios, se debe actualizar la solución para continuar procesando el modelo, de tal forma que si es necesario volver a iniciar, se puedan preveer los resultados.

Por último se deben almacenar los resultados como un modelo solucionado de tres dimensiones.

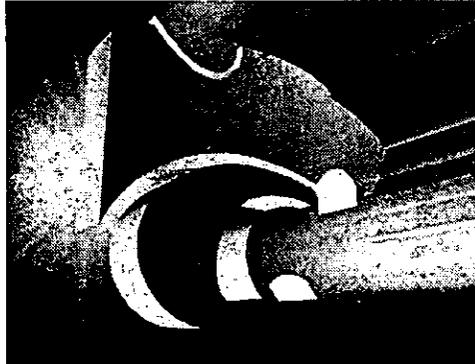


Imagen generada en tres dimensiones.

#### 4.2.4.- SALIDA DEL ESPACIO VIRTUAL DISEÑADO

En esta última etapa, se obtienen los resultados de los procesos previos después de ajustar los parámetros de las propiedades de los polígonos que forman el espacio virtual diseñado.

Durante la etapa de salida, se pueden generar soluciones rápidas, dependiendo del hardware y software con que se disponga, como por ejemplo, utilizando **OpenGL** (Interfaz de Programación de Aplicaciones estándar de Gráficos en 3D) para la reconstrucción de superficies del modelo aplicando sus propiedades, con algoritmos de seguimiento de rayos de luz para agregar efectos de reflexión espectacular y la transparencia sobre las imágenes finales. También es posible utilizar el algoritmo para ajustar la definición de las sombras colocándolo directamente sobre las fuentes de iluminación. La acción de seleccionar algunos de estos algoritmos tendrá un impacto directo sobre el tiempo que se requiera para generar la imagen final.

Existen varias formas por las cuales se pueden obtener resultados del diseño de espacios virtuales durante su procesamiento. Dependiendo de las necesidades o aplicaciones para lo cual fue diseñado el espacio virtual, se pueden obtener diferentes tipos de salidas, tales como:

1. **Animación.** Se crean rutas por donde las cámaras generarán el recorrido y aplicarán los efectos sobre las propiedades de los objetos del modelo. El despliegue de una sola imagen no es tan esencial como lo es en un despliegue en tiempo real, ya que difiere debido al número de cuadros que se tiene que generar.

Si se desea añadir efectos adicionales, tales como reflexión espectacular y transparencia, se puede hacer uso del algoritmo de seguimiento de luz, sobre cada cuadro de la animación para que estos tomen el efecto. Por lo general incrementa el tiempo requerido para generar un cuadro. A veces es recomendable construir un proceso por lotes para que realice este tipo de procesamiento, debido a su demora en la salida, de tal forma que se hace más eficiente el proceso.

2. **Imágenes Sencillas.** Típicamente estas imágenes demandan un alto nivel de calidad. Para obtener la representación más precisa, por lo general se hace uso del algoritmo de seguimiento de rayos de luz sobre la imagen. Este proceso requiere de una gran cantidad de tiempo, especialmente si hay muchas fuentes de luz.
3. **Análisis de Iluminación.** Si el principal interés es el análisis de iluminación, entonces se requiere de ciertos programas que sean capaces de realizarlo, para tal efecto se necesita de una gran variedad de herramientas para la visualización de los datos de iluminación que se encuentran almacenados en la solución de radiosidad. Generalmente esta solución de radiosidad puede realizarse rápidamente, tanto tiempo como el que sea necesario para la generación de imágenes de salida.

Si la meta es producir espacios virtuales para navegar e interactuar en tiempo real, no se deberá utilizar el algoritmo de seguimiento de rayos, sino apoyarse en el algoritmo de radiosidad, debido a su alta calidad de salida, haciendo el modelo más compacto y eficiente para manejar. La velocidad de interacción depende del grado de complejidad del espacio virtual y del número de superficies u objetos (es decir, polígonos) generados durante el proceso de solución. El despliegue puede ser acelerado haciendo uso de OpenGL o de hardware que lo soporte.

La técnica de radiosidad es de especial importancia para arquitectos, diseñadores industriales y cualquiera que necesite representar objetos estáticos con un alto nivel de realismo. Por ahora esta técnica no es demasiado significativa para animadores, ya que si bien no requiere de muchos cálculos para hacer recorridos dentro de una escena estática donde solo va moviéndose el observador, si hay movimiento de objetos que forman parte de la escena, ésta debe recalcularse haciendo que una animación requiera demasiado tiempo de procesamiento.

Para mejorar la imagen, una estrategia que se está investigando es combinar radiosidad con seguimiento de rayos, ya que este último es mejor para los efectos ópticos con vidrio, espejos y objetos cromados.

A pesar de estar todavía bajo investigación y de ser el método de generación de imágenes más complejo desarrollado hasta ahora, ya existen productos que implementan esta nueva técnica.

El método es ideal para hacer estudios muy realistas de la iluminación de interiores, porque agrega muchas luces de distintos tipos y no es costoso en términos de tiempo de procesamiento.

Finalmente, el método es bueno para hacer recorridos como los que hacen los arquitectos de sus edificios. Lo más importante es que cada vez estamos más cerca de generar imágenes tan creíbles como una fotografía de objetos que aún no existen, inclusive bajo situaciones de iluminación que hasta hace poco hubieran resultado imposibles de simular.

### **4.3.- SELECCIÓN DE HERRAMIENTAS**

Con el gran auge que han tenido las gráficas por computadora, han aparecido recientemente una gran cantidad de programas que pueden asistir tanto en el diseño de un espacio virtual, como en el revestimiento, navegación y programación de éste. Sin embargo en la actualidad no hay programa de software que de una buena calidad de gráficos y que además permita programar con facilidad la interacción y navegación del espacio virtual.

Para realizar la selección de herramientas para el desarrollo del espacio virtual, se deben tomar en cuenta varios aspectos:

1. Un espacio virtual debe manejar medidas a escala, de tal forma que permita asimilar con detalle la localización exacta de los objetos.
2. Para que el espacio virtual se vea lo más cercano a la realidad, éste debe contener imágenes con texturas que darán el toque de realidad que se necesita.
3. El código del espacio virtual debe ser transportable a otras herramientas de diseño y además, debe permitir su manipulación, es decir, entendible para el programador, ya que apartir de éste se realiza la interacción y navegación del espacio virtual.
4. La herramienta de programación debe permitir la fácil manipulación de gráficos, por lo cual el lenguaje debe contener un conjunto de instrucciones que lo facilite. La aplicación desarrollada para visualizar el espacio virtual, también debe ser transportable entre diversas plataformas, de manera que pueda ser distribuida para su posterior modificación o actualización.

Existen una infinidad de programas de diseño en 3D que proporcionan una buena calidad de gráficos y que contienen una interfaz con el usuario que facilita la construcción de cualquier objeto en 3D; además de varias bibliotecas de funciones que facilitan la programación de gráficos; el aspecto más importante, la calidad, está determinada fundamentalmente por el costo y poder del equipo de cómputo.

El costo de un programa de diseño en 3D está dado por el grado de interacción que tiene éste con el usuario, la calidad de funciones que facilitan el diseño y la calidad de la imagen y el tiempo que se tarda en generarla.

El costo de un lenguaje de programación, en algunos casos es menor, que el de un programa de diseño, ya que éste puede venir con el sistema operativo, como es el caso de UNIX, o es de distribución gratuita o simplemente se cuenta con la copia del lenguaje. Por lo tanto, el costo no está en el lenguaje, sino en el conjunto de instrucciones o biblioteca de funciones que facilitan la programación y que no viene incluido en la distribución del lenguaje.

Para satisfacer el primer punto, se utilizó AutoCAD r.13c4 de Autodesk, debido a que es una herramienta para diseño en 2D y 3D, de tal manera que permite la fácil manipulación de medidas a escala, que son necesarias. Se puede partir de planos digitalizados, reduciéndose la probabilidad de error en las medidas y en la localización de los objetos. Además requiere poco poder de cómputo, puede trabajar en cualquier computadora personal 80486 DX2 a 66 MHz, con al menos 16 MB de memoria RAM, y permite exportar sus archivos a diferentes formatos, facilitando el retoque con las herramientas de diseño.

El siguiente aspecto, donde el espacio virtual pueda incorporar imágenes previamente capturadas o creadas, AutoCAD permite hacerlo, sin embargo, la calidad del gráfico es muy pobre comparadas con las que ofrece 3D Studio R.4 de Autodesk y algunas otras herramientas líderes para la creación de imágenes en 3D. Aunque estas herramientas también permiten la manipulación de medidas a escala, no son lo suficientemente buenas como las opciones que ofrece AutoCAD.

La herramienta de 3D Studio R.4 es la más accesible y la que mejor se acopla a los requerimientos debido a que puede leer archivos previamente hechos en AutoCAD y permite la fácil manipulación de las texturas.

El tercer aspecto, se cumple con 3D Studio R.4, su código puede ser transportable por medio de un convertidor (el cual puede ser programado), debido a que las especificaciones del formato de sus archivos son de dominio público.

#### 4.4.- SOLUCIÓN DE LA APLICACIÓN

Uno de los problemas a los cuales se enfrentan tanto arquitectos, ingenieros y clientes, al momento de construir o remodelar una estructura, es poder contemplarla antes de llevarse a cabo, de manera que se puedan observar tanto los detalles, como el impacto que éste tendrá en el entorno en el que se desarrollará.

Existen métodos convencionales que resuelven en cierta medida este problema, como son las maquetas y planos en perspectivas. Una solución alternativa y de vanguardia, que brinda un mayor acercamiento entre el espacio a remodelar y las necesidades del cliente, es la Realidad Virtual. Por consiguiente, el Instituto de Geografía dio el apoyo a un grupo de trabajo del IIMAS de iniciar el desarrollo del espacio virtual del Instituto de Geografía.

A continuación se describen las herramientas de software y hardware utilizadas por el equipo, para la creación del espacio virtual.

#### ESQUEMA ACTUAL DEL EDIFICIO

El Instituto de Geografía es una de las instituciones de la UNAM que cuenta con una fuerte infraestructura de cómputo, como herramienta indispensable para el desarrollo de sus investigaciones, junto con los sistemas de información geográfica y de procesamiento digital de imágenes recibidas de varios satélites. Uno de los equipos con mayor capacidad con que cuenta el Instituto para sus actividades es una estación de trabajo marca Silicon Graphics, modelo ONYX .

Por consiguiente la aplicación de visualización del espacio virtual se programó en la estación de trabajo citada anteriormente, debido a que esta arquitectura está orientada al diseño de 2D y 3D.

Debido al contrato que tiene la UNAM con Silicon Graphics, es posible tener acceso a herramientas de programación como: lenguaje C, PASCAL, FORTRAN, etc., software para la programación de gráficos como OpenGL y Open Inventor, las cuales son interfaces que permiten la explotación del subsistema gráfico de hardware. OpenGL es una interfaz que está compuesta de alrededor de 1290 comandos, los cuales se pueden programar para poder realizar la interacción con gráficos en 2D y 3D y está diseñado para trabajar eficientemente con el lenguaje C.

Además las aplicaciones generadas en la estación de trabajo pueden ser transportadas a computadoras personales con Windows NT, debido a que éste soporta OpenGL.

#### 4.4.1.- VRML (VIRTUAL MODELING LANGUAGE)

Es utilizado para describir simulaciones interactivas de participantes múltiples, a través de una red de computadoras. Es un lenguaje de programación orientado al manejo de gráficos, que contiene varias características integradas que facilitan la creación de escenarios y ambientes realistas en tercera dimensión con un mínimo de conocimientos sobre programación de gráficas generadas por computadoras.

Open Inventor es un conjunto de rutinas gráficas desarrollado por Silicon Graphics, el cual fue considerado como la base de la creación del VRML. Los desarrolladores de Open Inventor tomaron los mejores componentes de los lenguajes gráficos existentes en aquella época y los sintetizaron en un solo conjunto que, además de tener una gran capacidad expresiva y flexibilidad, resultaba fácil de aprender y entender.

El Inventor Mentor introduce la programación gráfica y desarrollo de aplicaciones para Open Inventor con herramientas orientadas a objetos en 3D. Open Inventor es una librería de objetos y métodos usados para crear aplicaciones interactivas de gráficos en 3D, a través de programación en C++, incluyendo también código en C.

Open Inventor es un conjunto de bloques construidos que facilitan la escritura de programas tomando ventajas incrementando las características gráficas del hardware con un mínimo de objetos que se pueden usar, modificar y ampliar para conocer nuevas necesidades. Los objetos de Inventor Engine, manipulan iterativamente todos los componentes, por ejemplo: el editor y el examinador.

El Inventor ofrece economía y eficiencia en un sistema completamente orientado a objetos. Para incrementar la simplificación en el desarrollo de aplicaciones, el Inventor facilita el mover datos entre aplicaciones con intercambio de archivos con formatos de 3D. Finalmente los usuarios de programas en 3D pueden cortar y pegar objetos y compartirlos en varios programas.

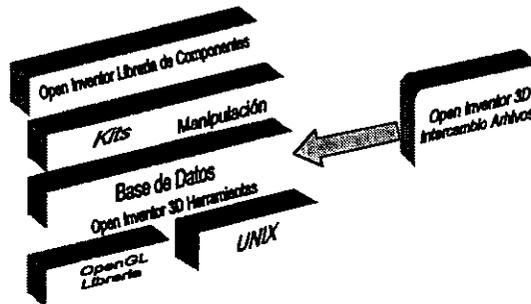


Figura 1.1 Arquitectura del Inventor

Como se muestra en la figura 1.1, Los fundamentos del Inventor están soportados por un OpenGL y Unix. Donde el Inventor esta representado sobre una aplicación orientada a objetos arriba de un OpenGL, proporcionando un modelo de programación y el uso de un interfase para programas en OpenGL.

La herramienta del Inventor es una ventana independiente del sistema. Una librería ayuda poderosamente a usar el Inventor con ventanas específicas del sistema.

Los objetos del Inventor pueden también ser encapsulados dentro de una descripción almacenada en la base de datos. Cuando es leída la información desde un programa a través del Inventor y desplegada en la pantalla, crea el efecto de animación. No se agrega más código para generar el efecto, la descripción es parte del objeto mismo.

#### Especificaciones generales del lenguaje:<sup>39</sup>

- Sistema de Coordenadas

El VRML es un sistema cartesiano de coordenadas tridimensionales orientado hacia el cuadrante derecho. Por omisión los objetos se proyectan en un dispositivo bidimensional al hacerlo en la dirección de eje Z positivo, cuando el eje X positivo se localiza a la derecha y el eje Y positivo se ubica en la parte superior. Se requiere realizar una transformación de cámara o de modelado para alterar esta proyección predeterminada. La unidad de longitud es el metro y la angular es el radián.

<sup>39</sup> Tomado de la Tesis de Ingeniería

- Campos

Son similares a variables y se asocian a tipos de datos. Se definen campos de valores únicos, vectoriales y hasta de una imagen.

- Nodos

Se definen como un grupo de objetos con el que es posible elaborar gráficos en 3D, son las unidades gráficas elementales y se organizan en estructuras jerárquicas llamadas gráficos de escena. Pueden clasificarse en figura, propiedad o agrupación.

- Capacidad de extensión

Permite definir nodos no incluidos en el VRML estándar, llamados autodescriptivos y se incluyen en el código sus campos y sus características. Son tipos de datos abstractos definidos por el usuario.

El VRML fue utilizado como base de datos para las diferentes figuras realizadas para el proyecto.

#### 4.4.2.- VISUALIZACIÓN

Terminado el proyecto, lo que éste visualiza en pantalla como se dijo en un principio es únicamente la planta baja del Instituto de Geografía, se puede observar como podría ser la remodelación de éste, el techo, paredes, piso, escaleras, ventanas, puertas, etc.; en cada parte se puede diferenciar su textura de acuerdo a los materiales de construcción requeridos, pueden ser enfocados cada uno de ellos, y por medio del programa se puede recorrer el piso como si uno estuviese caminando en el área.

Habiendo generado el modelo en 3D del plano y que las texturas han sido aplicadas satisfactoriamente, se prosigue a mostrar las características funcionales del programa que se desarrolló como medio de visualización y navegación del espacio virtual.

Entre las características que se pueden mencionar, están:

1. Permite realizar una navegación normal a modo de caminata a través del espacio virtual.
2. Contiene una cámara que puede rotar sobre cualquiera de los tres ejes (X,Y,Z).
3. La cámara permite realizar acercamientos sobre cualquier objeto de una escena.
4. Permite visualizar el espacio virtual como: una estructura alambrada, con polígonos de un mismo color, sin texturas, con bajo y alto detalle en la texturas.
5. La navegación es a través del ratón.
6. Puede leer archivos con formato de inventor y VRML.
7. Es un programa ejecutable independiente que corre bajo un ambiente gráfico de Silicon Graphics.

Ahora bien, para que se pueda hacer uso del programa se requiere de los siguientes elementos:

1. Sistema Operativo Irix 5.2 o posterior
2. Tarjeta de gráficos con capacidad de OpenGL
3. Espacio en disco duro superior a 600 KB, más lo que requiera el espacio virtual
4. MB de memoria RAM como mínimo para que pueda cargar un espacio virtual sencillo.

El programa muestra una ventana donde despliega el espacio virtual, acompañado de varias barras de funciones a los lados de la misma. La barra del extremo izquierdo permite tener un desplazamiento vertical y horizontal de la cámara. La barra inferior permite rotar la cámara y realizar acercamientos con la misma. Mientras que la barra del lado derecho está compuesta por iconos que ofrecen un acceso rápido a algunas funciones, tales como: rotar la cámara sobre cualquier eje, proyectar la cámara hacia un punto en particular, etc.

El visualizador se desarrolló con el lenguaje de programación C++ para Silicon Graphics haciendo uso de bibliotecas de funciones gráficas OpenGL.

## **CONCLUSIÓN**

En la actualidad el tiempo en la construcción de un ambiente virtual depende del software que se utilice. Se pueden crear mundos fantásticos usando una representación múltiple o cualquier otra técnica según el grado de inmersión que se requiera. Existen diferentes escenarios virtuales en diferentes áreas los cuales facilitan el trabajo del hombre.

---

## CONCLUSIONES

La creación del celuloide utilizado para el cine fue el inicio del desarrollo de nuevas tecnologías que contribuyeron al nacimiento de la computadora, poco después el descubrimiento de la televisión ayudo en gran medida a su desarrollo, ya que se crearon los monitores que en un principio mostraban los datos que contenían, y poco después gráficas en dos dimensiones, esto es en un solo plano, así el primer proyecto fue un radar computarizado.

Aplicando más a fondo las matemáticas y la física, surgieron nuevos dispositivos y programas para el desarrollo de imágenes con movimiento, efectos especiales, transformaciones de tiempo, animación de figuras humanas e interacción con el usuario en un plano tridimensional y basado en el método gráfico.

Estas investigaciones dan como resultado que el desarrollo de las actividades de los seres humanos sea mucho más sencillo, al igual que el desarrollo tecnológico y científico, y así se crea un sistema interactivo, ayudado en gran parte por las gráficas, llamado realidad virtual, en el que la animación es un factor importante, ya que, es la ilusión de movimiento de una serie de imágenes de los cambios de un objeto.

Las gráficas por computadora y la animación han reducido el tiempo y facilitado el trabajo de la creatividad del arte que se ocupa para elaborar escenarios, imágenes, aprender algún instrumento musical, etc., gracias a estas herramientas cualquier artista puede crear físicamente lo que imagine y representarlo en el escenario.

Con la animación, las imágenes se presentan en tiempo real, ya que antes éstas se mostraban en tiempo simulado, pues, se capturaba la imagen, se grababa y se reproducían, y ahora en tiempo real se visualiza la escena en el momento en que esta se crea, y se transforma, etc.

Con los objetos creados en dos dimensiones y con la ayuda de cámaras fotográficas y de video se crea el concepto de animación en tres dimensiones, que ayuda a que la imagen que se visualiza sea mucho más real, tenga cuerpo, volumen, textura y movimiento.

Existen varias técnicas para el manejo y presentación de un objeto o imagen, ya sea utilizando figuras geométricas o digitalizando el objeto que permite cambiarlo, realzarlo, moverlo, etc., darle un toque real por medio del manejo de luces ya que se crea el ambiente o entorno.

Debido al desarrollo del software utilizado en las gráficas por computadora, el hardware tiene que evolucionar así que actualmente existen varias técnicas y arquitecturas que facilitan el desarrollo de las gráficas en la computadora.

Para crear los objetos que forman parte de una imagen, se requiere del apoyo de las matemáticas, utilizando desde fórmulas muy sencillas hasta complejas, para obtener el resultado deseado, como por ejemplo: transformaciones lineales, transformaciones de coordenadas, proyecciones, sistemas de vista y recorte.

Los sentidos juegan un papel muy importante en el desarrollo de entornos virtuales, pero los más importantes son la vista y el oído, ya que envuelven más al espectador en lo que ve y oye, por lo que tanto el software como el hardware se enfocan a mejorar las imágenes lo más real posible.

---

Debido a estudios e investigaciones en la creación de mundos virtuales, existen en la actualidad varias técnicas que permiten rodear al usuario en el entorno de manera que perciba las imágenes de una forma más real.

El equipo que es necesario para crear e interactuar con un entorno virtual es muy variado. En cuanto al software existen paquetes muy fáciles para manejar, y en cuanto al hardware, este requiere de más dispositivos dependiendo del grado de inmersión que se maneje. En México todo esto resulta muy caro y muy difícil de conseguir ya que el equipo solo es prestado para investigación por ciertas compañías.

Hoy en día, los sistemas de realidad virtual son muy utilizados en diferentes áreas, por lo que hay una gran variedad de aplicaciones ya que ayudan al diseño de nuevos productos o en investigación, siendo modificados en cualquier instante antes de obtener el resultado deseado ahorrando dinero, tiempo y adecuándose a las necesidades del usuario.

El proyecto generado en la UNAM fue muy laborioso, ya que el equipo de trabajo que lo realizó contó con más de cinco personas, las herramientas de software y hardware seleccionadas fueron muy limitadas por lo que no se efectuó una completa inmersión en el entorno, con la ayuda de arquitectos se remodeló el edificio y se verificaron los materiales utilizados.

Ahora bien, el término realidad virtual se puede determinar como un conjunto de herramientas que ayudan a que el usuario vea un ambiente real sin serlo.

Actualmente, nos encontramos en una época de grandes avances tecnológicos, por lo que, existe la realidad virtual pero es muy poco conocida, ya que no se le ha dado la difusión que ésta requiere debido a que la tecnología que se utiliza es poco accesible, actualmente en México aún estamos en la fase de inicio.

La idea de realizar éste trabajo surgió de conocer como se genera un mundo virtual y como son construidas las gráficas. El resultado de la investigación fué que se requiere del conocimiento matemático y computacional para generarlas, por lo que la Licenciatura en Matemáticas Aplicadas y Computación es muy completa, ya que se cuenta con las bases matemáticas y los conocimientos computacionales necesarios para desarrollar gráficas que son la base de la Realidad Virtual, así pues cualquier persona que lea mi trabajo conocerá todo lo que implica el desarrollo de un mundo virtual, incluyendo matemáticas, que son la base del mundo.

---

# APÉNDICE

## BASES MATEMÁTICAS

### 1.1.- COORDENADAS CARTESIANAS TRIDIMENSIONALES

El sistema coordenado cartesiano (rectangular) tridimensional consta de un punto de referencia, denominado origen, y tres rectas perpendiculares entre si que pasan a través del origen. Estas rectas se consideran como líneas de números y se etiquetan como ejes coordenados  $x$ ,  $y$ , &  $z$ . Las etiquetas se colocan en los extremos positivos de los ejes.

#### ORIENTACIÓN

Las etiquetas de los ejes  $x$ ,  $y$ , y  $z$  son arbitrarias, sin embargo, cualquier sistema para etiquetarlos cae en una de dos clasificaciones, denominadas: *orientación a la derecha* y a la *izquierda*. La orientación esta determinada por la regla de la mano derecha.

#### REGLA DE LA MANO DERECHA

Las etiquetas de los ejes tienen orientación a la derecha si, siempre que los dedos de la mano derecha se alinean con el eje  $x$  positivo y después se giran (a través del ángulo más pequeño) hacia el eje  $y$  positivo, el pulgar de la mano derecha apunta en la dirección del eje  $z$ . De otra forma, la orientación es a la izquierda.

#### COORDENADAS CARTESIANAS DE PUNTOS EN EL ESPACIO TRIDIMENSIONAL

Cualquier punto  $P$  en el espacio tridimensional puede tener asociadas coordenadas  $(x, y, z)$  como sigue:

1. Sea la coordenada  $x$  la distancia dirigida a que  $P$  se encuentra por encima o abajo del plano  $yz$ .
2. Sea la coordenada  $y$  la distancia dirigida a que se encuentra  $P$  por encima o abajo del plano  $xz$ .
3. Sea la coordenada  $z$  la distancia a que  $P$  se encuentra por abajo o encima del plano  $xy$ .

#### FÓRMULA DE LA DISTANCIA

Si  $P_0(x_0, y_0, z_0)$  y  $P_1(x_1, y_1, z_1)$  son dos puntos cualesquiera en el espacio, la distancia  $D$  entre estos puntos está dada por la fórmula de la distancia:

$$D = \sqrt{(x_1 - x_0)^2 + (y_1 - y_0)^2 + (z_1 - z_0)^2}$$

### 1.2 CURVAS Y SUPERFICIES EN TRES DIMENSIONES

#### CURVAS

Una curva tridimensional es un objeto en el espacio que sólo tiene dirección, de manera muy parecida a un hilo. Una curva se especifica por medio de una ecuación (o grupo de ecuaciones) que tiene sólo una variable libre (independiente) parámetro, y las coordenadas  $x$ ,  $y$  &  $z$  de cualquier punto sobre la curva están determinadas por esta variable libre o parámetro.

Existen dos tipos de descripción de curvas: **no paramétricas** y **paramétricas**.

#### 1. Descripción no paramétricas de curvas.

- a) Forma explícita: La ecuación para la curva  $C$  está dada en términos de una variable, por ejemplo  $x$ , como:

$$C: y = f(x) \quad z = g(x)$$

---

---

Esto es posible calcular  $y$  &  $z$  en forma explícita en términos de  $x$ . Cualquier punto  $P$  sobre la curva tiene coordenadas  $P[x, f(x), g(x)]$ .

b) Forma implícita: Las ecuaciones de la curva son  $F(x, y, z)=0$  y  $G(x, y, z)=0$ . En este caso,  $y$  &  $z$  deben resolverse en términos de  $x$ .

## 2. Descripción paramétrica de curvas.

Las tres ecuaciones para determinar las coordenadas de cualquier punto sobre la curva están dadas en términos de un parámetro independiente, por ejemplo  $t$ , en un intervalo de parámetros  $[a,b]$ , que puede ser infinito:

$$\begin{aligned}x &= f(t) \\ C: y &= g(x), \quad a \leq t \leq b \\ z &= h(t)\end{aligned}$$

Cualquier punto  $P$  sobre la curva tiene coordenadas  $[f(t), g(t), h(t)]$ .

## ECUACIONES DE LA LINEA RECTA

Las ecuaciones de una recta  $L$  determinada por dos puntos  $P_0(x_0, y_0, z_0)$  y  $P_1(x_1, y_1, z_1)$  están dadas por:

a) Forma no paramétrica

$$y = m_1x + b_1 = (y_1 - y_0 / x_1 - x_0)x + (y_0x_1 - y_1x_0 / x_1 - x_0)$$

L:

$$z = m_2x + b_2 = (z_1 - z_0 / x_1 - x_0)x + (z_0x_1 - z_1x_0 / x_1 - x_0)$$

b) Forma paramétrica

$$x = x_0 + (x_1 - x_0)t \quad y = y_0 + (y_1 - y_0)t \quad z = z_0 + (z_1 - z_0)t$$

Obsérvese que, cuando  $t=0$ , entonces  $x=x_0$ ,  $y=y_0$ , y  $z=z_0$ . Cuando  $t=1$ , entonces  $x=x_1$ ,  $y=y_1$ , y  $z=z_1$ . De esta forma, cuando el parámetro  $t$  ésta restringido al intervalo  $0 \leq t \leq 1$ , las ecuaciones paramétricas describen al segmento de la recta  $P_0P_1$ .

## SUPERFICIES

Una superficie en el espacio tridimensional es un objeto que tiene largo y ancho, de manera muy semejante a un trozo de tela.

Una superficie está especificada por una ecuación (o grupo de ecuaciones) que tiene dos variables libres (o independientes) o parámetros. Existen dos tipos de descripción de superficies, no paramétricas y paramétricas.

### 1. Descripción no paramétrica de superficies:

a) Forma explícita: La coordenada  $z$  de cualquier punto sobre la superficie  $S$  está dada en términos de dos variables libres  $x$  &  $y$ , esto es,  $z=f(x,y)$ , cualquier punto  $P$  sobre la superficie tiene coordenadas  $[x,y,f(x,y)]$ .

---

- b) Forma implícita: La ecuación de la superficie está dada en la forma  $F(x,y,z)=0$ , en este caso,  $z$  debe resolverse en términos de  $x$  &  $y$ . No existe restricción en cuanto a cuáles son variables libres. La convención es representar  $z$  en términos de  $x$  &  $y$ , pero nada impide una representación de  $x$  en términos de  $y$  &  $z$  o de  $y$  en términos de  $x$  &  $z$ .

## 2. Descripción paramétricas:

Las tres ecuaciones para determinar las coordenadas de cualquier punto sobre la superficie  $S$  se describen en términos de parámetros, por ejemplo  $s$  &  $t$ , y de intervalos de parámetros  $[a,b]$  y  $[c,d]$ , que pueden ser infinitos:

$$\begin{aligned}x &= f(s,t), & a \leq s \leq b \\S: y &= g(s,t), & c \leq t \leq d \\z &= h(s,t)\end{aligned}$$

Las coordenadas de cualquier punto  $P$  sobre la superficie tiene la forma  $[F(s,t), G(s,t), H(s,t)]$ .

- a) Ecuaciones de un plano: La ecuación de un plano puede describirse en forma explícita  $z=ax+by+c$  o implícita, como  $Ax+By+Cz+D=0$ , es lineal en las variables  $x$ ,  $y$  &  $z$ . Un plano divide al espacio tridimensional en dos regiones separadas. La forma implícita de la ecuación de un plano puede utilizarse para determinar si dos puntos están sobre el mismo lado o en lados opuestos del plano. Dada la ecuación implícita del plano  $Ax+By+Cz+D=0$ , sea  $f(x,y,z)=Ax+By+Cz+D$ , los dos lados del plano  $R^+$ ,  $R^-$  están determinados por el signo de  $f(x,y,z)$ ; esto es, el punto  $P(x_0,y_0,z_0)$  descansa en la región  $R^+$  si  $f(x_0,y_0,z_0)>0$  y en la región  $R^-$  si  $f(x_0,y_0,z_0)<0$ ; si  $f(x_0,y_0,z_0)=0$  descansa sobre el plano.

- b) Superficies cuadráticas: Tienen la forma implícita  $Ax^2+By^2+Cz^2+Dxy+Exz+Fyz+Gx+Hy+Iz+J=0$ .

- c) Superficies cilíndricas: En dos dimensiones la ecuación  $y=f(x)$  representa una curva (planar) en el plano  $xy$ . En tres dimensiones, es una superficie, esto es, las variables  $x$  &  $z$  son libres.

## 1.3.- VECTORES EN TRES DIMENSIONES

En tres dimensiones, existen tres vectores de coordenadas naturales  $I, J$  y  $K$ , estos son unitarios (magnitud 1) con la dirección de los ejes positivos  $x$ ,  $y$  &  $z$ , respectivamente. Cualquier vector  $V$  puede resolverse en componentes en términos de  $I, J$  y  $K$ :  $V = aI+bJ+cK$ .

Los componentes  $[a,b,c]$  de los vectores  $V$  son también las coordenadas cartesianas del extremo final del vector  $V$  cuando su extremo inicial está colocado en el origen del sistema de coordenadas cartesiano.

La magnitud de un vector esta dada por:  $|V| = \sqrt{a^2+b^2+c^2}$

### PRODUCTO PUNTO Y PRODUCTO CRUZ

Sean  $V_1 = a_1I+b_1J+c_1K$  y  $V_2 = a_2I+b_2J+c_2K$  dos vectores.

El producto punto o escalar de dos vectores está definido geoméricamente como  $V_1 \cdot V_2 = |V_1| |V_2| \cos \theta$ , en donde  $\theta$  es el ángulo más pequeño entre  $V_1$  y  $V_2$  (cuando los vectores están colocados con los extremos iniciales en el mismo punto). Puede mostrarse que la forma componente del producto punto es:

$$V_1 \cdot V_2 = a_1a_2 + b_1b_2 + c_1c_2$$

Obsérvese que el producto punto de dos vectores es un número y su orden es inmaterial  $V_1 \cdot V_2 = V_2 \cdot V_1$ . Esta fórmula permite calcular el ángulo entre dos vectores a partir de la fórmula:

$$\cos \theta = \frac{V_1 \cdot V_2}{|V_1| |V_2|} = \frac{a_1 a_2 + b_1 b_2 + c_1 c_2}{\sqrt{a_1^2 + b_1^2 + c_1^2} \sqrt{a_2^2 + b_2^2 + c_2^2}}$$

Obsérvese que dos vectores son perpendiculares (ortogonales, esto es,  $\theta = 90^\circ$ ) si y solo si su producto punto  $V_1 \cdot V_2 = 0$ .

El producto cruz de dos vectores, denotado  $V_1 \times V_2$ , produce un nuevo vector definido como sigue:  $V_1 \times V_2$  es un vector cuya magnitud es  $|V_1 \times V_2| = |V_1| |V_2| \sin \theta$  en donde  $\theta$  es el ángulo entre  $V_1$  &  $V_2$  y cuya dirección se establece por la regla de la mano derecha:  $V_1 \times V_2$  es vector perpendicular tanto para  $V_1$  y  $V_2$ .

A partir de esta definición, se ve que el orden en que se efectúa el producto cruz es importante:

$$V_1 \times V_2 = -(V_2 \times V_1).$$

Obsérvese también que  $V \times V = 0$  para cualquier vector  $V$ , ya que  $\theta = 0^\circ$ . Es posible calcular la forma componente para el producto cruz como un determinante:

$$\begin{aligned} V_1 \times V_2 &= \begin{vmatrix} \mathbf{I} & \mathbf{J} & \mathbf{K} \\ a_1 & b_1 & c_1 \\ a_2 & b_2 & c_2 \end{vmatrix} = b_1 c_2 \mathbf{I} - a_1 c_2 \mathbf{J} + a_1 b_2 \mathbf{K} \\ &\quad - b_2 c_1 \mathbf{I} + a_2 c_1 \mathbf{J} - a_2 b_1 \mathbf{K} \\ &= (b_1 c_2 - b_2 c_1) \mathbf{I} + (c_1 a_2 - c_2 a_1) \mathbf{J} + (a_1 b_2 - a_2 b_1) \mathbf{K} \end{aligned}$$

#### ECUACIÓN VECTORIAL DE UNA RECTA

Una recta  $L$  en el espacio esta determinada por su dirección y un punto  $P_0(x_0, y_0, z_0)$  por el que pasa, si la dirección esta especificada por un vector  $V = a\mathbf{I} + b\mathbf{J} + c\mathbf{K}$  y si  $P(x, y, z)$  es cualquier punto sobre la recta, la dirección del vector  $P_0P$  determinada por los puntos  $P_0$  y  $P$ , es paralela al vector  $V$ .

#### ECUACIÓN VECTORIAL DE UN PLANO

Se dice que un vector  $N$  es normal a un plano dado si  $N$  es perpendicular a cualquier vector  $V$  que descansa sobre el plano. Esto es  $N \cdot V = 0$  para todo  $V$  en el plano. Un plano queda determinado en forma única al especificar un punto  $P_0(x_0, y_0, z_0)$  que esta sobre el plano y un vector normal  $N = n_1 \mathbf{I} + n_2 \mathbf{J} + n_3 \mathbf{K}$ . Sea  $P(x, y, z)$  cualquier punto en el plano, entonces el vector  $P_0P$  descansa sobre el plano, por lo tanto,  $N$  es perpendicular a él, entonces  $N \cdot P_0P = 0$ .

---

## GLOSARIO

### **Ancho de Banda (Bandwidth)**

Capacidad de transmisión de un canal de computadora, línea o conducto de comunicaciones; se expresa en ciclos por segundo (Hertz). Este representa la diferencia entre las frecuencias transmitidas mínima y máxima, la frecuencia es igual o mayor que los bits por segundo (bps); el ancho de banda también se expresa frecuentemente en bits o bytes por segundo.

### **Baudio**

Velocidad de señalización de una línea. Es la velocidad de conmutación, o el número de transiciones (cambios de voltaje o de frecuencia) que se realizan por segundo. Solo a baja velocidad, los baudios son iguales a los bits por segundo; por ejemplo: 300 baudios representan 300 bps. Sin embargo, puede hacerse que un baudio represente más de un bps. Por ejemplo, el modem V.22 bis genera 1,200 bps a 600 baudios.

### **Bits**

Dígito simple de un número binario (0 ó 1). En la computadora, un bit físicamente es un transistor en una celda de memoria, un punto magnético en un disco o cinta, o una pulsación de alto o bajo voltaje a través de un circuito.

### **Byte**

Unidad común de almacenamiento en computación, desde micros hasta mainframe. Se compone de ocho dígitos binarios (bits), contiene el equivalente de un solo carácter, como la letra A, el signo \$, o el punto decimal. En cuanto a los números, puede contener un solo dígito decimal (de 0 a 9), dos dígitos numéricos (decimal empaquetado) o un número entre 0 y 255 (números binarios).

### **CAD (Diseño Asistido por Computadora)**

Uso de la computadora para el diseño de productos. Los sistemas CAD son estaciones de trabajo de alta velocidad o computadoras personales que usan software CAD y dispositivos de entrada como tarjetas gráficas y scanner. Por ejemplo: se diseña una pieza y su imagen electrónica se traduce a un lenguaje de programación de control numérico, el cual genera las instrucciones para la máquina que la fabricará.

### **Chip**

Circuito integrado. Los chips son cuadrados o rectángulos que miden aproximadamente de 2 a 12 mm de lado y casi 1 mm de espesor.

### **CP/M (Programa de Control para Microprocesadores)**

Sistema operativo monousuario para los microprocesadores 8080 y z80 de Digital Research. Fue el pionero de la revolución de los microcomputadores en los negocios y tuvo su apogeo en los años ochenta.

### **CPU (Unidad Central de Procesamiento)**

También llamada procesador, es la parte de cálculo o cerebro de la computadora, que esta constituida por la unidad de control y la ALU. Obtiene sus instrucciones y datos de la memoria y contiene los circuitos que realizan las operaciones matemáticas y lógicas en los datos.

### **Estereoscópico**

Un sistema de imagen o visión que produce una escena en tres dimensiones que da la ilusión de luz.

---

## **Fractal**

Técnica para describir y comprimir en gran parte imágenes, especialmente objetos naturales, como árboles, nubes y ríos. Los fractales o matemáticas fraccionarias vienen de la ciencia del "caos". Convierten una imagen en un conjunto de datos y en un algoritmo, para volver a ampliarla a su estado original.

## **Gráficas Raster**

Técnica para representar imagen de figuras como una matriz de puntos. Es la contraparte digital del método análogo utilizado en televisión. Sin embargo, a diferencia de la televisión que utiliza un estándar, existen muchos estándares de gráficas con trama.

## **Gráficas de Vectores**

Técnica para representar una figura como puntos, líneas y otros objetos geométricos.

## **Hardware**

Maquinaria y equipo (CPU, discos, cintas, modem, cables, etc.). En una operación, una computadora es tanto el hardware como el software; el uno no sirve sin el otro. El diseño de hardware especifica los comandos que puede seguir y las instrucciones que le dicen qué debe hacer.

## **Host**

Computadora central en un entorno de procesamiento distribuido. Por lo general, se refiere a una gran computadora de tiempo compartido o una computadora central que controla una red.

## **Lenguaje de Programación**

Lenguaje que se utiliza para escribir instrucciones para la computadora; permite que el programador exprese el procesamiento de datos en forma simbólica sin tener en cuenta los detalles específicos de la máquina.

## **Mainframe**

Computadora grande. A mediados de los años sesenta, en la primera época de las computadoras, todos estos se denominaban mainframe, puesto que el término se refería a un gran gabinete que contenía la CPU. En la actualidad se refiere a un gran sistema de computadora.

## **Microprocesador**

CPU en un solo chip. Para funcionar como una computadora, requiere suministro de energía, reloj y memoria.

## **Pixel (PIX [picture] Element)**

Elemento más pequeño en una pantalla de presentación de vídeo. Una pantalla se divide en miles de diminutos puntos, y un pixel es uno o más puntos que se tratan como una unidad. Un pixel puede ser un punto en una pantalla monocromática, tres puntos (rojo, verde y azul) en pantallas de color, o una agrupación de tales puntos.

## **Programa**

Conjunto de instrucciones que indican qué debe hacer la computadora. Un programa se denomina software.

## **Protocolo**

Estándares de software o hardware que controlan las transmisiones entre dos estaciones. En las computadoras personales los programas de comunicaciones ofrecen una variedad de protocolos (Kermit, xmodem, etc) para transferir archivos mediante los modem. En redes LAN, los protocolos están incluidos en Ethernet, Token Ring y otros métodos de acceso.

---

---

**Rendering**

Es el método de dibujar un objeto del mundo real como realmente aparece.

**Software**

Instrucciones para la computadora. Una serie de instrucciones que realiza una tarea en particular se llama programa o programa de software. Las dos categorías principales son software de sistemas y de aplicaciones.

**Workstation**

Computadora para un solo usuario, de alto rendimiento, que ha sido especializado para gráficas, CAD, CAE, o aplicaciones científicas, el cual puede formar parte de una red.

---

## BIBLIOGRAFIA BASICA

Virtual Reality and the exploration of Cyberspace  
Francis Hamit  
Ed. SAMS Publishing 1994.

Virtual Reality Now  
Larry Stevens  
Ed. MIS:PRESS 1994.

Virtual Reality Madness and More  
Ron Wodaski & Donna Brown-Wodaski  
Ed. SAMS Publishing 1994.

Virtual Reality Creations  
Dave Stampe, Bernie Roehl & John Eagan  
Ed. Waite Group Press 1993.

Adventure in Virtual Reality  
Tom Hayward  
Ed. QUE 1994.

Tesis  
"Construcción de un espacio virtual de la remodelación de la planta baja del Instituto de Geografía "  
Fac. de Ingeniería  
UNAM 1997.

The Magic of Computer Graphics  
Mike Morrison  
Ed. SAMS Publishing 1995.

Graficas por Computadora  
Roy A. Plastock y Gordon Kalley  
Ed. Serie Shaum Mc. Graw-Hill 1987.

Fundamentals of Three-Dimensional Computer Graphics  
Alan Watt  
Ed. Addison-Wesley 1995.

Computer Graphics Environments  
John L. Bradberry  
Ed. SAMS 1994.

AutoCAD Referencia Rapida  
George Omura  
Ed. Macrobite 1990.

---

Inside AutoCAD  
D. Raker & H. Rice  
Ed. New Riders Publishing 1991.

AutoCAD Advanced Techniques  
Craig W. Sharp & Walter W. Hamm  
Ed. QUE 1989.

## **BIBLIOGRAFIA COMPLEMENTARIA**

Realidad Virtual  
I. Casey Larjani  
Ed. Mc. Graw-Hill 1994.

Realidad Virtual  
Howard Rheingold  
Ed. Gedisa 1994.

Garage Virtual Reality  
Linda Jacobson  
Ed. SAMS Publishing 1995.

Mundos virtuales. Realidad Virtual y Ciberespacio  
Nicholas Lauroff  
Ed. ANAYA 1994.

AutoCAD II  
Nelson Johnson  
Ed. Mc. Graw-Hill 1994.

Algebra Lineal  
Stanley I. Grossman  
Ed. Iberoamericana 1989.

Enciclopedia de Visual Basic  
Fco. Javier Ceballos  
Ed. Addison-Wesley Iberoamericana .1994.

The Virtual Reality Programmer's Kit  
Joe Gradecki  
Ed. John Wiley & Sons, Inc. 1994.