

# Contenido

<b>PREFACIO</b>	<b>xvii</b>		
<b>1 Un estudio de las gráficas por computadora</b>	<b>2</b>		
1-1 Diseño asistido por computadora	4	2-2	Sistemas estereoscópicos y de realidad virtual 51
1-2 Gráficas de presentación	11		Sistemas de barrido con rastreador 54
1-3 Arte por computadora	13		Controlador de video 54
1-4 Entretenimiento	18		Procesador de despliegue de barrido con rastreador 56
1-5 Educación y capacitación	22	2-3	Sistemas de trazado aleatorio 57
1-6 Visualización	25	2-4	Monitores gráficos y estaciones de trabajo 58
1-7 Procesamiento de imágenes	32	2-5	Dispositivos de entrada 62
1-8 Interfaces gráficas para usuario	34		Teclados 62
			Ratón 64
			Bola palmar y esfera de control 64
			Palancas de control 65
			Guante de datos 66
			Digitalizadores 66
			Rastreadores de imágenes 69
			Páneles de tacto 70
			Plumas de luz 72
			Sistemas de voz 73
		2-6	Dispositivos de copia impresa 74
		2-7	Software de gráficas 78
			Representaciones de coordenadas 78
			Funciones de las gráficas 79
			Estándares del software 81
			Estaciones de trabajo PHIGS 82
			Resumen 82
			Referencias 84
			Ejercicios 84
<b>2 Panorama general de los sistemas de gráficas</b>	<b>35</b>		
2-1 Dispositivos de despliegue en video	36		
Tubos de rayos catódicos con retrazado	37		
Despliegues de barrido con rastreador	40		
Despliegues de rastreo aleatorio	42		
Monitores CRT de color	43		
Tubos de almacenamiento con vista directa	45		
Despliegues de panel plano	46		
Dispositivos de vista tridimensional	50		

## **3** Primitivos de salida **86**

3-1	Puntos y líneas	87
3-2	Algoritmos para el trazo de líneas	89
	Algoritmo DDA	90
	Algoritmo de línea de Bresenham	92
	Algoritmos paralelos de líneas	96
3-3	Carga del búfer de despliegue	98
3-4	Función de línea	99
3-5	Algoritmos de generación de circunferencias	100
	Propiedades de las circunferencias	100
	Algoritmo de la circunferencia de punto medio	102
3-6	Algoritmos de generación de elipses	106
	Propiedades de las elipses	106
	Algoritmo de la elipse de punto medio	107
3-7	Otras curvas	114
	Secciones cónicas	115
	Polinomios y curvas de "spline"	116
3-8	Algoritmos de curvas paralelas	117
3-9	Funciones de la curva	118
3-10	Dirección del Pixel y geometría de objetos	118
	Coordenadas de cuadrícula de pantalla	118
	Conservación de las propiedades geométricas de los objetos desplegados	119
3-11	Primitivos para llenado de área	122
	Algoritmo de línea de rastreo para el llenado de polígonos	122
	Pruebas dentro-fuera	130
	Llenado de línea de barrido de áreas de frontera curva	132
	Algoritmo para llenar fronteras	132
	Algoritmo de llenado con flujo	134

3-12	Funciones de llenado de áreas	136
3-13	Matriz de celdas	137
3-14	Generación de caracteres	138
	Resumen	140
	Aplicaciones	141
	Referencias	146
	Ejercicios	146

## **4** Atributos de los primitivos de salida **149**

4-1	Atributos de línea	150
	Tipo de línea	151
	Anchura de línea	152
	Opciones de pluma y pincel	155
	Color de línea	156
4-2	Atributos de curva	158
4-3	Niveles de color y escala de gris	161
	Tablas de color	162
	Escala de gris	164
4-4	Atributos de llenado de áreas	164
	Estilos de llenado	165
	Llenado de patrón	165
	Llenado suave	169
4-5	Atributos de carácter	170
	Atributos de texto	171
	Atributos de marcador	174
4-6	Atributos aglomerados	175
	Atributos de líneas aglomeradas	176
	Atributos de llenado de áreas aglomeradas	176
	Atributos de textos aglomerados	177
	Atributos de marcadores aglomerados	177
4-7	Funciones de indagación	178
4-8	Antialias	178

Sobremuestreo de segmentos de línea recta	178
Máscaras de peso de pixels	182
Muestreo de área de segmentos de línea recta	182
Técnicas de filtración	182
Fases del pixel	183
Compensación de las diferencias de intensidad de línea	183
Antialias de fronteras de área	184
Resumen	186
Referencias	189
Ejercicios	189

5-5	Transformaciones entre sistemas de coordenadas	214
5-6	Transformaciones afines	217
5-7	Funciones de transformación	218
5-8	Métodos de rastreo para las transformaciones	219
	Resumen	222
	Referencias	223
	Ejercicios	223

## **5** Transformaciones geométricas bidimensionales 192

5-1	Transformaciones básicas	193
	Traslación	193
	Rotación	195
	Escalación	196
5-2	Representaciones de matriz y coordenadas homogéneas	198
5-3	Transformaciones compuestas	200
	Traslaciones	200
	Rotaciones	201
	Escalaciones	201
	Rotación del punto pivote general	201
	Escalación del punto fijo general	202
	Direcciones de escalación general	203
	Propiedades de concatenación	204
	Transformaciones de la composición general y de eficiencia computacional	204
5-4	Otras transformaciones	210
	Reflexión	210
	Recorte	212

## **6** Vista bidimensional 226

6-1	La tubería de vista	227
6-2	Estructura de referencia de coordenadas de vista	230
6-3	Transformación de coordenadas de ventana a punto de vista	230
6-4	Funciones de vista bidimensional	232
6-5	Operaciones de recorte	234
6-6	Recorte de puntos	235
6-7	Recorte de líneas	236
	Recorte de líneas de Cohen-Sutherland	237
	Recorte de líneas Liang-Barsky	241
	Recorte de líneas Nicholl-Lee-Nicholl	243
	Recorte de líneas con el uso de ventanas de recorte no rectangulares	246
	División de polígonos cóncavos	246
6-8	Recorte de polígonos	248
	Recorte de polígonos de Sutherland-Hodgeman	249
	Recorte de polígonos de Weiler-Atherton	253
	Otros algoritmos de recorte de polígonos	255
6-9	Recorte de curvas	255

6-10	Recorte de texto	255	Referencias	281
6-11	Recorte exterior	255	Ejercicios	282
	Resumen	257		
	Referencias	259		
	Ejercicios	260		
<b>7</b>	<b>Estructuras y modelado jerárquico</b>	<b>262</b>	<b>8</b>	<b>Interfaces gráficas para usuario y métodos de entrada interactiva</b>
7-1	Conceptos de estructura	263	8-1	Diálogo del usuario
	Funciones básicas de la estructura	263		Ventanas e iconos
	Ajuste de los atributos de la estructura	265		Adaptación de niveles de capacidad múltiples
7-2	Estructuras de edición	266		Consistencia
	Listas de estructura y apuntador de elemento	267		Reducción al mínimo del aprendizaje de memoria
	Ajuste del modo de edición	268		Respaldo y manejo de errores
	Inserción de elementos de la estructura	268	8-2	Retroalimentación
	Sustitución de elementos en la estructura	269		Entrada de datos gráficos
	Supresión de elementos de la estructura	269		Clasificación lógica de los dispositivos de entrada
	Etiquetado de elementos de la estructura	270		Dispositivos localizadores
	Copia de elementos de una estructura a otra	272		Dispositivos de indicación
7-3	Conceptos básicos del modelado	273		Dispositivos de cadena
	Representaciones de modelo	273		Dispositivos valuadores
	Jerarquías de los símbolos	275		Dispositivos de selección
	Paquetes de modelado	276	8-3	Dispositivos de elección
7-4	Modelado jerárquico con estructuras	278		Funciones de entrada
	Coordenadas locales y transformaciones de modelado	278		Modos de entrada
	Transformaciones de modelado	278		Modos de solicitud
	Jerarquías de la estructura	278		Localizador y entrada de indicación en el modo de solicitud
	Resumen	281		Entrada de cadena en el modo de solicitud
				Entrada valuadora en el modo de solicitud
				Entrada de selección en el modo de solicitud

	Entrada de elección en el modo de solicitud	297
	Modo de muestra	298
	Modo de evento	299
	Uso concurrente de los modos de entrada	300
8-4	Valores iniciales para los parámetros de los dispositivos de entrada	301
8-5	Técnicas interactivas de creación de imágenes	302
	Métodos básicos de posicionamiento	302
	Restricciones	302
	Cuadrículas	303
	Campo de gravedad	304
	Métodos de banda de hule	403
	Arrastre	305
	Pintura y dibujo	305
8-6	Entornos de realidad virtual	306
	Resumen	307
	Referencias	308
	Ejercicios	309

## 9 Conceptos tridimensionales 311

9-1	Métodos de despliegue tridimensional	312
	Proyección paralela	313
	Proyección de perspectiva	314
	Indicación de la intensidad	314
	Identificación de superficies y línea visible	315
	Presentación de superficie	315
	Vistas separadas y de recortado	315
	Vistas tridimensionales y estereoscópicas	316
9-2	Paquetes de gráficas tridimensionales	317

## 10 Representaciones tridimensionales de objetos 319

10-1	Superficies de polígonos	321
	Tablas de polígono	321
	Ecuaciones de plano	323
	Enlaces de polígono	325
10-2	Líneas y superficies curvas	325
10-3	Superficies cuádricas	326
	Esfera	326
	Elipsoide	327
	Toro	327
10-4	Supercuádricos	328
	Superelipse	328
	Superelipsoide	329
10-5	Objetos abultados	330
10-6	Representaciones de spline	331
	Interpolación y aproximación de splines	332
	Condiciones de continuidad paramétrica	334
	Condiciones de continuidad geométrica	334
	Especificaciones de spline	335
10-7	Métodos de interpolación de spline cúbica	336
	Splines cúbicas naturales	337
	Interpolación de Hermite	338
	Splines cardinales	340
	Splines de Kochanek-Bartels	342
10-8	Curvas y superficies de Bézier	342
	Curvas de Bézier	343
	Propiedades de las curvas de Bézier	346
	Técnicas de diseño utilizando curvas de Bézier	347

	Curvas cúbicas de Bézier	348		Métodos de construcción de fractales afines	390
	Superficies de Bézier	350		Métodos de desplazamiento de punto medio aleatorio	391
10-9	Curvas y superficies de B-spline	351		Control de la topografía del terreno	395
	Curvas de B-spline	351		Fractales autocuadráticos	397
	B-splines uniformes y periódicas	353		Fractales autoinversos	404
	B-splines cúbicas y periódicas	356	10-19	Gramáticas de formas y otros métodos procedurales	406
	B-splines uniformes y abiertas	358	10-20	Sistemas de partículas	409
	B-splines no uniformes	360	10-21	Modelado con base en las características físicas	412
	Superficies de B-spline	362	10-22	Visualización de conjuntos de datos	414
10-10	Beta-splines	363		Representaciones visuales para campos escalares	415
	Condiciones de continuidad de la beta-spline	363		Representaciones visuales para campos vectoriales	419
	Representación matricial de beta-spline periódica y cúbica	364		Representaciones visuales para campos tensores	421
10-11	Splines racionales	364		Representaciones visuales para campos de datos con variables múltiples	422
10-12	Conversión entre representación de splines	367		Resumen	423
10-13	Despliegue de curvas y superficies de spline	368		Referencias	424
	Regla de Horner	368		Ejercicios	424
	Cálculos de la diferencia hacia adelante	369			
	Métodos de subdivisión	370			
10-14	Representaciones de recorrido	372			
10-15	Métodos de geometría sólida constructiva	374			
10-16	Arboles octales	377			
10-17	Arboles BSP	380			
10-18	Métodos de geometría fractal	380			
	Procedimientos de generación de fractales	381			
	Clasificación de los fractales	382			
	Dimensión fractal	382			
	Construcción geométrica de fractales autosimilares deterministas	385			
	Construcción geométrica de fractales autosimilares estadísticamente	387			
				<b>11</b> Transformaciones geométricas y de modelado tridimensionales	<b>428</b>
			11-1	Traslación	429
			11-2	Rotación	430
				Rotaciones de los ejes de las coordenadas	431
				Rotaciones tridimensionales generales	434
				Rotaciones con cuaternios	440

11-3	Escalación	442
11-4	Otras transformaciones	443
	Reflexiones	443
	Recortes	444
11-5	Transformaciones compuestas	445
11-6	Funciones de transformación tridimensional	447
11-7	Transformaciones de modelado y de coordenadas	448
	Resumen	450
	Referencias	451
	Ejercicios	451

## **12** Vista tridimensional 453

---

12-1	Tubería de vista	454
12-2	Coordenadas de vista	455
	Especificación del plano de visión	455
	Transformación de coordenadas mundiales a coordenadas de vista	459
12-3	Proyecciones	460
	Proyecciones paralelas	461
	Proyecciones en perspectiva	466
12-4	Volúmenes de vista y transformaciones de la proyección general	469
	Transformaciones de la proyección paralela general	474
	Transformaciones de la proyección en perspectiva general	476
12-5	Recorte	478
	Volúmenes de vista normalizada	480
	Recorte del puerto de vista	482
	Recorte en coordenadas homogéneas	485
12-6	Implementaciones de <i>hardware</i>	486
12-7	Funciones de vista tridimensional	487
	Resumen	490

Referencias	491
Ejercicios	492

## **13** Métodos de detección de superficie visible 493

---

13-1	Clasificación de los algoritmos de detección de superficie visible	494
13-2	Detección de la cara posterior	495
13-3	Método de búfer con profundidad	496
13-4	Método de búfer A	500
13-5	Método de línea de rastreo	501
13-6	Método de clasificación de profundidad	503
13-7	Método de árbol BSP	506
13-8	Método de subdivisión de áreas	507
13-9	Métodos de árboles octales	510
13-10	Método de emisión de rayos	512
13-11	Superficies curvas	513
	Representaciones de superficie curva	514
	Trazos de contorno de superficie	514
13-12	Métodos de armazón	515
13-13	Funciones de detección de la visibilidad	516
	Resumen	517
	Referencias	518
	Ejercicios	518

## **14** Modelos de iluminación y métodos de presentación de superficie 520

---

14-1	Fuentes de luz	522
14-2	Modelos básicos de iluminación	523

	Luz ambiente	523	14-7	Modelo de iluminación de radiosidad	573
	Reflexión difusa	524		Modelo básico de radiosidad	573
	Reflexión especular y el modelo de Phong	527		Método de radiosidad de detallamiento progresivo	578
	Reflexiones difusas y especulares combinadas con fuentes de luz múltiples	530	14-8	Mapeo del entorno	581
	Modelo de Warn	532	14-9	Dando un mayor detalle a la superficie	582
	Atenuación de la intensidad	532		Detalle de la superficie de modelado con polígonos	582
	Consideraciones de color	533		Mapeo de textura	583
	Transparencia	535		Métodos procedurales de textura	586
	Sombras	538		Mapeo de protuberancia	587
14-3	Despliegues de intensidades de luz	539		Mapeo de cuadros	589
	Asignación de los niveles de intensidad	539		Resumen	590
	Corrección gama y tablas de búsqueda de video	540		Referencias	591
	Despliegues de imágenes de tono continuo	542		Ejercicios	591
14-4	Patrones de medio tono y técnicas de oscilación	542	<b>15 Modelos a color y aplicaciones del color 594</b>		
	Aproximaciones de medio tono	543	15-1	Propiedades de la luz	595
	Técnicas de oscilación	547	15-2	Primarios estándar y el diagrama de la cromaticidad	599
14-5	Métodos de presentación de polígonos	550		Modelo de color XYZ	599
	Sombreado de intensidad constante	550		Diagrama de cromaticidad de la CIE	600
	Sombreado de Gouraud	551	15-3	Conceptos intuitivos de color	602
	Sombreado de Phong	553	15-4	Modelo de color RGB	602
	Sombreado de Phong rápido	554	15-5	Modelo de color YIQ	604
14-6	Métodos de rastreo de rayos	556	15-6	Modelo de color CMY	605
	Algoritmo básico de rastreo de rayos	556	15-7	Modelo de color HSV	606
	Cálculos de la intersección de la superficie con los rayos	560	15-8	Conversión entre modelos HSV y RGB	608
	Reducción de los cálculos de la intersección con el objeto	563	15-9	Modelo de color HLS	610
	Métodos de subdivisión espacial	564	15-10	Selección de color y aplicaciones	611
	Rastreo de rayos de antialias	568		Resumen	611
	Rastreo de rayos distribuidos	569			



Referencias	612
Ejercicios	612

## **16** Animación por computadora **614**

16-1	Diseño de secuencias de animación	615
16-2	Funciones generales de animación por computadora	616
16-3	Animaciones de rastreo	617
16-4	Lenguajes de animación por computadora	618
16-5	Sistemas de cuadro clave	619
	Transformación ( <i>Morphing</i> )	620
	Simulación de aceleraciones	623
16-6	Especificaciones del movimiento	626
	Especificación directa de movimiento	626
	Sistemas dirigidos a un objetivo	626
	Cinemática y dinámica	627
	Resumen	628
	Referencias	629
	Ejercicios	629

## **A** Matemáticas para las gráficas por computadora **631**

A-1	Estructuras de referencia de coordenadas	632
	Estructuras de referencia cartesiana bidimensional	632
	Coordenadas polares en el plano de xy	633

A-2

Estructuras de referencia cartesiana tridimensional	634
Sistemas de coordenadas curvilineales tridimensionales	635
Angulo sólido	636
Puntos y vectores	637

A-3

Adición de vectores y multiplicación escalar	639
Producto escalar de dos vectores	639
Producto vectorial de dos vectores	640
Vectores base y el tensor métrico	641

A-4

Base ortonormal	641
Tensor métrico	642
Matrices	643

A-5

Multiplicación escalar y adición de matrices	644
Multiplicación de matrices	644
Transpuesta de matrices	645
Determinante de una matriz	646
Inversa de una matriz	646
Números complejos	647

A-6

Cuaternios	649
------------	-----

A-7

Representaciones no paramétricas	650
----------------------------------	-----

A-8

Representaciones paramétricas	651
-------------------------------	-----

A-9

Métodos numéricos	652
-------------------	-----

Solución de conjuntos de ecuaciones lineales	652
--	-----

Obtención de raíces de ecuaciones no lineales	654
---	-----

Evaluación de integrales	655
--------------------------	-----

Ajuste de curvas a conjuntos de datos	657
---------------------------------------	-----

<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	<b>659</b>
---------------------	------------

<b>INDICE</b>	<b>673</b>
---------------	------------