



**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO  
DE HIDALGO**

---

---

**INSTITUTO DE CIENCIAS BÁSICAS E  
INGENIERÍA**

**LICENCIATURA EN SISTEMAS  
COMPUTACIONALES**

**TÉCNICAS DE ANIMACIÓN EN 3D Y  
EFECTOS ESPECIALES**

**MONOGRAFÍA**

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:  
LICENCIADO EN SISTEMAS COMPUTACIONALES**

**PRESENTA:  
JOVANHY GUTIÉRREZ LIRA**

**ASESOR:  
M.C.C. GONZALO ALBERTO TORRES SAMPERIO**

**Pachuca de soto, hidalgo**

**octubre 2006**

*Doy gracias a Dios: Por brindarme la fuerza para salir adelante. Señor, tú que me has dado todo lo que yo tengo, todo lo que yo soy, y todo lo que yo puedo anhelar, gracias por todo lo que eres.*

*No te quejes de que no siempre es como quieres Dios permite todo lo que llega a tu vida, Pero lo permite porque tiene su razón de ser. Nada pasa solo porque si solo Al final verás y entenderás la razón.*

*Doy gracias a todas aquellas personas que me motivaron a concluir este trabajo, pero especialmente:*

*A mis Padres Antonio y Cirenia: Por que me dieron la vida, me cuidaron, forjaron mis principios y me apoyaron, gracias por enseñarme que no hay caída de la que no pueda levantarme para seguir adelante.*

*A mi esposa Aracely: A la persona que me dio el mejor de los regalos, la más grande ilusión que pueda tener un hombre. ¡Ser Padre! Gracias por tú apoyo y comprensión, eres parte de mis días, de mis noches, en mi vida eres lo más importante, sobre todo por estar a mi lado en los momentos más difíciles, te amo.*

*A mi hija Jovanha: la persona que más amo en el mundo por representar mi vida, la luz de la esperanza y el máximo regalo que dios me ha dado.*

*A mis hermanos Antonio y Hugo: Por siempre estar conmigo en las buenas y en las malas aun sabiendo que pueden ser sacrificados, por ese apoyo incondicional.*

*A mis suegros: Hilario y Emma Por su gran apoyo y comprensión durante estos años.*

*A la familia Lira: Gracias por ser un ejemplo digno a seguir, por enseñarme el bien y el mal, gracias por los consejos, gracias por los regaños, por mostrarme los valores que hacen de bien a un hombre.*

*A la familia Gutiérrez: A todos ustedes quienes han estado conmigo... también podría decir que personas como ustedes, es casi imposible encontrar, pero mas imposible aun, es olvidar.*

*A mis amigos: Saúl, Juan Ángel, Iván, Beto, Jonathan, Heriberto, Arturo, Martín, Adis, Chuy, Master, Norma Laura, paco... Por su incondicional apoyo y sobre todo, Gracias por no juzgar. Gracias por escuchar sin opinar. Gracias por hacerme saber que siempre estarán allí si los necesito. Por compartir triunfos, desvelos, sueños y esperanzas en quienes siempre encontré donde apoyarme:*

*Mamá y Papá.*

*Papá, Te quiero, se que nunca lo digo, pero en silencio y en mi mundo, siempre pienso en ti.*

*Porque desde niño, la mas linda palabra que me enseñaste a decir “papá”, que hoy digo con cariño, emoción, orgullo y sobre todo con amor.*

*Cuando nací padre eras un ser que a veces aparecía para aplaudir mis últimos logros. Cuando me iba haciendo mayor, eras una figura que me enseñaba la diferencia entre el mal y el bien. Durante mi adolescencia eras la autoridad que me ponía límites a mis deseos. Ahora eres el mejor consejero y amigo que tengo.*

*Mamá, tú que siempre estas conmigo, ahora quiero decirte lo mucho que significas para mí. Tu corazón es bueno, se preocupa por sus hijos. Entiende. Les das consejos y te preocupas por ellos. Por eso hoy quiero que sepas esto:*

*Te agradezco porque...*

*Antes que nada, eres mi madre. Por enseñarme los valores de la vida y he logrado saber de tus desvelos y de tus sufrimientos.*

*Se que hay veces que no necesitamos tantas palabras para expresar lo que sentimos. Solo con una palabra sabemos cuanto nos quieren. Y le doy gracias a Dios por darme el mejor regalo de mi vida. Gracias por tu amor incondicional que me das a tu manera. Por el tiempo que tomas en mí y te preocupas.*

*Por eso les digo hoy:*

*Gracias por su tiempo apoyo y gran esfuerzo. Su amor. He logrado saber de sus desvelos y los he visto pensado en mi futuro. Ahora se, que de tanto que me quieren, sufren mas que yo cuando me regañan o son duros.*

*El poder y la persona misma desaparecerán, pero la virtud de unos grandes padres vivirá por siempre.*

*Gracias, muchas gracias: ojalá yo sepa siempre ser como ustedes, y que no olvide hasta el último de mis días que la generosidad, la comprensión y el amor que Dios nos da, sea para descubrir lo correcto, la voluntad para elegirlo y la fuerza para hacer que perdure por siempre.*

**JOVANHY GUTIÉRREZ LIRA**

# Índice

---

i	Introducción.....	i
ii	Justificación.....	ii
iii	Objetivo General .....	ii
iv	Objetivos Específicos .....	ii
v	Alcance e Importancia.....	iii
vi	Limitaciones .....	iii

## Capítulo 1 *Definición y Antecedentes de la Graficación.*

1.1	Estudio de las Gráficas por Computadora.....	2
1.1.1	Diseño Asistido Por Computadora.....	2
1.1.2	Gráficas de Presentación.....	3
1.1.3	Arte por Computadora.....	3
1.1.4	Entretenimiento.....	4
1.1.5	Educación y Capacitación.....	4
1.1.6	Visualización.....	4
1.1.7	Procesamiento de Imágenes.....	5
1.1.8	Interfaces Gráficas para el Usuario.....	5
1.2	Panorama de los Sistemas de Gráficas.....	6
1.2.1	Dispositivos de Despliegue en Video.....	6
1.2.2	Tubos de Rayos Catódicos Repasados.....	6
1.2.3	Despliegues de Barrido con Rastreador.....	7
1.2.4	Despliegues de Rastreo Aleatorio.....	7
1.2.5	Monitores CRT de Color.....	8
1.2.6	Dispositivos de Vista Tridimensional.....	9
1.2.7	Sistemas Estereoscópicos y de Realidad Virtual.....	10
1.2.8	Sistemas de Barrido con Rastreador.....	10
1.2.9	Controlador de Video.....	10
1.2.10	Procesador de Despliegue de Rastreo con Rastreador.....	10
1.2.11	Sistemas de Trazado Aleatorio.....	11
1.2.12	Monitores Gráficos y Estaciones de Trabajo.....	11
1.3	Dispositivos de Entrada.....	12
1.3.1	Teclado.....	12
1.3.2	Mouse.....	12
1.3.3	Bola Palmar y Esfera de Control.....	13
1.3.4	Palanca de Control.....	13
1.3.5	Guante de Datos.....	14
1.3.6	Digitalizadores.....	14
1.3.7	Rastreadores de Imágenes.....	15
1.3.8	Panel de Tacto.....	15
1.3.9	Plumas de Luz.....	16

## Índice

---

1.3.10 Sistemas de Voz.....	16
1.4 Primitivos de Salida.....	16
1.4.1 Puntos y Líneas.....	17
1.4.2 Algoritmos para el Trazo de Líneas.....	17
1.4.3 Algoritmo DDA.....	18
1.4.4 Algoritmo de Línea de Bresenham.....	20
1.4.5 Algoritmos Paralelos de Líneas.....	23
1.4.6 Función de la Línea.....	25
1.4.7 Algoritmos de Generación de Circunferencias.....	25

## Capítulo 2 *Panorama General de la Tecnología Gráfica.*

2.1 Antecedentes de los Gráficos por Computadora.....	31
2.1.1 Algunos eventos destacados durante los años 80.....	31
2.2 Historia de los Gráficos.....	33
2.3 Aplicaciones de los Gráficos por Computadora.....	38
2.4 Desarrollo de la Tecnología de Gráficos.....	40
2.5 Desarrolladores de Gráficos.....	60
2.6 Sistemas para la Generación de Gráficos.....	61

## Capítulo 3 *Definición y Antecedentes de la Animación.*

3.1 Breve Historia de la Animación.....	64
3.2 Principios Básicos Animación.....	65
3.3 Técnicas Clásicas de la Animación.....	71
3.4 Técnicas Modernas de Animación.....	73
3.5 Nuevas Tendencias.....	74

## Capítulo 4 *Uso de la Computadora en la Animación.*

4.1 Tipos de Animación Basada en Computadoras.....	76
4.2 Técnicas de Fotogramas Clave o Keyframes.....	77
4.3 Animación Basada en Personajes.....	80
4.4 Animación Fotorealista.....	82

## Capítulo 5 *Animación por Computadora.*

5.1 Proceso de Generación de la Animación.....	89
5.2 Curvas de Movimiento y Trayectorias.....	92
5.3 Animación por Claves:.....	94
5.4 Técnicas de Esqueleto.....	95
5.5 Animación de Cámaras.....	96
5.6 Animación de Personajes.....	97
5.7 Animación Antropomórfica.....	99

Capítulo 6 *Iluminación.*

6.1 Componentes y Propiedades de la Luz.....	102
6.1.1 Intensidad de la Luz.....	102
6.1.2 Dirección de la Luz.....	103
6.1.3 Color de la Luz .....	105
6.1.4 Tamaño de las Fuentes Luminosas .....	107
6.1.5 Atenuación de las Luces .....	108
6.2 Tipos de Fuentes Luminosas .....	108
6.2.1 Luces Omnidireccionales .....	108
6.2.2 Luces de Foco .....	109
6.2.3 Luces Infinitas .....	109
6.2.4 Luces de Ambiente .....	110
6.2.5 Luces Lineales .....	110
6.2.6 Luces de Área .....	111
6.3 El Sombreado .....	111
6.3.1 Algoritmos de Sombreado .....	112
6.4 Iluminación a Tres Puntos .....	113
6.4.1 Luz Clave o Luz Principal .....	114
6.4.2 Luz de Relleno.....	114
6.4.3 Luz de Contra .....	115

Capítulo 7 *Postproducción y Aplicaciones 3D.*

7.1 Postproducción. ....	117
7.2 Composición y capas.....	118
7.3 Transparencia. ....	118
7.3.1 Canales Alfa. ....	119
7.3.2 Mascara (Matte).....	120
7.3.3 Gama.....	121
7.4 Chroma Key.....	121
7.4.1 Descripción del Proceso. ....	121
7.4.2 El color del Chroma Key.....	122
7.4.3 La Iluminación del Chroma Key. ....	122
7.4.4 Los Usos del Chroma Key.....	122
7.5 Efectos Especiales. ....	124
7.6 Áreas de Aplicación.....	125

<i>Conclusiones</i> .....	128
---------------------------	-----

<i>Glosario</i> .....	129
-----------------------	-----

<i>Bibliografía</i> .....	135
---------------------------	-----

<i>Referencias en Internet</i> .....	136
--------------------------------------	-----

# Índice de Imágenes

---

## Capítulo 1 *Definición y Antecedentes de la Graficación.*

Imagen 1.1-1 Diseño Asistido por Computadora.....	2
Imagen 1.2-1 Tubos de Rayos Catódicos.....	6
Imagen 1.2-2 Tubos de Rayos Catódicos de Color.....	9
Imagen 1.2-3 Estación de Trabajo.....	11
Imagen 1.3-1 Teclado.....	12
Imagen 1.3-2 Mouse.....	12
Imagen 1.3-3 Bola Palmar.....	13
Imagen 1.3-4 Palanca de Control.....	13
Imagen 1.3-5 Guante de Datos.....	14
Imagen 1.3-6 Digitalizador.....	14
Imagen 1.3-7 Rastreador de Imágenes.....	15
Imagen 1.3-8 Panel de Tacto.....	15
Imagen 1.3-9 Pluma de Luz.....	16

## Capítulo 2 *Panorama General de la Tecnología Gráfica.*

Imagen 2.4-1 A Trip to the Moon George Méliés.....	40
Imagen 2.4-2 A The Lost World Willis O'brian.....	40
Imagen 2.4-3 Metropolis Fritz Lang.....	40
Imagen 2.4-4 King Kong Willis O'brian.....	41
Imagen 2.4-5 Semi-Automatic Ground Machine.....	41
Imagen 2.4-6 War of the Worlds.....	42
Imagen 2.4-7 Iván Shuterland manejando SAGE.....	42
Imagen 2.4-8 IBM 2250.....	43
Imagen 2.4-9 Video Juego Odissey.....	43
Imagen 2.4-10 Edwin Catmull.....	44
Imagen 2.4-11 Animac.....	44
Imagen 2.4-12 Scaminate.....	44
Imagen 2.4-13 Ejemplo de sombreado Gouraud.....	44
Imagen 2.4-14 Videojuego Pong.....	45
Imagen 2.4-15 Sombreado Phong.....	45
Imagen 2.4-16 Fractal Mandelbro.....	46
Imagen 2.4-17 El primer Apple.....	46
Imagen 2.4-18 William Gates.....	46
Imagen 2.4-19 Tubby the Tuba.....	47
Imagen 2.4-20 George Lucas.....	47
Imagen 2.4-21 Fotograma.....	47
Imagen 2.4-22 Fotograma de Alién.....	48
Imagen 2.4-23 Apple-Macintosh.....	50
Imagen 2.4-24 Waldo.....	50

## Índice de Imágenes

---

Imagen 2.4-25 Fotograma de The Great mouse Detective .....	51
Imagen 2.4-26 Fotograma de TinToy.....	52
Imagen 2.4-27 Fotograma de la película Abyss .....	52
Imagen 2.4-28 “Terminator 2” .....	52
Imagen 2.4-29 ”Beauty and the beast”.....	53
Imagen 2.4-30 Ultra64de Nintendo.....	53
Imagen 2.4-31 Steven Spielberg.....	53
Imagen 2.4-32 Jurassic Park. Steven Spielberg.....	54
Imagen 2.4-33 Forrest Gump .....	54
Imagen 2.4-34 The Mask.....	55
Imagen 2.4-35 Toy Story, Disney Pixar .....	55
Imagen 2.4-36 Fotograma Dragon Heart.....	56
Imagen 2.4-37 Fotograma de Bunny .....	56
Imagen 2.4-38 Geri´s Game .....	57
Imagen 2.4-39 Fotograma de The Mummy.....	57
Imagen 2.4-40 Fotogramas de Matrix .....	58
Imagen 2.4-41 Fotograma Era del Hielo .....	58
Imagen 2.4-42 Fotograma de Toy Story 2.....	58
Imagen 2.4-43 Fotograma de Star Wars Episode 1 .....	59
Imagen 2.4-44 Fotograma de Antz.....	59
Imagen 2.4-45 Fotograma de Sherk .....	59
Imagen 2.4-46 Fotograma de Final Fantasy .....	59
Imagen 2.4-47 Fotograma de El Quinto Elemento.....	59

### Capítulo 3 *Definición y Antecedentes de la Animación.*

Imagen 3.2-1 Estirar y Encoger.....	65
Imagen 3.2-2Anticipación. ....	66
Imagen 3.2-3 Puesta en Escena .....	67
Imagen 3.2-4 Puesta en escena 1 .....	67
Imagen 3.3-1 Cuadros clave.....	72
Imagen 3.3-2 Cuadros clave.....	72
Imagen 3.3-3 Capas.....	72

### Capítulo 4 *Uso de la Computadora en la Animación.*

Imagen 4.2-1 Diagrama Movimiento .....	76
Imagen 4.2-2 Trayectoria y Movimiento.....	77
Imagen 4.2-3 Curva Spline.....	77
Imagen 4.2-4 Curva de Bézier.....	78
Imagen 4.2-7 Valores KeyFrame.....	79
Imagen 4.4-1 Fotografía. Imagen 4.4-2 Imagen Generada.....	82
Imagen 4.4-3 Brillo. ....	84
Imagen 4.4-4 Transparencia. ....	85

Capítulo 5 *Animación por Computadora.*

Imagen 5.1-1 Etapas de Diseño de una Animación.....	89
Imagen 5.1-2 Guión y Storyboards. ....	90
Imagen 5.1-3 Modelado.....	90
Imagen 5.1-4 Animación. ....	90
Imagen 5.1-5 Visualización.....	91
Imagen 5.1-6 Iluminación.....	91
Imagen 5.1-7 Representación. ....	91
Imagen 5.2-1 Curvas de Función.....	93
Imagen 5.2-2 Trayectoria. ....	93
Imagen 5.4-1 Técnica Esqueleto. ....	95
Imagen 5.7-1 Animación antropomórfica. ....	99
Imagen 5.7-2 Animación Antropomórfica. ....	99

Capítulo 6 *Iluminación.*

Imagen 6.1.1-1 Ejemplo de variación en la intensidad luminosa.....	102
Imagen 6.1.2-1 Luz lateral.....	103
Imagen 6.1.2-2 Luz frontal. ....	103
Imagen 6.1.2-3 Iluminación a la personalidad del personaje. ....	104
Imagen 6.1.2-4 Iluminación a la personalidad del personaje. ....	104
Imagen 6.1.3-1 Color de la Luz. ....	105
Imagen 6.1.3-2 Colores Saturados.....	106
Imagen 6.1.3-3 Dirección de los Focos Luminosos. ....	106
Imagen 6.1.4-1 Tamaño de la Fuente Luminosa. ....	107
Imagen 6.1.5-1 Atenuación de las Luces.....	108
Imagen 6.2.1-1 Punto de luz omnidireccional o puntual. ....	108
Imagen 6.2.2-1 Punto de Luz focal. ....	109
Imagen 6.2.3-1 Luz infinita. ....	109
Imagen 6.2.4-1 Luz de Ambiente. ....	110
Imagen 6.2.5-1 Luz lineal.....	110
Imagen 6.2.6-1 Luz de Área .....	111
Imagen 6.2.6-1 Muestra de la importancia de las sombras. ....	111
Imagen 6.3.1-1 Sombreado Raytracing. ....	112
Imagen 6.3.1-2 Mapa de Sombras. ....	112
Imagen 6.3.1-1 Iluminación a Tres Puntos.....	113
Imagen 6.4.1-1 Posicionamiento de la luz clave. ....	114
Imagen 6.4.1-2 Luz clave o principal. ....	114
Imagen 6.4.2-1 Luz de relleno.....	114
Imagen 6.4.3-1 Luz de contra. ....	115
Imagen 6.4.3-2 Posicionamiento de la luz clave. ....	115

Capítulo 7 *Postproducción y Aplicaciones 3D.*

Imagen 7.2-1 Composición de Capas.....	117
Imagen 7.3-1 Transparencia. ....	118
Imagen 7.3-2 Fondo.....	118
Imagen 7.3-3 Composición. ....	118
Imagen 7.3-4 Mascara Matte. ....	119
Imagen 7.3-5 Mascara Matte. ....	119
Imagen 7.4-1 Chroma Key. ....	120
Imagen 7.4-2 Fondo Chroma Key .....	122
Imagen 7.4-3 Exteriores Chroma Key.....	122
Imagen 7.4-4 Escenas de Riesgo. ....	123
Imagen 7.6-1 Aplicaciones Médicas .....	124
Imagen 7.6-2 Aplicaciones Diseño.....	125
Imagen 7.6-3 Aplicaciones Bioquímicas.....	126

# Índice de Ecuaciones

---

Capítulo 1 *Definición y Antecedentes de la Graficación.*

Ecuación 1.4.2-1 .....	17
Ecuación 1.4.2-2.....	17
Ecuación 1.4.2-3.....	17
Ecuación 1.4.2-4.....	18
Ecuación 1.4.2-5.....	18
Ecuación 1.4.3-1.....	18
Ecuación 1.4.3-2.....	19
Ecuación 1.4.3-3.....	19
Ecuación 1.4.3-4.....	19
Ecuación 1.4.4-1.....	20
Ecuación 1.4.4-2.....	21
Ecuación 1.4.4-3.....	21
Ecuación 1.4.4-4.....	22
Ecuación 1.4.4-5.....	22
Ecuación 1.4.5-1.....	23
Ecuación 1.4.5-2.....	23
Ecuación 1.4.5-3.....	24
Ecuación 1.4.5-4.....	24
Ecuación 1.4.5-5.....	24
Ecuación 1.4.5-6.....	24
Ecuación 1.4.7-1.....	26
Ecuación 1.4.7-2.....	26
Ecuación 1.4.7-3.....	26

## Índice de Tablas

---

Ecuación 1.4.7-4 .....	27
Ecuación 1.4.7-5 .....	28
Ecuación 1.4.7-6 .....	28
Ecuación 1.4.7-7 .....	28
Ecuación 1.4.7-8 .....	29

# Índice de Tablas

---

## Capítulo 2 *Panorama General de la Tecnología Gráfica.*

Tabla 2.2-1 Historia de los Gráficos.....	33
Tabla 2.2-2 Continuación Historia de los Gráficos.....	34
Tabla 2.2-3 Continuación Historia de los Gráficos .....	35
Tabla 2.2-4 Continuación Historia de los Gráficos.....	36
Tabla 2.2-5 Continuación Historia de los Gráficos.....	37
Tabla 2.2-6 Continuación Historia de los Gráficos.....	38

## Capítulo 5 *Animación por Computadora.*

Tabla 5.6-1 Rotación de las Articulaciones.....	97
---	----

## i Introducción

La animación de personajes y los efectos especiales no siempre han sido en el ámbito de las 3D, sin embargo, siempre han tenido un impacto visual sobre los espectadores, y a la vez el misterio y la complejidad que encierra el ser recreado en un ambiente virtual las actitudes, sentimientos y fantasías de seres que sólo existen en la mente o que siendo reales, son representados de tal manera que puedan realizar acciones diversas y con fines diversos, que van desde simulaciones para el mundo de las ciencias hasta entretenimiento interactivo, pasando por el cine, la televisión y la Web.

Desde la década de los 60's, cuando se empezaban a generar los sistemas gráficos por computadora, se buscaba representar el mundo real, pero más que eso, uno de los desafíos era reproducir el ser humano, que se logra en 1963 gracias a Boeing, así como el fuerte impulso que le daban las exigencias de efectos en el área del cine, que desde 1979 se comenzaron a observar en películas como "Tron" y "La guerra de las galaxias", en 1982. El increíble y rápido desarrollo de la tecnología, en las computadoras y por supuesto el software, han permitido que en las décadas de los ochentas y noventas, el avance del contenido tridimensional crezca de una manera exponencial, de tal suerte que ahora en una computadora "Casera" de bajo presupuesto, se generan proyectos en animación 3D.

La etapa de creación de contenido tridimensional en este momento está convirtiéndose en lo que en los años noventa fuera el manejo de gráficos vectoriales y la manipulación de imágenes fotográficas digitales: casi algo obligatorio como herramienta de representación visual. Esto debido a la gran facilidad de adquisición de software (legal y por supuesto no registrado), el manejo a partir de manuales que se pueden conseguir en librerías de uso común y las mejoras de interfaz hacen cada vez más fácil el manejo de las herramientas digitales.

Actualmente se mejora el conocimiento del manejo de herramientas tridimensionales, lo cual se inunda el mercado de escenas virtuales, pero en pocos casos este alcanza los estándares de calidad profesional.

En este sentido, es el punto en el cual se debe mejorar sustancialmente en el manejo de herramientas tridimensionales (profesionalizando este desarrollo), no solamente sustentadas en el buen manejo del software, sino también y fundamentalmente en el manejo de conceptos y desarrollo de buenas ideas, que más que trabajar con última tecnología, son las que verdaderamente hacen generar el contenido digital, sea el sustento y la razón de ser del arte y profesión de la generación de gráficos por computadora.

## **ii Justificación**

Desde que el hombre es conocido como tal, ha demostrado una absoluta fascinación por reproducir el mundo que le rodea. La perspectiva, la proporción, el color, la forma, el movimiento o la composición, son variables que crean y definen al artista por si mismas.

El fin de esta representación no es el plasmar una realidad fidedigna, sino más bien, una interpretación de la misma. Es el artista quien juega con los elementos y su imaginación para crear y simular una determinada sensación generada por un ambiente virtual. En el cual es posible utilizar las más novedosas herramientas para el desarrollo de las mismas.

El documento servirá para la orientación y análisis a estudiantes que se interesen a participar en proyectos á desarrollar escenarios enfocados a la animación 3D, y que necesiten un procedimiento que le permita emplear poco tiempo y tener la seguridad de que su procedimiento esté respaldado, para llevar a cabo la creación de modelos en 3D.

Se podrá implementar el uso de métodos de disciplinas muy variadas: Modelado, Visualización, Iluminación, Animación, Ambientación, Post- Producción, etcétera.

El realismo es una meta importante en el campo como la simulación, diseño, entretenimiento y la publicidad. Nuestro principal objetivo es el simular la complejidad del mundo real con la creación de texturas de superficies, gradientes de colores irregularidades de los objetos, sombras, iluminación, modelos, transparencias, etcétera. En este tipo de animación, la computadora es una pieza clave.

## **iii Objetivo General**

Colaborar en el análisis y desarrollo de Gráficos por Computadora, además de ampliar los conocimientos relacionados con las diferentes etapas de creación de la animación, utilizadas y diseñadas en 3D.

## **iv Objetivos Específicos**

- ◆ Mostrar las Técnicas de Animación en 3D utilizadas en el desarrollo de Gráficos por Computadora.
- ◆ Mostrar los Avances Tecnológicos de los Gráficos por Computadora.
- ◆ Describir los diferentes tipos de Efectos Especiales que se contemplan en el desarrollo de las Gráficas por Computadora.

## **v Alcance e Importancia**

En el presente trabajo se hace uso de diferentes fuentes de información de gran importancia dentro de nuestro entorno real, ya que es un hecho que los trabajos realizados bajo el concepto de Animación 3D, han sobresalido en el desarrollo de la humanidad tanto que han permitido utilizar, un sin fin de aplicaciones para la realización de diferentes técnicas de utilización dentro del mundo real.

Tal es el caso como por ejemplo la utilización de las aplicaciones que ya son un hecho realidad, Entrenamiento de operadores militares, simuladores de vuelo, aeronáutica, video juegos, etcétera.

## **vi Limitaciones**

- ◆ El documento no propone una metodología, aunque utiliza métodos para el análisis y la realización del desarrollo de la Animación 3D.
- ◆ El análisis no se basa en ningún software en específico para la creación de la Animación en 3D.
- ◆ No explica las herramientas que se deben aplicar en el desarrollo de la Animación en 3D, ni el uso de las mismas.

---

---

# Capítulo

# 1

---

## Definición y Antecedentes de la Graficación.

### Resumen.

*El capítulo da a conocer la importancia del CAD (Diseño Asistido por Computadora), ofrece una referencia general del desarrollo, panorama y estudio de las gráficas por computadoras. Así como también da un interés en particular a los distintos dispositivos utilizados para la generación y manipulación de los gráficos por computadora.*

### Objetivos del Capítulo.

- Conocer el Campo de Desarrollo de las Gráficas por Computadora.
- Conocer el Diseño Asistido por Computadora.
- Conocer los Algoritmos Básicos de las Gráficas por Computadora.

## 1.1 Estudio de las Gráficas por Computadora.

Las computadoras se han convertido en una herramienta poderosa para producir imágenes en forma rápida y económica. De hecho, no existe ninguna área en la que no se puedan aplicar las gráficas por computadora. A pesar de que las primeras aplicaciones en la ingeniería y en la ciencia deberían depender de equipo costoso y complicado, los avances en la tecnología de la computación han hecho que las gráficas interactivas por computadora sean una herramienta práctica [1].

### 1.1.1 Diseño Asistido Por Computadora.

En los procesos de diseño se hace un uso importante de las gráficas por computadora, en lo general para sistemas para ingeniería y arquitectura, sin embargo en la actualidad casi todos los productos se diseñan por computadora. Los métodos de Diseño Asistido por Computadora se conocen como (CAD) *Computer Assited Design*, ahora se utilizan en forma rutinaria en el diseño de construcciones, automóviles, aviones, embarcaciones, naves espaciales, computadoras, telas y muchos otros productos; como se muestra en la imagen 1.1-1.

Con frecuencia, se utilizan las animaciones en las aplicaciones del CAD. Las animaciones de tiempo real que utilizan despliegues de armazones en un monitor de video son útiles para probar el comportamiento de un vehículo o un sistema, cuando no desplegamos objetos con superficies presentadas, se pueden realizar con rapidez los cálculos correspondientes a cada segmento de la animación con el fin de crear un movimiento suave de tiempo real en la pantalla. Asimismo, los despliegues de armazones hacen posible que el diseñador vea el interior del vehículo y observe el comportamiento de los componentes internos durante el movimiento. Las animaciones en entornos de realidad virtual se utilizan para determinar la forma en la que influyen ciertos movimientos en los operadores de vehículos.

Con los sistemas de realidad virtual, los diseñadores incluso pueden simular un recorrido por las habitaciones o alrededor de construcciones para apreciar mejor el efecto general de un diseño particular. Además de presentar despliegues de fachadas realistas, los paquetes de CAD para arquitectura también ofrecen los medios para experimentar con planos interiores tridimensionales y de animación [1].



Imagen 0-1 Diseño Asistido por Computadora.

### **1.1.2 Gráficas de Presentación.**

Otra aplicación importante son las gráficas de presentación, se utilizan afín de producir ilustraciones para informes o con el propósito de crear, diapositivas de 35mm, o transparencias para usarse con proyectores. Por lo regular, las gráficas de presentación se utilizan para resumir datos financieros, estadísticos, matemáticos, científicos y económicos para informes de investigación, informes administrativos, boletines de información al consumidor y otros tipos de reportes.

### **1.1.3 Arte por Computadora.**

Los métodos de gráficas por computadora se utilizan en forma generalizada tanto en aplicaciones de bellas artes como en aplicaciones de arte comercial. Los artistas visualizan una variedad de métodos computacionales, incluyendo hardware para propósitos especiales, programas artísticos de brocha del artista (como Lunema), otros paquetes de pintura ( PixelPaint y SuperPaint), software desarrollado de manera especial, paquetes de matemática simbólica (Mathematica), paquetes de CAD, software de edición electrónica de publicaciones y paquetes de animación que proporcionan los medios para diseñar formas de objetos y especificar movimientos de objetos[1].

Los creadores de bellas artes utilizan diversas tecnologías de computación para producir imágenes con el propósito de crear pinturas, logotipos y otros diseños, distribuciones de paginas que combinan textos y gráficas.

Para muchas aplicaciones de arte comercial (y películas, al igual que otras aplicaciones), se utilizan técnicas fotorrealistas para presentar imágenes de un producto.

Las animaciones también utilizan con frecuencia en publicidad y comerciales de televisión se producen cuadro por cuadro, donde cada cuadro del movimiento se presenta y se graba como un archivo de imagen. En cada cuadro sucesivo se simula el movimiento al mover ligeramente las posiciones de los objetos con respecto a las posiciones que tenían en un cuadro anterior.

Una vez que se han representado todos los cuadros de la secuencia de animación, se transfieren los cuadros a películas o se almacenan en un búfer de video para hacer una reproducción. Las animaciones en las películas requieren de 24 cuadros por cada segundo de la secuencia de animación. Si se debe reproducir la animación en un monitor de video, se requieren 30 cuadros por segundo.

Un método común de gráficas que se utiliza en muchos comerciales es la transformación (morphing) donde se transforma un objeto a otro (se somete a una metamorfosis). Se ha utilizado este método en comerciales de televisión para transformar una lata de aceite en un motor de automóvil, un automóvil en un tigre, un charco en una llanta, y el rostro de una persona en otro.

#### **1.1.4 Entretenimiento.**

En la actualidad, se utilizan comúnmente métodos de gráficas por computadora para producir películas, videos musicales y programas de televisión. En ocasiones, se despliegan sólo imágenes gráficas y otras veces, se combinan los objetos con actores y escenas en vivo.

Los videos musicales aprovechan las gráficas de muchas maneras, se pueden combinar objetos gráficos con acción en vivo.

#### **1.1.5 Educación y Capacitación.**

A menudo, se utiliza como instrumento de ayuda educativa modelos de sistemas físicos, financieros y económicos, los cuales se generan por computadora. Modelos de sistemas físicos, sistemas fisiológicos, tendencias de población o equipo como el diagrama con el código de colores que pueden ayudar a estudiantes a comprender la operación del sistema.

En caso de algunas aplicaciones de capacitación, se diseñan sistemas especiales. Por ejemplo: los simuladores para cesiones de practica o capacitaciones de capitanes de barcos, pilotos de avión, operadores de equipos pesados y el operador de transito aéreo.

#### **1.1.6 Visualización.**

Científicos, ingenieros, personal médico, analistas comerciales y otros con frecuencia necesitan analizar grandes cantidades de información o estudiar el comportamiento de ciertos procesos. Las simulaciones numéricas que se efectúan en supercomputadoras a menudo producen archivos de datos que contienen miles e incluso millones de valores de datos. De modo similar, cámaras vía satélite y otras fuentes acumulan grandes archivos de datos más rápido de lo que se puede interpretar.

El rastreo de estos grandes conjuntos de números para determinar tendencias y relaciones en un proceso tedioso e ineficaz. Pero si se convierten los datos a una forma visual, es frecuente que se perciban de inmediato, las tendencias y los patrones.

Existen muchas clases de conjuntos de datos y los esquemas de visualización efectivos dependen de las características de los datos. Una compilación de datos contienen valores escalares, vectores tensores de orden superior o cualquier combinación de estos tipos de datos. Y los conjuntos de datos pueden ser bidimensionales o tridimensionales. La codificación de colores es solo la manera de visualizar un conjunto de datos. Las técnicas adicionales incluyen trazos gráficas y diagramas de contorno, presentaciones de superficie y visualizaciones de interiores de volumen. Además se combinan técnicas de procesamiento de imágenes con gráficas por computadora para crear muchas de las visualizaciones de datos.

### **1.1.7 Procesamiento de Imágenes.**

A pesar de que los métodos que se utilizan en las gráficas por computadora y el procesamiento de imágenes se traslapan, las dos áreas realizan, en forma fundamental, operaciones distintas. En las gráficas por computadora se utiliza una computadora para poder crear una imagen. Por otro lado en el procesamiento de imágenes se aplican técnicas para modificar o interpretar imágenes existentes, como fotografías y rastreos de televisión.

Las dos aplicaciones principales de imágenes son (1) El mejoramiento de la calidad de la imagen, y (2) la percepción de la máquina de información visual, como se utiliza en la robótica. Para aplicar los métodos de procesamientos de imágenes, primero se digitaliza una fotografía u otra imagen de un archivo de imagen. Entonces, se pueden aplicar métodos digitales para reordenar partes de imágenes.

Las aplicaciones médicas también hacen uso importante de las técnicas de procesamiento de imágenes para mejorar fotografías, en tomografías y simulación de operaciones. La tomografía es una técnica de fotografía por rayos x, que permite el despliegue de vistas transversales de sistemas fisiológicos, tanto la tomografía computarizada (CT; Computed Tomography) por rayos X, como la tomografía de emisión de posición (PET; Positron Emission Tomography) utilizan métodos de proyección para reconstruir secciones transversales a partir de datos digitales.

Estas técnicas se emplean también para supervisar funciones internas y mostrar secciones transversales durante una cirugía. Otras técnicas de proyección de imágenes medicas incluyen rastreadores ultrasónicos y nucleares. Con el ultrasonido, se utilizan ondas sonoras de alta frecuencia, en vez de rayos X, para generar datos digitales de la radiación que emiten radio nucleidos ingeridos y trazan imágenes con codificación de colores.

Por lo regular, el procesamiento de imágenes y las gráficas por computadoras se combinan en muchas aplicaciones. Por ejemplo, en medicina se utilizan estas técnicas para modelar y estudiar funciones físicas, para diseñar miembros artificiales, así como para planear y practicar cirugías. Esta última aplicación se conoce por lo general como, cirugía asistida por computadora. Se obtienen secciones transversales bidimensionales del cuerpo a través de la utilización de técnicas de proyección de imágenes. Luego se ven y manipulan los cortes utilizando métodos gráficos para simular procedimientos quirúrgicos reales y experimentar con diversas incisiones quirúrgicas [1].

### **1.1.8 Interfaces Gráficas para el Usuario.**

En la actualidad, es común que los paquetes de software ofrezcan una interfaz gráfica. Un componente importante de la interfaz gráfica es un administrador de ventanas que hace posible que un usuario despliegue áreas con ventanas múltiples. Cada ventana puede contener un proceso distinto que a su vez puede contener despliegues gráficos y no gráficos, para activar una ventana en particular.

## 1.2 Panorama de los Sistemas de Gráficas.

Como resultado del reconocimiento generalizado de la potencia de la utilidad de las gráficas por computadora en casi todos los campos ahora está disponible una amplia gama de hardware y sistemas de software para gráficas. Con computadoras personales se pueden utilizar una gran variedad de dispositivos de entrada interactivos y paquetes de software de gráficas, para una calidad superior se seleccionan varios sistemas y tecnologías más avanzadas para propósitos especiales.

### 1.2.1 Dispositivos de Despliegue en Video.

El principal dispositivo de salida en un sistema de gráfico es un monitor de video, la mayor parte de los monitores se basa en el diseño estándar de tubo de rayos catódicos (CRT, cathode ray tube), pero existen otras tecnologías y, pueden llegar a predominar los monitores de estado sólido.

### 1.2.2 Tubos de Rayos Catódicos Repasados.

Su operación básica de un CRT es, un haz de electrones (rayos catódicos), emitido por un cañón de electrones, pasa a través de sistemas de enfoque y de flexión que dirigen el haz hacia posiciones específicas de la pantalla recubierta con una película de fósforo. El fósforo emite una pequeña mancha de luz en cada posición en que hace contacto el haz de electrones, una vez que el fósforo emite la luz se desvanece con rapidez, se requiere de algún método para mantener la imagen de la pantalla. Una forma es volver a trazar la imagen en repetidas ocasiones al dirigir con rapidez el haz de electrones hacia los mismos puntos. A esto se le llama CRT con repasado; como se muestra en la imagen 1.2-1.

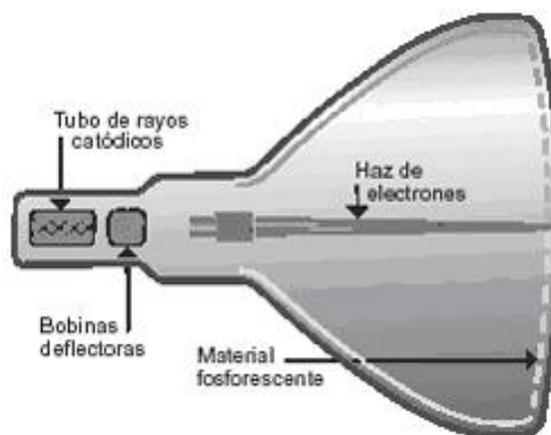


Imagen 0-1 Tubos de Rayos Catódicos

### 1.2.3 Despliegues de Barrido con Rastreador.

El tipo más común de monitor gráfico que utiliza un CRT es el despliegue de barrido con rastreador, con base en la tecnología de la televisión. En este se recorre el haz de electrones a través de la pantalla, un renglón a la vez, de arriba a abajo. Conforme el haz de electrones se mueve a través de cada línea, se activa y desactiva la intensidad del haz para crear un patrón de manchas iluminadas. La definición de la imagen se almacena en una área de memoria llamada búfer de repasado o búfer de marco o estructura. Esta área contiene el conjunto de valores de intensidad para todos los puntos de la pantalla. Los valores de intensidad almacenados se recuperan después del búfer de repasado y "pintan" en la pantalla un renglón a la vez. Cada punto de la pantalla se le conoce como un píxel o pel (abreviaturas de picture element; elemento gráfico).

La capacidad de un sistema de repasado con rastreador para almacenar información de la intensidad para cada punto de la pantalla hace que sea ideal para el despliegue realista de escenas que contienen un sombreado tenue y patrones de colores. En un sistema simple en blanco y negro, cada punto de la pantalla está, ya sea encendido o apagado, de manera que sólo se necesita un bit por píxel para controlar la intensidad de las posiciones en la pantalla.

Cuando se deben desplegar variaciones de color e intensidad, se requieren bits adicionales. Se incluyen hasta 24 bits por píxel que pueden requerir varios megabytes de almacenamiento para el búfer de imagen. Un sistema con 24 bits por píxel una resolución de pantalla de 1024 por 1024 requiere 3 megabytes de almacenamiento para el búfer de imagen. El refrescado o repasado en los despliegues de repasado con rastreador se efectúa con un índice de 60 a 80 cuadros por segundo. Los índices de repasado se describen en unidades de ciclos por segundo, Hertz (Hz), donde un ciclo corresponde a un cuadro.

Al utilizar estas unidades, describe un índice de repasado de 60 cuadros por segundo sólo como 60 Hz. Al final de cada línea de barrido, el haz de electrones regresa al lado izquierdo de la pantalla para empezar a desplegar la siguiente línea de barrido. El retorno al lado izquierdo de la pantalla se llama retrazado horizontal del haz de electrones. Y al final de cada cuadro (desplegado en 1/80 a 1/60 de un segundo), el haz de electrones regresa (retrazado vertical) a la esquina superior izquierda para iniciar con el cuadro siguiente

### 1.2.4 Despliegues de Rastreo Aleatorio.

Cuando se operan como una unidad de despliegue de trazado aleatorio como un CRT dirige el haz de electrones sólo a las partes de la pantalla donde se debe crear la imagen. Los monitores de trazado aleatorio trazan una imagen, una línea a la vez y por eso se llaman también de despliegue vectorial (o despliegues de escritura o caligráficos). Las líneas que componen una imagen se pueden trazar y refrescar o enfriar mediante un sistema de trazado aleatorio en cualquier orden específico.

Un graficador de pluma opera en forma similar y es ejemplo de un dispositivo de copia impresa de trazado aleatorio. La imagen se almacena como un conjunto de comandos para el

trazo de líneas en un área de la memoria que los contiene denominada archivo de repaso de despliegue. A veces este archivo recibe el nombre de lista de despliegue, programa de despliegue o sólo búfer de repaso o retrazado. Los despliegues de trazado aleatorio están diseñados para trazar todas las líneas que componen una imagen de 30 a 60 veces cada segundo.

Los sistemas vectoriales de alta capacidad pueden manejar alrededor de 100,000 líneas "cortas" con este índice de repasado. Los sistemas de trazado aleatorio están diseñados para aplicaciones de trazo de líneas y no pueden desplegar escenas sombreadas realistas. Ya que la definición de la imagen se almacena como un conjunto de instrucciones para el trazo de líneas y no como un conjunto de valores de intensidad para todos los puntos de la pantalla, los despliegues vectoriales, por lo general, tienen una resolución mayor que los sistemas de barrido. De igual forma, los despliegues vectoriales producen trazos de líneas más suaves porque el haz del CRT sigue directamente la trayectoria de la línea. Por el contrario, un sistema de rastreo produce líneas dentadas que se trazan como conjuntos de puntos discretos.

### **1.2.5 Monitores CRT de Color.**

Un monitor CRT despliega imágenes a color utilizando una combinación de fósforos que emiten luz con colores distintos. Al combinar la luz emitida de los fósforos, se genera una variedad de colores. Las dos técnicas básicas para producir despliegues a color con un CRT son el método de penetración de haz y el método de máscara de sombra. El método de penetración de haz para desplegar imágenes a color se utiliza con monitores de trazado aleatorio. Se recubren dos capas de fósforo, por lo general, rojo y azul en el interior de la pantalla del CRT y el color que se despliega depende de cuánto penetra el haz de electrones en las capas de fósforo. Un haz de electrones lentos sólo excita la capa roja exterior. Un haz de electrones muy rápidos penetra a través de la capa roja y excita la capa verde interior.

A velocidad de haz intermedia, se emiten combinaciones de luz roja y azul para mostrar dos colores adicionales, anaranjado y amarillo. La velocidad de los electrones y, por tanto, el color de la pantalla en cualquier punto, se controla mediante el voltaje de aceleración del haz. Los métodos de máscara de sombra se utilizan en sistemas de barrido por rastreo (incluyendo televisores a color) para producir una variedad de colores más amplia. Un CRT de máscara de sombra tiene tres puntos de color de fósforo en cada posición de píxel. Un punto de fósforo emite una luz roja, otro emite una luz verde y el tercero emite una luz azul. Este tipo de CRT tiene tres cañones de electrones uno para cada punto de color, y una rejilla de máscara de sombra justo atrás de la pantalla con recubrimiento de fósforo.

Los tres haces de electrones se desvían y enfocan como un grupo en la máscara de sombra, la cual contiene una serie de orificios alineados con los patrones de punto de fósforo. Cuando los tres haces pasan por un orificio, activan un triángulo de puntos, que aparece como una pequeña mancha de color en la pantalla. Los puntos de fósforo de los triángulos se ordenan de modo que cada haz de electrones puede activar sólo su punto de color correspondiente cuando pasa a través de la máscara de sombra. Otra configuración para los tres cañones de electrones es un orden en línea, en el cual los tres cañones y los puntos de color rojo, verde y azul correspondientes en la pantalla se alinean a lo largo de una línea de rastreo, en lugar de un patrón triangular. Esta disposición es más fácil de mantenerse alineada y se utiliza

regularmente en CRT de color de alta resolución. Se obtienen variaciones de color en un CRT de máscara de sombra al variar los niveles de intensidad de los tres haces de electrones.

En sistemas de bajo costo, el haz de electrones sólo se puede manejar en encendido y apagado, limitando los despliegues a ocho colores. Sistemas más avanzados manejan niveles de intensidad intermedios para los haces de electrones y generan varios millones de colores distintos. Se pueden diseñar sistemas de gráficas a color con varios tipos de dispositivo de despliegue en CRT. Algunos sistemas de cómputo y juegos de video domésticos de precio accesible están diseñados para utilizarse como un televisor a colores y un modulador de RF (Radio Frecuencia). Este modulador simula la señal de una transmisión de televisión. Los monitores compuestos son adaptaciones de televisiones que permiten el libramiento de la circuitería de transmisión.

Los CRT de color en sistemas gráficos están diseñados como monitores RGB. Imagen 1.2-2. Estos monitores emplean métodos de máscara de sombra y toman el nivel de intensidad para cada cañón de electrones (rojo, verde y azul) directamente del sistema de computación sin ningún procesamiento intermedio. Los sistemas gráficos de rastreo de alta calidad tienen 24 bits por píxel en el búfer de imagen y permiten 256 niveles de voltaje para cada cañón de electrones y casi 17 millones de alternativas de color para cada píxel. Un sistema de color RGB con 24 bits de almacenamiento por píxel se conoce, por lo regular, como un sistema de color total o un sistema de color real [1].

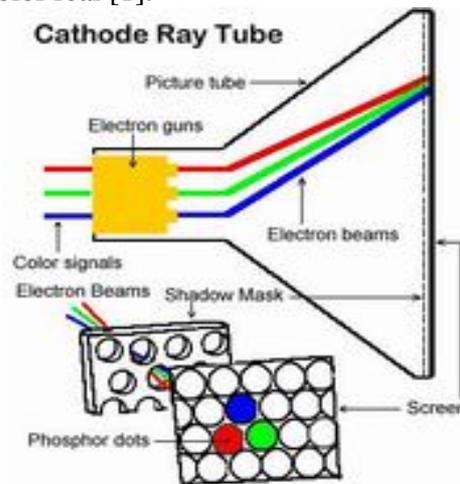


Imagen 0-2 Tubos de Rayos Catódicos de Color

### 1.2.6 Dispositivos de Vista Tridimensional.

Los monitores gráficos para desplegar escenas tridimensionales se diseñan utilizando una técnica que refleja una imagen de CRT de un espejo flexible vibrante. Conforme el espejo varifocal vibra, cambia la longitud focal. Estas vibraciones están sincronizadas con el despliegue de un objeto en un CRT, de manera que cada punto del objeto se refleje del espejo a una posición de vista específica. Esto permite caminar alrededor de un objeto o escena y verlo desde lados distintos.

### **1.2.7 Sistemas Estereoscópicos y de Realidad Virtual.**

Otra técnica para representar objetos tridimensionales es el despliegue de vistas estereoscópicas. Este método no produce imágenes tridimensionales reales, pero ofrece un efecto tridimensional al presentar una vista diferente para cada ojo del observador, de manera que las escenas parecen tener profundidad. Con el fin de obtener una proyección estereoscópica, primero se necesita obtener dos vistas de una escena generada desde una dirección de vista correspondiente a cada ojo (izquierdo y derecho). Cuando se observa de modo simultáneo la vista izquierda con el ojo izquierdo y la vista derecha con el ojo derecho, las dos vistas se combinan en una sola imagen y se percibe una escena con profundidad. Una manera de producir un efecto estereoscópico consiste en desplegar cada una de las dos vistas con un sistema de barrido en ciclos de enfriamiento alterno. La pantalla se ve a través de anteojos, con cada lente diseñado para actuar como un obturador que alterna con rapidez, el cual se sincroniza para bloquear una de las vistas. La vista estereoscópica también es un componente de los sistemas de realidad virtual.

### **1.2.8 Sistemas de Barrido con Rastreador.**

Los sistemas gráficos de barrido interactivos utilizan varias unidades de procesamiento. Con el fin de controlar la operación del dispositivo de despliegue, además de la unidad central de procesamiento, o (CPU), se emplea un procesador para propósitos especiales llamado controlador de video o controlador de despliegue. Los sistemas de barrido más avanzados emplean otros procesadores como coprocesadores y aceleradores para llevar a cabo varias operaciones gráficas.

### **1.2.9 Controlador de Video.**

Las posiciones en el búfer de despliegue y las posiciones correspondientes en la pantalla se expresan como coordenadas cartesianas. Las líneas de rastreo se nombran desde  $y_{max}$  en la parte superior de la pantalla hasta cero en la parte inferior. A lo largo de cada línea de rastreo, las posiciones de píxel en la pantalla se nombran de 0 a  $x_{max}$ . Aparte de las operaciones básicas de repaso, el controlador de video puede realizar varias operaciones más. El controlador de video puede recuperar intensidades de píxel de distintas áreas de la memoria en diferentes ciclos de repaso.

### **1.2.10 Procesador de Despliegue de Rastreo con Rastreador.**

El propósito del procesador de despliegue es liberar al CPU de los trabajos de gráficas. Además de la memoria del sistema, se puede contar con un área de memoria separada del procesador de despliegue, además su función principal es digitalizar la definición de una imagen que se da en un programa de aplicación en un conjunto de valores de intensidad de píxel para su almacenamiento en el búfer de despliegue. A este proceso se le conoce como conversión de rastreo.

### 1.2.11 Sistemas de Trazado Aleatorio.

Se da acceso a un programa de aplicación y se almacena en la memoria del sistema junto con un paquete de gráficas. Los comandos de gráficas en el programa de aplicación se traducen a un archivo de despliegue que se almacena en la memoria del sistema, luego se tiene acceso a este archivo mediante el procesador de despliegue para repasar la pantalla, este realiza un ciclo a través de cada comando en el programa del archivo de despliegue una vez durante cada ciclo de repaso. Al procesador de despliegue de un sistema de trazado aleatorio se le conoce como una unidad de procesamiento de despliegue o un controlador de gráficas.

### 1.2.12 Monitores Gráficos y Estaciones de Trabajo.

La resolución común de una pantalla para sistemas de cómputo personales es de 640 por 480, aunque pueden variar la resolución, el tamaño y el costo de acuerdo a la computadora. La diagonal de la pantalla puede estar entre 12 y 21 pulgadas, y los colores de 16 hasta 32,000. En estaciones de trabajo imagen 1.2-3 La resolución común es de 1280 por 1024, con una diagonal de 16 pulgadas. Existe el sistema llamado Media Wall, ofrece una área de despliegue "del tamaño de la pared", el sistema opera dividiendo imágenes en un número de secciones y distribuyendo las secciones en una matriz de monitores o proyectores que utilizan un adaptador para gráficas y unidades de control vía satélite. Muchas estaciones de trabajo están configuradas con dos monitores. Un monitor puede servir para presentar todas las características de un objeto o escena, mientras que el otro despliega el detalle de alguna parte de la imagen. En una configuración CAD se conectan varios teclados, botones, tabletas y ratones a los monitores de video para utilizarse en el proceso de diseño.



Imagen 0-3 Estación de Trabajo

## 1.3 Dispositivos de Entrada.

### 1.3.1 Teclado.

Un teclado alfanumérico en un sistema de gráficos se utiliza sobre todo como un dispositivo para capturar cadenas de texto, es eficiente para capturar datos no gráficos. Las teclas de control de cursor y las de función son características regulares en los teclados de uso común. Las teclas de función permiten que los usuarios capturen operaciones empleadas con frecuencia con un solo golpe de tecla y las teclas de control de cursor pueden emplearse para seleccionar objetos desplegados o posiciones de coordenadas al poner en posición el cursor de la pantalla. Otros tipos de posicionamiento del cursor, como la bola palmar o la palanca de control, se incluyen en algunos teclados. A menudo se incluye un teclado numérico en el teclado para la captura rápida de datos numéricos imagen 1.3-1.



Imagen 0-1 Teclado

### 1.3.2 Mouse.

Es una pequeña caja manual para poner en posición el cursor de la pantalla. Las ruedas o rodamiento en la parte inferior del Mouse se pueden utilizar para registrar la cantidad y la dirección del movimiento. Otro método para detectar el movimiento del Mouse es con un sensor óptico. Por lo regular, se incluye uno, dos o tres botones en la parte superior del ratón a fin de señalar la ejecución de alguna operación, como registrar la posición del cursor o solicitar una función. El Mouse Z incluye tres botones, un rodamiento que se acciona con el pulgar en la parte lateral, una bola palmar en la parte superior y un rodamiento estándar de ratón en la parte inferior. Este diseño ofrece seis grados de libertad para seleccionar posiciones, rotaciones y otros parámetros especiales imagen 1.3-2.



Imagen 0-2 Mouse

### 1.3.3 Bola Palmar y Esfera de Control.

Como su nombre indica, la bola palmar es una bola que se puede hacer girar con los dedos o la palma de la mano, para producir movimiento en el cursor de la pantalla. Con potenciómetros que se conectan a la bola, se mide la cantidad y la dirección de la rotación. Este dispositivo es de posicionamiento bidimensional. Una esfera de control ofrece seis grados de libertad, y en realidad no se mueve. Por medio de detectores de deformación, se mide la presión que se aplica a la esfera de control para proporcionar la entrada para el posicionamiento espacial y la orientación conforme se presiona o jala la esfera en varias direcciones imagen 1.3-3.



Imagen 0-3 Bola Palmar

### 1.3.4 Palanca de Control.

Una palanca de control consta de una pequeña palanca vertical montada sobre una base que sirve para mover el cursor de la pantalla. La distancia que se mueve la palanca en cualquier dirección desde su posición central corresponde al movimiento del cursor en la pantalla en esa dirección. Con potenciómetros que se instalan en la base de la palanca de control, se mide la cantidad de movimiento y, por medio de resortes, la palanca regresa a su posición central cuando se suelta imagen 1.3-4.



Imagen 0-4 Palanca de Control

### 1.3.5 Guante de Datos.

El guante está construido con una serie de sensores que detectan los movimientos de la mano y los dedos. Se emplea un acoplamiento electromagnético entre antenas transmisoras y antenas receptoras para proporcionar información acerca de la posición y la orientación de la mano. Cada una de las antenas transmisoras y receptoras puede estar estructurada con un conjunto de tres retículas mutuamente perpendiculares que forman un sistema de coordenadas cartesianas. La entrada del guante de datos puede emplearse para poner en posición y manipular objetos en una escena virtual imagen 1.3-5.



Imagen 0-5 Guante de Datos

### 1.3.6 Digitalizadores.

Es un dispositivo común para dibujar, pintar o seleccionar de manera interactiva posiciones de coordenadas de un objeto. Pueden servir para capturar valores de coordenadas ya sea en un espacio bidimensional o tridimensional. Se utiliza para rastrear un dibujo u objeto y capturar un conjunto de posiciones de coordenadas discretas, con el objeto de obtener una aproximación a la curva o las formas de la superficie.

Un tipo de digitalizador es la tableta de gráficas, que se emplea para capturar coordenadas bidimensionales al activar un cursor manual o un estilete en posiciones seleccionadas sobre una superficie plana. El tamaño de la tableta varía entre 12 por 24 pulgadas y 44 por 60 pulgadas o más grandes para los modelos de piso. Las tabletas acústicas utilizan ondas sonoras para detectar la posición de un estilete. Se pueden emplear micrófonos de cadena o micrófonos punto para detectar el sonido emitido por una chispa eléctrica de una punta del estilete. La posición del estilete se calcula al sintonizar la llegada del sonido generado en diferentes posiciones del micrófono. Los digitalizadores tridimensionales utilizan transmisiones electromagnéticas para registrar posiciones, su método de transmisión es similar al que se emplea en el guante de datos imagen 1.3-6.



Imagen 0-6 Digitalizador

### 1.3.7 Rastreadores de Imágenes.

Se pueden almacenar dibujos, gráficas, fotografías a color blanco y negro, o texto para procesarlo por computadora como un rastreador de imágenes (scanner) al pasar un mecanismo de rastreo óptico sobre la información que se debe almacenar. Algunos rastreadores son capaces de rastrear representaciones gráficas o texto las hay con variedad de tamaño y capacidades imagen 1.3-7.



**Imagen 0-7 Rastreador de Imágenes**

### 1.3.8 Panel de Tacto.

Permiten que los objetos desplegados o posiciones de la pantalla se seleccionen con el tacto de un dedo. Una aplicación común es para seleccionar posiciones de procesamiento que se representan con iconos gráficos. Emplean una línea de nodos de emisión de luz infrarroja a lo largo de un borde vertical y de un borde horizontal de la estructura los cuales contienen detectores de luz, estos detectores sirven para registrar qué haces se interrumpen cuando se toca el panel. Los dos haces transversales que se interrumpen y se identifican las coordenadas horizontales y verticales de la posición seleccionada en la pantalla imagen 1.3-8.



**Imagen 0-8 Panel de Tacto**

### 1.3.9 Plumas de Luz.

Se utilizan para seleccionar posiciones en la pantalla al detectar la luz que proviene de puntos de la pantalla del CRT. Son sensibles a la breve exposición de la luz emitida por el recubrimiento de fósforo en el instante en que el haz de electrones hace contacto en cualquier punto particular imagen 1.3-9.

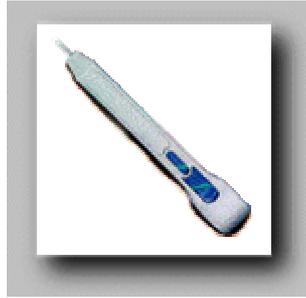


Imagen 0-9 Pluma de Luz

### 1.3.10 Sistemas de Voz.

El sistema de voz puede emplearse para iniciar operaciones gráficas o capturar datos. Estos sistemas operan por medio de la comparación de una entrada contra un diccionario predefinido de palabras y frases. Un diccionario se adapta para cualquier operador particular cuando el operador pronuncia las palabras para comandos que se deben utilizar en el sistema. Por lo regular la entrada de voz se efectúa mediante un micrófono el cual está diseñado para reducir al mínimo la entrada de otros sonidos de fondo.

## 1.4 Primitivos de Salida.

Una imagen se especifica por completo por el conjunto de intensidades para las posiciones de píxeles en el despliegue. Un conjunto de objetos complejos, como árboles y terreno o muebles y muros, colocados en posiciones de coordenadas específicas en la escena.

Por lo regular, los paquetes de programación gráfica ofrecen funciones para describir una escena en términos de estas estructuras geométricas básicas, que recibe el nombre de primitivos de salida.

Cada primitivo de salida se especifica con los datos de las coordenadas de entrada y otra información referente a la manera en el que se debe desplegar ese objeto.

### 1.4.1 Puntos y Líneas.

El trazo de punto se realiza al convertir una posición particular de coordenadas proporcionada por un programa de aplicación de operaciones apropiadas para el dispositivo de salida en uso.

Tubo de rayos catódicos activa el haz de electrones para iluminar el fósforo de la pantalla en la ocasión seleccionada, los valores de las coordenadas de estas instrucciones se convierten a voltajes de reflexión que ponen el haz de electrones en las ocasiones de la pantalla que se deben trazar durante cada ciclo de repasado.

En un sistema RGB el búfer de estructura de carga con los códigos de colores para las intensidades que se deben desplegar en las posiciones correspondientes a los píxeles de la pantalla. El trazo en línea se efectúa mediante el cálculo de posiciones intermedia a lo largo de la trayectoria de la línea entre dos posiciones extremas específicas.

Los dispositivos digitales despliegan un segmento de línea recta al trazar puntos discretos entre los dos extremos. Las posiciones de coordenadas discretas a lo largo de la trayectoria de la línea se calculan a partir de la ecuación de la línea.

### 1.4.2 Algoritmos para el Trazo de Líneas.

La ecuación de intersección de la pendiente cartesiana de una línea recta es:

$$y = m \cdot x + b$$

Ecuación 0-1

Donde  $m$  representa al pendiente de la línea y  $b$  la intersección de  $y$ . Dado que los extremos de un segmento de línea se especifican en  $(x_1, y_1)$  y  $(x_2, y_2)$ , los valores para la pendiente y la intersección de  $y$  en  $b$  están dados con los siguientes cálculos:

$$m = \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1}$$

Ecuación 0-2

$$b = y_1 - m \cdot x_1$$

Ecuación 0-3

Los algoritmos para desplegar líneas rectas se basan en la ecuación 1.4.2-1 y los cálculos que se dan en las ecuaciones 1.4.2-2 y 1.4.2-3. Para cualquier  $x$  dentro del intervalo  $\Delta x$  a lo largo de una línea, se puede calcular el intervalo correspondiente  $\Delta y$  de  $y$  a partir de la ecuación 1.4.2-2 como:

$$\Delta y = m \Delta x$$

Ecuación 0-4

De modo similar, se obtiene el intervalo  $\Delta x$  de  $x$  correspondiente a una  $\Delta y$  específica como:

$$\Delta x = \frac{\Delta y}{m}$$

Ecuación 0-5

Estas ecuaciones son la base para determinar voltajes de deflexión en dispositivos análogos. Para líneas con magnitudes de pendiente  $|m| < 1$ ,  $\Delta x$  puede ser proporcional a un bajo voltaje de deflexión horizontal y la deflexión vertical correspondiente se establece entonces de manera proporcional a  $\Delta y$ , como se calculó en la ecuación 1.4.2-4. Para líneas cuyas pendientes tienen magnitudes  $|m| > 1$ ,  $\Delta y$  puede ser proporcional a un bajo voltaje de deflexión vertical con el voltaje de deflexión horizontal correspondiente determinado como proporcional a  $\Delta x$ , como se calculó a partir de la ecuación 1.4.2-5. Para líneas con  $m=1$ ,  $\Delta x = \Delta y$  y los voltajes de deflexión horizontal y vertical son iguales. En cada caso, una línea tenue con pendiente  $m$  se genera entre los extremos específicos. En sistemas de rastreo, las líneas se trazan con píxel y los tamaños de paso en las direcciones horizontal y vertical se limitan por las separaciones de píxel. Es decir, se debe "efectuar un muestreo" de una línea en posiciones discretas y determinar el píxel más cercano a la línea en cada posición sometida al muestreo.

### 1.4.3 Algoritmo DDA.

El analizador diferencial digital (DDA; Digital Differential Analyzer) es un algoritmo de línea de conversión de rastreo que se basa en el cálculo ya sea de  $\Delta y$ , o de  $\Delta x$ , por medio de las ecuaciones 1.4.2-4 o 1.4.2-5. Se efectúa un muestreo de la línea en intervalos unitarios en una coordenada y se determinan los valores enteros correspondientes más próximos a la trayectoria de la línea para la otra coordenada. Se considera primero una línea con pendiente positiva. Si la pendiente es menor o igual que 1, se lleva a cabo un muestreo de  $x$  en intervalos unitarios ( $\Delta x = 1$ ) y calculé cada valor sucesivo de  $y$  como:

$$y_{k+1} = y_k + m$$

Ecuación 0-1

El subíndice  $k$  toma valores enteros a partir de 1 y aumenta la razón de 1 hasta que se alcanza el valor final. Como  $m$  puede ser cualquier número real entre 0 y 1, los valores calculados de  $y$  deben redondearse al entero más cercano. Para líneas con una pendiente positiva mayor que 1, se revierten las funciones de  $x$  y  $y$ . Es decir, se realiza un muestreo de  $y$  en intervalos unitarios

( $\Delta y = 1$ ) y se calcula cada valor sucesivo de  $x$  como:

$$x_{k+1} = x_k + \frac{1}{m}$$

Ecuación 0-2

Las ecuaciones 1.4.3-1 y 1.4.3-2 suponen que las líneas deben procesarse del extremo izquierdo al derecho. Si esto se revierte, que sea el extremo derecho donde se inicia, entonces ya sea:

$$\Delta x = -1, \text{ y}$$

$$y_{k+1} = y_k - m$$

Ecuación 0-3

o (cuando la pendiente es mayor que 1)

$$\Delta y = -1 \text{ con}$$

$$x_{k+1} = x_k - \frac{1}{m}$$

Ecuación 0-4

Las ecuaciones 1.4.3-1 a 1.4.3-4 pueden utilizarse para calcular posiciones de píxel a lo largo de una línea con pendiente negativa. Si el valor absoluto de la pendiente es menor que 1 y el extremo que comienza es el izquierdo, se determina que  $\Delta x = 1$  y se calculan los valores de  $y$  con la ecuación 1.4.3-1. Cuando se empieza en el extremo derecho (para la misma pendiente) se determina que  $\Delta x = -1$  y se obtiene los valores de  $y$  mediante la ecuación 1.4.3-3. De modo similar, cuando el valor absoluto de una pendiente negativa es mayor que 1, se utilizó  $\Delta y = 1$  y la ecuación 1.4.3-4, o bien se usa  $\Delta y = -1$  y la ecuación 1.4.3-2. Éste algoritmo se resume en el procedimiento siguiente, que acepta como entrada las dos posiciones de píxel de los extremos.

Procedure lineDDA (xa, ya, xb, yb : integer);

var

dx, dy, steps, k : integer;

xIncrement, yIncrement, x, y : real;

begin

dx := xb - xa;

dy := yb - ya;

if abs (dx) > abs (dy)

then steps := abs (dx)

else steps := abs (dy);

xIncrement := dx / steps;

yIncrement := dy / steps;

x := xa;

```

    y := ya;
    setPixel (round (x), round (y), 1);
    for k := 1 to steps do
begin
    x := x + xIncrement;
    y := y + yIncrement;
    setPixel (round (x), round (y), 1)
end
end;

```

(lineDDA)

El algoritmo DDA es un método para calcular posiciones de píxel, más rápido que la aplicación directa de la ecuación 1, al utilizar características de rastreo, aplicando incrementos adecuados en la dirección de  $x$  y  $y$  para pasar a las posiciones de píxel a lo largo de la trayectoria de la línea. Para segmentos de línea largos, la acumulación de errores de redondeo en adiciones sucesivas del incremento de punto flotante puede provocar que las posiciones de píxel calculadas se desvíen de la trayectoria real de la línea.

#### 1.4.4 Algoritmo de Línea de Bresenham.

Un algoritmo preciso y efectivo para la generación de líneas de rastreo, desarrollado por Bresenham, convierte mediante rastreo las líneas al utilizar sólo cálculos incrementales con enteros que se pueden adaptar y para desplegar circunferencias y otras curvas.

Para ilustrar el planteamiento de Bresenham, primero se considera el proceso de conversión de rastreo para líneas con pendiente positiva menor que 1. Las posiciones de píxel a lo largo de la trayectoria de una línea se determinan, entonces al efectuar un muestreo de  $x$  en intervalos unitarios. Iniciando del extremo izquierdo  $(x_0, y_0)$  de una línea determinada, se pasa a cada columna sucesiva (posición de  $x$ ) y se traza el píxel cuyo valor de  $y$  de la línea de rastreo se aproxima más a la trayectoria de la línea de rastreo. Si se supone que debe desplegarse el píxel en  $(x_k, y_k)$ , a continuación se necesita decidir qué píxel se va a trazar en la columna  $x_k + 1$ .

Las alternativas son los píxel en las posiciones  $(x_k + 1, y_k)$  y  $(x_k + 1, y_k + 1)$ . Realizando el muestreo en la posición  $x_k + 1$ , se designa la separación de píxeles verticales de la trayectoria de la línea matemática como  $d_1$  y  $d_2$ . La coordenada de  $y$  en la línea matemática en la posición de la columna de píxel  $x_k + 1$  se calcula como:

$$y = m(x_k + 1) + b$$

Ecuación 0-1

Entonces

$$\begin{aligned}d_1 &= y - y_k \\ &= m(x_k + 1) + b - y_k\end{aligned}$$

y

$$\begin{aligned}d_2 &= (y_k + 1) - y \\ &= (y_k + 1) - m(x_k + 1) - b\end{aligned}$$

La diferencia entre estas dos separaciones es:

$$d_1 - d_2 = 2m(x_k + 1) - 2y_k + b - 1$$

Ecuación 0-2

Un parámetro de decisión  $p_k$  para el  $k^{\text{ésimo}}$  paso en el algoritmo de línea se puede obtener al reordenar la ecuación 1.4.4-2, que implique sólo cálculos de enteros. Se realiza esto al sustituir  $m = \Delta y / \Delta x$  donde  $\Delta y$  y  $\Delta x$  son las separaciones vertical y horizontal de las posiciones de los extremos y al definir:

$$\begin{aligned}p_k &= \Delta x(d_1 - d_2) \\ &= 2\Delta y \cdot x_k - 2\Delta x \cdot y_k + c\end{aligned}$$

Ecuación 0-3

El signo de  $p_k$  es el mismo que el de  $(d_1 - d_2)$ , puesto que  $\Delta x > 0$  como ejemplo. El parámetro  $c$  es constante y tiene el valor  $2\Delta y + \Delta x(2b - 1)$ , que es el independiente del píxel si  $y_k$  está más cerca de la trayectoria de la línea que el píxel  $y_k + 1$  es decir,  $(d_1 < d_2)$ , entonces el parámetro de decisión  $p_k$  es negativo. En ese caso, se traza el píxel inferior, de otro modo, se traza el píxel superior. Los cambios de coordenadas a lo largo de la línea ocurren en pasos unitarios ya sea en la dirección de  $x$  o en la de  $y$ . Por lo tanto, es posible obtener los valores de parámetros de decisión sucesivos al utilizar cálculos incrementales en enteros. En el paso  $k + 1$ , el parámetro de decisión se evalúa con base en la ecuación 1.4.4-3 como:

$$p_{k+1} = 2\Delta y \cdot x_{k+1} - 2\Delta x \cdot y_{k+1} + c$$

Al sustraer la ecuación 1.4.4-3 de la ecuación anterior, se tiene:

$$p_{k+1} - p_k = 2\Delta y(x_{k+1} - x_k) - 2\Delta x(y_{k+1} - y_k)$$

Pero  $x_{k+1} = x_k + 1$ , de manera que

$$p_k + 1 = p_k + 2\Delta y - 2\Delta x(y_{k+1} - y_k)$$

Ecuación 0-4

Donde el término  $y_{k+1} - y_k$  sea 0, o bien, 1 dependiendo del signo del parámetro  $p_k$ . Este cálculo recursivo de los parámetros de decisión se realiza en cada posición entera de  $x$ , empezando en el extremo izquierdo de las coordenadas de la línea. El primer parámetro  $p_0$ , se evalúa a partir de la ecuación 1.4.4-3 en la posición de píxel inicial  $(x_0, y_0)$  y con  $m$  evaluada como  $\Delta y / \Delta x$ :

$$p_0 = 2\Delta y - \Delta x$$

Ecuación 0-5

Al resumir el trazo de línea de Bresenham para una línea con una pendiente positiva menor que 1 en los pasos que se indican en seguida. Las constantes  $2\Delta y$  y  $2\Delta y - 2\Delta x$  se calculan una vez para cada línea que se debe convertir mediante rastreo, de manera que el proceso aritmético sólo implique la adición y sustracción de enteros de estas dos constantes.

Algoritmo de Bresenham para el trazo de líneas para  $|m| < 1$

1. Se capturan los dos extremos de la línea y se almacena el extremo izquierdo en  $(x_0, y_0)$ .
2. Se carga  $(x_0, y_0)$  en el búfer de estructura; es decir, se traza el primer punto.
3. Se calculan las constantes  $\Delta x, \Delta y, 2\Delta y$  y  $2\Delta y - 2\Delta x$ , y se obtiene el valor inicial para el parámetro de decisión como:

$$p_0 = 2\Delta y - \Delta x$$

4. En cada  $x_k$  a lo largo de la línea, que inicia en  $k = 0$ , se efectúa la prueba siguiente:

Si  $p_k < 0$ , el siguiente punto que se debe trazar es  $(x_k + 1, y_k)$  y  $p_k + 1 = p_k + 2\Delta y$

De otro modo, el siguiente punto que se debe trazar es  $(x_k + 1, y_k + 1)$  y

$$p_k + 1 = p_k + 2\Delta y - 2\Delta x$$

5. Se repite el paso 4  $\Delta x$  veces.

El algoritmo de Bresenham se generaliza para líneas con una pendiente arbitraria al considerar la simetría entre los diversos octantes y cuadrantes del plano de  $xy$ . Para una línea con una pendiente positiva mayor que 1, se intercambian las funciones de las direcciones de  $x$  y  $y$ . Es decir, se pasa a lo largo de la dirección de  $y$  en pasos unitarios y se calculan los valores sucesivos de  $x$  que se aproximen más a la trayectoria de la línea. Asimismo, se revisa el programa para trazar píxeles iniciando desde cualquier extremo. Si la posición inicial para una

línea con una pendiente positiva es el extremo derecho, tanto  $x$  como  $y$  disminuyen conforme se pasa de derecha a izquierda. Con el fin de asegurar que los mismos píxeles se tracen sin importar el extremo en que se inicie, siempre se selecciona el píxel superior (o inferior) de los dos candidatos toda vez que las dos separaciones verticales de la trayectoria de la línea son iguales ( $d_1 = d_2$ ). En el caso de pendientes negativas, los procedimientos son similares excepto que ahora, una coordenada decrece conforme la otra aumenta. Por último, es posible, manejar los casos especiales por separado. Las líneas horizontales ( $\Delta y = 0$ ), las líneas verticales ( $\Delta x = 0$ ) y las líneas diagonales con  $|\Delta x| = |\Delta y|$  se pueden cargar en forma directa en el búfer de estructura sin procesarlas mediante el algoritmo para el trazo de líneas [1].

#### 1.4.5 Algoritmos Paralelos de Líneas.

Los algoritmos para la generación de líneas que hasta ahora se han estudiado determinan posiciones de píxel de manera secuencial. Con una computadora de procesamiento paralelo, se puede calcular posiciones de píxel a lo largo de la trayectoria de una línea de manera simultánea, al dividir los cálculos entre los diferentes procesos disponibles. Un planteamiento para el problema de la división consiste en adaptar un algoritmo secuencial existente para aprovechar los procesadores múltiples. Como alternativa, se pueden buscar otras maneras de establecer el procesamiento, de modo que las posiciones de píxel se puedan calcular en paralelo, con eficiencia. Una consideración importante en la formulación de un algoritmo es equilibrar la carga de procesamiento entre los procesadores. Dados  $n_p$  procesadores, puede establecerse un algoritmo paralelo para el trazo de líneas de Bresenham al subdividir la trayectoria de la línea en  $n_p$  divisiones y generar de modo simultáneo segmentos de línea en cada uno de los subintervalos. Para una línea con una pendiente  $0 < m < 1$  y una posición de coordenadas del extremo izquierdo  $(x_0, y_0)$ , se divide la línea a lo largo de la dirección positiva de  $x$ . La distancia entre las posiciones iniciales de  $x$  de divisiones adyacentes se puede calcular como:

$$\Delta x_p = \frac{\Delta x + n_p - 1}{n_p}$$

Ecuación 0-1

Donde  $\Delta x$  es la anchura de la línea y el valor para la anchura de la división  $\Delta x_p$ , se calcula mediante una división de enteros. Al numerar las divisiones y los procesadores como 0, 1, 2, hasta  $n_p - 1$ , se calculan las coordenadas iniciales de  $x$  para la  $k^{\text{ésima}}$  división como:

$$x_k = x_0 + k\Delta x_p$$

Ecuación 0-2

Con el propósito de aplicar el algoritmo de Bresenham en las divisiones, se necesita el valor inicial para las coordenadas de  $y$  y el valor inicial para el parámetro de decisión en cada

división. El cambio  $\Delta y_p$  en la dirección de  $y$  en cada división se calcula a partir de la pendiente de la línea  $m$  y la anchura de la división  $\Delta x_p$ ;

$$\Delta y_p = m \Delta x_p$$

Ecuación 0-3

En la  $k^{\text{ésima}}$  división, las coordenadas iniciales de  $y$  y entonces son:

$$y_k = y_0 + \text{redonda} (k \Delta y_p)$$

Ecuación 0-4

El parámetro de decisión inicial para el algoritmo de Bresenham en el inicio del  $k^{\text{ésimo}}$  intervalo se obtiene con base en la ecuación 1.4.4-3:

$$p_k = (k \Delta x_p)(2 \Delta y) - \text{Redonda} (k \Delta y_p)(2 \Delta x) + 2 \Delta y - \Delta x$$

Ecuación 0-5

Así, cada procesador calcula las posiciones de píxel en su subintervalo asignado, usando el valor del parámetro de decisión inicial y las coordenadas iniciales  $(x_k, y_k)$ . Otra manera de establecer algoritmos paralelos en sistemas de rastreo consiste en asignar cada procesador a un grupo particular de píxeles en la pantalla. Esto se puede adaptar al despliegue de líneas al asignar un procesador a cada uno de los píxeles dentro de los límites de la extensión de las coordenadas de la línea (rectángulo envolvente) y calcular las distancias de los píxeles desde la trayectoria de la línea. El número de píxeles dentro del recuadro envolvente de una línea es  $\Delta x \cdot \Delta y$ . La distancia perpendicular  $d$  de la línea a un píxel con coordenadas  $(x, y)$  se obtiene con el cálculo

$$d = Ax + By + C$$

Ecuación 0-6

Donde:

$$A = \frac{-\Delta dy}{\text{longitud de la línea}}$$

$$B = \frac{\Delta x}{\text{longitud de la línea}}$$

$$C = \frac{x_0 \Delta y - y_0 \Delta x}{\text{longitud de la línea}}$$

Con  $\text{longitud de la línea} = \sqrt{\Delta x^2 + \Delta y^2}$

Cuando se evalúan las constantes  $A$ ,  $B$  y  $C$  para la línea, cada procesador necesita realizar dos multiplicaciones y dos adiciones para calcular la distancia del píxel  $d$ . Un píxel se traza si  $d$  es menor que un parámetro específico de espesor de la línea. En lugar de dividir la pantalla en píxeles individuales, se pueden asignar a cada procesador ya sea una línea de rastreo o una columna de píxeles dependiendo de la pendiente de la línea. Así, cada procesador calcula la intersección de la línea con el renglón horizontal o la columna vertical de píxeles asignados a ese procesador. Para una línea con pendiente  $|m| < 1$ , cada procesador sólo despeja  $y$  en la ecuación de línea, dado un valor de la columna de  $x$ . Para una línea con una magnitud de pendiente mayor que 1, cada procesador despeja  $x$  en la ecuación de línea, dado un valor de la línea de rastreo  $y$ . Aunque son lentos en máquinas secuenciales, esos métodos directos se pueden realizar de manera muy eficiente al utilizar procesadores múltiples [1].

#### 1.4.6 Función de la Línea.

Un procedimiento para especificar segmentos de línea recta se puede establecer en varias formas distintas. En PHIGS, GKS y algunos otros paquetes, la función de línea bidimensionales.

*polyline* ( $n$ , *wcPoints*)

Donde al parámetro  $n$  se asigna un valor entero equivalente al número de posiciones de coordenadas que se deben capturar y *wcPoints* es la matriz de los valores de coordenadas mundiales de entrada para los extremos del segmento de línea. Esta función se utiliza para definir un conjunto de  $n - 1$  segmentos de línea recta unidos. Como en aplicaciones gráficas son más frecuentes las series de segmentos de línea de recta unidos que los segmentos de línea aislados, la función *polyline* ofrece una función de línea más general. Para desplegar un solo segmento de línea recta, se determina que  $n = 2$  y se en listan los valores de  $x$  y  $y$  de las dos coordenadas de extremos en *wcPoints*.

Algunos sistemas de gráficas utilizan funciones de línea (y de punto) con especificaciones de coordenadas relativas. En este caso, los valores de coordenadas se expresan como compensaciones de la última posición a qué se hizo referencia (llamada posición actual). La implantación de la función *polyline* se lleva a cabo al realizar primero una serie de transformaciones de coordenadas y luego establecer una secuencia de solicitudes de una rutina para el trazo de líneas a nivel de dispositivo. En el PHIGS, los extremos de línea de entrada en realidad se especifican en coordenadas de modelado, que posteriormente se convierten a coordenadas normalizadas y luego a coordenadas de dispositivo [1].

### 1.4.7 Algoritmos de Generación de Circunferencias

Como la circunferencia es un componente que se utiliza con frecuencia en imágenes y gráficas la mayor parte de los paquetes de gráficas incluyen un procedimiento para generar ya sea circunferencias completas o arcos circulares.

#### Propiedades de las Circunferencias.

Una circunferencia se define como un conjunto de puntos que se encuentran en su totalidad, a una distancia determinada  $r$  de una posición central  $(x_c, y_c)$ . Esta relación de distancia se expresa por medio del teorema de Pitágoras en coordenadas cartesianas como:

$$(x - x_c)^2 + (y - y_c)^2 = r^2$$

Ecuación 0-1

Se utiliza esta ecuación para calcular la posición de los puntos de una circunferencia pasando a lo largo del eje de las  $x$  en pasos anteriores de  $x_c - r$  a  $x_c + r$  y calcular los valores correspondientes de  $y$  de cada posición como:

$$y = y_c \pm \sqrt{r^2 - (x_c - x)^2}$$

Ecuación 0-2

Éste no es el mejor método para generar una circunferencia. Un problema con este planteamiento es que implica cálculos considerables en cada paso. Por otro lado, el espacio entre las posiciones de pixel trazadas no es uniforme. Se puede ajustar el espacio al intercambiar  $x$  y  $y$  (pasar por los valores de  $y$  y calcular los valores de  $x$ ) siempre que el valor absoluto de la pendiente de la circunferencia sea mayor que 1. Pero esto sólo incrementa el cálculo y el procesamiento que el algoritmo requiere.

Otra manera de eliminar el espacio irregular que se presenta, consiste en calcular los puntos a lo largo de la frontera circular utilizando las coordenadas polares  $r$  y  $\theta$ . Al expresar la ecuación de la circunferencia en forma polar paramétrica, se obtiene el par de ecuaciones.

$$x = x_c + r \cos \theta$$
$$y = y_c + r \sin \theta$$

Ecuación 0-3

Cuando un despliegue se genera con estas ecuaciones utilizando un tamaño de paso angular fijo, una circunferencia se traza con puntos equidistantes a lo largo de la misma. El tamaño de paso seleccionado para  $\theta$  depende de la aplicación, así como del dispositivo de despliegue. Las separaciones angulares más grandes a lo largo de la circunferencia se pueden unir con segmentos de línea recta a fin de aproximarse a la trayectoria circular. En el caso de una frontera más continua, se puede tomar el tamaño de paso como  $1/r$ . Esto hace que se tracen posiciones de píxel que están aproximadamente una unidad aparte.

Es posible reducir el cálculo al considerar la simetría de las circunferencias. La forma de la circunferencia es similar en cada cuadrante. Se puede generar la sección circular del segundo

cuadrante del plano de  $xy$  al notar que las dos secciones circulares son simétricas con respecto del eje de las  $y$ . Y las secciones circulares del tercero y cuarto cuadrantes se pueden obtener a partir de las secciones del primero u segundo cuadrantes al considerar la simetría en relación con el eje de las  $x$ . Se puede llevar esto un paso más adelante y señalar que también hay simetría entre octantes. Las secciones circulares en octantes adyacentes dentro de un cuadrante son simétricas con respecto de la línea a  $45^\circ$  que divide los dos octantes, en un sector de una octava parte de una circunferencia se diagrama en los siete puntos de la misma en los demás octantes del plano de  $xy$ . Al aprovechar la simetría de la circunferencia de esta manera, se puede generar todas las posiciones de pixel alrededor de una circunferencia, calculando sólo los puntos de  $x = 0$  a  $x = y$ .

Determinar las de pixel a lo largo de una circunferencia mediante la ecuación 1.4.7-1 o la 1.4.7-3 también requiere una cantidad considerable de tiempo de cálculo. La ecuación cartesiana 1.4.7-1 implica multiplicaciones y cálculos de raíces cuadradas, en tanto que las ecuaciones paramétricas contienen multiplicaciones y cálculos trigonométricos. Los algoritmos de circunferencia más efectivos se basan en el cálculo en incremento de los parámetros de decisión, como en el algoritmo de la línea de bresenham, que sólo implica operaciones simples de enteros.

El algoritmo de línea de Bresenham para despliegues de rastreo se adapta a la generación de circunferencias al establecer los parámetros de decisión para identificar el pixel más cercano a la circunferencia en cada paso del muestreo. Sin embargo la ecuación de circunferencia 1.4.7-1 es no lineal, de modo que las evaluaciones de la raíz cuadrada serían necesarias para calcular las distancias del pixel de la trayectoria circular. El algoritmo de línea de Bresenham evita estos cálculos de raíces cuadradas al comparar los cuadrados de las distancias de separación entre pixels.

### **Algoritmo de Punto Medio para la Circunferencia.**

Al igual que en el algoritmo de línea de rastreo, se efectúa un muestreo en intervalos unitarios determinando la posición del píxel mas cercano ala trayectoria especifica de la circunferencia en cada paso. Para un radio  $r$  determinar y una posición en pantalla  $(x_c, y_c)$ , se puede establecer primero el algoritmo para calcular las posiciones de píxel alrededor de una trayectoria circular centrada en el origen de coordenadas  $(0,0)$  así cada posición calculada  $(x,y)$  se mueve a su posición propia en la pantalla al sumar  $x_c$  a  $x$  y  $y_c$  a  $y$ , a lo largo de la posición circular de  $x=0$  a  $x=y$  en el primer cuadrante la pendiente de la curva varia entre 0 y -1. Las posiciones de los otros 7 octantes se obtienen por simetría. Para aplicar el método del punto medio, definimos una función de circunferencia como:

$$f_{\text{circunferencia}}(x, y) = x^2 + y^2 - r^2$$

Ecuación 0-4

Cualquier punto  $(x, y)$  en la frontera de la circunferencia con radio  $r$  satisface la ecuación  $f_{\text{circunferencia}}(x, y) = 0$ . Si el punto esta en el interior de la circunferencia la función de circunferencia es negativa; y si esta en el exterior, es positiva. Para resumir la posición relativa se puede determinar al verificar el signo de la función de la circunferencia.

$$f_{\text{circunferencia}}(x, y) \begin{cases} < 0, & \text{si } (x, y) \text{ ésta dentro de la frontera de la circunferencia.} \\ = 0, & \text{si } (x, y) \text{ ésta en la frontera de la circunferencia.} \\ > 0, & \text{si } (x, y) \text{ ésta fuera de la frontera de la circunferencia.} \end{cases}$$

Ecuación 0-5

Las pruebas de función de circunferencia de las condiciones 1.4.7-5 se realizan para las posibles medias para los píxeles cercanos a la trayectoria de la circunferencia en cada paso del muestreo. Así, la función de la circunferencia es el parámetro de decisión en el punto medio y se puede incrementar el cálculo para esta función.

El punto medio entre dos píxeles candidatos en la posición de muestreo  $x_k + 1$ , suponiendo que se acaba de trazar el píxel en  $x_k, y_k$  en seguida se necesita determinar si el píxel en la posición  $(x_k + 1, y_k)$  o aquel en la posición  $(x_k + 1, y_k - 1)$  esta mas cerca de la circunferencia. El parámetro de decisión es la función de circunferencia 1.4.7-4 evaluada en el punto medio entre estos píxeles.

$$p_k = f_{\text{circunferencia}}\left(x_k + 1, y_k - \frac{1}{2}\right)$$

Ecuación 0-6

$$= (x_k + 1)^2 + \left(y_k - \frac{1}{2}\right)^2 - r^2$$

Si  $p_k < 0$  este punto medio esta dentro de la circunferencia y el píxel en la línea de rastreo  $y_k$  Este más próximo a la frontera de la circunferencia. De otro modo, la posición media se localiza afuera de la frontera se la circunferencia en esta y se selecciona el píxel en la línea de rastreo  $y_k - 1$ .

Los parámetros de decisión sucesivos de obtienen al utilizar cálculos incrementales obtiene una expresión recursiva para el siguiente parámetro de decisión cuando se evalúa la función de la circunferencia en la posición de muestreo  $x_{k+1} = x_k + 2$ :

$$p_{k+1} = f_{\text{circunferencia}}\left(x_{k+1} + 1, y_{k+1} - \frac{1}{2}\right) \\ = \left[(x_k + 1) + 1\right]^2 + \left(y_{k+1} - \frac{1}{2}\right)^2 - r^2$$

O

$$p_{k+1} = p_k + 2(x_k + 1) + (y_{k+1}^2 - y_k^2) - (y_{k+1} - y_k) + 1$$

Ecuación 0-7

En la posición de inicio  $(0, r)$ , estos dos términos tienen los valores 0 y 2, en forma respectiva. Cada valor sucesivo se obtiene al sumar 2 al valor previo de  $2x$  y sustrayendo dos del valor previo  $2y$ .

El parámetro de decisión inicial se obtiene al evaluar la función de circunferencia en la posición de inicio  $(x_0, y_0) = (0, r)$ :

$$p_0 = f_{\text{circunferencia}}\left(1, r - \frac{1}{2}\right)$$

$$= 1 + \left(r - \frac{1}{2}\right)^2 - r^2$$

o

$$p_0 = \left(\frac{5}{4}\right) - r$$

Ecuación 0-8

Si el radio  $r$  se especifica como un entero, se puede redondear simplemente  $p_0$  a  $p_0 = 1 - r$  (para  $r$  como entero).

### Algoritmo de circunferencia de punto medio.

1.- Se capturan el radio  $r$  y el centro de la circunferencia  $(x_c, y_c)$  y se obtiene el primer punto de una circunferencia centrada en el origen como:

$$(x_0, y_0) = (0, r)$$

2.- Se calcula el valor inicial del parámetro de decisión como:

$$p_0 = \left(\frac{5}{4}\right) - r$$

3.- En cada  $x_k$  posición, al iniciar el  $k = 0$ , se realiza la prueba siguiente. Si  $p_k < 0$ , el siguiente punto a lo largo de la circunferencia centrada en  $(0,0)$  es  $(x_{k+1}, y_k)$  y

$$p_{k+1} = p_k + 2x_{k+1} + 1$$

De otro modo el siguiente punto a lo largo de la circunferencia es  $(x_k + 1, y_k - 1)$  y

$$p_{k+1} = p_k + 2x_{k+1} + 1 - 2y_{k+1}$$

Donde  $2x_{k+1} = 2x_k + 2$  y  $2y_{k+1} = 2y_k - 2$ .

4.- Se determinan puntos de simetría en los siguientes siete octantes.

5.- Se mueve cada posición de píxel calculada  $(x, y)$  a la trayectoria centrada en  $(x_c, y_c)$  y se trazan los valores de las coordenadas:

$$x = x + x_c \quad y = y + y_c$$

6.- Se repiten los pasos 3 a 5 hasta que  $x \geq y$ .

---

---

# Capítulo

# 2

---

## Panorama General de la Tecnología Gráfica.

### Resumen.

*En este capítulo se presentan un panorama general de la tecnología gráfica, para ubicar al lector en el campo general de este trabajo. Además, se proporciona una amplia explicación de los términos aplicados. Otros aspectos que aquí se abordan son: historia de los gráficos, desarrollos de los gráficos y aplicaciones de los gráficos por computadora, a fin de dar un panorama general al lector.*

### Objetivos del Capítulo.

- Conocer los Antecedentes más Relevantes de los Gráficos por Computadora.
- Proporcionar el Conocimiento General de los Gráficos por Computadora.
- Mostrar los Alcances y Desarrollos de los Gráficos por Computadora.
- Ubicar al Lector en el Dominio del Tema a Desarrollar.

## 2.1 Antecedentes de los Gráficos por Computadora.

Los primeros gráficos, imágenes o dibujos creados por computadora a mediados de los 60 fueron producto de los trazadores de gráficos. Estos instrumentos dibujaban el diseño realizado con la computadora en hojas de papel con trazos lineales de un solo color. Esto fue así hasta que un miembro del Laboratorio Lincoln del Massachusetts Institute of Technology (MIT) tuvo la brillante idea de conectar la computadora a un tubo de rayos catódicos (CTR) abriendo el campo a las posibilidades reales de la Animación por computadora. Así fue como Iván Sutherland creó su programa “Sketchpad”, el primer programa de gráficos por computadora interactivo considerado el padre de los gráficos por computadora. Sin embargo, incluso cuando estos dibujos eran aún de un solo color, líneas bidimensionales creadoras de imágenes relativamente sencillas parecidas a las de los primeros radares, no pasó mucho tiempo hasta que la capacidad de este nuevo medio atrajera la atención de los científicos que querían representar visualmente todo tipo de escenas e imágenes. En la actividad del año 1970 se desarrolló en los Estados Unidos y Canadá. Alimentada en gran medida por la competitividad de las grandes cadenas de televisión norteamericanas, la animación por computadora y sus resultados se convirtieron en un medio excelente al servicio de las cadenas para presentar sus logotipos en las promociones en directo y sus anuncios de promoción.

Cuando a principios de 1980 volvió a renacer el interés de la animación por computadora, se utilizaron otros sistemas Links 1, diseñado por Koichi Omura, de la Universidad de Osaka, Este sistema funciona de un modo distinto al resto: se trata de un sistema de “procesamiento paralelo” que conecta un gran número de computadoras pequeñas y baratas y distribuye la carga de trabajo entre ellas para que cada una pueda progresar simultáneamente en una pequeña porción de la imagen.

Algunos otros programas que se utilizaron fueron Picaso, de John Vince, Digital Pictures, de Gran Bretaña, CAL video graphics y los franceses de INA y Sogitec ayudaron a los artistas a concentrarse en el diseño y el movimiento de los objetos y a integrar sus imágenes generados por computadora con otros medios.

### 2.1.1 Algunos eventos destacados durante los años 80

Durante la época de 1980 y 1990 la animación por computadora sufre una revolución impresionante que culmina en algunas de las películas y efectos que se pueden ver en la actualidad. Varios hechos importantes de los años de 1980, son en primer lugar la aparición de Tron y la llegada de John Lasseter a Lucas film. Tron, producida por Disney, es la primera película que incorpora efectos digitales generados por computadora, necesarios para presentar todo el entorno digital. Resultó toda una sorpresa y una revolución y aunque sus efectos pueden ser vistos actualmente como pequeños ensayos sin ella no se tendrían algunas de las producciones actuales.

La llegada de John Lasseter a Lucas film implica que empieza a trabajar en la creación de la animación por computadora, la fundación de Pixar y, tras su compra por parte de Steve Jobs, la aparición de sus primeros cortos. En 1986 el corto Luxo Jr. es nominado al Oscar que,

aunque sólo cuenta la historia de una pequeña lámpara jugando con un balón, resulta toda una declaración de intenciones por parte de la compañía y la promesa de las grandes cosas que estarían por llegar.

Durante los años de 1980 muchas películas empiezan a incorporar efectos digitales, ya sean personajes animados como en “¿Quién engañó a Roger Rabbit?” o Morphing (que permitía la transición de una imagen a otra añadiendo los fotogramas necesarios para presentarla de forma continua, sin saltos) como en “Willow” pero es en los años de 1990 donde todo eclosiona y no sólo Pixar empieza a dedicarse a ello. La compañía, mientras sigue desarrollando cortometrajes, llega a un acuerdo con Disney para producir 3 largometrajes, incluyendo la primera película desarrollada completamente con Animación 3D por computadora, Toy Story que llegaría en 1995 y que le reportaría a Lasseter un premio de la academia por todas las técnicas usadas en su elaboración. Toy Story significó un nuevo estadio dentro de este complejo proceso y llevó a otras empresas a animarse a desarrollar más películas dentro de este importante campo. Entre ellas destacaremos la empresa fundada por Steven Spielberg, Katzenberg y Geffen: DreamWorks S.K.G. La pelea entre ambas compañías estaba servida y así llegaron Antz, Bichos, Monstruos S.A, Toy Story 2, Shrek y Nemo; cada una mejor que la anterior.

**2.2 Historia de los Gráficos.**

<b>HISTORIA</b>		
<b>AÑO</b>	<b>PERSONAJE</b>	<b>DESARROLLO</b>
1640	A. Kircher	Desde 1640, año de la invención de la linterna mágica, hasta el anterior año citado, se empleó habitualmente este aparato de proyección, cuya sencilla construcción facilitó su difusión. Esta máquina fue útil en el terreno propiamente científico, ya que permitía el examen público y simultáneo de diferentes imágenes microscópicas.
1824	P. Mark Roget	Esta "imperfección" (persistencia de la visión) permite retener las imágenes en el momento de percibir las, y que el ojo las vaya hilando para crear la ilusión de movimiento. El proyector de cine pasa los fotogramas con tal rapidez, que no se puede detectar el cambio de uno a otro. Si se observa la secuencia fotográfica de una película, se encontraría que se compone de un fotograma, una pequeña línea negra y otro fotograma. Entre estas imágenes sólo se registra una pequeña modificación, porque una cámara de cine toma 24 fotos por segundo.
1832.	William Lincoln	<b>“Zootropo”</b> Consiste en un cilindro móvil de metal con ranuras verticales. A través de ellas se miraban los dibujos que estaban montados dentro del cilindro. Los dibujos eran de un mismo cuerpo u objeto y estaban elaborados en posiciones consecutivas, al hacer girar el cilindro con suficiente rapidez se daba la sensación de estar en movimiento.  Si bien para la invención del cine el zootropo como otros inventos fueron importantes, estos aparatos son la base para crear la animación de caricaturas que se conoce ahora.

**Tabla 0-1 Historia de los Gráficos.**

<b>HISTORIA</b>		
<b>AÑO</b>	<b>PERSONAJE</b>	<b>DESARROLLO</b>
1864	E. Reynaud	<p>“Praxinoscopio” y “Kinetografo</p> <p>Mediante la superposición en la retina de diferentes imágenes colocadas en el tambor del praxinoscopio, y que se ven reflejadas a través de la ventana de la caja, se aprecian diferentes figuras en movimiento sobre distintos paisajes. Este efecto se consigue el girar rápidamente el tambor y observar a través de la ventana mencionada.</p>
1889	George Pasman	“Fabricación de Película Fotográfica Comercial
1895	Louis y Auguste Lumiere	<p>“Cinematógrafo”</p> <p>Técnica que permite registrar y reproducir fotográficamente el movimiento. Las cámaras cinematográficas toman 24 imágenes por segundo, frecuencia suficiente para asegurar una definición de la imagen y una continuidad de movimiento perfectas.</p>
1906	J.Stuart Blackton	“Humorous Phase of Funny Faces.”
1914	Winsor McCay	<p>El inventor del Dibujo Animado</p> <p>Creó un estilo de Animación que para su época sobrepasa la genialidad. Además fue el primero en crear un corto de Animación periodística (el hundimiento del Lusitania), en la que debió colorear y redibujar los fondos en cada fotograma, consistente en 25 mil dibujos hechos a mano.</p>

**Tabla 0-2 Continuación Historia de los Gráficos.**

HISTORIA		
AÑO	PERSONAJE	DESARROLLO
1927	Warner Brothers	<p>“El cantante de Jazz”</p> <p>El musical estadounidense forma parte imprescindible de la historia del cine. Basta recordar que fue la primer película.</p>
1928	Steamboat Willie	<p>“<b>Walter Disney</b>” y por <b>Ub Iwerks</b>, figura en la historia de la animación como el primer corto de dibujos que tuvo sonido sincronizado. Aquí debutó el ratón Mickey, y desde este momento tanto su nombre como el de su productor se hicieron sinónimos de <i>cartoon</i>.</p>
1940	Ferdinand Braun	<p>En una industria cuyo desarrollo es tan rápido, resulta sorprendente que la tecnología detrás de los monitores y televisores. El tubo de rayos catódicos, o CRT, fue desarrollado por un científico Alemán, en 1897 pero no se utilizó hasta la creación de los primeros televisores a fines de la década de 1940.</p>
1960	Ivan Sutherland	<p><b>Sistema Sketchpad</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>☒ Establece bases de los sistemas gráficos interactivos, utiliza teclado y lápiz óptico para dibujar, situar y seleccionar.</li> <li>☒ Informática gráfica aplicada al CAD.</li> <li>☒ Introducción de las computadoras en los procesos industriales (General Motors).</li> <li>☒ Desarrollo de máquinas de control numérico (NC).</li> </ul>
	Fetter y Bernhart	<p>Primera película “por Computadora”</p>

Tabla 0-3 Continuación Historia de los Gráficos

HISTORIA		
AÑO	PERSONAJE	DESARROLLO
Primeros Algoritmos de eliminación de caras ocultas.		
1972	General Electric	General Electric, bajo comisión de la armada norteamericana, desarrolla el primer simulador computarizado de vuelo. Los simuladores de vuelo serán un importante renglón de desarrollo para la Realidad Virtual.
1972	Juan Whitney, sr. y Charles Csuri	Uno de los experimentos más tempranos con la animación de personajes originada en computadora era Sr. <i>Computer Image ABC</i> creado en el año 1962 por Lee <i>Harrison III</i> con el sistema de <i>Scanimate</i> en <i>Computer Image Corporation</i> .
	Universidad de Utah	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sombreados Gouraud y Pong.</li> <li>• Z-Buffer.</li> <li>• Métodos de Antialiasing.</li> <li>• Animación Facial.</li> <li>• Mapeo de Texturas, etcétera.</li> </ul>
1977	George Lucas	ILM crean efectos especiales de Star Wars.
1982	James Clark	Fundó <i>Silicón Graphics</i> .
1989	Pixar	Primera Versión de <i>Renderman</i> .
	Univ, Cornell	Radiosidad.
	Univ. Berkley	Modelado <i>Splines</i> .

Tabla 0-4 Continuación Historia de los Gráficos.

HISTORIA		
AÑO	PERSONAJE	DESARROLLO
1985	Pixar	“Lujo Jr. ”, “Red Dreams ”, “Tin toy ”.
1991	ILM	“Terminador 2” Morphing.
1992	Batman Return	Animación de Bandadas.
1993		Jurasic Park. IK y Render Hiperrealista.
1993.		Anuncio del “Oso Polar” de Coca Cola en TV.
1995	Pixar	Toy Story.
1997	Pixar	Presenta <i>Geri’s Game</i> . Superficies Subdivisión (Univ.Washington).
1997		“Dragon Herat”, “Titanic”, “Mars Attacks”.
1997	NAMCO	“Soulblade”, Animación de Personajes.
1998	<i>Texas instruments</i>	Primer proyecto de cine digital.
1998	<i>Disney</i>	“A Bug’s Life”. Dreamworks “ANTZ”, “El Príncipe de Egipto”.
1999		Primeras películas en formato de cine digital. “La Amenaza Fantasma”, “Tarzan”.

**Tabla 0-5 Continuación Historia de los Gráficos.**

HISTORIA		
AÑO	PERSONAJE	DESARROLLO
1999	Pixar	Toy Story 2
2000	Sony	PlayStation II. “2 Millones Polígonos por frame”.
2001	Pixar	Monstruos. S.A. (Monsters Inc.).
2003	Pixar	Buscando a Nemo (Finding Nemo).
2004	Pixar	(The Incredibles).
2005	Pixar	Cars.
2006	Pixar	Ratatouille.

Tabla 0-6 Continuación Historia de los Gráficos.

### 2.3 Aplicaciones de los Gráficos por Computadora.

Actualmente diversos campos científicos y técnicos se benefician por los gráficos por computadora, por ejemplo proyecto SRTM (Shuttle Radar Topography Mission), que permite obtener mapas tridimensionales de una resolución extraordinaria. De forma similar a la fotografía aérea, NASA (National Aeronautics and Space Administration) ha obtenido numerosas vistas tridimensionales de fotografías de la Tierra obtenidas desde satélites, así como también de otros planetas de nuestro Sistema Solar.

Las extraordinarias imágenes estéreo de la superficie de Marte obtenidas por la sonda Pathfinder de la NASA son otro ejemplo de aplicaciones para el estudio de otros planetas. La toma de imágenes en estéreo no solo sirvió para ver la superficie de Marte en 3D, sino para calcular distancias y tamaños de las rocas y conducir con más seguridad el vehículo.

Una poderosa herramienta para diseño y visualización de prototipos, por ejemplo en la industria automovilística. Chrysler, Ford, Opel, Renault, Volvo y otros fabricantes ya usan estas técnicas, con un importante ahorro en tiempo y dinero durante el desarrollo. Los más importantes paquetes y estaciones de diseño por computadora, como IBM, HP, DEC, Sun o

Silicon Graphics, Stereographic o VRex. Utilizan diferente software para el desarrollo de gráficos por computadora.

No es una novedad que lupas y microscopios de precisión cuentan con visión estéreo desde hace tiempo. Firmas como Zeiss u Olympus disponen de diversos modelos según las aplicaciones. Si a un microscopio estéreo se le conectan dos cámaras de vídeo, se puede ofrecer una presentación 3D en un monitor o pantalla grande de vídeo, así como grabar las imágenes 3D.

En el campo de la microcirugía ofrece grandes posibilidades. Zeiss cuenta ya con sistemas de microcirugía tridimensional, como el MediLive 3D, del que ya existen referencias sobre sus ventajas aplicado a la oftalmología. También VRex cuenta con un sistema de microcirugía orientado a la endodoncia. Estos sistemas usan un multiplexor para entrelazar las imágenes izquierda y derecha, y la visualización tridimensional se consigue con gafas de cristal líquido.

Una ventaja de este sistema es que todo el equipo quirúrgico puede observar en una gran pantalla y en 3D una intervención. Además las imágenes tridimensionales pueden grabarse en un vídeo convencional para estudiarlas posteriormente o emplearlas en la docencia.

En la enseñanza tiene evidentes aplicaciones en la visualización de muestras y en la creación de programas multimedia de anatomía virtual.

También se usa para visualizar imágenes o modelos del interior del cuerpo humano, bien artificiales, bien generados a partir de imágenes reales obtenidas por medio de TAC (Tomografía Asistida por Computador) o RMN (Resonancia Magnética Nuclear). Técnicas como la radiografía estereoscópica permiten situar claramente cuerpos extraños o anomalías en el interior del paciente.

La técnica denominada Realidad Virtual básicamente es una interacción usuario-Computadora en la que se generan las imágenes estereoscópicas en tiempo real, introduciendo al espectador en un escenario 3D artificial. Por citar algunas, se encuentran las siguientes aplicaciones:

- En arquitectura, donde la Realidad Virtual permite navegar por el interior de un edificio antes de que se construya.
- En arqueología, permite recrear edificios y ciudades de viejas civilizaciones, o ayudar en la restauración de monumentos (algunos ejemplos en Silicon Graphics).
- En medicina, es posible simular intervenciones quirúrgicas o navegar por el interior del cuerpo humano para planificar operaciones o en la enseñanza. Los sistemas llamados "Realidad Aumentada" superponen a una imagen real otra generada por Computadora. Esto permite que el cirujano vea sobre la zona de intervención una imagen sintética tridimensional, con indicaciones precisas en un punto de interés especial. Puede ser de gran ayuda en operaciones delicadas, como por ejemplo en el cerebro.
- En la industria automovilística, es posible situarse al volante de un automóvil antes de fabricarlo.
- En la industria aerospacial, en simuladores de vuelo de aviones o para simular entornos de naves espaciales u operaciones en el espacio.

## 2.4 Desarrollo de la Tecnología de Gráficos.

Breve historia de la informática gráfica y la repercusión que ha ido teniendo en los diferentes campos en los que se aplica.

Uno de estos campos, quizás el de más repercusión social es el de la industria cinematográfica y creo justo comenzar esta exposición por sus verdaderos inicios, las primeras producciones.



**Imagen 0-1 A Trip to the Moon**  
George Méliés.

En las primeras décadas del 1900, cobraron especial interés las ahora míticas películas del ilusionista francés George Méliés. Su manejo de la perspectiva y sus trucos con espejos convertían a sus películas en obras maestras. *Indian Rubber Head* (1901), *A Trip to the Moon* (1902) y *The Dancing Midget* (1902), imagen 2.4-1 usaba gran cantidad de efectos visuales que aun hoy no se siguen utilizando.

Durante este tiempo se fueron perfeccionando las técnicas de montaje y efectos especiales mediante óptica. Uno de los grandes logros fue el montaje en negativos y mediante mates de imágenes. Esta técnica se utilizó en películas como *The Great Train Robbery* (1903) *The Motorist* (1906).



**Imagen 0-2 A The Lost World** Willis O'brian.



**Imagen 0-3 Metropolis** Fritz Lang.

En la década de los años 20 las cosas comenzaron a cambiar. Una nueva técnica de animación, obra de Willis O'brian, denominada Stop-Motion asombraba a los espectadores por su gran realismo.

El Stop-Motion consiste fotografiar un objeto (marioneta, vehículos...) en diferentes posiciones consecutivas, para luego montarlas en la misma tira de negativo.

Basada en el principio básico de la persistencia visual, conseguía resultados más que notables para aquella época. Willis utilizó esta técnica en la película *The Lost World* (1925) imagen 2.4.2 en la que “enormes” dinosaurios parecían haber vuelto a la vida.

Otro avance significativo es el que se pudo ver en la película *Metropolis*, del director *Fritz Lang* imagen 2.4-3. Denominado como *Schüfftan Process* se conseguían mediante la perspectiva la ilusión de tamaño y distancia. Es decir, en la toma de la gran ciudad, que acompaña a estas líneas, el primer edificio y el último eran prácticamente del mismo tamaño y la distancia entre ellos era de apenas unos palmos.

En los años 30 y 40 las grandes superproducciones cinematográficas norteamericanas ya daban la vuelta al mundo. El dinero se movía a raudales entre los florecientes estudios de Hollywood. Fue la época de *King Kong* (1933) y *Gone with the Wind* (1939) en las que se siguieron utilizando las técnicas de los años 20 con alguna que otra modificación imagen 2.4-4.



**Imagen 0-4 King Kong  
Willis O'brian.**

A principios de los años 50, como ya se comentó, comenzaron a construirse las primeras computadoras, cuyos usuarios eran las universidades y el ejército. Sin embargo, algunos artistas como *John Whitney*, *Stan Vanderbeck* o *Maichel Noll* ya se fijaron en esta tecnología como medio de expresión artística.

En 1951, *General Motors* comienza a pensar en la computadora como herramienta para el diseño industrial. Años más tarde, en el año de 1959, presentan el *DAC-1*, un prototipo de sistema *CAD*.



**Imagen 0-5 Semi-  
Automatic Ground  
Machina.**

En 1955 el potencial económico cedido a los militares, debido a la situación post-bélica y de guerra fría que atraviesa el país, propicia que varias universidades desarrollen material para el ejército. Uno de los aparatos construidos más relevantes fue el *SAGE* (*Semi Automatic Ground Machine*) imagen 2.4-5.

Creado en el *MIT*, este sistema posicionaba en pantalla a los aviones detectados por medio de un radar y daba información detallada sobre ellos.

En el año 1957, la Computadora *IBM 740-780*, comenzó a utilizar pantallas con tecnología *CRT* (tubo de rayos catódicos). El mismo año se forma, la agencia *ARPA*.

*Paúl Casteljau* realiza un estudio sobre una de las bases de los gráficos 3D, los polinomios de aproximación. Casteljau fue el descubridor de las curvas de *Bézier*, un método mediante el cual se controla la forma de las curvas en base a aproximaciones sucesivas. Hoy en día, las curvas de *Bézier* se utilizan, entre otras cosas, para el modelado de superficies complejas de vehículos, personajes y control de animaciones. Sin embargo, estas curvas deben su nombre a *Pierre Bézier*, ingeniero de *Renault* que las redescubrió posteriormente sin tener la menor noticia de *Casteljau*.



**Imagen 0-6 War of the Worlds.**

En el ámbito cinematográfico, se inventó una nueva técnica denominada *Blue Screen*. Esta consistía en la filmación de actores u objetos frente a un fondo azul, verde o rojo que después era eliminado para componer la figura sobre la película. Algunas de las películas más relevantes de la década son; *Destination Moon* (1950), *War of the Worlds* (1953) o *Forbidden Planet* (1956), hicieron uso de esta técnica imagen 2.4-6.



**Imagen 0-7 Iván Sutherland manejando SAGE.**

En los años de **1960**, el joven estudiante del MIT, Iván *Sutherland*, revolucionó el sector dando solución a muchos de los problemas relacionados con esta tecnología. En 1961 creó el *Sketchpad*, imagen 2.4-7 un programa de dibujo bidimensional que utilizaba como interfaz humana un lápiz óptico. El sistema era capaz de realizar sencillas figuras geométricas con la simple colocación de la punta del puntero sobre la pantalla. No había que preocuparse de que las líneas entre vértices salieran lo suficientemente rectas, el propio programa unía los puntos que se habían marcado de manera perfecta.

Otra de las cualidades más ventajosas del programa era la capacidad de escalado de las figuras generadas. De este modo y sobre el modelo de un coche por ejemplo, era posible aumentar el tamaño del chasis sin modificar el de las ruedas y viceversa.

También en 1961 otro vértice de esta floreciente tecnología comenzó a dar sus primeros gateos. Se llamó *Spacewars* y fue el primer video juego de la historia su creador, Steve Russell, alumno del MIT igual que el anterior, vendió miles de copias y curiosamente este programa era usado por los desarrolladores de *hardware* para probar sus productos.

Un par de años más tarde, en el año de 1963, *E.E. Zajac* científico de los laboratorios de telefonía Bell creó la película “*Simulation of a two-giro gravity attitude control system*” En ella se demostraba como la variación en la altitud de un satélite podía variar su órbita. Como se puede suponer, este tipo de simulaciones de bajo coste tardarían poco en convertirse en un estándar. Paralelamente en *BLT*, *Ken Knowlton*, *Frank Sindon* y *Michael Noll* crearon una simulación denominada “*Force, Mass and Motion*” que ilustraba las leyes del movimiento de Newton. De igual modo, en *Lawrence Radiation Laboratory*, *Nelson Max* creó “*Flow of a viscous fluid*” y “*Propagation of shock waves in solid form*”. Por otra parte *Boeing Aircraft* creó “*Vibration of an Aircraft*”.

Durante estos años, la creación y desarrollo de los sistemas *CADAM* (*Computer-Aided Design and Manufacturing*) o diseño y manufacturación asistidos por computador, permitió que sus usuarios pudieran optimizar y gestionar de manera más eficiente, los procesos relativos a la manufacturación. Empresas como *Boeing Aerospace*, *General Motors*, *IBM* o *General Electric* formaron profesionales para el desarrollo de este tipo de aplicaciones.

IBM, viendo el inmenso mercado que se estaba generando, lanzó su *IBM 2250 imagen 2.4-8*, la primera computadora comercial para tratamiento gráfico.

En la misma década se desarrollaron los primeros lenguajes de programación especializados en Animación; sin embargo, sus limitadas capacidades con respecto a la animación tradicional, y su modo de edición no interactivo, los hicieron poco atractivos para los artistas del medio.



**Imagen 0-8 IBM 2250.**

*Ralph Baer*, ingeniero de *Sanders Associates*, desarrolló un nuevo videojuego llamado *Odissey imagen 2.4-9*.



**Imagen 0-9 Video Juego Odissey.**

En 1966, *Stutherland*, sin duda el primer gurú de esta tecnología, diseñó e implementó el primer casco con pantallas independientes para cada ojo. Este era conocido como la *espada de Damocles* por la cantidad de *hardware* necesario para su soporte. Gracias a él, el usuario podía contemplar las primeras imágenes estereoscópicas. Tras recibir su doctorado, *Sutherland*, fue contratado como director de procesamiento de información en *ARPA*. Años después se le podía encontrar dando clases en *Harvard*.

Otra personalidad ilustre de la década fue *David Evans*. Ingeniero en nómina de *Bendix's Corporation* hasta 1962, debió pensar que aquello era poco creativo para su bulliciosa mente y decidió dar el salto a la docencia. Profesor de *Berkeley* durante cinco años, se interesó en la relación de las computadoras con las personas. Fue el precursor de las interfaces gráficas amigables.

En el año 1967 *Evans* reclutó a *Shuterland*. Esto propició que la Universidad de Utah se convirtiera en lugar de peregrinación de empresas de sector en busca de consejo. Sin embargo, tal unión de titanes propició un hecho sin precedentes hasta el momento, las máquinas disponibles por aquel entonces se les habían quedado pequeñas.

En los últimos suspiros de la década, casi en 1970, otro alumno aventajado se iba a unir al, ya de por sí, espectacular reparto de la Universidad de Utah. Su nombre: *Edwin Catmull imagen 2.4-10*. Su logro: dejar boquiabierto a *Shuterland* con la Animación de una mano que se abría y se cerraba. Este joven de amplias miras creció admirando las producciones de Disney, pero con el lápiz no era capaz de hacer ni la nariz de *Mickey Mouse*. No desalentado por esta falta de talento, e impulsado por una mente despierta, vio en las computadoras un camino posible para desarrollar su creatividad. Por supuesto, pasó a formar parte de la revolución.



**Imagen 0-10 Edwin Catmull.**

La Universidad de Utah ya no era destino exclusivo de científicos. Así acogió en sus clases a gente como *John Warnock*, fundador de *Adobe Systems* y desarrollador del *PostScript*. *Tom Stockham* que trabajó para el *Computer Graphics Lab*. O *Jim Clark* el fundador de *Silicon Graphics, inc*. Con semejante plantilla no es de extrañar que uno de los mayores avances en la tecnología de representación de objetos tridimensionales saliera de allí: La determinación de las superficies ocultas de un objeto.



**Imagen 0-11 Animac.**

La década de los años de **1970** se convirtió en la popularización de la tecnología. A su comienzo la *Codmpeter Image Corporation* ya tenía desarrollado el *software* para la creación, adaptación y difusión de imagen sintética en televisión. *Animac*, *Scanimate* y *Caesar*, *imagen 2.4-11* y *2.4-12* trabajaban sobre Imágenes escaneadas que estiraban, encogían rotaban y movían a través de la pantalla *Bell Telephones* y la *CBS* hicieron uso de estos programas para sus anuncios y retransmisiones televisivas.



**Imagen 0-12 Scanimate.**

El apartado del 3D, la representación realista de objetos seguía trayendo cabeza a los técnicos de la época. El ocultar la naturaleza poligonal de las figuras no era tarea fácil, y el *Flat shading* utilizado no ayudaba en absoluto a dicha tarea. En 1971, *Henri Gouraud* implemento un algoritmo que suavizaba la superficie de los objetos interpolando los colores de las superficies de las caras de los mismos. Dicho algoritmo llevaría su apellido y es todavía utilizado. *Imagen 2.4-13*.



**Imagen 0-13 Ejemplo de sombreado Gouraud.**

En el mismo año, otro de los avances más representativos en la historia de los gráficos por computador fue finalmente desarrollado: El microprocesador utilizando circuitos integrados en un solo chip al fin fue posible la creación de los denominados *desktop computers* o computadoras de sobremesa, utilizados para uso personal. El primero en ver la luz fue el *Altair 8800* (como curiosidad, *Altair* es el nombre de un planeta de la serie de televisión *StarTrek*) de la compañía *Micro Instrumentation Telemetry System (MITS)*.



**Imagen 0-14** Videojuego Pong.

También en el mismo año, *Nolan Kay BushBushnell* formó *Atari* en compañía de un amigo. Entre los dos programarían el primer videojuego arcade: *Pong imagen 2.4-14*.

En esta década, se crearon las primeras empresas dedicadas íntegramente al mundo de la Animación. En California la denominada *Triple I (Information International Incorporated)*. En este estado y casi a la par, *George Lucas* formó *Lucasfilm*. En Los Angeles, *Robert Abel & Associates* y *Digital Effects*. En Nueva York *MAGI* y en Londres, como única representación europea y sentado precedente sobre como sería la distribución de esta industria en el futuro, unos pocos aventajados formaron *System Simulation, Ltd.*

En 1973, con un aumento creciente de los profesionales del sector, se inauguró la primera conferencia del *ACM/SIGGRAPH (Association of Computing Machinery's/Special Interest Groups on Computer Graphics)*. En ella, 1200 personas se hacinaron en un pequeño auditorio, donde mostraron, comentaron y debatieron las últimas novedades del sector. Actualmente esta conferencia sigue ofreciendo una cita anual.

En 1974, *Ed. Catmull* volvería a sacudir el sector con un nuevo sistema de representación tridimensional. Su tesis Doctoral, titulada "*Texture Mapping, Z- Buffer and renderig curved surfaces*" mostraba como aplicar imágenes 2D a una malla tridimensional para darle una apariencia más realista. El algoritmo *Z-Buffer* ayuda al proceso de determinación de superficies ocultas manteniendo en una zona de la memoria el valor de la profundidad (o componente *z*) de cada píxel de la imagen. En la actualidad este sistema se sigue utilizando y es común encontrarlo implementado en hardware.

El mismo año, *Phong Bui-Toung* programador en la Universidad de Utah, desarrolló otro sistema de sombreado que vendría a complementar el anteriormente citado *Gouraud*. El sombreado *Pong imagen 2.4-15*, se basa también en la interpolación de colores de las superficies de las caras poligonales, pero añade brillo especular y sombreado suavizado.

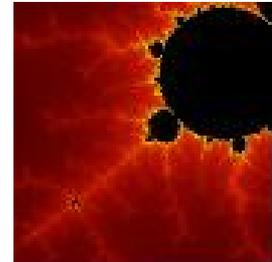


**Imagen 0-15** Sombreado Pong.

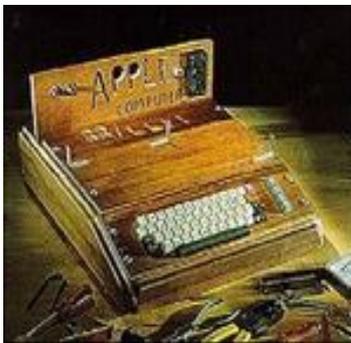
La desventaja de este algoritmo era su lentitud, 100 veces más que el *Gouraud*. Desdichadamente, *Phong* falleció el año siguiente de cáncer.

A finales del año 74, *Alexander Schure* formaría la institución que rápidamente encabezaría el desarrollo de los gráficos por computadora. *New York Institute of Technology (NYIT)*.

En 1975, cuando hablar de 2D y 3D se hacía normal en el medio, el matemático francés *Frank Mandelbrot* apareció para dar una nueva vuelta de rosca a la teoría de las Gráficas por Computadora. Su estudio sobre la *Teoría de los Fractales imagen2.4-16*, no dejó indiferente a nadie. Propuso una nueva dimensión, la 1.5D. El estudio de fractales y su aplicación a los gráficos 3D permite, entre otras, cosas generar montañas, olas de mar o partículas.



**Imagen 0-16 Fractal Mandelbro.**



**Imagen 0-17 El primer Apple.**

También en 1975, *Steve Jobs* y *Steve Wozniak*, tras una conferencia en la que entusiastas de lo tecnológico comentaban la posibilidad de realizar su propia computadora partiendo del *Altair 8800*, crearon la primera Computadora *Apple imagen 2.4-17*. Desarrollado y construido en el garaje de uno de ellos, fue puesto a la venta por \$666,66. Actualmente, el 95% de los retocadores fotográficos utilizan máquinas Apple para sus creaciones.

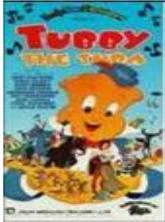
El ahora multimillonario *Bill Gates imagen 2.4-18*, conocido en su casa como *Williams Gates III*, iba a hacer su primera “jugada” en el mundo de las Computadoras. Con 19 años a sus espaldas, y tras ser expulsado de *Harvard*, decidió montar *Microsoft* en compañía de su buen amigo *Paul Allen*. Entre los dos escribieron la primera versión del *BASIC* para el *Altair 8800* y la pusieron a la venta. Milagrosamente, IBM supo de la existencia de esta empresa, y cinco años después les encargaría el desarrollo de un sistema operativo para una nueva Computadora que pretendían sacar al mercado.



**Imagen 0-18 William Gates.**

El señor Bill Gates, en un alarde de imaginación y buenas maneras, recordó la existencia de otro sistema operativo desarrollado por *Seattle Computer Products*, el 86-DOS, para los procesadores de la gama Intel 8080. \$50, unas cuantas modificaciones y una patente a su nombre dieron forma al nuevo sistema, llamado a partir de entonces DOS. Actualmente, Microsoft genera 4 billones de dólares anuales, dominando el mercado de las Computadoras personales.

A estas alturas el *NYIT* tenía en plantilla a más de 60 empleados y había terminado su primer programa comercial. *Catmull* fue el director del proyecto y su pasión por el mundo de los dibujos animados le llevó a crear el primer programa especializado en Animación tradicional. Una herramienta de este programa, *TWEEN*, generaba automáticamente los dibujos necesarios para un movimiento fluido entre dos imágenes clave dibujadas a mano. Otra de las herramientas era *scan-and-paint*, la cual permitía escanear un dibujo realizado a mano, para después ser coloreado en la Computadora. Esta herramienta sería después adquirida por las industrias *Disney* para sus películas.

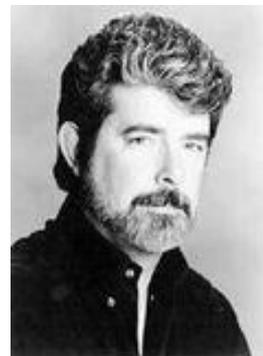


**Imagen 0-19**  
**Tubby the**  
**Tuba.**

Otro de los proyectos del *NYIT*, esta vez en el campo de las 3D, fue la creación de una película bajo guión de *Lance Williams*. “*The Works*”, se convirtió en la apuesta más importante durante los siguientes dos años. Transcurridos estos, lo único que habían conseguido era la desesperación más absoluta. Se habían dado cuenta de no basta un enorme grupo de ingenieros especializados para hacer una película. En realidad, no sabían como crearla, no sabían de narración, ni de lenguaje cinematográfico. Este percance propició que muchos abandonaran el *NYIT*.

*Alex Schure*, decidió salir del embrollo con la creación de otra película, esta vez realizada mediante animación tradicional, que se llamó *Tuddy The Tuba* imagen 2.4-19. Esta, según palabras de *Catmull*, fue un absoluto fracaso que hizo que la gente se levantara de sus asientos y abandonase el cine.

El percance del *NYIT* sirvió para que *George Lucas* imagen 2.4-20, conociendo el porqué de tal fracaso y tras el abrumador éxito de “*La Guerra de las Galaxias*”, decidiera que, con su experiencia, él si sería capaz de sacar partido a las 3D en su próxima película. Contacto con la *Triple I* y les solicitó la creación de una escena para ver las posibilidades que esta tecnología le podía ofrecer. Estos crearon una secuencia de cinco *X-Wing* volando en formación. *Lucas* quedó asombrado, sobre todo al ver la factura. En “*El Imperio contraataca*” las naves seguirían siendo de cartón piedra.



**Imagen 0-20 George**  
**Lucas.**



**Imagen 0-21 Fotograma.**

Sin embargo, lo que había visto en *Triple I*, le hizo comprender que la utilización de imágenes fotorrealistas en 3D para el mercado audiovisual era algo que iba a llegar en breve.

Para cubrir este emergente campo, creó un departamento exclusivo dentro *Lucasfilms*. 20 años después *Lucasfilms*, y su delegación especializada en efectos especiales imagen 2.4-21, *Industrial Light and Magic (ILM)*, han sido nominados a 20 premios de la academia, ganando 12 Oscars, 5 premios por innovación tecnológica y 2 Emmys.



Imagen 0-22 Fotograma de un Alién.

Otra empresa que se interesó por la creación de imágenes digitales para cine fue la londinense *Systems Simulation Ltd.*, la cual en 1976 generó por computadora el terreno sobre el que aterrizaba la nave de un *Alién* imagen 2.4-22.

Al mismo año, apareció un nuevo sistema de texturización con James Blinn como creador. Bump mapping. Este algoritmo realiza rugosidades ficticias sobre la superficie de un objeto basándose en una imagen monocromática que se aplica de la misma forma que Catmull aplicaba las texturas. Esta técnica ha supuesto un gran avance en el sector de la imagen fotorrealista, ya que los objetos del mundo real raramente son perfectamente lisos.

A James Blinn descubre la invención del *environment mapping*, proceso por el cual se renderizan seis imágenes (superior, inferior, izq., der., frontal y trasera) de un objeto para luego aplicárselas como textura, haciendo que este parezca que refleja su entorno.

A finales de 1980, *Steven Lisberger*, animador tradicional y *Daniel Kuser*, abogado, decidieron hacer una película sobre un mundo fantástico dentro de un videojuego. Con esta idea se pasearon por las más importantes productoras cinematográficas de Los Ángeles sin demasiado éxito, hasta que un joven productor de Disney, *Tom Wilhite*, se fijó en ellos.

La película se llamó *TRON* y contaba con 30min de imágenes Generadas por Computadora, que tuvieron que ser repartidas entre varios estudios de los Gráficos por Computadora (*Triple I*, *MAGI*, *NYIT*, *Digital effects* y *Robert & Abel Associated*) para su renderizado. Aunque la calidad final de *TRON* fue más que sobresaliente, no tuvo demasiada aceptación por el público y se convirtió en un sonado fracaso comercial en el sector. *Disney* perdió del orden de 20 millones de dólares.

También en 1980 *Carl Rosendahl* creó *PDI (Pacific Data Images)*, estudio especializado en animación para televisión.

En agosto de 1981, *IBM* lanzó su primera computadora personal de sobremesa, el *IBM-PC*. Con un microprocesador *Intel 8088* y el *DOS* del señor *Bill Gates* corriendo en sus entrañas, se situó como primero de ventas en el sector.

En 1982, nació otra de las grandes compañías de IG. *Silicon Graphics Inc.* ofrecía las más avanzadas computadoras para manejo de gráficos 2D y 3D. Sus procesadores RISC y las arquitecturas multiprocesador brindaban una versatilidad y productividad hasta ahora desconocida. En 1983 crearon su primer sistema cerrado y compacto para manejo de gráficos 3D, el *IRIS 1000*.

En 1982, *Lucasfilm* creó una unión comercial con *Atari*. Su objetivo era crear una compañía que unificara la industria cinematográfica con la de los videojuegos. Su primera aventura fue crear el juego de la película *Indiana Jones en busca del arca perdida*. Mas adelante desarrollarían muchos más como *PHM*, *Pegasus*, *Koronis Rift*, *Labyrinth*, *Ballblazer*, o *Habitat* (primer juego multijugador online que aun conserva club de fans y adeptos en Japón).

También en 1982, *John Walker* y *Dan Draka* formaron *Autodesk Inc.* Esta empresa se especializó en la programación de aplicaciones de diseño asistido cuyo buque insignia fue y sigue siendo el *AUTOCAD*.

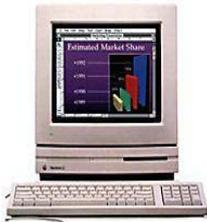
En la cita anual de *SIGGRAPH* de ese año, *Tom Brigham* dejó a todo el mundo absorto al enseñar una secuencia de una mujer que se transformaba en una libélula. La técnica que había desarrollado se conoce como *Morphing* y ha sido muy utilizada en la industria visual desde entonces. *Lucasfilm* utilizaría esta técnica en la película “*Willow*”, en 1987.

En 1983, *Lucasfilm* contribuiría de nuevo al mundo con la IG con la creación de un holograma de la estrella muerta en su nueva película, *el Retorno del Jedi*. El departamento gráfico de *Lucasfilm* también realizaba producciones para otras compañías. Ése mismo año, se les solicitó la creación de efectos especiales para la película *Star Trek: The Wrath of Kahn*. El más relevante fue la creación de un planeta “vivo” en forma de enorme masa viscosa. A este efecto le llamaron *Genesis* y fue renderizado con *REYES*.

En 1984, *AT&T* formó *Electronic Photography and Imaging Center (EPIC)* destinado a crear productos videográficos. En los siguientes años, desarrollarían el adaptador de video *TARGA* que permitiría trabajar a 32-bit de color a los PC. *EPIC* También estandarizó el sistema gráfico *TGA* que podía contener imágenes con esa profundidad de color. Igualmente en 1984 nació en Santa Bárbara, California, una nueva compañía llamaba *Wavefront*. Su objetivo fue desarrollar *software* 3D que funcionase en diversas máquinas con diversos sistemas operativos y ofreciendo una interfaz gráfica para no programadores.

En el mismo año, *Cindy Goral*, *Don Grenberg* y otros ingenieros y programadores de la Universidad de Cornell, publicaron un artículo llamado *Modeling the Interaction of Light Between Diffuse Surfaces* que recogía las explicaciones y formulas de un nuevo algoritmo de iluminación denominado *Radiosidad*. Este venia a subsanar un problema con la iluminación que se usaba en la IG hasta ese momento, derivado de la naturaleza incidental de la luces 3D. La radiosidad tenía en cuenta, además de la iluminación que incide directamente en las superficies de los objetos, la luz rebotada de la superficie de los mismos. Este método actúa como lo hace la luz en la naturaleza y sus resultados son realmente asombrosos, sin embrago, al igual que sucedió con el *Raytracing*, sus necesidades de calculo eran monstruosas. Incluso hoy se tiene que simular la Radiosidad por el mismo motivo.

En enero de 1984, *Apple Computers* sacó al mercado su primera computadora *Macintosh imagen 2.4-23*. Fue el primero en incluir una interfaz gráfica en su sistema operativo. Estaba basado en un microprocesador *Motorola*, y disponía de una disquetera, 128 K de RAM, un monitor de 9” y ratón.



**Imagen 0-23**  
**Apple-Macintosh.**

En 1985, se estandarizó el primer *Compact Disc Read Only Memory*(*CD-ROM*) bajo norma ISO. El mismo año, *Commodore* lanzó la computadora personal *Amiga* que ofrecía unas posibilidades tanto gráficas como sonoras más que notables, además de compatibilidad, a nivel de *hardware* con el *IBM-PC*. *Amiga* usaba un *Motorola 68000* y tenía su propio sistema operativo.

*Softimage*, otra de las grandes, empresas fue fundada en 1986 por *Daniel Langlois*. Al igual que *Wavefront*, su intención era crear software 3D de alta calidad para empresas del sector. En 1988 presentaron la primera versión de su *software* en el SIGGRAPH y rápidamente se convirtió en estándar de producción tridimensional en Europa con más de 1000 instalaciones en 1993.



**Imagen 0-24**  
**Waldo.**

Por aquel entonces, Jim Henson, afamado creador de muñecos con innumerables productos en TV y cine, contactó con Brad De Graf que trabajaba para Digital Productions con la idea de crear una marioneta digital. Esta se llamó Waldo y reproducía en pantalla un esqueleto que copiaba los movimientos de una marioneta del mundo real *imagen 2.4-24*.

La captura de movimientos acabada de nacer. En la actualidad la captura de movimientos es un recurso muy extendido, ya que permite la importación de movimientos casi perfectos al *software* sin tener que crearlos de la nada. El mundo del videojuego es una de los campos donde está más extendida esta practica, siendo incluso reclamo publicitario en algunos casos como los *FIFA* de *EA Sports* donde los movimientos de los futbolistas del juego están capturado de las estrellas del momento.

En 1986 el mercado de las Computadoras personales estaba en pleno apogeo. *Crystal Graphics* puso a la venta *TOPAS*, uno de los primeros programas de Animación 3D de alta calidad para computadoras personales. *Electric Images* vendía paquetes de software para máquinas SGI y Apple *Macintosh*. En California, una nueva compañía, *Octree Software*, vendría a sumarse a las desarrolladoras de *software* 3D. Posteriormente cambio su nombre a *Caligari*. Esta compañía es la responsable del programa *Truespace*, que basa su estrategia comercial en un bajo coste y grandes posibilidades.

La justicia norteamericana tomó buena cuenta de las posibilidades y los beneficios que podía aportar la tecnología 3D. Nació así la conocida como *Animación forense*, en la que se reconstruyen por medio de imágenes 3D los hechos de los casos que lo necesiten.

En la actualidad, este tipo de animación goza de muy buena salud, y los medios que utilizan son comparables a los de una productora cinematográfica. Entre sus equipos encontraríamos estaciones de trabajo *Silicon Graphics*, *Alias/Wavefront* como *software* y utilidades CAD.

En el mismo año, 1986, *Disney* hizo uso de tecnología 3D por primera vez para su película *The Great Mouse Detective* imagen 2.4-25. En esta producción compusieron dibujos realizados a mano con imágenes digitales. Como el experimento les quedó bastante bien, crearon un departamento exclusivo de Animación 3D. Sus aportaciones se pueden ver en *La sirenita*, *Los rescatadores*, *La bella y la Bestia*, *Aladin*, *El rey León* o *Tarzan*.



Imagen 0-25 Fotograma *The Great mouse Detective*.

Mientras tanto en *Lucasfilm* se gestaba una pequeña rebelión. La división de gráficos estaba un poco cansada de tener que hacer siempre “pequeños” trabajos para las superproducciones de Lucas, y querían dar un paso adelante para meterse de lleno en la creación de una película completamente generada en 3D. De hecho, según declaraciones de Catmull, Lucas sabía que su compañía empezaba a abarcar un campo demasiado amplio.

Cuando le propusieron a este que la división gráfica se separará para crear un estudio independiente, él aceptó. En 1986 nació PIXAR con Catmull como presidente, Alvy Ray como vicepresidente y Steve Jobs como director y máximo accionista. Aunque independientes, ambas compañías firmaron un acuerdo de cooperación tecnológica.

Dos años más tarde, PIXAR terminó de programar RENDERMAN, el estándar actual de renderizado cinematográfico. Los archivos que interpreta, contienen toda la información necesaria para su renderizado: Luces, objetos, animaciones, shaders, texturas. Renderman funciona tanto en PC como en Mac como en SGI, y los programas de 3D actuales suelen incorporar un módulo de exportación a formato RENDERMAN.

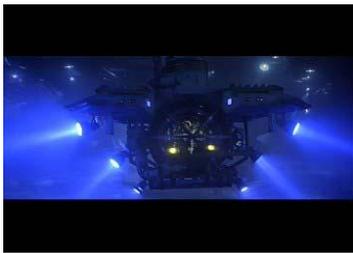
En 1988 Steve Jobs dejó su cargo como Director y Catmull ocupó su lugar. *Charles Kolstad* fue nombrado presidente. *Lucasfilms*, sin embargo, mantuvo una especie de departamento de IG para sus propias producciones al que llamó *Industrial Light and Magic (ILM)*, pero que también funcionaba como empresa de *outsourcing* de efectos especiales para otras compañías.

En el SIGGRAPH de 1988, *Brad De GRaf* junto con *Michael Wahrman* mostraron una cabeza virtual que era capaz de interactuar con los integrantes de la sala. *Mike, The talking head* utilizaba diversos controles sonoros y visuales.



**Imagen 0-26 Fotograma de TinToy.**

El 29 de Marzo de 1989, Pixar iba a comenzar a hacer historia al ganar el primer Oscar otorgado a una producción animada de este tipo. Tin Toy imagen 2.4-26, dirigida por John Lasseter, contaba en 5 escasos minutos las peripecias de un soldadito de metal que huye desesperadamente de las garras de un baboso y escandaloso bebe.



**Imagen 0-27 Fotograma de la película Abyss.**

También en el 89, *James Cameron* dirigiría *Abyss*, una película de ambiente claustrofóbico, inspirada en *Alien*, que se desarrollaba en el interior de un submarino. El bicho en cuestión, era una especie de masa acuosa-viscosa bastante desagradable. El gran logro de esta película fue la ínter actuación de las imágenes 3D del bicho con los actores reales imagen 2.4-27.

Como dato curioso hay que reseñar que para la creación de los efectos especiales de esta película, el director recurrió a ILM y a PIXAR haciéndoles competir por el puesto que finalmente ILM consiguió.

En mayo de 1990, *Microsoft* sacó a la venta *Windows 3.0*. Sistema operativo para computadoras PC y compatibles, disponía de una interfaz gráfica al estilo de los *Apple Macintosh*.

En el mismo año, *Autodesk* lanzó su primer programa de Animación 3D, *3D studio*. Con los años se convertiría en el estándar para computadoras PC y en la actualidad tiene especial repercusión en el mundo de los videojuegos por su política de software abierto.

En 1991, *Disney* y *PIXAR* anunciaron su intención de crear el primer largometraje completamente animado en 3D (*Toy Story*).

*Terminator 2* sentó las bases de los nuevos efectos especiales digitales. Las escenas en las que un robot de metal líquido se deshacía, explotaba, era disparado o atravesaba barrotos dejaron a todo el mundo sorprendido por su extremada calidad e integración con los entornos reales de la película imagen 2.4-28. Un nuevo campo de posibilidades se abría para la creación de efectos que de otro modo serían imposibles de conseguir.



**Imagen 0-28 “Terminator 2”.**



Imagen 0-29 "Beauty and the beast".

El mismo año, Disney terminó *La bella y la Bestia* imagen 2.4-29. Película de animación tradicional contenía sin embargo personajes y escenarios generados en 3D. La película ha pasado a la historia de la IG por una espectacular secuencia en la que los personajes protagonistas bailan en un inmenso salón generado enteramente en 3D. El más importante es la unificación de la tecnología 3D con la estética de los dibujos animados convencionales.

En Abril, *ILM* formó unión comercial y de recursos con *SGI*. *JEDI* (*Joint Environment for Digital Imaging*) permitía a *ILM* disponer del más avanzado hardware de *SGI* y a esta última tenía un medio real donde probar sus productos. *PDI* también se sumó a la nueva vertiente cinematográfica creando un departamento de óptica digital para la realización de efectos especiales. Son responsables de algunos efectos especiales para las películas *Terminator 2*, *Batman Returns*, o *The Babe*. En la actualidad, *PDI* está especializada en el enmascaramiento de los cables que sujetan a los actores mediante la copia automática de píxeles del fondo y su posicionamiento sobre dichos cables.



Imagen 0-30 Ultra64 de Nintendo.

La época de las fusiones comerciales involucró a *Nintendo* imagen 2.4-30, (gran compañía de videojuegos que en sus inicios hacía juegos de cartas) con *Silicon Graphics, Inc.* para el desarrollo de una nueva consola de videojuegos de 64-bit. Con el nombre de *Project Reality*, *Nintendo* creó la más avanzada máquina de entretenimiento doméstico hasta la fecha. Salió al mercado con el nombre de *Ultra64* y su aceptación fue inferior a la esperada. Su política de mantener los juegos en cartuchos en lugar de en CD hacía que estos fueran mucho más caros que los que ofrecía su inmediata competidora, la *Sony PlayStation*.

El director de cine *Steven Spielberg* imagen 2.4-31, entabló conversaciones con *Michael Crichton* para llevar a la gran pantalla el último libro de *Jurassic Park*. El planteamiento inicial de esta película distaba mucho de lo que finalmente pudimos ver en el cine. En un primer momento se pensó en hacer los dinosaurios mediante maquetas articuladas y animarlos mediante *Stop-motion* para después componerlos con los escenarios y los actores.



Imagen 0-31 Steven Spielberg.

Steven Spielberg, convencido de que aquella historia daría buen juego, descartó el sistema de animación elegido y contactó con *ILM* para realizar una serie de pruebas mediante dinosaurios 3D. El resultado fue espectacular. Para el modelado de los dinosaurios utilizó *Alias power animator* y *Softimage software* para la animación.

La película *Jurassic Park* imagen 2.4-32, fue un rotundo éxito y para muchos, es una de las producciones más relevantes y mejor conseguidas de la historia cinematográfica 3D. ILM ganó otro Oscar por su aportación a la película en 1994.

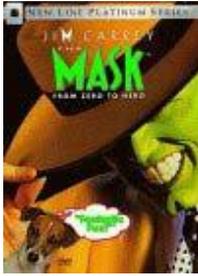


**Imagen 0-32 Jurassic Park. Steven Spielberg.**

En el verano de 1994 las salas se llenaron de producciones que contaban con efectos digitales. Por ejemplo *Forrest Gump* imagen 2.4-33, en la que los artistas ILM consiguieron realizar determinados efectos fotorrealistas que eran inapreciables. Esa es una de las grandes ventajas de la tremenda evolución en este campo digital. La posibilidad de realizar efectos que no parezcan tales pero que están presentes y son, en la mayoría de los casos, vitales para el desarrollo de la película. El saludo al presidente *Kennedy* es una de las tomas más representativas de la película. Ganó 6 Oscar de la Academia.



**Imagen 0-33 Forrest Gump.**



**Imagen 0-34**  
**The Mask.**

Otra gran producción de ILM fue *The Mask* con Jim Carrey como protagonista. En esta película, los efectos especiales permitieron crear extravagantes personalidades a todo aquel que osara ponerse la máscara en cuestión *imagen 2.4-34*. En otra toma, se creó una gigantesca pistola al más puro estilo de los dibujos animados. Esta película fue nominada a un Oscar por sus efectos especiales y a un antioscar por la elección del señor Carrey.

Otras producciones relevantes de 1994 fueron *The Flintstones* (ILM), *The Lion King* (Disney), *Timecop* (VIFX), *The Shadow* (R/Greenberg Associates) y *True Lies* (Digital Domain). *Mainframe Entertainment's* creó *Reboot*, la primera serie completamente animada 100% en 3D para televisión.

En 1995, SGI adquirió *Alias* y *Wavefront*, formando la compañía: *Alias/Wavefront*.

Este año, la industria cinematográfica produjo joyas como *Toy Story imagen 2.4-35* (Disney, Pixar) el primer largometraje realizado íntegramente en imagen 3D. Al fin los deseos de los integrantes del antiguo departamento de ILM se habían cumplido.



**Imagen 0-35** Toy Story, Disney Pixar.

En las películas *Judge Dredd* (Kleiser-Walzack Construction Company) y *Batman Forever* (Warner Bros) se pudieron ver por primera vez dobles digitales de los actores para las escenas más peligrosas.

Steven Spielberg, Jeffrey Katzenberg y David Geffen formaron *Dreamworks SKG*. Compañía polivalente que hace de las veces de productora, distribuidora de medios audiovisuales, y estudio de efectos digitales.



**Imagen 0-36 Fotograma Dragon Herat.**

En 1996, ILM con *DragonHeart imagen2.4-36*, mostró un mundo de dragones y caballeros como nunca antes se había visto. La herramienta desarrollada por ILM para realizar tal maravilla se llama 'Caricature' o 'Cari'. Con ella el doblador, nada más y nada menos que *Sean Conery*, debía colocarse unos sensores en la cara para que sus movimientos faciales fueran transmitidos directamente a la malla tridimensional del Dragón.

Otra producción de ILM, *Twister*, mostraba enormes tornados digitales que arrasaban todo lo que encontraban a su paso. Se utilizó *Alias/Wavefront* para la creación de los sistemas de partículas necesarios.

*Warner Bros.* puso a sus dibujos animados de toda la vida, a jugar al baloncesto con *Michael Jordan* en la película *Space Jam* y propuso un futuro apocalíptico, con edificios emblemáticos incluidos, en *Independence Day*.

En 1997, *George Lucas* se preparó concienzudamente el camino para el desarrollo de los tres primeros episodios de la guerra de las galaxias, remasterizando digitalmente, añadiendo escenas y volviendo a poner en circulación los episodios cuatro, cinco y seis.

*Digital Domain*, la compañía de *James Cameron*, ganó un Oscar de la academia por los efectos especiales de *Titanic*. Entre otras cosas, se pudo comprobar los giros y torsiones que puede realizar el cuerpo humano cuando cae por la cubierta de un barco con 90° de inclinación.

En 1998, *Blue Sky/VIFX*, gana un Oscar por su cortometraje *Bunny imagen 2.4-37*. En este se utilizó una técnica mixta de iluminación consistente en el renderizado por radiación de los escenarios y mediante *raytracing* para el personaje. Esta compañía es la responsable de la maravilla de película *Ice Age* que se estrenó recientemente.



**Imagen 0-37 Fotograma de Bunny.**

---

---

En Marzo de 1999, Pixar ganó otro premio de la academia, esta vez con el corto *Geri's Game* (1998) imagen 2.4-38. En este se utilizó por primera vez la técnica de superficies de subdivisión.



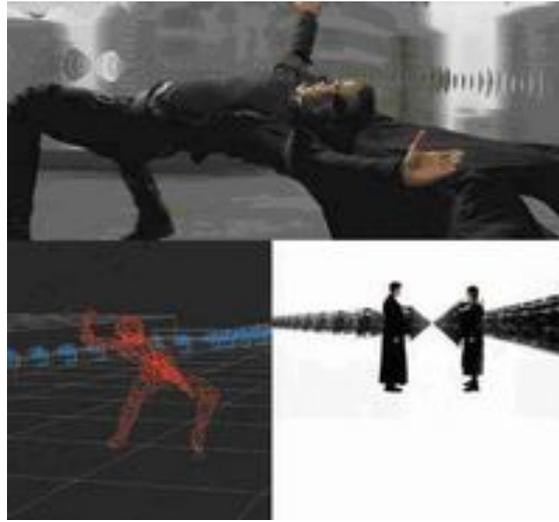
**Imagen 0-38 Geri's Game.**

A *Bug's Life* (Pixar) y *Antz* imagen 2.4-44 (PDI) fueron otras dos películas animadas en el 98, en 1999 fue fenomenal para la industria de los efectos especiales como para la de animación. *The Phantom Menace* que contiene alrededor de 2000 tomas digitales creadas por ILM. Entre las herramientas utilizadas para su creación se puede encontrar software comercial como: *PowerAnimator*, *Maya*, *Softimage 3D*, *Comotion*, *FormZ*, *Electric Image*, *Photoshop*, *After Effects*, *Mojo*, *Matador*, y *RenderMan*. Y software de creación propia como *Caricature*, *Isclupt*, *ViewPaint*, *Irender*, *Ishade*, *CompTime* y *Fred*. Otras producciones ILM fueron *The Mummy* imagen 2.4-39, *The Haunting* y *Wild Wild West*.



**Imagen 0-39 Fotograma de The Mummy.**

*Manex Visual Effects*, compañía, fue la encargada de recrear en la gran pantalla algunos de los efectos más espectaculares vistos hasta entonces. El *Bullet-Time* es uno de los efectos más impactantes de la película. Se sitúan una serie de cámaras que rodean al actor mientras realiza una determinada acción, estas cámaras graban independiente la secuencia con una gran velocidad de obturación, de este modo disponían de aproximadamente 120 imágenes por segundo, esto permite esa rotación tan espectacular *imagen 2.4-40*.



**Imagen 0-40 Fotogramas de Matriz.**

En año 2001, se creó una nueva categoría de Oscar, el de mejor película de animación.

Las nominadas para aquel año fueron: *final fantasy: toy story*, *star wars*, *the spirits within*, *jimmy neutron: boy genius*, *marco polo: return to xanadu*, *monsters, inc.*, *Antz*, *osmosis jones*, *the prince of light*, *shrek imagen 2.4-45*, *the trumpet of the swan*, y *waking life*.



**Imagen 0-41 Fotograma Era del Hielo.**



**Imagen 0-42 Fotograma de Toy Story 2.**



**Imagen 0-43 Fotograma de Star Wars Episode 1.**



**Imagen 0-44 Fotograma de Antz.**



**Imagen 0-45 Fotograma de Shrek.**



**Imagen 0-46 Fotograma de Final Fantasy.**



**Imagen 0-47 Fotograma de El Quinto Elemento.**

Al día de hoy, es difícil imaginar que depara el futuro. En el ámbito científico, la tecnología seguiría evolucionando y ofreciendo mayor potencia, precisión y calidad gráfica en tiempo real.

En lo referente al ámbito cinematográfico y de entretenimiento, los niveles a los que pueden llegar las imágenes generadas en 3D, podrían llegar a plantear cuestiones éticas y morales que, sin duda, serán un problema a resolver. La posibilidad de reproducir actores fallecidos, o crear video montajes con personajes relevantes.

---

---

## 2.5 Desarrolladores de Gráficos.

La evolución de las tecnologías gráficas, tanto en lo relativo a los programas (software) como a las máquinas (hardware), permite que haya últimas novedades en la creación de objetos 3D, escenas 3D y texturas que pueden utilizar fotografías como referencia básica para recrear la geometría y los materiales; dentro de estas nuevas gamas de compañías se pueden destacar unas de las más importantes que atenido cierta relevancia dentro de los últimos años.

<a href="#">Pixar Animation Studios</a>	Los creadores de <i>Buzz</i> , <i>Woody and Nemo</i> .
<a href="#">PDI/Dreamworks</a>	Los creadores " <i>Shrek</i> ".
<a href="#">Industrial Light and Magic</a>	Los creadores efectos especiales para " <i>Star Wars</i> ".
<a href="#">Digital Domain</a>	Creado " <i>Tightrope</i> " and effects for " <i>Titanic</i> " and " <i>The Fifth Element</i> ".
<a href="#">Rhythm &amp; Hues</a>	Los Angeles, Calif., USA.
<a href="#">Blue Sky Studios</a>	Los creadores " <i>Bunny</i> ".
<a href="#">Mainframe Entertainment</a>	Los creadores " <i>ReBoot</i> " and " <i>Gulliver's Travels</i> ".
<a href="#">Sony Imageworks</a>	Los creadores " <i>Stuart Little</i> ," and " <i>Spiderman</i> ".
<a href="#">Electronic Arts</a>	Los creadores " <i>Medal of Honor</i> " and " <i>FIFA Soccer 2004</i> ".
<a href="#">Kleiser-Walczak</a>	Efectos especiales para " <i>Stargate</i> " and " <i>X-Men</i> ".
<a href="#">Square</a>	Los creadores para serie "Final Fantasy".
<a href="#">Digital Anvil</a>	<i>Microsoft game studio</i> .
<a href="#">Oddworld Inhabitants</a>	Los Creadores de " <i>Oddworld</i> ".
<a href="#">Polygon Pictures</a>	Uno de los estudios más novedosos en Tokio.
<a href="#">Acclaim Entertainment</a>	Los creadores <i>many cool games</i> .
<a href="#">Buff Compagnie</a>	Efectos especiales para " <i>The City of Lost Children</i> ".
<a href="#">Will Vinton Studios</a>	<i>Very cool commercials, claymation pioneers</i> .
<a href="#">Westwood Studios</a>	Los creadores de " <i>Tiberian Sun</i> " and " <i>Red Alert 2</i> ".
<a href="#">Midway Home Entertainment</a>	Projects include " <i>Ready 2 Rumble</i> " and " <i>Gauntlet Legends</i> ".
<a href="#">Walt Disney Feature Animation</a>	Los creadores de la animación clásica " <i>Jungle Book</i> ".

Son estas algunas de las empresas más importantes del mundo en el desarrollo de gráficos y contenidos multimedia. Las empresas desarrollan gráficos por computadora, siendo ésta una de las principales actividades de las mismas. Últimamente, se ha notado un incremento grande en el número de películas CG. Además de las grandes producciones que estas empresas han realizado, y otros estudios grandes han lanzando al mercado características CG (Dreamworks, Sony Imageworks por nombrar a unos cuantos). Pero también se ha notado algunas instalaciones más pequeñas aproximándose (si bien con alguna asistencia de alguna compañía grande).

---

---

## 2.6 Sistemas para la Generación de Gráficos.

**3D Studio Max:** Es una aplicación basada en el entorno Windows que permite iniciarse en el mundo de la animación tridimensional, para video juegos y multimedia crear tanto modelado como animaciones en tres dimensiones a partir de una serie de vistas o visores. La utilización de 3D Studio Máx permite al usuario la fácil visualización y representación de los modelos, así como su exportación en otros formatos distintos del que utiliza el propio programa., para el beneficio de infinidad de ámbitos: arquitectura, publicidad, televisión y video, cine, artes escénicas, desarrollo de juegos, ámbito legal, ingeniería, desarrollos multimedia, aplicaciones científicas y generación de gráficos para Internet [6].

**Blender:** Es un programa multiplataforma de diseño gratuito de código abierto, realiza una amplia serie de tareas relacionadas con los gráficos en tres dimensiones. Se podría decir que es un completo paquete integrado, y conformado por un potente modelador, un versátil sistema de animación, un eficaz generador y aplicador de texturas Otra característica a destacar es la versatilidad y potencia del programa sin ningún plugin adicional, nurbs, metaballs, beizers, mesh, m-meshes, un pequeño video editor, curvas de movimiento, partículas, orientado a objetos[6].

**Cinema 4D:** Es una herramienta que permite modelar, visualizar y realizar animaciones profesionales de máxima calidad, de forma muy rápida. El programa dispone de un potente modelador y de una amplia gama de funciones y efectos especiales para la presentación de proyectos de Arquitectura e Ingeniería, el diseño en 3D a cualquier nivel, la Animación fotorrealista, la simulación científica, el desarrollo de entornos virtuales y la realización de efectos especiales para el cine y la televisión.

Cinema 4D está basado en nuevos y exclusivos algoritmos de cálculo que le dotan de una incomparable velocidad de renderizado, y que unidos a un intuitivo sistema de modelado, convierten al programa en una herramienta de muy alto rendimiento.

Cinema 4D le permite realizar, mediante imágenes fotorrealistas y animaciones, convincentes presentaciones virtuales de sus diseños y proyectos.

Puede crear objetos en movimiento, enlazados unos con otros como, por ejemplo, la hoja de una puerta.

**Lightwave:** Es la más completa y flexible herramienta de gráficos y Animación en 3D. Es suficientemente versátil para realizar transiciones entre cualquier tipo de proyectos. Probado durante años en televisión, cine y juegos, LightWave 3D también es usado para crear gráficos para imprenta, Web, diseño industrial, arquitectura, y medicina. Lightwave anima en tiempo real los personajes u objetos. El usuario puede ver en tiempo real cómo se mueve un logotipo o cómo camina un personaje. Para ver a ese logotipo o a ese personaje con texturas, luces, escenografías, sombras, reflejos y demás añadidos, sí requiere realizar render que integre todos los elementos de la Animación [6].

---

---

**Maya:** Es un software de modelado 3D especialmente diseñado para la Animación, de personajes y la creación de efectos especiales. Integra las capacidades de modelaje, Animación, efectos visuales, y renders más avanzados de la industria, dentro de una solución con un flujo de trabajo refinado. Es la aplicación de 3D más completa para la producción de gráficos de calidad profesional en un computador de escritorio o estaciones de trabajo gráficas. Ya sea si usted es un artista 3D experimentado o desea iniciarse en este campo, Maya le dará las herramientas necesarias para poder crear un gran impacto visual y diferenciarse de los demás.

---

---

# Capítulo

# 3

---

## Definición y Antecedentes de la Animación.

### Resumen.

*En este capítulo se da una breve historia sobre los principios de la Animación de como han transcurrido y mejorado a través del tiempo, así como también se hace mención sobre las técnicas clásicas de Animación utilizadas a principios de la Animación por computadora y hasta ahora.*

### Objetivos del Capítulo.

- Describir los Conceptos Básicos de la Animación.
  - Mostrar los Principios Básicos de la Animación.
  - Conocer las Técnicas de Animación por Computadora más Utilizadas.
  - Mencionar los Avances de la Animación y sus Nuevas Tendencias.
- 
-

### 3.1 Breve Historia de la Animación.

#### Conceptos básicos

Se puede definir a la animación por computadora como; la generación, almacenamiento y presentación de imágenes que en sucesión rápida producen sensación de movimiento.

La animación por computadora permite representar modelos que evolucionan a lo largo del tiempo (no solamente cambian su posición, sino quizá también su tamaño, color, iluminación, textura).

La Animación en tiempo real va generando los fotogramas a medida que son necesarios. La animación fotograma a fotograma calcula los fotogramas uno a uno y luego los muestra. A medida que las computadoras se hacen más rápidas, los algoritmos de generación de imágenes se hacen más complejos, por lo que probablemente siempre existan las dos. Según cual sea el origen de los fotogramas con respecto a la computadora, se distinguen:

La persistencia de la visión, es un principio establecido por el físico *Joseph Plateau* que consiste en una "imperfección" del ojo que provoca que la imagen se grabe en la retina durante una fracción de segundo después de que fue vista. Cuando la luz es intensa el proceso es mayor, por eso las salas de cine están a oscuras, la retina se adapta a la oscuridad y la luminosidad de la pantalla hace que la persistencia aumente.

La animación se origina por la persistencia de la visión de la retina, es decir, la propiedad del sistema ocular que permite la subsistencia de una imagen en la retina durante un breve instante de tiempo: sobre 0'25 seg. Y que si llega otra imagen, antes de que se desvanezca la primera, el cerebro las funde.

Este fenómeno permite que se fundan las imágenes y se puede generar la ilusión de movimiento

Una animación es un conjunto de imágenes estáticas (fotogramas), que emitidas a gran velocidad, se perciben en el cerebro como un movimiento continuo.

La velocidad de una animación se expresa en fotogramas por segundo (FPS) y es fundamental cuando se realizan animaciones para televisión o cine. Por ejemplo, la velocidad de fotogramas en el sistema PAL es de 25 FPS, en tanto que en el sistema NTSC es de 30 FPS. Cuando la Animación no tiene carácter profesional y el objetivo es exhibirla en una computadora, la velocidad se puede reducir.

Dicha velocidad determina la cantidad de fotogramas que tendrá la animación, por lo tanto incide directamente en el tiempo que demorará la renderización y en la memoria que consumirá el archivo una vez terminado el proceso.

### 3.2 Principios Básicos Animación.

Los 12 principios fueron creados en los años 30 por animadores en los estudios *Walt Disney*. Estas reglas básicas de animación se utilizaron para guiar las discusiones creativas y de producción y ayudaron a formar mejor, y más rápido, a los jóvenes animadores. Estos 12 principios también ayudaron a que el oficio de la animación pasará de ser algo novedoso a ser una forma de arte, y fueron aplicados inicialmente a los clásicos animados de Disney, como Blanca nieves, en 1937, Pinocho y Fantasía, en el 40, Dumbo, en el 41 y Bambi, en 1942.

#### ***Squash and Stretch* (Estirar y Encoger).**

Consiste en exagerar las deformaciones de los cuerpos flexibles, para lograr un efecto más cómico, o más dramático. La compresión y extensión se utiliza para deformar un objeto de manera que se haga evidente su grado de rigidez. Una característica importante de la compresión y extensión, es que independientemente de cómo un objeto se deforme, debería parecer que conserva su volumen.

Este principio puede ser también implementado en la Animación 3D con varias técnicas: piel y músculos, resortes, *morphing*, manipulación directa de la malla, También se puede experimentar con nuevas técnicas, algunas aún en desarrollo, como las simulaciones dinámicas con pesos (*weighting*) y nuevos sistemas de *IK* (Cinemática Inversa) imagen 3.2-1.

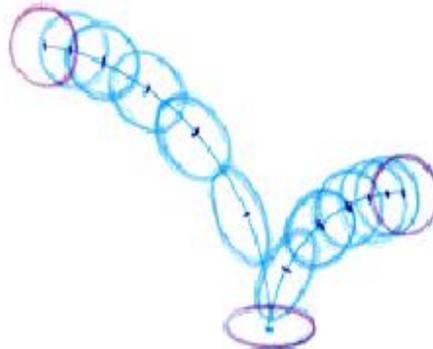


Imagen 0-1 Estirar y Encoger.

#### **Anticipación.**

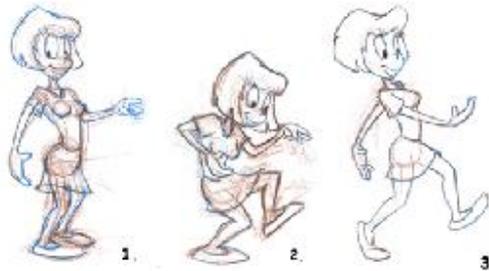
El principio de la anticipación ayuda a guiar la mirada del público al lugar donde está a punto de ocurrir la acción. Es ideal para 'anunciar la sorpresa'. Así, a mayor anticipación menor es la sorpresa, pero mayor el suspenso. En cuanto a la Animación 3D, se puede aumentar o disminuir la anticipación incluyendo retenciones de movimiento, y puede ser refinada con herramientas digitales de edición de tiempos, como editores de curvas, *timelines* o *time sheets*.

En la animación, la acción normalmente pasa por tres etapas: La preparación para el movimiento, el movimiento en sí mismo y la prolongación de la acción. A la primera parte se la conoce como Anticipación. En algunos casos la anticipación es necesaria físicamente.

La anticipación antecede los movimientos más importantes de una escena y en la mayoría de los casos es una acción opuesta a ese movimiento. Este principio se aplica en los movimientos de humanos, animales, objetos, efectos, gráficos y tipografías; en definitiva todo lo que se pueda animar, puede empezar con una anticipación *imagen 3.2-2*.

La anticipación tiene ciertos propósitos:

- ▲ Transmitirle a la audiencia y advertirle que algo va a ocurrir.
- ▲ Llamarle la atención al público para que observe la acción del personaje, objeto, efecto, etcétera.
- ▲ Ayuda a que el personaje no carezca de impulso.
- ▲ La mayoría de las veces la anticipación concuerda con la acción, es decir, una gran anticipación le antecede a un gran movimiento; una pequeña anticipación antecede un movimiento pequeño.



**Imagen 0-2Anticipación.**

### **Puesta en Escena.**

Con este principio traducimos las intenciones y el ambiente de la escena a posiciones y acciones específicas de los personajes. Poniendo en escena las posiciones claves de los personajes definiremos la naturaleza de la acción. Hay varias técnicas de puesta en escena para contar una historia visualmente, esconder o revelar el punto de interés, o las acciones en cadena, acción - reacción, son dos ejemplos.

El ojo humano, antes de distinguir detalles o colores, primero distingue la silueta o pose del personaje, por eso es importante dar una buena lectura de la silueta. Una forma común de checar que la silueta funciona es colorear al personaje de negro contra fondo blanco, en animación digital, se coloca al personaje contra un fondo blanco bien iluminado y elimina cualquier luz que pueda afectar la silueta.

La puesta en escena se esboza antes de la animación primaria y secundaria, y la animación facial. Los animatics 3D son la mejor herramienta para previsualizar esta puesta en escena, comprobando así que todo funciona. Además se pueden ayudar de técnicas cinemáticas contemporáneas, como la cámara lenta, el tiempo congelado, y el movimiento de cámara en los 3 ejes, o de cámara portátil.

El animador debe de buscar el dibujo ideal que cuente una historia por sí mismo y resuma eficazmente la esencia de la pose. Mediante el arte de la caricatura el artista tiene en su poder

la capacidad de eliminar todos los detalles que distraigan del tema principal del dibujo *imagen 3.2-3 y 3.2-4*.

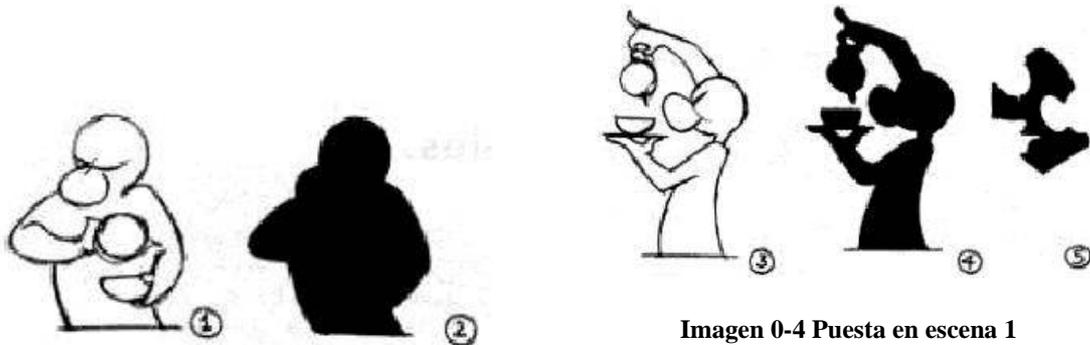


Imagen 0-3 Puesta en Escena

Imagen 0-4 Puesta en escena 1

### Acción Directa y de Pose a Pose.

Éstas son en realidad dos técnicas de animación diferentes. En la acción directa creamos una acción continua, paso a paso, hasta concluir una acción impredecible. La Animación Directa es uno de ellos, donde el animador dibuja o ajusta objetos un cuadro tras otro, ordenadamente.

Por ejemplo, el animador dibuja el primer cuadro de la animación, después el segundo, y así sucesivamente hasta que la secuencia está completa. De esta forma, hay un dibujo o imagen por cuadro que el animador ha preparado. Este procedimiento tiende a conseguir un acabado más creativo y fresco pero puede dar dificultades a la hora de controlar y ajustar el tiempo.

Acción pose a pose desglosamos los movimientos en series estructuradas de poses clave. Se crea mediante el dibujo y ajuste de poses clave y después el dibujo o creación de imágenes intermedias. Está es la técnica básica de claves mediante computadora de aproximarse a la animación. Es excelente para ajustar el timing y planear la animación a lo largo del tiempo. Primero se ajustan las poses clave, y después el movimiento intermedio se genera desde ellas. Es muy útil para un timing específico o cuando una acción debe ocurrir en un momento concreto.

La acción directa en el 3D sería la captura de movimiento, las simulaciones dinámicas, y la rotoscopía. Se pueden utilizar canales para mezclar inteligentemente los distintos tipos de movimiento, incluyendo keyframes y la captura de movimiento. Además, se pueden utilizar las curvas para editar de manera no lineal, y por separado, el movimiento de distintas partes del cuerpo.

### **Acción Continuada y Superpuesta.**

Estas dos técnicas ayudan a enriquecer y dar detalle a la acción. En ellas el movimiento continúa hasta finalizar su curso. En la acción continuada, la reacción del personaje después de una acción nos dice cómo se siente el personaje. En la acción superpuesta, movimientos múltiples se mezclan, se superponen, e influyen en la posición del personaje.

En la Animación 3D se utiliza mucho la acción continuada, por ejemplo en las simulaciones dinámicas de la ropa o el pelo. Las capas y canales en el software de Animación 3D permiten mezclar diferentes movimientos superpuestos de diferentes partes del personaje.

### **Entradas Lentas y Salidas Lentas.**

Con este principio se consigue un efecto gracioso al acelerar el centro de la acción, mientras que se hacen más lentos el principio y el final.

En la Animación 3D se puede obtener de una forma muy refinada con los editores de tiempo como las curvas. Si se utiliza captura de movimiento, se deberá recordar a los actores que hagan estas entradas y salidas lentas. En ocasiones también se utiliza el efecto contrario, sobretodo en anuncios o videos musicales, obteniendo un resultado surrealista, con entradas y salidas rápidas.

### **Arcos.**

En el mundo real, casi todas las acciones se mueven en un arco. Al animar, uno debe intentar conseguir trayectorias curvas en lugar de rectas. Es muy raro que un personaje o alguna parte de él, se mueva en línea recta. Incluso los movimientos más toscos del cuerpo cuando caminamos tienden a no ser perfectamente rectos. Cuando un brazo o una mano se extienden para alcanzar algo, tiende a moverse en un arco.

Al utilizar los arcos para animar los movimientos del personaje se esta dando una apariencia natural, ya que la mayoría de las criaturas vivientes se mueven en trayectorias curvas, nunca en líneas perfectamente rectas. Si no se utilizan estos arcos, se puede dar un toque siniestro, robótico, a la animación.

En el 3D, se utilizan los obligadores (*constraints*) para forzar que todo, o parte del movimiento, entre en trayectorias de arcos. Incluso la captura de movimiento se puede refinar con los editores de curvas, siempre que no sea editable.

### **Acción Secundaria.**

Este principio consiste en los pequeños movimientos que complementan a la acción dominante. Es causada como consecuencia del movimiento principal. La acción secundaria aporta interés y realismo a la animación. Debe ser realizada de manera que se note pero que no sobrepase a la acción principal.

En cuanto a la Animación 3D, se pueden utilizar simulaciones dinámicas y scripts para controlar mucha de la acción secundaria, y se pueden aprovechar las capas y los canales para crear diferentes movimientos secundarios, una capa para el pelo, otro para la ropa.

### **Timing.**

Es el momento preciso y el tiempo que tarda un personaje en realizar la acción, y que proporciona emoción e intención a la actuación. Las interrupciones de movimiento, las *motion holds*, son un fantástico recurso a la hora de contar historias.

La mayoría de herramientas de Animación 3D permiten refinar el timing con editores no lineales, recortando o añadiendo *frames*. También se puede controlar el timing utilizando distintas pistas para personajes distintos, y subpistas para las partes de los personajes, como cabeza, torso y brazos.

### **Exageración.**

Normalmente, la exageración ayuda a los personajes a reflejar la esencia de la acción. Una gran parte de esta exageración puede ser obtenida mediante el *Squash and Stretch*. La exageración se utiliza para acentuar una acción. Se debe utilizar de forma cuidadosa y equilibrada, no arbitrariamente. Hay que encontrar el objetivo deseado de una acción o secuencia y que partes necesitan ser exageradas. El resultado será que la acción parecerá más realista y entretenida.

En cuanto a la Animación 3D, permite utilizar técnicas procedurales, rangos de movimiento y *scripts*, para exagerar el movimiento. No solo se dispone de la actuación en sí para exagerar la acción, también permite emplear la cinematografía y la edición para aumentar la intensidad emocional de un momento.

### **Modelado y Esqueleto Sólidos.**

Un modelado y un sistema de esqueleto sólido, o un dibujo sólido como se decía en los años 30, ayudarán al personaje a cobrar vida. El peso, la profundidad y el balance simplificarán posibles complicaciones en la producción debidas a personajes pobremente modelados. Además, hay que poner atención a las siluetas al alinear los personajes con la cámara.

En referencia a la Animación 3D, se tiene que familiarizar con los esqueletos, y optimizarlos para personalidades y movimientos específicos de cada personaje.

### **Personalidad.**

La personalidad, o la apariencia, como se le llamó en un principio, facilitan una conexión emocional entre el personaje y el público. Se deben desarrollar personajes hasta darles una personalidad interesante, con un conjunto de deseos y necesidades claras que marquen su comportamiento y sus acciones.

La complejidad y la consistencia del movimiento son dos elementos de la personalidad de un personaje que se pueden desarrollar fácilmente en la Animación 3D. Se debe comenzar definiendo por escrito la personalidad del personaje, cómo se mueve, cómo reacciona ante distintas situaciones, cómo se relaciona y reacciona con otros personajes, Afinando la personalidad del personaje a través de las poses clave.

### **Algunos nuevos principios para la Animación 3D.**

#### **Estilo Visual.**

El estilo visual al hablar de 3D significa algo más que la apariencia de las cosas. Éste tiene también un gran impacto sobre el renderizado, las técnicas de animación, y sobretodo, la complejidad de la producción. Se debe desarrollar un estilo visual que sea adecuado a todos los niveles de la producción, modelado, animación, render. Cualquier detalle en el modelado o la textura de un personaje puede complicar mucho el proceso de animación.

#### **Combinar movimientos.**

Hoy en día es posible combinar movimientos de diferentes fuentes, y se debe buscar una aproximación entre animación realista y *cartoon*. Antes de comenzar la producción se debe definir un estilo claro de movimiento y animación dentro de una variedad de estilos: físicas, *cartoon*, movimiento humano realista y rotoscopia. Si se utiliza captura de movimiento se tiene que recordar a los actores que añadan intención a sus movimientos.

#### **Cinematografía.**

Ya que se dispone de un control absoluto sobre el movimiento y posición de la cámara, se tiene que hacer que la cinematografía sea un componente crucial de nuestra animación. Hay que poner mucha atención a la etapa de layout. Además, el trabajo de iluminación debe ser tratado con especial atención ya que éste tiene un enorme impacto en el sistema de render y el acabado final.

#### **Animación Facial**

La mayoría de los pensamientos y emociones de un personaje se reflejan en su cara. La Animación 3D ofrece más control que nunca sobre la Animación facial, así que se debe determinar el nivel de control facial y el estilo de animación adecuados para el personaje y la producción. Durante la preproducción se debe empezar a desarrollar el catálogo de *morphs* faciales, así como los ciclos de animación esenciales, como el de caminar. En la Animación de los ojos hay que poner una especial atención.

### 3.3 Técnicas Clásicas de la Animación.

Se puede considerar que una animación describe el cambio de una imagen a lo largo del tiempo, con el suficiente número de fotogramas por segundo para dar un efecto de continuidad. Existen diversas técnicas que intentan conseguir este objetivo. A grandes rasgos puede dividirlas en dos, las de Animación clásica y las de animación de síntesis por computadora. Esta última, a su vez, puede basarse en una representación 2D ó 3D de los objetos.

**La animación clásica** genera la secuencia de imágenes por métodos pictóricos, lo que se entiende por una imagen “dibujada”, formada por píxeles cuya coloración se asigna manualmente o semiautomática mente, por mecanismos sencillos guiados de forma manual (por ejemplo, sistemas de relleno automático). No emplea ningún tipo de síntesis para conseguir efectos de profundidad y perspectiva, si no que es labor de los dibujantes conseguir estas sensaciones por técnicas manuales. Las imágenes deben generarse una por una, aunque esta tarea suele distribuirse en varios niveles; separando el dibujo de momentos claves en la acción de los personajes, el dibujo de los fondos (que usualmente no cambian de un fotograma a otro) y las tareas de interpolación y coloreado de cada imagen.

#### **Técnicas de Animación tradicional.**

En la Animación tradicional, la combinación de un lapicero y el arte del dibujante, se convierten en una herramienta de gran flexibilidad con la que se pueden lograr movimientos de notable realismo. A continuación se describen algunas de las técnicas más comunes.

**La animación tradicional** a menudo rompe las leyes de la naturaleza, y suele definir movimientos atractivos y con carácter, pero imposibles en la realidad. Para realizar animaciones realistas, hay que tener en cuenta esas leyes de la naturaleza: Animación basada en leyes físicas, que utiliza la cinemática y la dinámica. Muchos movimientos cotidianos son muy difíciles de reproducir.

#### **Animación por cuadros clave.**

La animación basada en cuadros es una de las más utilizadas. Una película contiene 24 cuadros por segundo generalmente, las caricaturas tienen solamente 12. Para hacer una secuencia, se van filmando las imágenes cuadro por cuadro y luego estos se unen para formar la animación. Es posible formar bibliotecas de movimientos de cada parte del cuerpo de la animación para de esta forma combinarlas y hacer animaciones diferentes.

El dibujante principal palpa, dibuja los cuadros más importantes. Y otro dibujante secundario dibuja cuadros de transición entre cuadros clave: *in-betweening imagen 3.3-1 y 3.3-2*.

Ejemplo:

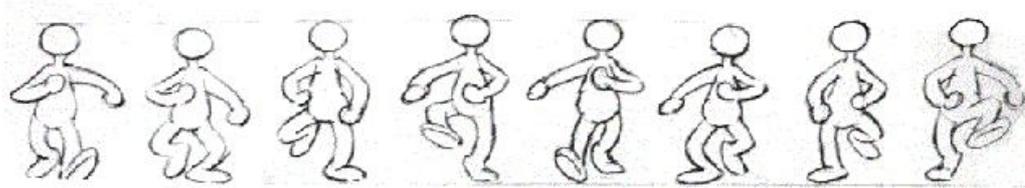


Imagen 0-1 Cuadros clave.



Imagen 0-2 Cuadros clave.

### Animación por capas (*cel animation*).

Sobre la Animación en *Sprites*, esta se refiere a animaciones de objetos sobre fondos estáticos, es decir, lo que cambia son los personajes. Esta técnica es aplicada en los videos juegos.

Los objetos se dibujan en acetatos transparentes. El fondo se dibuja en otro acetato. Las escenas se crean superponiendo capas *imagen 3.3-3*.

#### Ventajas

- ☞ Permite reutilizar trabajo ya realizado.
- ☞ Facilita la Animación.
- ☞ Explosión de partes.

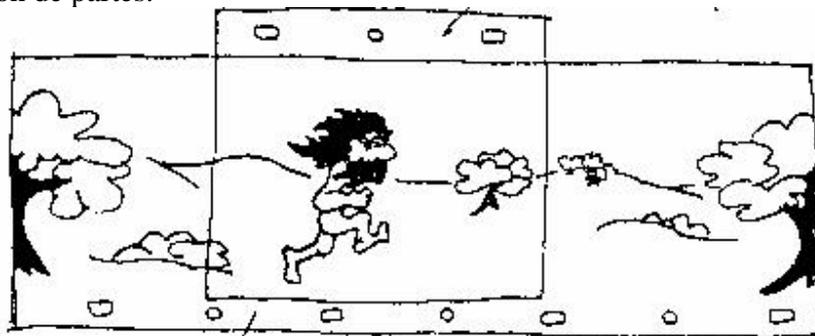


Imagen 0-3 Capas.

### 3.4 Técnicas Modernas de Animación.

Todas las disciplinas artísticas, sin excepción, han gozado de una constante evolución a medida que se han ido perfeccionando y ampliando dichas técnicas de representación, interpretación y difusión.

#### *Key Framming.*

El *key framing* se refiere a establecer posiciones en puntos específicos de tiempo en una animación y la parte intermedia la obtiene la computadora por medio de interpolación matemática. Es necesario hacer un *key frame* para cada control en cada nivel de la jerarquía del modelo.

#### **Rotoscopia.**

La rotopscopia consiste en capturar un movimiento real, y utilizar esa información para mover un diseño generado por computadora. La captura de los datos del movimiento real incluye:

Simplificación del modelo: normalmente, los movimientos reales (por ejemplo, el lanzamiento de un disco en atletismo) son demasiado complejos para intentar capturarlos íntegramente.

Hay que identificar las partes fundamentales del movimiento.

- ☞ Identificación y marcado de los puntos de referencia. Normalmente son las articulaciones, y se suelen marcar con círculos de tela de un color vivo, pelotas de ping-pong.
- ☞ Realización de movimientos y recogida de datos (mediante múltiples cámaras de vídeo, traje de datos...).

A continuación, y una vez digitalizada la información, se aplica ésta al modelo generado por computadora para controlar su movimiento. Mediante esta técnica se consiguen movimientos de gran realismo, ya que al fin y al cabo se está copiando el movimiento real.

En este caso se obtienen la posición y el ángulo de los puntos clave de imágenes reales y se trata de hacer converger los modelos en computadora con ellos.

#### *Motion Capture.*

La técnica de *Motion Capture* es muy utilizada actualmente, sobre todo en *sets* virtuales y en el cine. Consiste en obtener posiciones clave de manera automática a partir de un actor real por medio de dispositivos que se conectan a su cuerpo. El primer modelo importante utilizando esta técnica fue *Sexy Robot* en 1985 creado por *Robert Abel & Associates*. En México, un modelo muy conocido de esta técnica es el *Ponchito Virtual*, utilizado por Andrés Bustamante en el programa de TV Azteca *Los Protagonistas*. El *Ponchito Virtual* fue construido por la empresa mexicana ARTEC.

### **Wavelets.**

*Wavelets* significa “pequeñas ondulaciones”. Esta técnica permite que en una sola imagen se compriman una gran cantidad de datos para que al acercarse a ella, se vayan viendo los detalles. Por ejemplo, con esta técnica es posible que al irse acercando a una planta, se vayan viendo las ramas, las hojas y todos los detalles necesarios. Esto no es posible lograrlo con una imagen normal, ya que si nos acercamos a ella, solo se verá cada vez más distorsionada.

La técnica de los *Wavelets* es una teoría puramente matemática que ha sido aplicada en distintas áreas, por ejemplo, fue utilizada para buscar una manera de transmitir mensajes claros a través de los hilos telefónicos, encontrar una forma mejor de interpretar las señales sísmicas e incluso es utilizada por el FBI para codificar su base de datos de 30 millones de huellas digitales. La técnica de los *Wavelets* fue utilizada en la realización de la película *Bichos* (Bugs) de Pixar.

### **3.5 Nuevas Tendencias.**

Las nuevas técnicas de animación servirán para poner en movimiento nuevos géneros narrativos, exactamente como hizo *Disney* cuando comenzó, descubriendo una forma de animación y un género que, todavía hoy, está vivo.

En buena medida el futuro dependerá de las herramientas de animación de las que se dispongan y que con cada herramienta importante será posible descubrir un género nuevo para la animación.

Para Isaac Kerlow una de las paradojas que se está viviendo en el mundo de la animación es más fácil trabajar en casa y hacer animaciones, es cada vez más difícil llegar a los espectadores.

# Capítulo

# 4

## Uso de la Computadora en la Animación.

### Resumen.

*El uso de la computadora en la Animación sigue siendo una de las áreas de la computación más interesante y con más rápido crecimiento, algunas aplicaciones típicas de la Animación generada por computadora son el entretenimiento (películas y dibujos animados), publicidad, estudios científicos de ingeniería, capacitación y educación. A pesar que se tiene que considerar que la animación implica movimiento de objetos, el término Animación por Computadora por lo general se refiere a cualquier secuencia de cambios visuales en una escena.*

### Objetivos del Capítulo.

- Conocer los Tipos de Animación por Computadora.
- Conocer la Técnica de Animación por Fotogramas.
- Conocer la Técnica de Animación Basada en Personajes.
- Conocer la Técnica Animación Fotorrealista.

#### 4.1 Tipos de Animación Basada en Computadoras.

El termino Animación por computadora es cambiar las posiciones de los objetos con traslaciones y rotaciones, una animación por computadora podría desplegar variaciones de tiempo en el tamaño, el color, la transparencia, en la textura de la superficie de los objetos.

---

En animación generada por computador se generan las escenas 3D con los métodos conocidos de gráficos por computadora y se introducen movimientos en dichas escenas

Puede no tener nada que ver con la animación tradicional, se realizan animaciones que un dibujante no podría crear a mano, en animación generada por computadora o Animación 3D:

Se especifican las escenas, dando valores a las características de las entidades que las componen y se especifica la evolución temporal de los valores de las características.

Para los instantes de tiempo en los que se deben dibujar los cuadros, se calculan los valores de las características y se hace el *rendering* de la escena.

La programación de gráficos por computadora es toda una disciplina en informática (conocida como "Informática Gráfica") que trata de resolver problemas como el dibujo de una figura, la aplicación de un efecto a una fotografía o la Animación de gráficos.

Se puede definir a la animación por computadora como la *"generación, almacenamiento y presentación de imágenes que en sucesión rápida producen sensación de movimiento"*.

### **Animación por Computadora.**

- Consiste en la obtención de un conjunto de imágenes consecutivas a partir de los distintos modelos y datos que se definen (normalmente 3D), variando parámetros para producir la Animación.
- A diferencia de la animación clásica, una vez que se tienen todos los modelos y datos, la computadora controla la obtención de las imágenes.
- La flexibilidad de la animación por computadora reside en la posibilidad de crear mundos virtuales, con objetos y reglas virtuales que pueden ser cambiadas modificando la definición de los mismos.
- La computadora es insustituible en este tipo de animación, debido a la capacidad de producir imágenes a partir de modelos tridimensionales de forma rápida y efectiva.

## **4.2 Técnicas de Fotogramas Clave o Keyframes.**

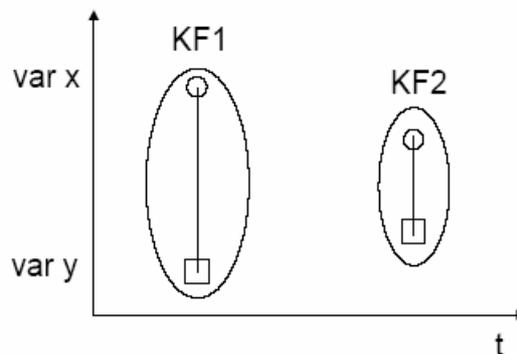
Este tipo de técnicas es una adaptación de los métodos de la animación tradicional para describir los cambios temporales de la escena. La idea básica consiste en definir mediante edición manual o mediante alguna función automática cuál es el estado de la escena en ciertos instantes (llamados 'fotogramas clave' o *keyframes*). La descripción de la escena en cada

fotograma clave debe incluir la posición y orientación de los objetos y fuentes de luz, sus propiedades, y también la posición y características del observador o cámara.

Se adapta así la idea de la animación tradicional en la que el dibujante ‘experto’ traza en blanco y negro las siluetas de los personajes en los momentos clave, para que posteriormente los interpoladores se encarguen de generar las imágenes intermedias. En la animación de síntesis la interpolación en el tiempo se efectuará a partir de los valores que determinan los fotogramas clave (posiciones, orientaciones, velocidades y propiedades) mediante algún algoritmo automático. Este proceso de interpolación es clave, ya que debe producir un resultado coherente, de apariencia natural, sin que aparezcan saltos bruscos o cambios extraños (en algunos casos no es fácil realizar una interpolación correcta, por ejemplo en los movimientos de figuras articuladas como el cuerpo humano).

Para conseguir aproximarse más a los efectos deseados, el diseñador de la animación puede insertar mayor número de fotogramas clave (con menos separación temporal entre ellos). Además de dar los valores que definen estáticamente cada fotograma clave (por ejemplo: las posiciones), el diseñador puede también indicar cuál es el valor de ciertas variables dinámicas (por ejemplo: velocidades), lo que le otorgará un mayor grado de control sobre la interpolación.

La representación más formal de una animación por *keyframes* sería el llamado diagrama de movimiento o *motion graph imagen 4.2-* : una gráfica en la que aparecen los valores de cada una de las variables que definen la escena y su variación con el tiempo:



**Imagen 0-1 Diagrama Movimiento**

Asociado al diagrama básico que muestra la evolución de las variables con el tiempo puede tener otros en los que se relacionan unas variables con otras. Por ejemplo, la trayectoria de un móvil puede verse únicamente en función de sus componentes espaciales (ver figura a la izquierda) o a través de la relación de ambas coordenadas espaciales con el tiempo (ver a la derecha):



Imagen 0-2 Trayectoria y Movimiento

Representación de la trayectoria (*path*) más diagrama de movimiento imagen 4.2-2.

Una variable (*y*) en función de la otra (*x*) Para añadir la componente tiempo se podría pensar que a partir de la representación espacial de la trayectoria se puede averiguar la velocidad del movimiento, observando la distancia recorrida entre dos keyframes. Pero esto no es cierto, ya que el objeto no tiene porqué moverse a velocidad constante sobre la trayectoria. La velocidad instantánea real vendrá dada por las pendientes de la función de la posición en el diagrama de movimiento. Así, el vector velocidad instantáneo será  $\left(\frac{dx}{dt}, \frac{dy}{dt}\right)$ , y su módulo será la rapidez de traslación sobre la trayectoria.

Para construir los valores intermedios de las variables a partir de los keyframes se necesita una función de interpolación con buenas propiedades y a la vez poco costoso de evaluar. Se suelen emplear curvas paramétricas, ya que tienen un comportamiento suave y son controlables.

Tipos de curvas paramétricas para comprobar cuáles pueden resultar más convenientes.

- **Splines:** La característica de las *splines* es que la curva resultante no tiene que pasar exactamente por los puntos de control, que en este caso son los valores de los keyframes. Esta característica hace que los keyframes dejan de representar de forma exacta la situación de la escena en ciertos instantes, lo que puede resultar inconveniente imagen 4.2-3.

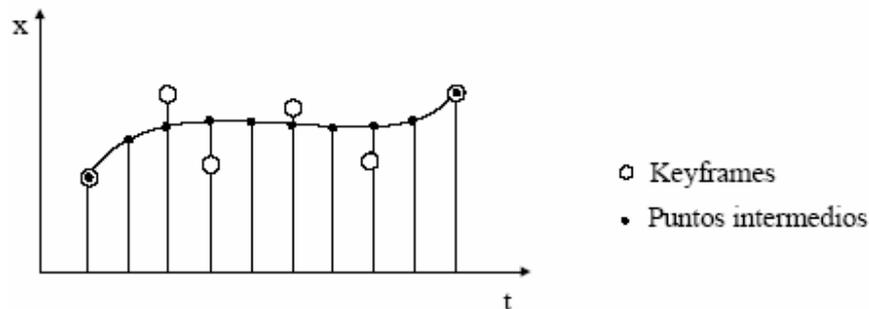


Imagen 0-3 Curva Spline

- **Curvas cúbicas de Bèzier a trozos:** Estas curvas tienen la característica de que cada trozo empieza y termina en los puntos de control, pasando por los valores correspondientes a los keyframes. Además, si añadimos dos puntos de control auxiliares en cada tramo podremos controlar la tangente de la función, y por tanto determinar de forma más exacta el camino para ir de un punto a otro. Por ejemplo, en el caso de que la variable representada sea una posición, este sistema nos permitiría controlar la velocidad del movimiento en el instante definido por el keyframe. Este tipo de curvas es, por tanto, ampliamente utilizado imagen 4.2-4.

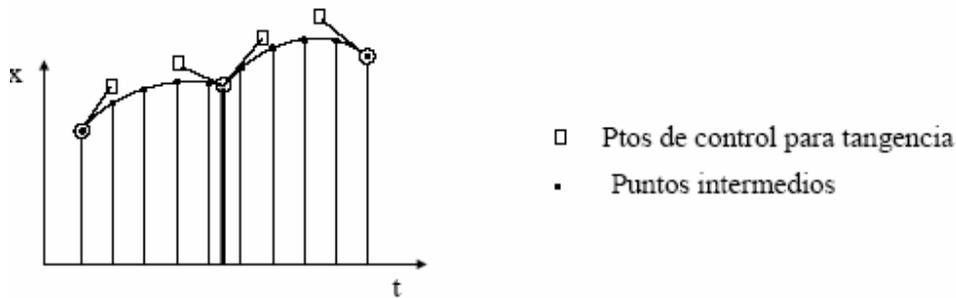
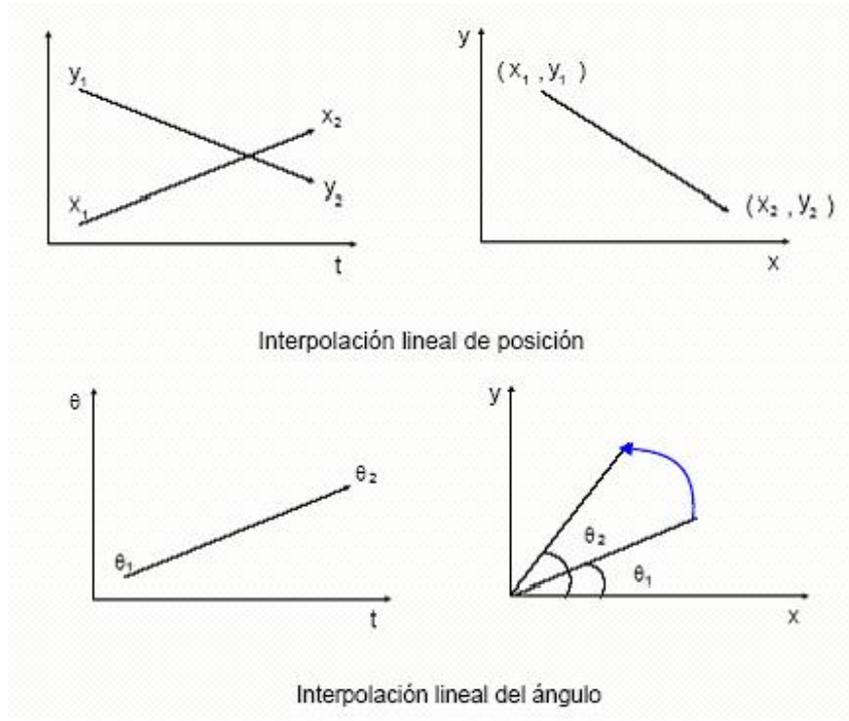


Imagen 0-4 Curva de Bèzier

Además de estas curvas paramétricas también se puede emplear una simple interpolación lineal entre los valores de los keyframes. Esto permite resolver la interpolación mediante un cálculo muy sencillo, pero se trata de un tipo de ecuación que producirá cambios bruscos en la derivada de la variable y no permite un control detallado si no se añaden suficientes keyframes.

Además del tipo de interpolación, resulta fundamental la elección correcta de los parámetros a controlar. Por ejemplo, una interpolación lineal de la posición puede ser adecuada para una partícula que se mueve con una trayectoria suave (ver Imagen 4.2-5.(a)).

Sin embargo, si se desea describir la rotación de un objeto alrededor de un punto, resultaría poco adecuado hacerlo con una interpolación lineal de la posición, siendo mejor hacerlo con una interpolación, lineal o no, sobre un ángulo que describe el giro (ver Imagen 4.2-6.(b)).



**Imagen 0-5 Valores KeyFrame**

(a) Interpolación de posición      (b) Interpolación de ángulo

El método de fotogramas clave deja un problema abierto: cómo realizar la asignación de valores a las variables en los keyframes. Se puede resolver de distintos modos. Si se dispone de algún método algorítmico (por ejemplo una simulación basada en ecuaciones físicas) para calcular el valor de estas variables en el tiempo, entonces se podría usar para calcular el estado de la escena en ciertos instantes y luego utilizar la interpolación entre keyframes. Este sistema puede ser útil cuando el algoritmo exacto resulta demasiado costoso para utilizarlo en el cálculo de cada fotograma aislado.

En el caso de que no se disponga de un algoritmo o procedimiento automático para calcular la evolución de las variables de la escena con el tiempo se tendrá que recurrir a otros métodos.

### 4.3 Animación Basada en Personajes.

La Animación 3D, igual que el diseño de gráficos 3D, es mucho más compleja que la bidimensional, y requiere por lo general una gran potencia de cálculo para ser elaborada con calidad, y un elevado tiempo de diseño para producir efectos realistas de movimiento, especialmente en lo que respecta a la animación de personajes o a la generación de entornos re-renderizados.

La animación de personajes en 3D normalmente implica la definición de los distintos segmentos tridimensionales y la unión entre ellos, definiendo puntos de conexión y puntos de rotación que permitirán hacer la animación. Posteriormente habrá que definir cuáles son los *frames* que se debe renderizar por separado cada uno de ellos, formando una secuencia de imágenes realistas que finalmente se unirá secuencialmente en la composición.

La rotoscopia consiste en capturar un movimiento real, y utilizar esa información para mover un diseño generado por computadora. La captura de los datos del movimiento real incluye:

Simplificación del modelo: normalmente, los movimientos reales (por ejemplo, el lanzamiento de un disco en atletismo) son demasiado complejos para intentar capturarlos íntegramente. Hay que identificar las partes fundamentales del movimiento.

Identificación y marcado de los puntos de referencia. Normalmente son las articulaciones, y se suelen marcar con círculos de tela de un color vivo, pelotas de ping pong.

Realización de movimientos y recogida de datos (mediante múltiples cámaras de vídeo, traje de datos) A continuación, y una vez digitalizada la información, se aplica ésta al modelo generado por computadora para controlar su movimiento. Mediante esta técnica se consiguen movimientos de gran realismo, ya que al fin y al cabo se está copiando el movimiento real.

La animación paso a paso consiste en definir manualmente cada uno de los fotogramas. En algunos tipos de animación tradicional (animación de figuras de plastilina), se usa esta técnica. Utilizando una computadora, se puede definir manualmente cada uno de los fotogramas de una animación, por ejemplo, dibujar cada uno de los bitmaps de una pequeña animación cíclica. Esta técnica es muy lenta, y solo se usa para pequeñas animaciones.

La animación por cotas consiste en basar el movimiento en unos fotogramas fundamentales (“keyframes”) y luego dejar que el sistema genere automáticamente los fotogramas intermedios mediante métodos de interpolación. Es importante que las cotas sean representativas del movimiento para que la interpolación tenga suficiente información. Esta técnica está basada en los métodos de trabajo de la animación tradicional en la que los animadores más expertos dibujan los momentos fundamentales del movimiento (cotas o keyframes) y los animadores principiantes dibujan los fotogramas intermedios (“inbetweens”).

La animación procedural consiste en describir el movimiento de forma algorítmica. Hay una serie de reglas que controlan como se van modificando los distintos parámetros (como la posición o la forma) a lo largo del tiempo. Para movimientos sencillos (un péndulo o una rueda que gira) es una buena solución, pero para movimientos más complejos (una persona caminando, o una moneda que cae al suelo), resulta difícil conseguir buenos resultados. Hay algunas técnicas con resultados interesantes, como los sistemas de partículas o la simulación de movimientos grupales. La animación tradicional a menudo rompe las leyes de la naturaleza, y suele definir movimientos atractivos y con carácter, pero imposibles en la realidad. Para realizar animaciones realistas, hay que tener en cuenta esas leyes de la naturaleza: Animación basada en leyes físicas, que utiliza la cinemática y la dinámica. Muchos movimientos cotidianos son muy difíciles de reproducir.

La cinemática estudia los movimientos con independencia de las fuerzas que los producen, y se usa en animación en dos variantes:

**La cinemática directa (direct kinematics):** Es la posibilidad de mover algunas de las "piezas" de un personaje o montaje 3D actuando sobre un punto y produciendo un movimiento sobre su eje o centro de rotación (por ejemplo, mover el brazo fijada la rotación sobre el hombro). El programa de Animación 3D genera con fórmulas geométricas simples todos los movimientos necesarios de las partes ligadas a su vez a ella. En este caso, en la jerarquía de movimientos o giros definida, se parte de un eje más importante fijo (por ejemplo, el hombro) para mover elementos más sencillos (por ejemplo, el brazo).

**La cinemática inversa (inverse kinematics):** Es la posibilidad de que, moviendo elementos más sencillos en la jerarquía, el programa interpola el resto de articulaciones o puntos de giro, que pueden ser configurados por el animador, para conseguir que se muevan acorde a eso. Este tipo de movimiento es mucho más interesante pero a la vez más complejo, ya que en general no hay un sólo modo de rotar los elementos entre sí para conseguir seguir el movimiento final que pretende el usuario. Por ejemplo, un codo puede girar en un sentido, pero no en otro. Por ello pueden configurarse márgenes de rotación que indiquen al software qué límites tiene a la hora de elegir entre unos movimientos u otros.

La dinámica estudia el movimiento teniendo en cuenta las fuerzas que lo producen. Se puede obtener gran realismo, pero resulta difícil especificar la animación. Hay que tomar en consideración masas, aceleraciones, grados de libertad, restricciones al movimiento, movimientos prioritarios. La dinámica de los cuerpos rígidos articulados es más sencilla que la de los cuerpos deformables. Se distingue:

**Dinámica directa:** a partir de las masas y fuerzas aplicadas, se calculan las aceleraciones.

**Dinámica inversa:** a partir de las masas y aceleraciones, se calculan las fuerzas que hay que aplicar. Otras técnicas utilizan curvas tridimensionales flexibles o algunas otras variantes basadas en polígonos en lugar de esferas. Técnicas más avanzadas de Animación 3D emplean otros enfoques radicalmente distintos, como deformaciones, morphing, sistemas de partículas, basados en simulación de fenómenos naturales, etcétera.

#### 4.4 Animación Fotorrealista.

La Animación Fotorrealista trata de transmitir a partir de un modelo digital un entorno real, producir en el observador una experiencia visual similar a la que tendría estando situado en dicho entorno real.

A partir de un modelo digital de un entorno real, producir una imagen por computadora que sea indistinguible de una fotografía de dicho entorno real (*Shirley*, 1990) (ver imagen 4.4-1 y 4.4-2).

El realismo visual no siempre es el objetivo principal. Por ejemplo:

- ◆ En los videojuegos, se busca el máximo de realismo dentro de los límites impuestos por el tiempo de cálculo por cuadro (1/25 de segundo).
- ◆ En visualización científica o técnica, se busca mostrar con la mayor claridad posible determinadas características del modelo digital, que no se verían en una imagen realista.
- ◆ En algunos videojuegos, películas de Animación, o productos artísticos, el realismo está sujeto a la expresividad, a la intencionalidad artística, o a la imitación de técnicas clásicas de Animación (rendering no fotorrealista, cartoon rendering)

Objetivo de una síntesis realista. .

El objetivo propuesto es alcanzable hoy en día, especialmente para entornos sencillos:



Imagen 0-1 Fotografía.

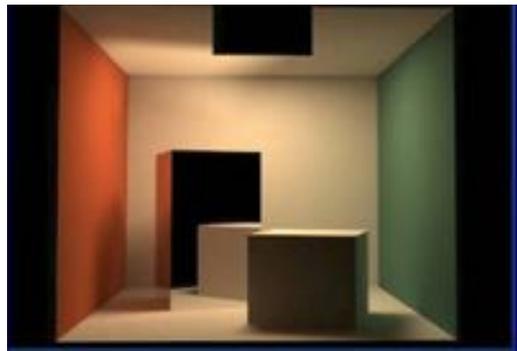


Imagen 0-2 Imagen Generada.

La complejidad del proceso depende de la complejidad del escenario, aquí se tiene un ejemplo de un escenario más complejo.

### **Los Diferentes Atributos de las Superficies del Mundo Real.**

#### **Color.**

Todos los objetos tienen color. Sin embargo probablemente es la característica más básica que se debe de crear cuando se texturiza algo, aunque no significa que sea sencilla de producir. Nada en la vida real tiene un color constante, todos los objetos tienen un color que es desigual en algunas partes, a veces casi imperceptible, el mapa de color es por lo general el mejor para comenzar a texturizar un objeto, ya que dará el punto de referencia para definir el objeto. El mapa de color es por lo general el único mapa que contiene color, ya que los otros atributos de la superficie se crean normalmente en escala de gris.

### **Difuso.**

Difuso no es el color, ya que el mapa difuso es un aspecto crítico para el realismo de la superficie. La difusión es la propiedad de una superficie que dispersa la luz y determina la cantidad de luz que refleja la superficie. En esencia, determina cuanto color de la superficie se observa. Al difundir un objeto, se limita la cantidad de color que se refleja a partir de la luz, esto no es simplemente oscurecer el color de la superficie. Si se oscureciera el mapa de color, únicamente se lograría un cambio en el color, pero no en la profundidad de color. La profundidad de color se crea dispersando la luz a lo largo de la superficie de un objeto. Observa por ejemplo la piel humana y notarás que tiene una cierta densidad. El color no es un simple matiz, si no varios matices creados por la luz al ser dispersada. Esta cualidad no puede ser simulada por un solo mapa de color, ya que el mapa de color no brinda a la superficie la riqueza de un mapa difuso.

### **Luminosidad.**

Esta característica determina si el objeto tiene propiedades de Iluminación propia y que tan fuerte es ésta, solo se utiliza para cosas como luces fluorescentes, focos de iluminación, diodos de luz (LED), etcétera. El mapa de luminosidad funciona de forma óptima con un motor de render que soporte radiosidad, pues los valores de iluminación pueden ser transformados en fuentes de iluminación en el proceso de render, lo que traerá como consecuencia que los objetos alrededor se iluminen ligeramente.

### **Especularidad.**

La especularidad en conjunción con el Brillo determina cuál extensa o reducida es el área cubierta por la luz al iluminar la superficie. Un objeto que tenga una pequeña diferencia entre la cantidad de especularidad y la de Brillo, cuenta con un “Hot Spot” muy pequeño, dando la impresión de plástico; al contrario objetos con grande diferencia entre los dos aspectos difundirán la luz en un área mucho mayor, por lo tanto parecerá opaco metálico (exceptuando metales cromados).

El realce va de la mano con la especularidad, en esas partes de un objeto que resaltan más, pues son las que más exposición a los elementos y roces tienen, y dependiendo de la superficie, aumentará o disminuirá la especularidad, la madera por ejemplo, normalmente se vuelve mas brillante cuando se frota mucho, en cambio el metal puede volverse mas opaco. Otra forma en la que el realce y la especularidad trabajan juntas, es en el caso de los rayones o rasguños en una superficie un rayón tiene a acumular polvo y suciedad, y por ende se volverá opaco al poco tiempo.

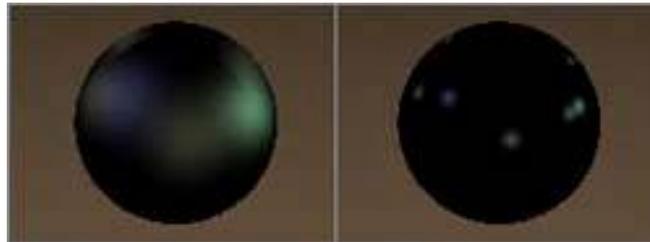
La interacción entre la reflexión y la especularidad es obvia cuando un objeto reflexivo ha sido tocado por una persona, la grasa de las huellas digitales se quedan en la superficie haciéndola ver menos reflexiva en esa área específica. Otro ejemplo podría ser si se tuviera que texturizar el cristal de un automóvil en una noche fría, y el conductor limpió el vidrio para quitar lo empañado, al limpiarlo con una tela, esta deja rayas en la superficie esas rayas harán

la superficie menos reflejante que las partes que la tela no tocó. Se puede asegurar que no existe en este mundo un objeto que sea 100% reflectivo en toda su superficie, pues tarde o temprano, alguien o algo lo tocará y afectará así su Especularidad y por lo tanto afectará también su Reflectividad.

Hay 2 tipos de especularidad la especularidad normal y la anisotrópica. La normal es simple especularidad, en cambio la anisotrópica se utiliza para superficies que tienen relieves extremadamente pequeños a lo largo de su superficie

### **Brillo/Brillantes.**

El brillo es la propiedad que determina cuan ampliamente se extiende la luz sobre una superficie. En el momento que se añade cualquier valor de especularidad a una superficie, se debe de usar el brillo para obtener el balance adecuado. Los objetos de plástico cuentan con altos valores de brillo, en cambio maderas al natural (como el corcho) y el metal industrial tienen valores bajos (en algunos casos los valores son nulos) imagen 4.4-3.



**Imagen 0-3 Brillo.**

### **Reflexión.**

Otra propiedad que se define sola, la reflexión determina cual reflejante es un objeto y en que áreas lo es, el mapa de reflexión puede variar a través de la superficie de acuerdo a como se ha interactuado con esta, tristemente se abusa de este atributo cotidianamente una pista enorme de que un objeto fue generado por computadora, es que el artista lo hizo demasiado reflejante. Esto no quiere decir que la reflexión sea algo poco común de hecho, casi todas las cosas que son brillantes en alguna medida también son reflejantes. La reflexión no debe confundirte con el efecto de radiosidad en el que el color pasa de un objeto a otro debido al rebote de la luz; este efecto no debe de tratarse con reflexión, pues tu superficie terminará viéndose mal.

El tipo de reflexión entre diferentes objetos difiere mucho, un espejo por ejemplo, produce una reflexión perfecta donde está limpio, en cambio, el acero, plástico, la mayoría de los líquidos, etcétera, tienen reflexiones borrosas. Muchos software cuenta con la opción de generar reflexiones borrosas. Es común ver render horribles de ollas, o teteras perfectamente reflexivas, cuando en realidad la reflexión debiera ser borrosa.

## Transparencia y Refracción.

Transparencia no es opacidad, de hecho es lo contrario, la transparencia determina cuanto se transparenta a través de un objeto (en cambio la opacidad determina cuan opaco es el objeto. Algo con una opacidad de 0% desaparecerá de la escena, mas si un objeto es 100% transparente, se podrá ver a través de él, mas seguirá siendo visible). Obviamente cosas como el vidrio, líquidos, cristal, etcétera., tienen diferentes grados de transparencia.

La Transparencia también es afectada ligeramente por la especularidad de un objeto especialmente en el caso de huellas digitales sobre una superficie obviamente estas áreas no serán tan transparentes como las que no fueron tocadas imagen 4.4-4.

Prácticamente todas las sustancias que son transparentes refractan la luz, la refracción es la desviación de la luz dentro de cuerpos transparentes. Esto es lo que causa que los objetos dentro de un vaso con agua se vean quebrados. Cada sustancia tiene diferente valor de refracción, casi en cualquier parte se puede encontrar una tabla con estos datos desde un libro de física, hasta el manual que acompaña a tu software. Mientras mayor sea el índice de refracción, mayor es la desviación de la luz a través de la sustancia. Los Índices de Refracción en la vida real no exceden 2.0.

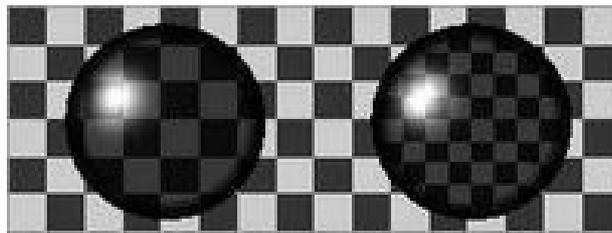


Imagen 0-4 Transparencia.

## Translucidez.

Translucidez es la habilidad de un objeto para ser retroiluminado sin ser transparente. Por ejemplo se toma una cortina cuando la luz pasa a través de esta puedes ver cosas moviéndose por detrás, sin embargo no es transparente. En realidad todo, a excepción del metal y la madera gruesa tienen un grado de Translucidez. Esta propiedad puede ser muy útil para la piel, en particular si una luz brillante la ilumina, uno puede observar levemente las venas que pasan debajo de la superficie de la piel. La translucidez trabaja mejor cuando se utiliza en conjunto con una técnica llamada Dispersión de Sub-Superficie (Esta propiedad permite a la luz introducirse en la superficie y rebotar dentro, para después salir con un ángulo diferente al que entró. Esta técnica normalmente se implementa con el calculo llamado BSSRDF (Bidirectional Surface Scattering Reflectante Distribución Función) Función de Distribución y Difusión Bidireccional de Superficie. Son extremadamente importantes, especialmente para superficies como la piel y la tela, en las que siempre se deben de utilizar.

### **Relieve (Bump).**

El atributo más común después del color es un mapa de Relieve (Bump). Sin embargo se debe recalcar que este mapa nunca debe ser usado para evitar modelar geometría necesaria en un objeto. El mapa de Relieve solo debe utilizarse para cosas pequeñas como rayones, texturas, relieves o bajo relieves pequeños y grano. La razón es que al acercarse a un mapa de relieve, se vuelve evidente que la superficie del objeto es propiamente plana.

# Capítulo

# 5

## Animación por Computadora.

### Resumen.

*En este capítulo se centra en las etapas de elaboración de la Animación 3D basándose en el proceso de desarrollo, la representación de objetos, visualización, y animación de personajes que pertenecen a este tipo de técnicas que son utilizadas para describir los cambios que sufre una escena tridimensional.*

### Objetivos del Capítulo.

- Aprender el Proceso de Elaboración de la Animación.
- Conocer las Diferentes Etapas de Diseño de la Animación.
- Conocer la Técnica de Esqueleto.

## 5.1 Proceso de Elaboración de la Animación por Computadora.

Se caracteriza por ser complejo, necesita equipo de trabajo amplio y diversificada gran cantidad de trabajo, requiere conocimientos técnicos y creatividad artística Además debe ser precisa con una planificación detallada y una metodología de trabajo adecuada para las Etapas de Diseño (ver imagen 5.1-1).

### Etapas del diseño.

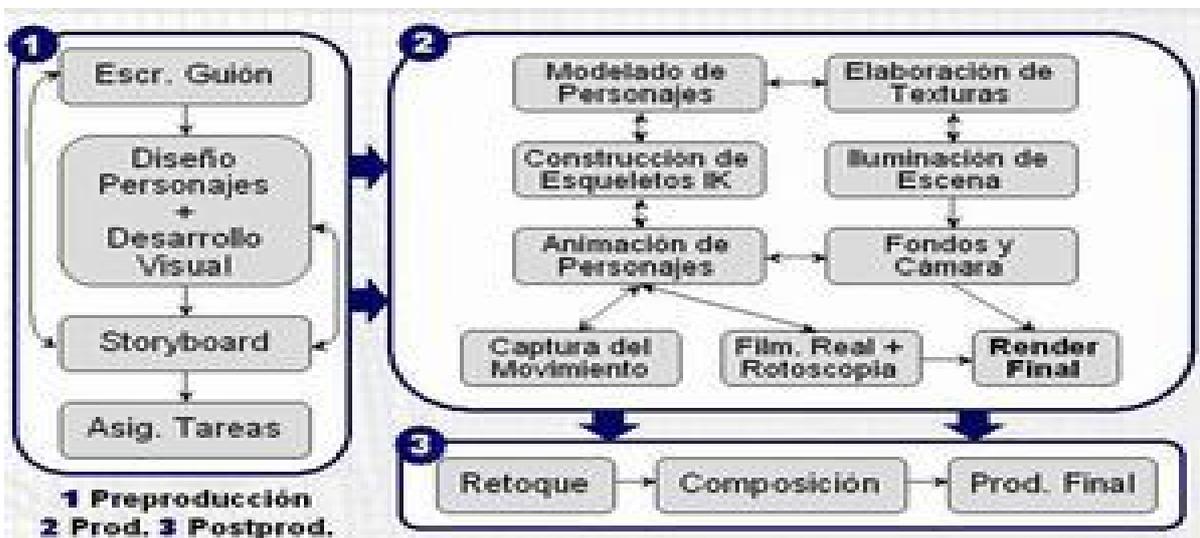


Imagen 0-1 Etapas de Diseño de una Animación.

## El Proceso.

- Las fases para producir una Animación por Computadora, una vez creada la historia, cambian un poco respecto a la animación convencional:



Imagen 0-2 Guión y Storyboards.

El *storyboard* es el paso del guión narrativo a forma visual por medio de viñetas explicativa. En este *storyboard* se incorporan todos los enfoques y movimientos de cámara que vaya a haber en la animación, así como los diálogos entre personajes, la música y los efectos sonoros.

### A) Guión y Storyboards:

A partir de la historia, se crea un esquema gráfico igual que se hace en animación convencional.

Al representar el *storyboard* lo que se ve en pantalla, es un elemento indispensable a la hora de afrontar cualquier tipo de Animación si no se quiere encontrar con incongruencias o errores en plena fase de producción *imagen 5.1-2*.

### B) Modelado:

Se crean modelos 3D de los personajes que describen su forma así como los controles que se tienen para crear movimiento y expresiones. El método más utilizado es mediante superficies, describiendo la frontera, no el interior del objeto *imagen 5.1-3*.



Imagen 0-3 Modelado.



Imagen 0-4 Animación.

### C) Animación:

Para crear los movimientos de cada escena, se crean imágenes clave en ciertos momentos de la acción. La computadora realiza después el intercalado. Los animadores no dibujan ni pintan las escenas como se hace en animación tradicional, pero si se utilizan las técnicas descritas anteriormente *imagen 5.1-4*.

## D) Visualización:

### D.1. Apariencia:

A cada objeto de la escena se le define la apariencia encargada de describir las características de la superficie del objeto, incluyendo texturas y colores. Se pueden simular una gran cantidad de apariencias, incluyendo maderas, metales, plásticos, cristales, pelo y piel *imagen 5.1-5*.



**Imagen 0-5 Visualización.**

### D.2. Iluminación:

Usando luces digitales, cada escena se ilumina de la misma forma que se ilumina un escenario real *imagen 5.1-6*.



**Imagen 0-6 Iluminación.**

### D.3. Representación:

Se generan las imágenes finales calculando cada punto de la imagen a partir del modelo, de los parámetros de animación, de la apariencia, y de la información de iluminación. Esas imágenes se pasan a la película final *imagen 5.1-7*.



**Imagen 0-7 Representación.**

## 5.2 Curvas de Movimiento y Trayectorias.

Se ha comentado la importancia de la medida del tiempo en animación. Todo animador ha de poder relacionar el movimiento de las cosas respecto al tiempo.

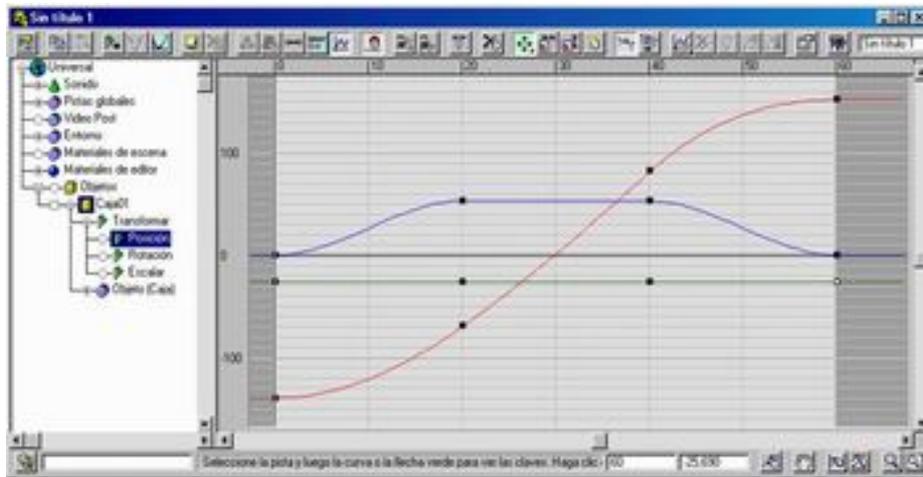
Los animadores por computadora tienen ciertas ventajas a la hora de aplicar y ajustar sus tiempos. La naturaleza interactiva de la animación digital permite una fácil realización de comprobaciones previas.

Si se deja que sea la computadora quien calcule los fotogramas intermedios entre posturas claves, se obtendrá mayor flexibilidad en la modificación de poses. Sin embargo, si no se controla ese proceso, las animaciones pueden resultar muy genéricas.

Para no perder de vista cómo calcula la computadora los pasos intermedios, existen una serie de métodos entre los que se encuentran las *curvas de movimiento* y las *trayectorias*.

### Curvas de función o movimiento:

- Son representaciones gráficas que muestran la forma en que los objetos se mueven. Sirven para realizar diagnóstico y corrección de problemas de animación, así como para modificar la animación editando las curvas (ver imagen 5.2-1).
- Generalmente, el eje horizontal de la gráfica representa el tiempo, mientras que el eje vertical representa el parámetro variable que se manipula con la función que define la curva (posición, rotación, tamaño.)
  - ▲ Una curva recta diagonal indica un movimiento constante.
  - ▲ Una recta horizontal indica ausencia de movimiento.
  - ▲ Una línea cuya pendiente tiende a la vertical indica movimiento de aceleración.
  - ▲ Una línea curva cuya pendiente tiende a la horizontal representa desaceleración.
- Normalmente se incluyen tres curvas de movimiento para cada uno de los ejes: X, Y o Z
- Las curvas pueden servir también para detectar posibles errores en la animación, normalmente mostrados como picos imprevistos.

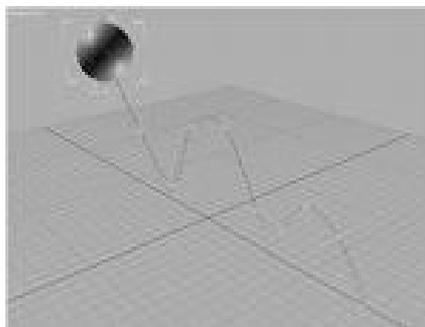


**Imagen 0-1 Curvas de Función.**

También nos sirven para ver si un objeto se está moviendo o no en un instante de tiempo.

### **Trayectorias:**

- Se trata de otro método para analizar nuestra animación. Sirven para visualizar el movimiento que un objeto realiza en el espacio (ver imagen 5.2-2).
- Ajustando la forma y la posición de la trayectoria, se puede modificar la forma en que un objeto se mueve a lo largo de la escena.
- Normalmente, todos los programas de Animación 3D permiten utilizar curvas definidas dentro de la escena como trayectorias de los objetos.



**Imagen 0-2 Trayectoria.**

### 5.3 Animación por Claves:

#### Intercalado.

- El tipo de Animación más utilizado es aquel que se basa en la definición de una serie de posiciones clave en determinados instantes de tiempo, que definen un modelo simplificado de la animación que deseamos hacer.
- Las imágenes clave son aquellas en las que las entidades que se van a animar están en posiciones de las que fácilmente se pueden obtener otras posiciones intermedias.
- Después, se generarán los pasos intermedios mediante el concepto de *intercalado*: dadas dos situaciones clave inicial y final, obtener las intermedias mediante interpolación entre ellas.
- El tipo básico de interpolación es la lineal, en la que se obtienen puntos a lo largo de una recta que une los puntos inicial y final. Un tipo de interpolación mejor es la basada en curvas de Bezier o Splines cúbicos (curvas suaves que el animador puede modificar fácilmente).

#### **Tipos de intercalado.**

##### **Por imágenes clave:**

- Se parte de una imagen inicial y otra final, y se desean obtener las intermedias. Este es el tipo utilizado en Animación clásica.
- Se relacionan las partes iguales o similares de los dibujos inicial y final, y se obtienen las posiciones intermedias.
- El problema de este tipo de intercalado es que si la diferencia entre las imágenes es muy grande, no es fácil de obtener la relación entre ellas para calcular las imágenes intermedias. Esto es aún más difícil si quien debe establecer esa relación es una computadora.

##### **Por parámetros:**

- Es el tipo usado principalmente en Animación por Computadora. Se trata de asignar a cada elemento que se desea animar una variable *-parámetro-* que controla lo que quiere modificar.
- La computadora interpola los valores de esos parámetros en las posiciones clave para obtener los valores intermedios.

## 5.4 Técnicas de Esqueleto.

- El principal problema que presenta el intercalado es la no correspondencia entre las imágenes clave de inicio y fin (imagen 5.4-1).
- Una solución es el uso de la técnica basada en *esqueletos* o *huesos*, donde, en vez de utilizar la figura completa para realizar el intercalado, se hace una representación esquemática: el esqueleto.
- Este esqueleto suele ser una figura muy sencilla, y por tanto no plantea tantos problemas a la hora de hacer corresponder posiciones iniciales y finales del mismo.

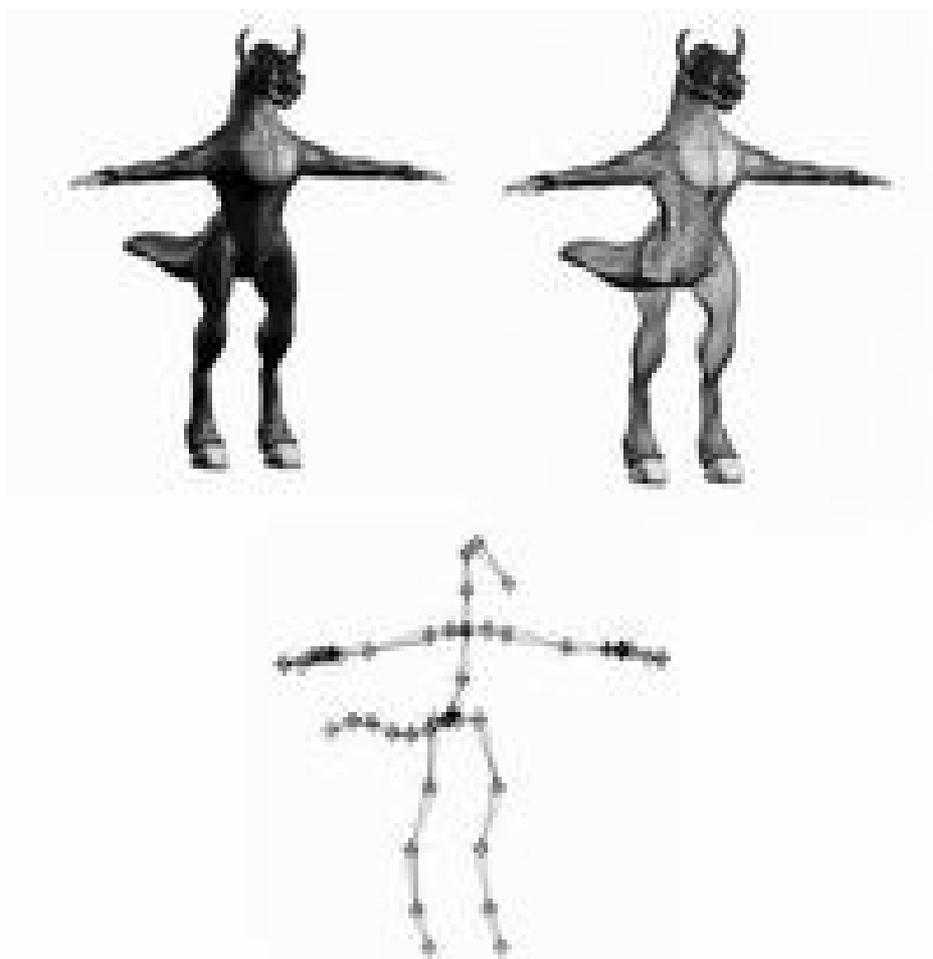


Imagen 0-1 Técnica Esqueleto.

## 5.5 Animación de Cámaras.

- El movimiento de una cámara es fundamental para añadir realismo a una Animación.
- Debe realizarse con precaución, ya que las cámaras representan los ojos de los observadores de nuestra escena.
- Las cámaras pueden desplazarse como cualquier otro objeto de la escena.
- Las cámaras con objetivo tienen una línea de visión fija que apunta directamente a sus objetivos. Si se desplaza el objetivo, la cámara girará para seguirlo, pero no se moverá.
- Cuando las cámaras y sus objetivos se mueven, mantienen un campo constante de visión. Para variar este campo será necesario cambiar el ángulo focal o la distancia de la lente.
- Se puede considerar el movimiento de la cámara como si los espectadores fueran la cámara y el objetivo el lugar al que miran.
- Cualquier movimiento de la cámara o del objetivo, se notará.
- Movimientos comunes:
  - ▲ *Encuadre*: Desplazar la cámara lentamente a lo largo de la escena hacia un objeto. Debe adquirirse lentamente una velocidad de encuadre y detenerse también lentamente.
  - ▲ *Rodaje*: Dan al espectador la sensación de estar inclinando o girando sus cabezas (por ejemplo, en cámaras subjetivas en objetos que avancen siguiendo una curva)
  - ▲ *Travelín*: Acercarse o alejarse de los objetos.
  - ▲ *Recorridos*: Se puede hacer que la cámara siga un determinado recorrido o que el objetivo siga el recorrido de un objeto.
  - ▲ *Panorámicas*: Hacer que la cámara muestre una vista de 360° de la escena. Pueden ser suaves y lentas o violentas y rápidas (estas últimas son muy útiles en cámaras subjetivas).
  - ▲ *Congelación de la imagen*: No existe movimiento. Muy adecuado para la finalización de una escena.
  - ▲ *Recorte*: Haciendo uso de los planos de corte de una cámara se puede excluir determinadas secciones de la geometría de la escena para ver, por ejemplo, el interior de esa geometría.
- Independientemente de lo buenos que sean los modelos, si las cámaras no son adecuadas, la Animación final se verá afectada.

## 5.6 Animación de Personajes.

- La forma normal de construir un personaje es crear las partes por separado y, después, unir las estableciendo las dependencias necesarias entre ellas.
- El modelado individual de las partes facilita el proceso de construcción y el personaje resultará más fácil de animar.
- El principal problema es que un personaje construido a partir de segmentos muestra claramente las uniones entre ellos.
- Es muy importante definir correctamente los puntos de unión de las partes, así como los puntos de rotación (normalmente el principal movimiento que realizan) de las mismas.
- Una vez construidas las partes, se debe encontrar la manera de unir las para producir un ente con movilidad propia.
- Se puede realizar esa unión mediante una jerarquía, que muestre la forma en que están conectadas las partes entre sí y que defina las dependencias entre ellas.
- En un personaje con forma humana, la raíz de esa jerarquía es la cadera. Si se mueve, todo se mueve a la vez con ella.
- Para facilitar la Animación del personaje, es muy normal utilizar la técnica del esqueleto o huesos.
- Una vez definida correctamente la jerarquía, existen dos formas básicas de realizar la Animación del personaje: *Cinemática Directa* y *Cinemática Inversa*.
- **Cinemática directa.**
  - ▲ Afecta a la manipulación del personaje desde la parte superior de la jerarquía hacia abajo: si se mueve la cadera, todo el cuerpo se mueve; si se rota el codo, se mueve la muñeca;
  - ▲ Con este método, si se quiere acercar la mano del personaje a un objeto, primero se rotará el hombro, después el codo y por último la muñeca y los dedos.
  - ▲ La cinemática directa resulta poco intuitiva y necesita muchos movimientos simples para conseguir movimientos complejos.

➤ **Cinemática inversa.**

- ▲ Se trata de otra técnica más intuitiva, ya que al mover las ramificaciones de la jerarquía, se mueven los ancestros de las mismas (igual que ocurre en la realidad).
- ▲ Con este método, si se quiere acercar la mano del personaje a un objeto, lo único que se tiene que hacer es colocar los dedos sobre el objeto, y el resto del brazo los seguirá automáticamente.
- ▲ Sin embargo existe un problema: al tener que determinar la computadora la forma en que deberán girar las distintas partes para que el conjunto resulte natural, se debe indicar el modo exacto en que las articulaciones se coordinan, y las limitaciones de sus movimientos.

**Límites de rotación de las articulaciones en el cuerpo humano.**

Segmento	Articulación	Tipo	X	Y	Z
Pie	Tobillo	Rotación	65°	30°	0°
Espinilla	Rodilla	Bisagra	135°	0°	0°
Muslo	Cadera	Rótula	120°	20°	10°
Columna	Cadera/Columna	Rotación	15°	10°	0°
Hombro	Columna	Rotación	20°	20°	0°
Bíceps	Hombro	Rótula	180°	105°	10°
Antebrazo	Codo	Bisagra	150°	0°	0°
Mano	Muñeca	Rótula	180°	30°	120°

**Tabla 0-1 Rotación de las Articulaciones.**

**Nota:** El eje Z corresponde a un eje longitudinal a lo largo del hueso de la articulación

## 5.7 Animación Antropomórfica.

✓ Es el proceso de dar vida a un objeto que por naturaleza es inanimado. Esto se consigue mediante el uso de posturas correctas y una buena medida del tiempo (ver imagen 5.7-1).

✓ Se puede encontrar dos tipos de personajes:

❖ *De forma estática*: tienen un modelado relativamente realista y se mueven sólo de la forma en que lo harían en el mundo real. Son idóneos para objetos mecánicos o casi mecánicos con muchas articulaciones.

❖ *Maleables*: se animan mediante el *moldeado* de su forma, tendiendo a romper las leyes físicas y permitiendo que el objeto se encoja o estire como jamás haría en la realidad.



Imagen 0-1 Animación antropomórfica.

✓ Un buen método para modelar estos tipos de personajes es buscar a qué tipo de animal se parece más (por ejemplo, una mesa se asemeja mucho a un perro).

✓ Normalmente, estos tipos de personajes no tienen cara ni extremidades, por lo que la expresividad se debe darse mediante las posturas que adquieren y un buen control de la medida del tiempo (ver imagen 5.7-2).

✓ En un objeto de forma estática, las articulaciones son los únicos puntos móviles.

❖ No se puede cambiar la forma del personaje, por lo que algunas de las técnicas no pueden utilizarse (compresión y extensión).

❖ También se tendrá que determinar que parte del objeto actuará como cabeza, piernas, brazos, etc.

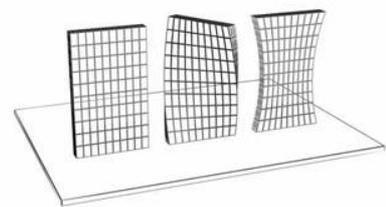


Imagen 0-2 Animación Antropomórfica.

- ✓ En un objeto maleable, existen más variables que se pueden modificar, por lo que nos proporcionan más posibilidades para animarlos:
  - ❖ Se pueden utilizar modificadores simples: escalados para realizar compresiones y extensiones; dobleces, giros, torsiones para darle un aspecto flexible.
  - ❖ Los dobleces son idóneos para colocar una cintura al objeto.
  - ❖ La torsión o el giro son útiles para crear caderas y hombros.
  - ❖ Si se quiere que un objeto de este tipo ande, al no presentar partes que puedan funcionar como piernas puede resultar complicado conseguirlo. Una solución es hacer que el objeto ande dando pequeños saltos, que son fáciles de conseguir con estos modificadores simples.
  - ❖ Utilizar la técnica del esqueleto es muy útil para animar este tipo de personajes.

---

---

# Capítulo



# 6

---

## Iluminación.

### Resumen.

*En este capítulo se describirán los elementos principales necesarios para la correcta iluminación de una composición digital. Aprenderá como usar las luces para enfatizar a un personaje en pantalla, o como hacer que cambios en la iluminación que surgirán diferentes sensaciones al espectador.*

*El dominio de la iluminación en entornos 3D no sólo basa su importancia en la calidad final de la imagen, también hay que tener claros los conceptos de cómo funcionan las luces y como se proyectan sombras dentro de una escena. El lector tendrá que aprender que una correcta política de iluminación no solo ahorrará tiempo de maquina, sino que hará su trabajo más rápido y reconfortante.*

### Objetivos del Capítulo.

- Conocer la importancia que tiene la Iluminación en un Entorno Digital.
- Describir los Componentes y Propiedades de la Luz.
- Conocer los tipos de Fuentes Luminosas.
- Aprender la Iluminación a tres Puntos.

## 6.1 Componentes y Propiedades de la Luz.

Cada fuente luminosa esta formada por cinco componentes básicas:

- ✓ Intensidad
- ✓ Dirección
- ✓ Color
- ✓ Tamaño
- ✓ Atenuación

Aunque por su propio nombre quedarían más definidas, ejemplos cedidos por uno de los mejores iluminadores que podemos encontrar en el mundo del 3D, Akaam Arman.

En estos se puede ver la gran brillantez con la que dominaba cada uno de las cuatro cualidades antes citadas.

El proceso de iluminación de escenas tridimensionales es muy complejo y lleva muchos años de práctica y estudio el dominarlo. Por lo tanto sirvan como inspiración las siguientes imágenes de este gran maestro.

### Intensidad de la Luz.

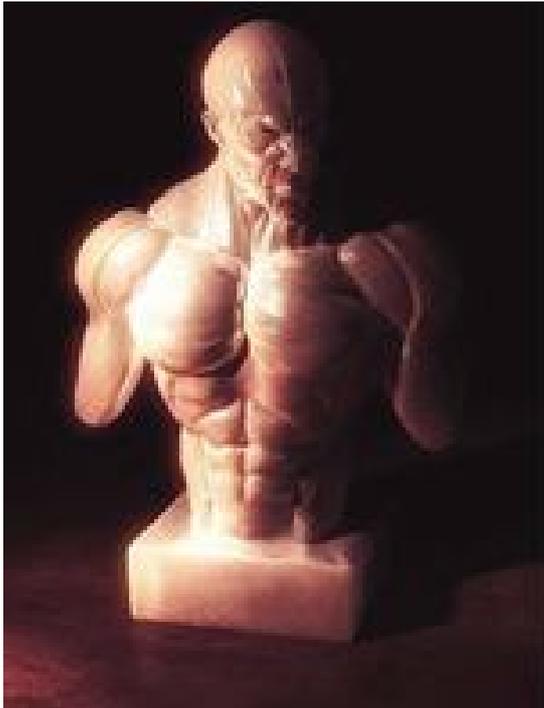
La intensidad de la luz se puede definir como la cantidad de luz que emite una fuente luminosa. Su variación provoca que la imagen se aclare o se oscurezca, aumentan o reduciendo los resaltes especulares y difusos de los objetos de la escena. Si trabajamos en un entorno en el que se utilice radiosidad, el cambio en la intensidad de la luz también varía la cantidad de luz rebotada en los objetos (*ver imagen 6.1.1-1*).



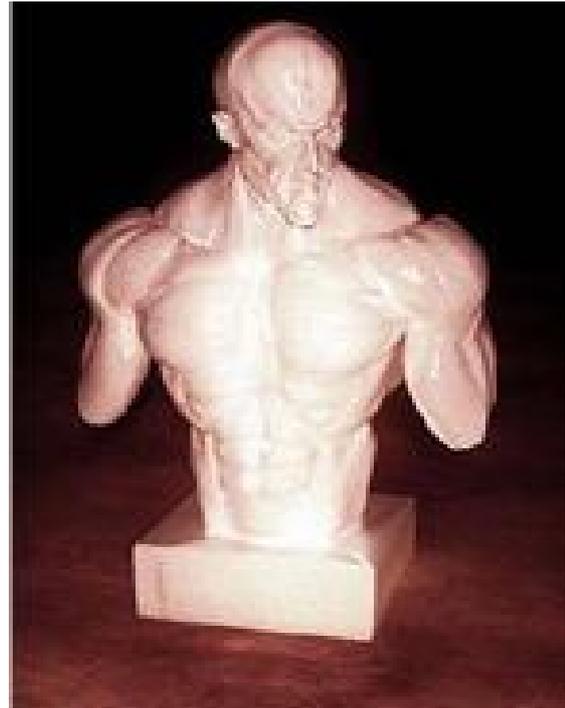
Imagen 0-1 Ejemplo de variación en la intensidad luminosa.

### 6.1.2 Dirección de la Luz.

La dirección desde la que la luz incide en los objetos no solo los hace visibles, sino que nos muestra su volumen. Unas luces bien posicionadas y dirigidas pueden aumentar la sensación de tridimensionalidad, así como resaltar un determinado objeto o determinadas características de este. Si ha esto le sumamos la posibilidad de jugar con las sombras que se producen entenderemos el porque de las posibilidades dramáticas de la dirección de la luz.



**Imagen 0-1 Luz lateral.**



**Imagen 0-2 Luz frontal.**

Como se puede apreciar, la diferencia entre la *Imagen 6.1.2-1* y la *imagen 6.1.2-2*, siendo ambas idénticas en lo referente a objetos y texturas, son más que palpables.

La *imagen 6.1.2-1* con su luz lateral, muestra ricos detalles en la figura gracias a una más que correcta proyección de sombras. Los resaltes especulares de los pectorales y el cráneo del personaje le aportan un volumen y una presencia impactantes. Si se fija en pedestal, se puede comprobar como este da la sensación de estar apoyado en suelo.

La *imagen 6.1.2-2*, ha sido iluminada con un foco situado en la misma posición que la cámara. Se han perdido los detalles de volumen el torso y en la cabeza. Por otro lado en pedestal, al no mostrar sombras podría no estar apoyado en el suelo.

Como ya se comentó, aparte de la capacidad de dar volumen y ensalzar diversas zonas de un personaje o escena, la dirección de la luz posee una componente dramática que la hace aun más interesante.

En las imágenes que siguen, ambas con iluminación picada desde abajo, aporta la iluminación a la personalidad del personaje.



**Imagen 0-3 Iluminación a la personalidad del personaje.**



**Imagen 0-4 Iluminación a la personalidad del personaje.**

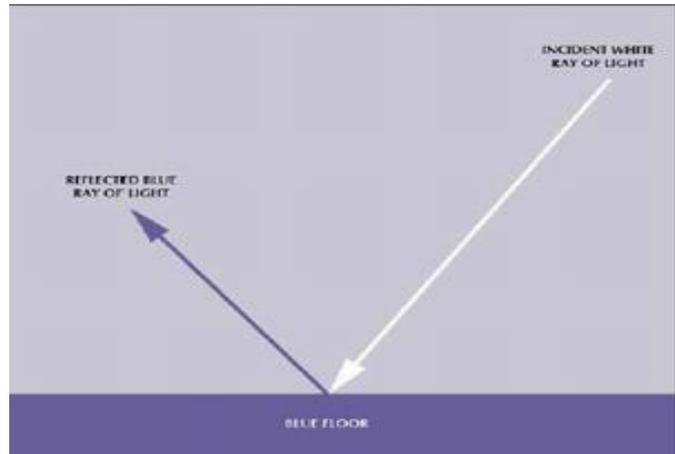
En la *imagen 6.1.2-3* de la izquierda se encuentra un personaje maligno, diabólico. Las sombras que crecen desde su barbilla hacen que su cara parezca más alargada. Su cejas parecen más protuberantes y fruncidas, transformando su mirada en gélida y amenazante. Este tipo de iluminación se conoce como: *Light from de Hell* o Luz desde el infierno.

En la *imagen 6.1.2-4* de la derecha se encuentra la misma figura, pero la luz está más enfocada a la boca y a los ojos del personaje. Aunque tampoco parezca un angelito, en esta ocasión su expresión parece más relajada, mas solemne, incluso se podría decir que heroica. Sus ojos han cobrado importancia como tales, no por las sombras que producen sus cejas y su cara parece menos angulosa.

Cuando se tenga que iluminar un personaje, sobre todo si no hay un espacio contextual que lo defina, tenga muy en cuenta su personalidad original ya que es relativamente sencillo variarla.

### 6.1.3 Color de la Luz.

En el mundo real, cuando un rayo de luz que se pueda considerar como blanca “golpea” un objeto, el mismo rayo sale rebotado cambiando su color y adquiriendo una tonalidad similar a la del color del objeto sobre el que ha incidido (siempre que este no sea negro o blanco). Es por esto que se ven los objetos de diferentes colores *imagen 6.1.3-1*.



**Imagen 0-1 Color de la Luz.**

Con esta sencilla explicación no se puede hacer una idea de lo tremendamente complejo que puede ser iluminar una escena fotorrealista en 3D. Si se estuviera en la calle, no solo se tendría que tener en cuenta el color de la luz del sol, sino también la que rebota en los edificios, asfalto, aceras y demás objetos.

La simulación de este proceso físico se conoce como radiosidad.

Para dar la posibilidad de simular, si se desea claro, las distintas tonalidades que puede adquirir una luz en una escena, y como va a pintar los objetos de esta, se puede variar el color de la luz de la fuente luminosa.

Al igual que sucedía con la dirección de la luz. El color de las fuentes luminosas tiene una componente dramática y escénica que se tiene que aprender a aprovechar.

Por ejemplo, el color azul va muy ligado a la sensación de profundidad y oscuridad.

Como norma general, los colores saturados, vivos, dan sensación de proximidad, mientras que los poco saturados, más apagados, dan sensación de lejanía por una inferencia automática que se realiza al identificar los colores poco saturados con el horizonte, bien sea por el color del cielo, por la niebla o por lo limitado de la visión (*ver imagen 6.1.3-2*).



**Imagen 0-2 Colores Saturados.**

La primera muestra una tonalidad azulada, muy suave, típica de tempranas horas de la mañana, en la que la luz del sol se refleja más en la atmósfera.

La segunda muestra tonos también poco saturados, se ha perdido la tonalidad azul por lo que nos induce a pensar que es medio día, o un frío día de invierno. La última, con tonos anaranjados bastante saturados, nos sitúa en horas próximas al atardecer en un claro día de verano.

Las tres imágenes son idénticas. Tan idénticas que son la misma teñida de diferentes colores en Photoshop. Se pueden apreciar las mismas sombras producidas por la misma dirección e intensidad de la luz.

Si el mismo ejercicio de antes se realizo trabajando sobre los colores, intensidades y direcciones de los focos luminosos de la escena 3D se obtiene lo siguiente *imagen 6.1.3-3*.



**Imagen 0-3 Dirección de los Focos Luminosos.**

Esta claro que la calidad de las imágenes inferiores es mayor, pero la importancia del color en las escenas es vital, bien sea mediante los focos luminosos que situemos o mediante posterior retoque.

### 6.1.4 Tamaño de las Fuentes Luminosas.

La variación del tamaño de la fuente luminosa, al igual que las linternas con foco variable, provoca que la luz se concentre más o menos en determinadas zonas, provocando resalten especulares más fuertes y sombras más duras, incluso para una misma intensidad de origen.

Escénicamente es importante, puesto que puede situar al sujeto en un entorno con textual no visible para el espectador.



Imagen 0-1 Tamaño de la Fuente Luminosa.

Ambas tomas se han realizado con los mismos focos de luz, con la misma dirección, el mismo color e intensidad, pero variando el tamaño del foco principal. Como se aprecia, la *imagen 6.1.4-1* de la izquierda muestra unas sombras más duras, generando por tanto un mayor volumen en la figura. La *imagen 6.1.4-1* de la derecha por el contrario apenas muestra sombras definidas en su rostro, provocando incluso un cambio en su expresión.

### 6.1.5 Atenuación de las Luces.

La atenuación de la luz es la propiedad que hace que la luz pierda intensidad a medida que se aleja del origen de emisión (*ver imagen 6.1.5-1*).

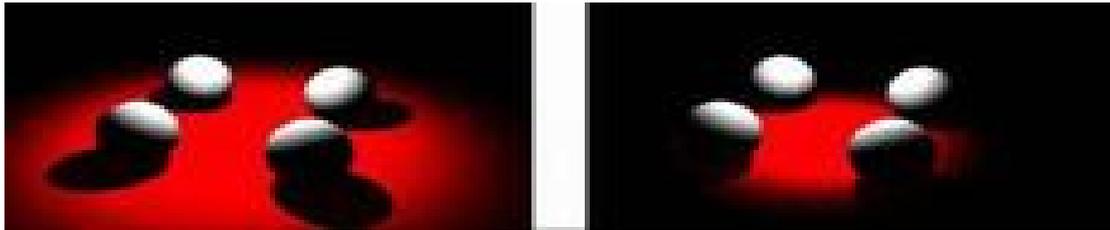


Imagen 0-1 Atenuación de las Luces.

*Poca atenuación*

*Mucha atenuación*

### 6.2 Tipos de Fuentes Luminosas.

En la totalidad de paquetes 3D que se pueden encontrar actualmente en el mercado, se brinda la posibilidad de iluminar las escenas con diferentes tipos de luces. Estos intentan simular las posibilidades más comunes de condiciones luminosas que se pueden encontrar en el mundo real. Por la forma de emisión de luz se puede diferenciar seis tipos de fuentes luminosas: Omnidireccionales o puntuales, de Foco, Infinitas, de Ambiente, Lineales y de Área.

#### 6.2.1 Luces Omnidireccionales.

Una luz omnidireccional o puntual es aquella que emite luz en todas las direcciones desde un punto determinado.

Son el tipo de luz más sencillo que hay. Pueden ser colocadas en casi cualquier situación ofreciendo excelentes resultados en entornos de interior bien iluminados o como elemento de relleno. Su utilización, sin embargo, ha de ser tomada con cautela, sobre todo si esta genera sombras, ya que su condición omnidireccional puede causar largos tiempos de renderizado (*ver imagen 6.2.1.1*).

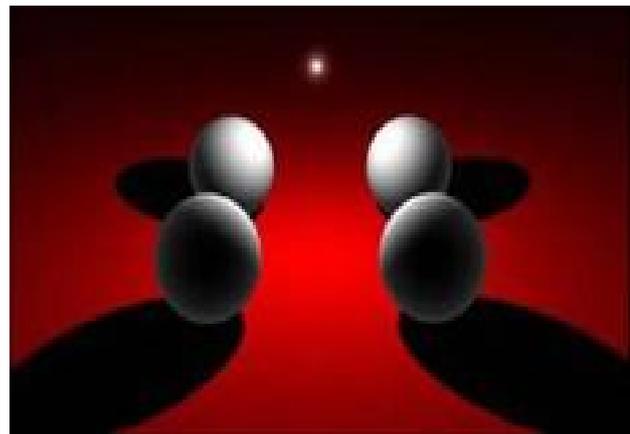


Imagen 0-1 Punto de luz omnidireccional o puntual.

## 6.2.2 Luces de Foco.

Este tipo de luces ofrecen una distribución en forma de cono y en una sola dirección. Son ideales para simular la luz de linternas, focos y en general cualquier tipo de emisión luminosa que emita con estas características. Dramáticamente son las más utilizadas para captar la atención del espectador por su capacidad selectiva de iluminación, del mismo modo que se usan los focos en la industria fotográfica y cinematográfica (ver imagen 6.2.2-1).

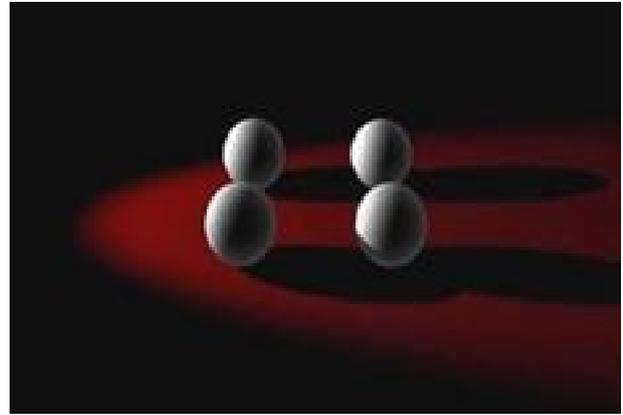


Imagen 0-1 Punto de Luz focal.

## Luces Infinitas.

Las luces infinitas emiten los rayos de luz paralelos entre sí y en una sola dirección. Son ideales para simular la luz solar o lunar en entornos exteriores y en general cualquier tipo de fuente luminosa que esta tan lejos de la escena que se podría considerar que la influencia sobre los objetos es constante. Las sombras producidas, como se aprecia en la imagen, no aportan información relativa a la distancia del punto luminoso (ver imagen 6.2.3-1).

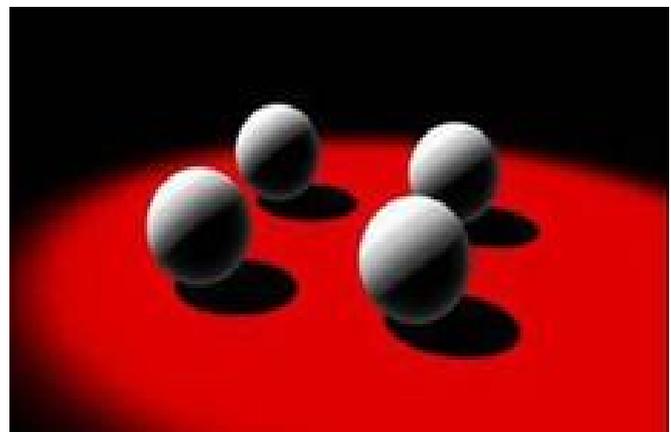


Imagen 0-1 Luz infinita.

### 6.2.4 Luces de Ambiente.

La luz ambiente es un tipo especial de iluminación que goza de no pocos detractores (entre los que se encuentra el que escribe estas líneas). La luz de ambiente es una emisión luminosa que afecta a la escena por igual en todos sus puntos, es decir, no tiene en cuenta ni la geometría ni la posición de los restantes focos luminosos. Por si esto fuera poco, no tiene la posibilidad de generar sombras. Su utilización es más que escasa, de hecho los grandes profesionales de la iluminación recomiendan no utilizarla en absoluto, ya que genera imágenes aclaradas y poco saturadas (ver imagen 6.2.4-1).

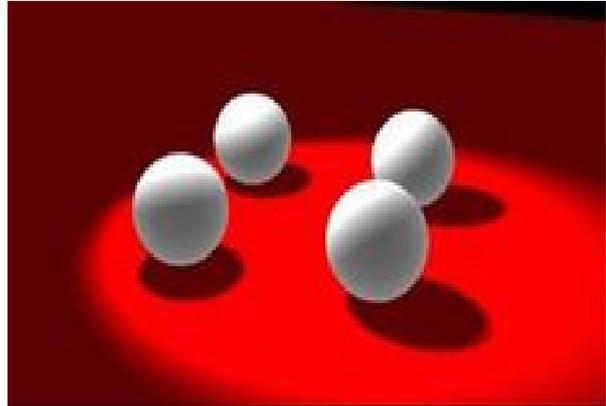


Imagen 0-1 Luz de Ambiente.

### 6.2.5 Luces Lineales.

Este tipo de elemento luminoso no se encuentra en todos los programas de edición tridimensional. Sería el que simula la emisión de luz de por ejemplo, un tubo fluorescente. Sin embargo, como casi todo en el mundo del 3D, es simulable mediante la colocación de varias luces omnidireccionales a los largo de un cilindro (ver imagen 6.2.5-1).



Imagen 0-1 Luz lineal

### 6.2.6 Luces de Área.

Al igual que las luces lineales, no todos los programas vienen incorporados con este tipo de luz. Su simulación pasa por crear un plano y situar luces omnidireccionales a lo largo y ancho de sus superficies.

Normalmente son cuadrangulares o circulares. Son especialmente útiles para iluminar pequeñas áreas de manera uniforme, como por ejemplo bodegones. También es útil para simular la luz del exterior atravesando una estancia cerrada ya que las sombras que produce son suaves en sus contornos (*ver imagen 6.2.6-1*).

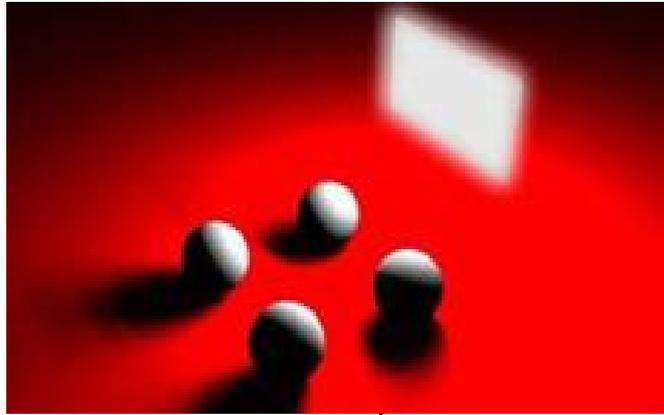


Imagen 0-1 Luz de Área

### 6.3 El Sombreado.

Las sombras en una escena no son solo las zonas oscuras que generan los objetos al ser iluminados. Las sombras aportan información vital para el entendimiento e interpretación de la escena. Estas nos muestran, entre otras cosas, la relación espacial entre los objetos de la escena. Como se aprecia en la imagen 6.2.6-2, cuando se muestra sin sombras no queda claro ni la relación de tamaño entre las bolas, ni su distancia al suelo y a la pared.

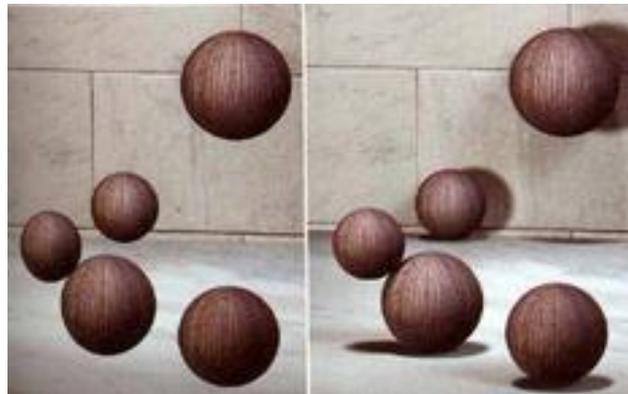


Imagen 0-1 Muestra de la importancia de las sombras.

Unas sombras bien posicionadas pueden mejorar mucho la composición de una escena. Se puede mostrar ángulos alternativos del personaje cuando este proyecta sombras sobre una pared, o partir el espacio mediante la proyección juiciosas de sombras. Se puede dirigir la vista del espectador hacia una parte específica del render o crear un nuevo elemento para equilibrar la composición.

### 6.3.1 Algoritmos de Sombreado.

Las dos técnicas más populares de cálculo de sombras, implementadas en la totalidad de programas, son el *Raytracing* y el *mapa de sombras*.

✓ *Raytracing*: Se calcula mediante trazado de rayos, que traza el camino que recorre cada rayo de luz desde la fuente emisión. Este proceso es el que más calidad aporta, siendo también el que más recursos consume. En muchas ocasiones, las sombras de *Raytracing* son tan perfectas y perfiladas que resultan poco naturales (ver imagen 6.3.1.1).

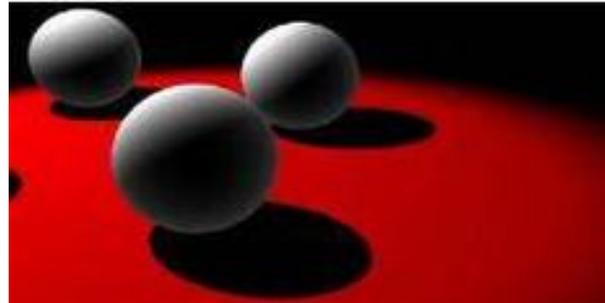


Imagen 0-1 Sombreado Raytracing.

✓ *Mapa de Sombras*: Los mapas de sombras utilizan un mapa de profundidad precalculado para determinar dónde se aplicará el render a las sombras. Un mapa de profundidad esta compuesto por una matriz numérica, con información referente a las distancias calculadas por el software antes de comenzar el proceso de render.

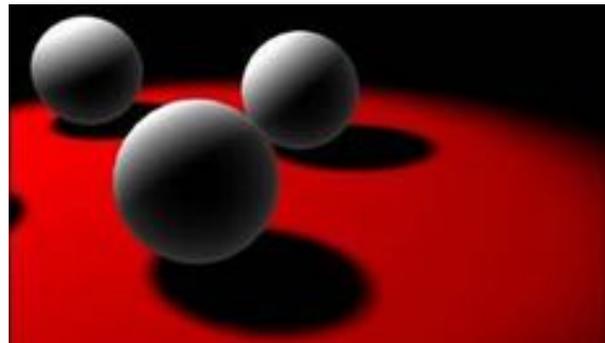


Imagen 0-2 Mapa de Sombras.

Con este sistema no se comprueba la geometría en tiempo de render, por que el tiempo de este es muy inferior a la anterior alternativa (ver imagen 6.3.1-2).

La calidad que se consigue mediante ambos sistemas es en muchas ocasiones similar, por lo que el espectador no notara la diferencia. Todo depende del tipo de escena y las propiedades de los objetos de esta. Si por ejemplo se tiene un objeto transparente, el mapeado de sombras no dará tan buen resultado como el raytracing, ya que este último genera una sombra en relación a caras del objeto que ha ido atravesando, mientras que en mapa solo tiene en cuenta el volumen que este tiene en el prerenderizado.

## 6.4 Iluminación a Tres Puntos.

Lo más normal es que un usuario ilumine sus escenas sin saber claramente que función desempeña cada luz. El tiempo invertido en el posicionamiento y configuración de estas es, normalmente, frustrante y poco productivo.

Tres luces son las mínimas con las que hay que iluminar una escena para conseguir resultados profesionales y dotar a la composición de una cierta carga dramática. Por otra parte, con cierta práctica, se pueden manipular estas tres luces para generar diversos ambientes y sensaciones en el espectador (*ver imagen 6.3.1.-1*).

Este tipo de iluminación funciona especialmente bien cuando se desea iluminar personajes u objetos a los que queremos dar relevancia con respecto al entorno. Este proceso es más sencillo cuando se trata de una imagen fija, o una toma en la que el sujeto u objeto tienen poco movimiento.

Las luces que intervienen en esta técnica de iluminación se conocen como:

- ✓ Luz Clave
- ✓ Luz de Relleno
- ✓ Luz de Contra



**Imagen 0-1 Iluminación a Tres Puntos.**

Antes de comenzar a iluminar nuestra escena, no olvidemos eliminar cualquier luz ambiental que exista en esta, comenzando a posicionar luces con la escena absolutamente a oscuras.

### 6.4.1 Luz Clave o Luz Principal.

La luz clave establece la dimensión, volumen y detalle de la superficie del sujeto u objeto iluminado. Suele ser la más intensa de las tres y normalmente la única que genera sombras (ver imagen 6.4.1-1 y 6.4.1-2).

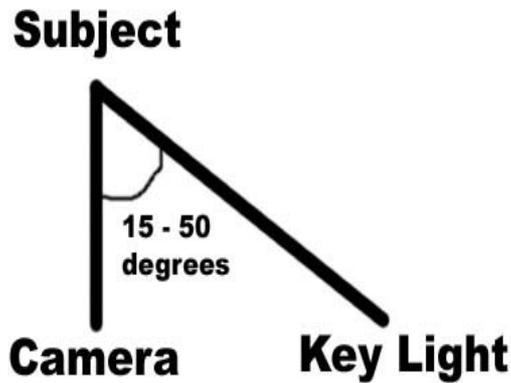


Imagen 0-3 Luz clave o principal.

#### Imagen 0-2 Posicionamiento de la luz clave.

Puede haber una o varias luces clave, especialmente si el sujeto está en movimiento.

La luz clave es la que establece el espacio contextual de la imagen, como ya se ha visto, mediante variaciones en el color, la dirección y la intensidad de esta.

#### Luz de Relleno.

La luz de relleno tiene la función de definir el tono de color general de la escena, apoyando a la luz principal, y de hacer visibles los detalles que se encuentren ocultos. Por otra parte, una buena luz de relleno funde los efectos de la luz principal, creando una imagen más neutra, menos contrastada.

Las luces de relleno son muy utilizadas para simular radiosidad. Situándolas en suelos y paredes, y asignándoles una tonalidad de color similar a la que éstas tengan, se consigue que los objetos reciban la componente de color que estas proyectan (ver imagen 6.4.2-1).



Imagen 0-1 Luz de relleno.

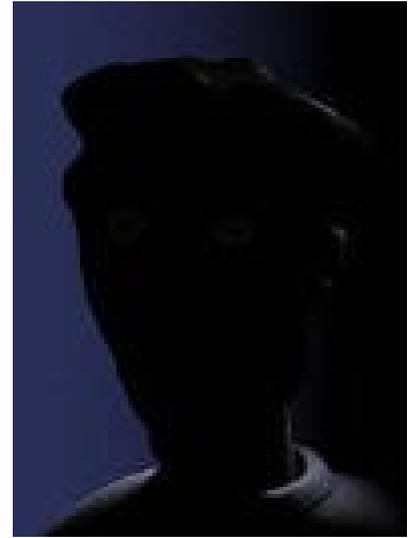
---

---

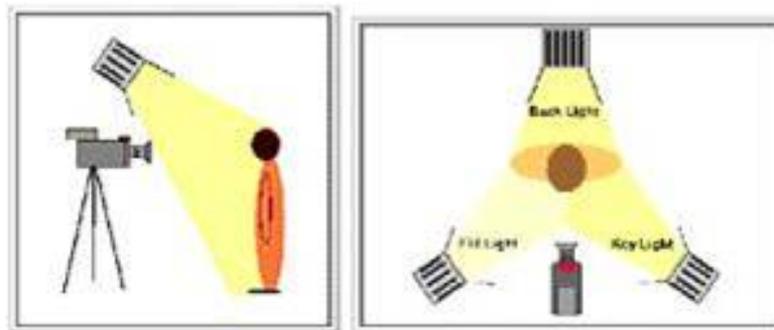
## Luz de Contra.

La luz de contra es un tipo especial de luz de relleno heredada de los tiempos del cine en blanco y negro. Esta luz es la que delimita en contorno de la figura, perfilando su silueta y separándola del fondo. Se sitúa detrás de esta y suele tener el mismo color e intensidad que la principal (*ver imagen 6.4.3-1*).

Existe una teoría matemática que “obliga” a situar las luces a unos determinados ángulos desde la cámara que realice la toma. Normalmente dicha norma dice que las luces de relleno y principales deben estar a  $45^\circ$  de la cámara en sentido horizontal y otros  $45^\circ$  en vertical. La luz de contra se situaría perpendicular a la vertical de la cámara, y  $45^\circ$  por encima de la vertical del sujeto (*ver imagen 6.4.3-2*).



**Imagen 0-1 Luz de contra.**



**Imagen 0-2 Posicionamiento de la luz clave.**

---

---

# Capítulo



# 7

---

## Postproducción y Aplicaciones 3D.

### Resumen.

*En este capítulo se definirá el conjunto de operaciones aplicadas al vídeo y al audio de la cinta de forma posterior al momento de su grabación mediante cámara: selección de escenas, composición y mezcla, inserción de gráficos, efectos y títulos.*

### Objetivos del Capítulo.

- Aprender las Técnicas Realizadas Durante el Proceso de Postproducción.
- Conocer las Áreas de Aplicación 3D.
- Conocer los Diferentes Tipos de Efectos Especiales.

## 7.1 Postproducción.

Se refiere a todos los procesos efectuados sobre la señal de vídeos posteriores a su grabación.

Algunos autores consideran la edición o montaje como una primera fase de la postproducción, sin embargo, a efectos funcionales y siguiendo distinciones más novedosas surgidas a raíz de los sistemas de edición no lineal, se hablara de postproducción a la fase posterior al primer montaje del producto. “Proceso por el cual se depura y retoca una producción audiovisual, logrando el documento final.”

También se suele hacer una comparación de la postproducción con “envolver el producto”, idea un tanto simple ya que en ocasiones, el “envoltorio”, dice más que el propio contenido del producto, y hoy en día la postproducción es la clave en algunos ámbitos de la producción audiovisual como la publicidad: “La idea de anuncio tradicional ha cambiado drásticamente según se ha popularizado la composición digital de vídeo y el tratamiento multicapa. La postproducción ha evolucionado para impactar al espectador, y se basa, fundamentalmente en gráficos, efectos y animaciones”.

Son procesos destinados a hacer más eficaz el producto final, no sólo formalmente, sino que colaboran a que el mensaje sea recibido mejor por el destinatario del mismo.

En la postproducción se integran desde la mezcla de imágenes y sonidos, a la superposición de diferentes elementos en una misma secuencia, pasando por la elaboración de efectos de vídeo que pueden suponer la inclusión de rótulos, gráficos y Animación en 3D.

### La Edición No Lineal.

Editar un vídeo deja de suponer un proceso en el que todas las decisiones de edición deben estar pensadas de forma anticipada, para pasar a ser una experiencia considerablemente más abierta y creativa, en un entorno más amable.

*“Ha nacido la no linealidad, y las imágenes y sonidos, una vez volcados al sistema, son susceptibles de ser manipulados y editados en el orden y forma que se desee” (FANDIÑO 2001)*

*“Un procesador de textos adaptado para manipular muestras de audio se convierte en una estación de trabajo (estudio de sonido). Y si se manejan datos de vídeo lo que resulta es un editor no lineal.” (RUMSEY Y WATKINSON 1996:45)*

Lo que intenta la edición no lineal es que seamos capaces de ensayar, de jugar con diferentes combinaciones de imágenes y sonidos. *“Ensayar, probar distintas soluciones y no tener que hacer concesiones creativas es el fundamento de la edición no lineal. El trabajo lineal*

*significa seguir un orden (una línea) de principio a fin. Lo no lineal intenta romper con esa estructura y no seguir un orden establecido.” (F. CASADO Y NOHALES 1999:15).*

**Definición:** Sistema de edición virtual que permite acceder aleatoriamente a los clips digitalizados y una vez seleccionados, componer en un interfaz (que representa la línea del tiempo de una cinta de vídeo) un nuevo archivo de vídeo con una cantidad indefinida de ficheros multimedia que posteriormente podrán ser editados en la forma y las veces que se desee y, finalmente, exportados a un soporte magnético u óptico o ser difundidos por redes locales o por Internet.

## 7.2 Composición y capas.

La edición de vídeo toma segmentos de vídeo a lo largo del eje de tiempos y los reagrupa para obtener el mejor efecto visual. La composición de varias capas de imagen se superpone en forma similar a los instrumentos que se añaden en una composición musical.

La composición implica combinar un número de imágenes más pequeñas en una mayor, o superponer la porción de una imagen sobre un fondo de otra. Para combinar una imagen con otra, es necesario especificar donde se va a posicionar la capa del primer término, con relación al fondo.

Para realizar estos procesos se utilizan las técnicas de Key (llave) y Matte (máscara). La idea es obtener la combinación de varias imágenes de forma que parezca una única. El método de trabajo en capas es muy versátil y resulta la base de la postproducción digital actual. Los sistemas de composición digital de imágenes tienen su mayor potencia en la posibilidad de agregar a las capas un enorme número de efectos y transiciones (*ver imagen 7.2-1*).



**Imagen 0-1 Composición de Capas.**

## 7.3 Transparencia.

Cuando se trabaja con varias capas es muy útil poder dotar a éstas de transparencia de forma que se puedan ver las capas más bajas, o ciertas regiones de ellas, a través de las superiores. Las capas disponen de una propiedad llamada opacidad que mide su nivel de transparencia. La opacidad difiere sensiblemente de la transparencia, porque mientras la opacidad se aplica a todo el fotograma de una capa, las transparencias permiten que en un mismo fotograma haya zonas transparentes y otras que no lo sean (*ver imágenes 7.3-1, 7.3-2 y 7.3-3*).

Algunos de los medios para crear transparencias son:

- Canales Alfa.
- Máscaras.
- Gama de Color.



**Imagen 0-1 Transparencia.**



**Imagen 0-2 Fondo.**



**Imagen 0-3 Composición.**

### 7.3.1 Canales Alfa.

El canal alfa de una imagen es el almacenamiento de un valor entre 0 y 1 para cada píxel, en forma adicional a la información del color del píxel.

Un valor de 1 indica que el píxel es completamente opaco. Un valor de 0 significa que el píxel es completamente transparente. El valor intermedio se utilizará para preparar el color final del píxel en el proceso de composición por transparencia de los distintos elementos que componen la imagen.

El concepto de canal alfa fue presentado en el artículo *Compositing Digital Images* (1984) de Thomas Porter y Tom Duff. Son canales en escala de grises con 8 bits de información. Se almacenan como canal adicional a los canales de color RGB y vienen incorporados en los formatos que lo permiten por ejemplo TIFF y TGA.

La gran mayoría de programas de edición digital, incorporan la propiedad de crear y guardar con la imagen canales alfa. En Photoshop, Premiere, una máscara es otra palabra para definir un canal alfa; también describe el proceso de modificar un canal alfa.

Existen dos tipos de canales alfa:

◆ **Canales Alfa Sencillos**

- Guardan la información de la transparencia exclusivamente en un canal alfa, mientras que los otros tres canales sólo recogen información relativa al color.
- Por lo tanto la transparencia no será efectiva hasta que no se visualice por un programa que interprete este tipo de canales.

◆ **Canales Alfa Premultiplicados**

- La información de la transparencia se almacena también en los canales de color, a parte del canal alfa.
- De modo que las áreas de los canales de color que serán transparentes se multiplican o mezclan con un color de fondo que generalmente es negro o blanco.
- Las zonas totalmente transparentes adquieren ese color de fondo.

### 7.3.2 Mascara (Matte).

Es una capa, que define las regiones de transparencia de otra capa o de esa misma capa. Esta utilidad deriva de las antiguas máscaras de cine empleadas para crear zonas de transparencia. Se necesitan dos capas, la superior que es la que actúa como máscara; y la inferior, sobre la que se va a crear la transparencia, que denominamos de relleno.

Se emplea un matte cuando se tiene un canal o un clip que define el área deseada de la transparencia mejor que el canal alfa, o cuando un clip no incluye un canal alfa. Es conveniente que la capa de máscara tenga un contraste alto, ya que generalmente la transparencia se genera por luminosidad de sus píxeles (*ver imagen 7.3-4 y 7.3-5*).



**Imagen 0-4 Mascara Matte.**



**Imagen 0-5 Mascara Matte.**

### 7.3.3 Gama.

Esta técnica permite transformar determinados valores de color o de luminosidad de una capa en píxeles transparentes. Cuando el fondo de una capa presenta un color homogéneo, bastante contrastado con el objeto principal, o valores de luminosidad uniformes, se podrán crear efectos de transparencia de forma sencilla.

- ☞ Para aplicar este efecto, los parámetros habituales a manipular son los siguientes:
  - ❖ Color (gama) a hacer transparente.
  - ❖ Tolerancia. Determina el rango de colores que se harán transparentes dentro de una misma gama.
  - ❖ Anchura del borde. Normalmente los valores positivos aumentan la máscara y los negativos la disminuyen.
  - ❖ Calado del borde. Se utiliza para suavizar los bordes, evitando el efecto de dentado.

## 7.4 Chroma Key.

Aunque los dos nombres más comunes con los que se conoce a la técnica que nos ocupa son fondo azul (*blue screen*) y Croma key (*Chroma Key*) también se pueden referir a ella como pantalla azul, Cromaquí, superposición por separación de colores e incluso como mascarilla en movimiento (*Travelling Matte*).

Aunque el proceso es el mismo en cinematografía se le suele llamar *Travelling Matte* y en edición de vídeo *Chroma Key* (ver imagen 7.4-1).



Imagen 0-1Chroma Key.

### 7.4.1 Descripción del Proceso.

La clave del proceso está en el sistema de grabación que no solo trabaja con dos fuentes distintas, una primaria y otra secundaria, sino que posee un dispositivo electrónico capaz de detectar la señal de un determinado color, generalmente el azul, actuando como sigue:

Si no recibe señal de color azul graba tomando como origen la fuente primaria.

Si recibe señal de color azul desconecta la grabación que está efectuando de la fuente primaria e inserta en su lugar la fuente secundaria.

Evidentemente, cuanto mayor sea la capacidad del dispositivo para desconectar *las zonas de azul* sin afectar al resto de gamas cromáticas, sobretodo las más próximas a este, mayor será la calidad del producto final

#### **7.4.2 El Color del Chroma Key.**

El Chroma key se puede usar con distintos colores de fondo aunque el más usual es el azul ya que:

- En la filmación suelen intervenir actores y este color es el menos presente en la piel humana con lo cual se evita que parte de estos pueda ser borrado junto con el fondo.
- El azul fue uno de los colores más usados desde el principio y eso hace que haya mucha mayor gama de filtros y efectos para este color que para otros.

Otros colores que se suelen usar como fondo para esta técnica son el verde, el amarillo y el rojo siendo el primero el más habitual, claro está, después del azul.

#### **7.4.3 La Iluminación del Chroma Key.**

Para que el efecto sea completo y se eviten reflejos y brillos la luz con la que se iluminan tanto la acción como el fondo debe ser blanca y a poder ser producida con tubos fluorescentes de alta frecuencia que eviten el pestañeo (*flicker*) que se produce si se filma a distintas velocidades o con variaciones del obturador.

La razón por la que se prefiere el uso de fluorescentes en lugar de bombillas de tungsteno es que estas desprenden pequeñas emisiones de tonos ocres que interfieren en el proceso.

#### **7.4.4 Los Usos del Chroma Key.**

##### **Fondos escénicos.**

La filmación con pantalla azul surgió como sustituto de la *proyección escenográfica* y al igual que esta facilita fondos para la acción cuando estos son imposibles de obtener por otros medios bien porque no existen (fondos fantásticos), bien porque sale muy caro rodar en ellos (sustituto de exteriores) o bien porque resultan arriesgados para los actores (tomas de altura por ejemplo).

### Fondo fantástico.

Cuando la acción se desarrolla en un lugar imaginario que no es posible recrear con escenarios los actores deben ser rodados frente a un *chroma key* de modo que este pueda ser sustituido por una generación digital del entorno deseado.

Un ejemplo de esto lo tenemos en el Senado Galáctico de Coruscant cuyos "escaños" pudieron ser recreados mediante decorado pero donde el enorme espacio circular repleto de senadores tuvo que ser creado digitalmente (*ver imagen 7.4-2*).



Imagen 0-2 Fondo Chroma Key

### Sustituto de exteriores.

Cuando resulta muy caro desplazar a los actores a un determinado lugar se puede grabar a estos frente al *chroma key* y sustituir este por una grabación de dicho lugar. Haciéndolo así se puede reducir mucho el coste de la producción ya que solo se necesita desplazar a una pequeña unidad de rodaje.

En producciones de gran presupuesto como *Star Wars* esta práctica no es habitual y siempre que es posible se ruedan los exteriores junto con los actores ya que así se aprovecha la luz natural. De todos modos hay veces que se deben rodar escenas extras con la filmación principal ya concluida y entonces se recurre al *chroma key* como sustituto de los exteriores. También se hace así cuando una escena rodada en exteriores debe ser completada por especialistas rodando en estudios (*ver imagen 7.4-3*).



Imagen 0-3 Exteriores Chroma Key.

### Escenas de Riesgo.

Si se tiene que filmar una escena en la que los actores corren riesgo físico por ejemplo al permanecer colgados a gran altura se puede optar por grabarlos en la seguridad del estudio frente a un croma key sustituyendo luego este por una toma del "precipicio".

Así por ejemplo aunque en El Retorno del Jedi se trabajó con la posibilidad de rodar a Mark Hamill y Carrie Fisher en exteriores montados en un artilugio que reprodujese el desplazamiento de las motos jet el riesgo de caída y el consiguiente retraso en la producción hizo que se optase por filmar en estudio ( *ver imagen 7.4-5* ).



Imagen 0-4 Escenas de Riesgo.

### 7.5 Efectos Especiales.

La computación ha hecho posible grandes avances en este campo, la creación de fondos y mundos virtuales que interactúan con los personajes. Para ello, los actores ruedan en sets con paños (paneles pintados de azul o verde), para añadir los efectos con una técnica llamada *Chroma Key*. George Lucas dio un gran impulso a este tipo de efectos.

La manipulación de la realidad, sin que los espectadores se den cuenta, el manipular colores, eliminar fallos de rodaje, insertar elementos que no estaban en el escenario, crear de personajes virtuales a través del diseño digital es cada vez más habitual.

Los efectos especiales en Animación 3D son una parte muy importante de la calidad directa del producto tridimensional. Cuando se realiza un render por sencillo que este sea, la imagen se potencia muchísimo mas si se realizan algunos ajustes en un programa de composición o retoque digital.

Los efectos permiten enriquecer la imagen, darle realismo o “espectacularidad” a cada una por medio de herramientas de corrección de color, mascarar, filtros y mezcla de información que son pilares en la construcción de contenidos 3D. El estado del arte de estos efectos están dados por software que ahora permiten conectar el programa de Animación 3D y el de composición, donde se puede llegar a trabajar de forma simultanea (por ejemplo para pintar objetos en 3D directamente), o abrir archivos fotográficos digitales que vienen de los programas de Animación y que contienen muchísima mas información en distintos canales de 8 bits, que a la vez son reconocidos en el software de composición, para generar efectos que interpretan la información de manera tridimensional controlando estos, casi en tiempo real.

## 7.6 Áreas de Aplicación

Ya se está empezando a superar la fase en la que la Animación en 3D tienen una vertiente principalmente orientada hacia los juegos; si bien es cierto el ocio es uno de sus puntos fuertes, esta tecnología puede dar mucho más.

La Animación en 3D es una nueva tecnología que posee enormes expectativas. Consiste en simulaciones tridimensionales interactivas que reproducen ambientes y situaciones reales que pueden ser aplicadas en muchos campos y diversos proyectos de interés.

Algo muy importante es que el entorno tridimensional no necesariamente tiene que adaptarse a las leyes físicas naturales; es por esta característica que la Animación en 3D se presta para ser aplicada a cualquier campo de la actividad humana.

### Aplicaciones Profesionales y Educativas.

#### Aplicaciones Médicas.

Con el transcurrir del tiempo se ha podido notar la evolución de la tecnología utilizada en la rama de la medicina, hace tan solo 25 años la primera operación de trasplante de corazón fue un acontecimiento ubicado en la primera plana alrededor del mundo.

La comunidad médica está desarrollando ansiosamente usos para la tecnología de la realidad virtual y se ha aferrado con fuerza al nuevo paradigma. El paciente virtual básico, es una imagen multidimensional generada por computadora, compuesta por tiras o rebanadas dibujadas desde diferentes ángulos del cuerpo de una persona real.

Al tiempo que estas tecnologías relevantes evolucionan y las bases de datos van siendo enriquecidas, estas versiones serán cada vez más y más realistas. En la medicina se puede notar que los avances en el software han hecho posible para los equipos de cirujanos, practicantes y personal de diagnóstico, compartir cuartos de examen virtuales con fines de diagnóstico y consulta. Ahí se puede explorar e interaccionar los modelos para determinar los medios más efectivos en el tratamiento de pacientes. Esto ocurre antes de que la cirugía u otras medidas drásticas sean tomadas (*ver imagen 7.6-1*).

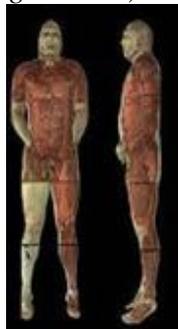


Imagen 7.6-1 Aplicaciones Médicas

### **Aplicaciones en la Industria, Diseño y Fabricación.**

Los sistemas CAD (Diseño Asistido por Computadora) son conectados a los sistemas CAM (Fabricación Asistida por Computadora), que son dirigidos por los sistemas de modelos CAPP (Planificación de Procesos Asistida por Computadora). Las técnicas de Realidad Virtual de visualización serán adoptadas en cualquier etapa del proceso de fabricación en la que se haya demostrado la utilidad del procesamiento sofisticado de imágenes.

A lo largo del ciclo de fabricación, desde el comienzo hasta el producto final, los diseñadores introducen ideas y comentarios basándose en datos sobre productos, que están en crecimiento. Las justificaciones corporativas de las lecciones de diseño particulares o las razones para eliminar ciertos productos forman parte del programa, disponible para posteriores diseños. Los reclamos y comentarios de los clientes pueden formar una lista de tópicos para posteriores diseños.

Los conocimientos internos confidenciales son comunicados por los diseñadores originales a los que trabajan en nuevos sistemas. Si el sistema esta bien planificado y ejecutado los que trabajen posteriormente puede aprender de la experiencia de los anteriores diseñadores. Si se le pregunta al sistema sobre el aspecto de cierto diseño o decisión, el usuario consultara con colegas pasados y puede dejar notas para los demás usuarios.

No solo la Animación en 3D permite extender al alcance de los ojos y las manos en situaciones peligrosas, sino que permite a los diseñadores poner sus manos o sus ideas, antes de que algo sea construido. Los diseñadores ya pueden dibujar y simular sus ideas en pantallas y llevar sus ideas a un lugar de espacio virtual.

Se vive en un mundo de diseño, el diseño es el primer paso en el proceso de la construcción de un producto, es el plano de una casa, el esquemático de un juguete electrónico y el diseño en tercera dimensión del motor de un jet. El diseño asistido por computadora es un área donde la computadora ha contribuido en la productividad. Los productos como el Autocad permiten a los diseñadores rápidamente crear y editar diseños complejos en computadoras personales para toda clase de productos. Ya muchas compañías tienen equipos de diseñadores trabajando en conjunto sobre redes de computadora intercambiando archivos, trabajando en proyectos comunes y colaborando juntos (*ver imagen 7.6-2*).



**Imagen 7.6-2 Aplicaciones Diseño**

## Química y Bioquímica.

El uso de las tecnologías Realidad Virtual facilita los pasos necesarios para poner remedio a los residuos peligrosos. El empleo de la operación telerrobótica en la perforación, muestreo análisis y eliminación de los residuos, hace que los operadores humanos no tengan que exponerse a sus peligros y permite una manipulación de los materiales que de otra forma sería imposible.

La información programada sobre átomos, enlaces, cargas eléctricas, coordenadas y conectividad ya esta disponible. Esta es utilizada por los científicos para crear moléculas virtuales de átomos y enlaces.

Los bioquímicos ya han solventado los misterios de algunas nuevas proteínas específicamente dismutasa de superóxido de cobre, zinc y erabutoxina evitando la necesidad de los tradicionales modelos de latón. Cada vez más, las aplicaciones de Realidad Virtual se están utilizando en ensayos de acoplamiento de enzimas y en el desarrollo de productos farmacéuticos.

Las moléculas se pueden exhibir de muchas formas, modelo de bolas y varillas o armazones de cables se pueden entrelazar estructuras lineales elegantes para mostrar, por ejemplo, donde se encuentra el enlace polipéptido de la proteína. Una esfera puede representar cada átomo, en cuyo caso, el modelo parecerá una masa convergente de burbujas. Las moléculas virtuales se pueden distinguir unas de otras.

Con gafas de obturación, pueden ser movilizadas de un sistema PC, flotando como hologramas enfrente de los ojos. Las moléculas pueden ser agrandadas, pareciendo ser de 50 pies más grandes que el usuario. Entonces, el usuario puede explorar esta molécula "volando alrededor de ella", y haciendo los cambios deseados. Un químico puede sentir las torsiones, atracciones o repulsiones asociadas a las uniones de drogas y enzimas. Estas sensaciones son servidas a través de un sevomanipulador, un tipo de dispositivo de bola montado sobre un brazo mecánico (*ver imagen 7.6-3*).

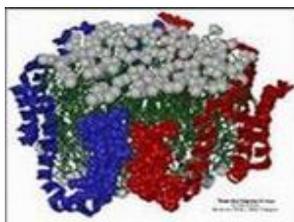


Imagen 7.6-3 Aplicaciones Bioquímicas

# Conclusiones

---

Las Técnicas de Animación en 3D y los efectos especiales han evolucionado a través del tiempo conforme se va desarrollando software para el diseño en 3D. Aun con el uso de nuevas técnicas para ahorrar tiempo de cálculo, y la gran potencia de las computadoras actuales, uno de los grandes retos que sigue la generación y el desarrollo de la Animación en 3D, es el plasmar y simular el entorno real.

El avance de la tecnología ha permitido, primero, la aparición de las superproducciones, inimaginables sin el acceso a vastísimos recursos. Después ese tipo de recursos se pusieron al alcance de producciones que, aunque millonarias, son lo suficiente modestas como para ser posibles fuera de Hollywood. Finalmente, se ha llegado a un nivel en el que herramientas suficientemente potentes son accesibles, cuyo objetivo no es necesariamente el ánimo de lucro.

De la misma forma, el uso de las gráficas por computadoras se abre paso en campos cada vez más amplios. Mientras que ahora su uso se centra en la generación de gráficos para la arquitectura, o la visualización de datos científicos de gran envergadura, la disminución de costos permite su aplicación en investigaciones científicas de presupuesto más moderados, y a los recursos para la educación, en simulaciones de todo tipo, y en campos en los que, como suele suceder, las aplicaciones aun están por llegar.

La informática ha hecho posible que se desarrollen por completo los efectos especiales en el cine, que se creen personajes que, en la realidad, no existen y que la imaginación vuele porque no hay ya límite para la creación. Por ello existen los sistemas de realidad virtual que sitúan al usuario en un ambiente o escenario creado por computadora. El usuario participa de dicho ambiente gracias a un casco que se coloca en la cabeza y que le permite “sentirse” rodeado por ese escenario. Puede interactuar con el ambiente, mediante guantes u otros dispositivos que captan el movimiento de ciertas partes de su cuerpo, como dedos, brazos o piernas. Para sugerir esta ilusión, los sistemas de Realidad Virtual necesitan potentes computadoras y Generadores de Gráficos.

Los Generadores de Gráficos están en un área donde revolucionan a pasos agigantados, en un rango de soporte lógico informático. Esto ofrece una mejora firme en la flexibilidad de trabajo de postproducción. La facilidad de manipular la calidad de mejorar la imagen permite técnicas que fueron previamente practicadas. Éstas, luego, son formas en las cuales las computadoras pueden auxiliar, y pueden complementar las mejoras de la Animación en 3D.

---

---

# Glosario

---

**3D: (Tercera Dimensión)** Una visualización, medio de realización que da la apariencia de altura, anchura y profundidad.

## A

**ACM:** Association for Computing Machinery. Fue fundada en 1947 como la primera sociedad científica y educativa acerca de la Computación. Publica varias revistas y periódicos científicos relacionados con la computación.

**Algoritmo:** Fórmula que consta de una secuencia de pasos para resolver un problema o hacer cálculos para que algo suceda, procedimiento computacional mecánico o recursivo.

**Aplicación:** Un único conjunto de instrucciones de software diseñadas para resolver un problema o ejecutar una tarea particular. Las hojas de cálculo electrónicas o paquetes de procesamiento son aplicaciones. Los grupos de aplicaciones forman un sistema de información.

**ARPA:** Agencia para Proyectos de Investigación Avanzada) dentro del Departamento de Defensa, a fin de establecer su liderazgo en el área de la ciencia y la tecnología aplicadas a las fuerzas armadas.

## B

**Bidimensional:** Si tiene dos dimensiones.

**BIT:** Dígito binario es el elemento más pequeño de información del ordenador. Un bit es un único dígito en un número binario (0 o 1). Los grupos de bits forman unidades más grandes de datos en los sistemas siendo el byte (ocho bits) el más conocido de éstos.

**Bufer:** Es una ubicación de la memoria en una computadora o en un instrumento digital reservada para el almacenamiento temporal de información digital, mientras que está esperando ser procesada.

**Blue Screen:** Técnica consistía en la filmación de actores u objetos frente a un fondo azul, verde o rojo que después era eliminado para componer la figura sobre la película.

**Brillo:** Es la propiedad que determina cuan ampliamente se extiende la luz sobre una superficie.

## C

**CAD:** (Diseño Asistido por Computadora). (Computer Aided Design). Básicamente se trata de una base de datos de entidades geométricas (puntos, líneas, arcos, etc.) con la que se puede operar a través de una interfaz gráfica. Permite diseñar en dos o tres dimensiones mediante geometría alámbrica, esto es, puntos, líneas, arcos, splines; superficies y sólidos para obtener un modelo numérico de un objeto o conjunto de ellos.

**CADAM:** (Computer-aided design and manufacturing) o diseño y manufacturación asistidos por computador.

---

---

**Cinemática:** Es la rama de la mecánica clásica que estudia el movimiento de los cuerpos sin tener en cuenta sus causas.

**Cinematógrafo:** Técnica que permite registrar y reproducir fotográficamente el movimiento.

**CD-ROM:** (Compact Disc Read Only Memor) Disco óptico circular de 12 cm. de diámetro y que pesa unos pocos gramos para el almacenamiento de información de forma binaria y de sólo lectura. Con capacidad almacenamiento de hasta 640 MB. Son mucho más rápido que los disquetes, almacenan más y es más segura la información. Se utiliza un láser para poder acceder a la información. Éste tipo de CD son de sólo lectura, por lo tanto es imposible grabarles información encima.

**CPU:** Unidad Central de Procesamiento. El cerebro de las computadoras. Es la parte de la computadora que administra y procesa todas las tareas de la computadora. El CPU se encuentra en un microprocesador.

**CT:** Computed Tomography (Tomografía Computarizada).

**CRT:** Tubos de Rayos Catódicos Repasados este componente es un dispositivo de visualización utilizado en la mayor parte de las pantallas de ordenadores, televisiones y osciloscopios.

## D

**DDA:** Digital Differential Analyzer (Analizador Diferencial Digital) Es un algoritmo de línea de conversión de rastreo que se basa en el cálculo ya sea en el incremento de X o en el incremento de Y. La finalidad de este algoritmo es determinar los valores enteros correspondientes más próximos a la trayectoria de la línea para la otra coordenada.

**Difuso:** Disperso, extendido, de límites poco precisos.

## E

**EPIC:** *Electronic Photography and Imaging Center*

**Especularidad:** Determina que tan brillante es y como la luz se fragmenta por la superficie.

**Escenario:** Es un espacio en el que se colocan elementos virtuales, los cuales componen la escena virtual.

## F

**Fotograma:** Se denomina fotograma a cada una de las imágenes impresionadas químicamente en la tira de celuloide del cinematógrafo. Proyectadas a una cadencia de 24 por segundo producen la ilusión de movimiento. Esto se debe a la incapacidad del cerebro de ver estas imágenes como fotografías separadas. Esta persistencia en la visión hace que el cerebro mezcle estas imágenes dando la sensación de movimiento natural.

**Fractales:** Es aquel que tiene la Dimensión Topológica estrictamente menor que su Dimensión de Hausdorff-Besucovic").

**FPS:** Fotogramas por Segundo.

---

---

## H

**Hardware:** Soporte físico al conjunto de elementos materiales que componen un ordenador. En dicho conjunto se incluyen los dispositivos electrónicos y electromecánicos, circuitos, cables, tarjetas, armarios o cajas, periféricos de todo tipo y otros elementos físicos.

**Hertz:** Hercio. Unidad de frecuencia (número de veces que se repite por segundo cualquier fenómeno) electromagnética. Cada unidad equivale a un ciclo por segundo, por lo tanto 500 hertz serán quinientos ciclos. Esto es explicado para entender los Mhz (megahertz) y Ghz (gigahertz), medidas con que se maneja la velocidad de un ordenador.

## I

**IK:** (Cinemática Inversa)

**Inbetweens:** Fotogramas Intermedios.

**III:** (Information *International Incorporated*).

**I.G:** Informática Grafica

**ILM:** *Industrial Light and Magic*

## K

**Keyframes:** (fotogramas clave)

## L

**Luminosidad:** Instantánea como el número de partículas por unidad de superficie y por unidad de tiempo en un haz.

## M

**Megabytes:** Aproximadamente un millón de bytes; de forma precisa, 1024 Kilobytes.

**MITS:** Compañía *Micro Instrumentation Telemetry System*.

**MIT:** Lincoln Del Massachusetts Institute of Technology.

**Modelado:** En su forma más amplia es una técnica que consiste en la generación de un objeto representado por los Gráficos por Computadora.

**Morphing:** Es un efecto especial usado en películas y animaciones. Implica el crear de una transición que sea tan completo como sea posible a partir de una imagen a otra. Se utiliza lo más a menudo posible para representar a una persona que da vuelta en otra con algunos medios tecnológicos o como parte de una fantasía o de una secuencia surreal.

**Motion Graph:** (diagrama de movimiento) Es la representación mas formal de un animación por keyframes.

**Multimedia:** Combinación de textos, imágenes, videos, movimiento y sonidos; requieren amplio ancho de banda y potencia computacional.

## N

**NYIT:** New York Institute of Technology.

**NTSC:** (Nacional Televisión Systems Committee) Es un sistema de codificación y transmisión de televisión analógica desarrollada en Estados Unidos en torno a 1940, y que se emplea en la actualidad en la mayor parte de América y Japón, entre otros países.

---

---

## P

**PAL:** Phase Alternating Line (Línea Alternada en Fase). Este es el nombre con que se designa al sistema de codificación empleado en la transmisión de señales de televisión en color en la mayor parte del mundo. De origen alemán, se utiliza en la mayoría de los países africanos, asiáticos y europeos (entre ellos España), además de Australia.

**Persistencia de la visión:** Es una "imperfección" del ojo que provoca que la imagen se grave en la retina durante una fracción de segundo después de que fue vista.

**Píxel:** Es cada punto de la pantalla (Elemento Grafico).

**Praxinoscopio:** Consiste en un tambor de madera dentro se colocan imágenes diferentes, Este efecto se consigue el girar rápidamente el tambor y observar a través de la ventana mencionada.

**PTE:** Position Emisión Tomography (Tomografía de Emisión de Posición).

## R

**Radiosidad:** Conjunto de algoritmos de Renderización, que tratan de resolver el problema básico de la Renderización de la forma más realista posible. Dicho problema es: El transporte de la luz sólo se puede modelar de forma óptima considerando que cada fuente luminosa emite un número enorme de fotones, que rebotan al chocar contra una superficie describiendo una cantidad de trayectorias imposibles de simular en un computador.

**RAM:** Random Access Memory, o Memoria de Acceso Aleatorio. Los programas que se ejecutan en el ordenador, así como los datos de las variables que utilizan estos programas, deben estar almacenados en un lugar accesible para el microprocesador. Este lugar se denomina memoria y, físicamente, está formada por una serie de chips comunicados con el microprocesador a través del bus de direcciones y el bus de datos.

**Raytracing:** (Trazado de Rayos) es un algoritmo para síntesis de imágenes tridimensionales. Propuesto inicialmente por Turner Whitted en 1980, está basado en el algoritmo de determinación de superficies visibles de Arthur Appel.

**Realidad Virtual:** También denominada realidad artificial, modelo digital de un entorno, es un término creado por Jaron Lanier, Los "Mundos Virtuales" fueron predichos por Ivan Sutherland en los años sesenta; la convergencia y la visualización que intenta eliminar la separación entre el usuario y la máquina.

**Reflexión:** Proceso por el cual un rayo de luz que incide sobre una superficie "rebota" sobre ésta.

**Refracción:** Cambio de dirección que experimenta la luz al pasar de un medio a otro. La refracción es diferente para cada color de luz. Es mayor para la luz violeta y menor para la luz roja

**Relieve (bumb):** Efecto fotográfico conseguido en el laboratorio mediante la ampliación sobre un mismo papel de un negativo y un positivo del mismo tema superpuestos y ligeramente desplazado. El grado de desplazamiento influirá sobre el grosor de la línea que produce el efecto de relieve.

**Rendering:** Un proceso de cálculo complejo desarrollado por una computadora destinado a generar una imagen o secuencia de imágenes. En tratamiento de gráficos por computadoras, imagen tridimensional que incorpora la simulación de efectos de iluminación, tales como la sombra reflectiva, como así también de las texturas que componen el objeto.

**RGB:** Descomposición de colores en función de tres componentes básicos: rojo, verde y azul (Red, Green, Blue). Es la descomposición habitual en las pantallas de ordenador. Se trata de

---

---

colores aditivos: cuanto mayor es la cantidad de rojo, verde y azul, más se aproxima el color resultante al blanco.

**RMN:** (Resonancia Magnética Nuclear).

**Rotoscopia:** Consiste en capturar un movimiento real, y utilizar esa información para mover un diseño generado por computadora.

## S

**SAGE:** (*Semi Automatic Ground Machine*).

**Servidor:** Es un programa de computadora cuya labor es brindar servicios a otros programas que lo soliciten, llamados clientes. Los servicios que puede dar son variados, por ejemplo, imprimir o leer un archivo.

**SIGGRAPH:** (*Special Interest Groups on Computer Graphics*). Es el grupo de interés en computación gráfica de la ACM, y es también el nombre de la conferencia sobre el área organizada por el grupo de interés SIGGRAPH.

**Software:** Es la parte lógica de la computadora, esto es, el conjunto de programas que puede ejecutar el hardware para la realización de tareas. Es el conjunto de instrucciones que permite la utilización del equipo.

**Splines:** Es una curva de tercer grado, que tiene tangentes y curvaturas continuas en toda su longitud.

**Sketchpad:** El primer programa de gráficos por computadora interactivo.

**SRBM:** Es siglas militares para el misil balístico de corto alcance. Éstos son misiles balísticos con una gama de 1000 kilómetros o de menos. En conflictos regionales, estos misiles se utilizan debido a las distancias cortas entre algunos países.

Debido a estas armas que son baratas y configuradas fácilmente, son ampliamente utilizados en situaciones militares de corto alcance alrededor del mundo, a pesar de su inexactitud.

**Stop-Motion:** Consiste en fotografiar un objeto (marioneta, vehículos) en diferentes posiciones consecutivas, para luego montarlas en la misma tira de negativo.

**StoryBoards:** Es ilustraciones exhibidas en orden con el fin de previsualizar una película animada o de vivir la acción.

## T

**TAC:** (Tomografía Asistida por Computador).

**Telepresencia:** Término creado por Marvin Minsky; presencia "remota", medio que proporciona a la persona la sensación de estar físicamente en una escena remota creada por la computadora, una experiencia psicológica que ocurre cuando la tecnología de simulación funciona lo suficientemente bien como para convencer a los usuarios que están inmersos en mundos virtuales.

**Tiempo real:** El momento justo en que algo sucede; para resolver problemas con la computadora, el tiempo entre la entrada de datos y la resolución, utilizado cuando la respuesta a una entrada es lo suficientemente rápida como para afectar las entradas posteriores.

**Transparencia:** Cuando deja pasar fácilmente la luz. La transparencia es una propiedad óptica de la materia, que tiene diversos grados y propiedades. Se dice, en cambio, que un material es traslúcido cuando deja pasar la luz, pero de manera que las formas se hacen irreconocibles, y que es opaco cuando no deja pasar apreciablemente la luz.

**Translucidez:** Es la habilidad de un objeto para ser retroiluminado sin ser transparente.

---

---

## V

**Virtualización:** Proceso mediante el cual un humano interpreta una impresión sensorial como un objeto en un entorno distinto al entorno en el que el objeto existe físicamente.

**VRML:** *Virtual Reality Modeling Language*. Lenguaje de Modelado de Realidad Virtual.

## W

**Wavelets:** Es una transformación de una imagen en una representación de la frecuencia de una onda. La onda representa cómo rápidamente las cosas cambian en ciertos patrones.

**WWW:** *World Wide Web*. Es la colección de sitios *Web*, los cuales se comunican a través de Internet.

## Z

**Zootropo:** Consiste en un cilindro movable de metal con ranuras verticales, a través de ellas se miraban los dibujos.

**Z-Buffer:** Ayuda al proceso de determinación de superficies ocultas manteniendo en una zona de la memoria el valor de la profundidad.

---

---

# Bibliografía

---

- [1] Donald Hearn, M. Pauline Baker.(1995). Graficas por Computadora. José Juan Díaz Díaz (Trad.), Carlos Villegas Quezada (Rev. Tec.).2nd Edición. Edo. México: Prentice Hall, 686p. ISBN 968-880-482-7.
- [2] Maestri George.(1996).Digital Character Animation. Steve Adams (Image Specialist). 1ra Edición. United States of America: New Riders Publishing, 369p. ISBN 1-56205-559-3.
- [3] Pescador Albiach, Darío (2002).Guía Practica para Usuarios “3D Máx.”. 1ra Edición. Madrid: Anaya Multimedia, 400p. ISBN: 8441520194.
- [4] Millar Phillip 2000. Especial 3D Studio Máx 3. 1era Edición. Madrid: Pearson Educación, S.A., 1423 p. ISBN: 84-205-2960-5.
- [5] R. Buss Samuel 2003. 3-D Computer Graphics. 1era Edición. United States of America: Cambridge University Press, 371p. ISBN: 978-0-521-82103-2.
- [6] George Avgerakis. September 2003. Digital Animation Bible: United States of America. McGraw-Hill/TAB Electronics, 400 p. **ISBN: 0071433546**
- [7] Harold Whitaker, John Halas.2002.Timing for Animation. Boston: Focal Press.142p. **ISBN: 0240517148.**
- [8] Stuart Mealing. 2003. The Art and Science of Computer Animation.2<sup>nd</sup> Edition. United Kingdom: Intellect Books, 320 p. **ISBN: 1-871516-71-4.**
- [9] Gorden, Jonny.2005 .Lightwave 3D cartoon character creation. 2<sup>nd</sup> Edition. United States of America: Wordware Publishing, 411p. **ISBN: 1-55622-254-8.**
- [10] Peter Ratner. 2003. 3D Human Modeling and Animation. 2<sup>nd</sup> Edition. United States of America: John Wiley& Sons, Inc. 320p. ISBN: 0-471-21548-1
- [11] Lengyel Eric. 2004. Mathematics for 3D Game Programming and Computer Graphics.2<sup>nd</sup> Edition. Charles River Media, Inc. 570p. **ISBN: 1-58450-277-0**
- [12] Foley, Van Dam, Feiner, Hughes, Phillips, "Introducción a la Graficación por Computador", Addison-Wesley Iberoamericana, S.A., 1996, **ISBN 0-201-6599-7.**

# Referencias en Internet

---

- [13] El Portal del 3D y la Animación. [En línea] “Principios Básicos de Animación”. España: 2002. URL: <http://www.3danimacion.com/>. [Enero 2006].
- [14] Raggett Dave. Noticias 3D. [En línea] “El Futuro de la Animación Tradicional”. España: 1999. URL: <http://www.noticias3d.com/> [Febrero 2005].
- [15] 3D Poder, El Portal Hispano de 3D [En línea] “Técnicas de Animación por Computadora”. España: 1997 URL: <http://www.3dpoder.com/portal/index.htm>. [Enero 2005]
- [16] Van Buren Mark. 3D Links Ultimate [En línea] “Software 3D”. Canadá: 1997. URL:<http://www.3dlinks.com/>. [Diciembre 2005].
- [17] <http://www.autodesk.com/3dsmax>
- [18] Pérez García Miguel. El Portal del Diseño 3D y Multimedia [en línea]”Futuro de los Gráficos por Computadora” España: 2003 URL: <http://www.es.3dup.com/>. [Marzo 2006].
- [19] Greenway Tom. 3D Total. [En Línea] “Science Fiction”. 2da Version. United Kingdom: Agosto1999 URL:<http://www.3dtotal.com/>. [Diciembre 2005].
- [20] Roosendaal Tom. Blender. [en línea]”Blender”. Amsterdam: Octubre 1993. URL: <http://www.blender.org/>. [Agosto 2005].
- [21] Pérez J. Entidad 3D. [En línea] “Avances 3D.” España: 1993 URL: <http://www.entidad-3d.com/>. [Febrero 2006].
- [22] Fernández Marcos. Departamento de Informática. [En línea]. “Animación en 3D”. Valencia: 2005.URL:<http://informatica.uv.es/iiguia/2000/AIG/teoria.htm>. [Agosto 2006].
- [23] Stephen Spencer. ACM SIGGRAPH. [En línea]. ”Computer Graphics”. California:1970. URL: <http://www.siggraph.org/>. [Noviembre 2005].
- [24] Lasseter Jhon. Pixar. [en línea].”The Pixar Process”. California: 1984. URL: <http://www.pixar.com/shorts/index.html>. [Diciembre 2005].