



3434

PRÓLOGO	XV
AGRADECIMIENTOS	XVII
1. SISTEMAS DE REALIDAD VIRTUAL	1
1.1. UN EJEMPLO PARA EMPEZAR	1
1.1.1. Estructura del sistema	1
1.1.2. Funcionamiento de la aplicación	2
1.1.3. El sistema de realidad virtual por dentro	5
1.2. TIPOS DE SISTEMAS DE REALIDAD VIRTUAL	6
1.2.1. Sistemas inmersivos	6
1.2.2. Sistemas proyectivos	6
1.2.3. Sistemas de sobremesa	7
1.3. APLICACIONES	7
1.3.1. Prototipado	7
1.3.1.1. Diseño industrial	8
1.3.1.2. Diseño arquitectónico	9
1.3.1.3. Planificación de operaciones	9
1.3.1.4. Paseos virtuales	9
1.3.2. Simulación	10
1.3.3. Aplicaciones metafóricas	11
1.3.4. Tele-robótica	12
1.3.5. Aplicaciones de ocio	13
1.3.5.1. Juegos de galería	13
1.3.5.2. Juegos inmersivos	15
1.3.5.3. Juegos de plataforma	16
2. PANORÁMICA GENERAL	19
2.1. SISTEMAS DE RV: QUÉ SON	19
2.1.1. Definición	19
2.2. CARACTERÍSTICAS DE LOS SISTEMAS DE RV	20
2.2.1. Capacidad sintética	20

2.2.2.	Interactividad	21
2.2.3.	Tridimensionalidad	24
2.2.4.	Ilusión de realidad	25
2.2.4.1.	Factores físicos	26
2.2.4.2.	Factores psicológicos	26
2.3.	MECANISMOS BÁSICOS	27
2.3.1.	Gráficos tridimensionales	27
2.3.2.	Técnicas de estereoscopia	28
2.3.3.	Simulación de comportamiento	28
2.3.4.	Facilidades de navegación	30
2.3.5.	Técnicas de inmersión	32
2.4.	CARACTERIZACIÓN DE LOS SISTEMAS DE RV	33
2.5.	ARQUITECTURA HARDWARE	34
2.5.1.	Diagrama general	34
2.5.2.	Dispositivos de entrada	34
2.5.3.	Dispositivos de salida	35
2.5.4.	Estación de proceso	36
2.6.	ALGUNOS PARÁMETROS DE IMPORTANCIA	37
2.6.1.	Velocidad de generación de las imágenes	37
2.6.2.	Latencia	38
2.6.3.	Compromisos	40
2.7.	CLAVES DE PROFUNDIDAD	41
2.7.1.	Claves físicas	41
2.7.1.1.	Disparidad binocular o estereoscopia	41
2.7.1.2.	Paralaje	41
2.7.1.3.	Convergencia	42
2.7.1.4.	Acomodación	43
2.7.1.5.	Limitaciones de los sistemas de RV	43
2.7.2.	Claves psicológicas	43
2.7.2.1.	Perspectiva lineal	44
2.7.2.2.	Interposición	44
2.7.2.3.	Sombreados y sombras	44
2.7.2.4.	Gradiente de textura	45
2.7.2.5.	Difuminación	45
3.	DISPOSITIVOS DE SALIDA	47
3.1.	DISPOSITIVOS DE PRESENTACIÓN	48

3.1.1.	Tipos de dispositivos	48
3.1.1.1.	Sistemas inmersivos	49
3.1.1.2.	Sistemas proyectivos y de sobremesa	50
3.1.1.3.	Técnicas de estereoscopia	51
3.1.1.4.	Problemas de los sistemas estereoscópicos	51
3.1.2.	Visiocascos	52
3.1.2.1.	Características técnicas	52
3.1.2.2.	Problemas de los visiocascos	54
3.1.2.3.	Sistemas comerciales existentes	55
3.1.3.	Sistemas binoculares	56
3.1.3.1.	Ventajas y desventajas de los sistemas binoculares	57
3.1.3.2.	Sistemas comerciales existentes	57
3.1.4.	Gafas estereoscópicas	57
3.1.4.1.	Aliasing temporal	58
3.1.4.2.	Sistemas comerciales	59
3.1.5.	Sistemas autoestereoscópicos	59
3.2.	DISPOSITIVOS DE AUDIO	59
3.2.1.	El sonido en las aplicaciones de RV	59
3.2.2.	Creación de las secuencias sonoras	60
3.2.2.1.	Reproducción de secuencias pregrabadas	61
3.2.2.2.	Síntesis de sonido	61
3.2.3.	Sonido 3-D	62
3.2.4.	Reproducción del sonido	64
3.2.5.	Sintetizadores de voz	65
3.3.	OTROS DISPOSITIVOS DE SALIDA	66
3.3.1.	Plataformas móviles	66
3.3.2.	Dispositivos táctiles	67
3.3.2.1.	Dispositivos de realimentación táctil	68
3.3.2.2.	Dispositivos de realimentación cinestésica	69
4.	DISPOSITIVOS DE ENTRADA	71
4.1.	DISPOSITIVOS DE LOCALIZACIÓN	72
4.1.1.	Funciones	72
4.1.1.1.	Detección de la orientación del usuario	72
4.1.1.2.	Detección de la posición del usuario	73
4.1.1.3.	Control de la aplicación	73
4.1.1.4.	Digitalización de objetos	74
4.1.2.	Dispositivos electromagnéticos	74

4.1.2.1. Sistemas comerciales	76
4.1.3. Dispositivos mecánicos	77
4.1.4. Dispositivos ultrasónicos	78
4.1.5. Otros sistemas de localización	78
4.2. DISPOSITIVOS DE CONTROL	79
4.2.1. Electroguantes	80
4.2.1.1. Aplicaciones	80
4.2.1.2. Tecnologías existentes	82
4.2.1.3. Sistemas comerciales	83
4.2.2. Ratones y joysticks 3-D	83
4.2.3. Dispositivos para simuladores	84
4.2.4. Sistemas bioeléctricos	84
4.3. OTROS DISPOSITIVOS DE ENTRADA	86
5. SÍNTESIS DE IMÁGENES 3-D	87
5.1. EL PROCESO DE SÍNTESIS (I)	88
5.2. GEOMETRÍA DE LAS ESCENAS	89
5.2.1. Definición geométrica de los objetos	89
5.2.2. Definición geométrica de las escenas	90
5.3. MODELOS DE ILUMINACIÓN	92
5.3.1. Sombreado aleatorio	93
5.3.2. Sombreado plano	94
5.3.3. Sombreado de Gouraud	97
5.3.4. Sombreado de Phong	99
5.3.5. Un modelo real	99
5.4. EL PROCESO DE LA SÍNTESIS	100
5.4.1. Transformación de coordenadas	101
5.4.2. Clipping	102
5.4.3. Cálculo de la iluminación	103
5.4.4. Proyección	103
5.4.5. Z-buffering	104
5.4.6. Sombreado	108
5.4.7. Presentación de la imagen	108
5.4.8. El algoritmo de síntesis al completo (versión simple)	110
5.5. OPTIMIZACIÓN DEL PROCESO DE SÍNTESIS	112
5.5.1. Selección (culling)	113
5.5.2. Eliminación de caras ocultas	116

5.5.3.	Texturado	117
5.5.4.	Bitmaps auto-orientables	122
5.5.5.	Otras técnicas	123
5.6.	VARIACIÓN DINÁMICA DEL NIVEL DE DETALLE	124
5.6.1.	Variación del nivel de detalle con la distancia	124
5.6.2.	Variación del nivel de detalle con la velocidad	125
5.6.3.	Variación del nivel de detalle con el foco de atención	125
5.6.4.	Variación del nivel de detalle por selección del usuario	126
5.6.5.	Variación del nivel de detalle con la carga de trabajo	126
5.7.	EL PROCESO DE SÍNTESIS (II)	126
5.7.1.	El proceso de síntesis revisitado	126
5.7.2.	Problemas del proceso de síntesis	127
5.7.3.	Anti-aliasing	128
5.7.3.1.	Sobremuestreo	129
5.7.3.2.	Filtrado	129
5.7.3.3.	El problema del aliasing en las texturas	131
5.7.4.	¿Cómo definir un objeto de manera perfecta?	132
6.	ESTACIÓN DE PROCESO	135
6.1.	FUNCIONES	135
6.1.1.	La tarea de simulación	136
6.1.2.	Animación	139
6.1.2.1.	Objetos animados e inanimados	139
6.1.3.	Objetos simples y compuestos	141
6.2.	ARQUITECTURA HARDWARE	142
6.2.1.	Arquitectura básica	142
6.2.2.	Arquitecturas gráficas avanzadas	143
6.2.2.1.	Arquitecturas pipeline	143
6.2.2.2.	Arquitecturas paralelas	144
6.2.2.3.	Un ejemplo de arquitectura combinada	145
6.2.3.	Arquitecturas distribuidas	146
6.3.	TIPOS DE ESTACIONES	148
6.3.1.	Estaciones especializadas	149
6.3.2.	Estaciones gráficas	149
6.3.3.	Estaciones de propósito general	150
6.4.	ARQUITECTURA SOFTWARE	152
6.4.1.	Diagrama general	152

6.4.2. Librerías gráficas	153
6.4.3. Entorno de ejecución	154
7. DESARROLLO DE APLICACIONES DE RV	157
7.1. CÓMO SE CREA UN PROGRAMA DE RV	157
7.2. ESPECIFICACIÓN DE REQUERIMIENTOS	158
7.3. DISEÑO E INTEGRACIÓN DE LA PLATAFORMA HW/SW	162
7.4. DISEÑO GRÁFICO DE LOS OBJETOS	164
7.4.1. Pasos del proceso	164
7.4.2. Modelado de objetos 3-D	166
7.4.2.1. Métodos constructivos	166
7.4.2.2. Métodos algorítmicos	167
7.4.3. Animación en 3-D	167
7.4.4. Generación de la base de datos gráfica	168
7.4.5. Programas de modelado y animación comerciales	169
7.4.6. Técnicas y programas de digitalización	171
7.4.7. Formatos gráficos	171
7.5. ENTORNOS DE DESARROLLO	172
7.5.1. Funciones	172
7.5.2. Worldtoolkit	173
7.5.2.1. Descripción del producto	173
7.5.2.2. Versiones	174
7.5.2.3. Periféricos soportados	175
7.5.3. Superscape	175
7.5.3.1. Descripción del producto	175
7.5.3.2. Opciones	176
7.5.3.3. Periféricos soportados	177
7.5.4. dVISE	177
7.5.4.1. Descripción del producto	177
7.5.4.2. Versiones existentes	177
7.5.4.3. Periféricos soportados	178
7.5.5. Otros sistemas de desarrollo	178
7.5.5.1. VREAM	178
7.5.5.2. Cyberspace Developer Kit	179
7.5.6. El problema del comportamiento	179
8. EL FUTURO DE LA REALIDAD VIRTUAL	181
8.1. UN POCO DE HISTORIA	182

8.2.	LA REALIDAD VIRTUAL HOY	187
8.2.1.	Panorama del sector	187
8.2.2.	La RV en España y en Europa	188
8.3.	LÍNEAS PRINCIPALES DE INVESTIGACIÓN	190
8.3.1.	Periféricos	190
8.3.1.1.	Visiocascos	190
8.3.1.2.	Dispositivos de localización	191
8.3.1.3.	Electroguantes	191
8.3.1.4.	Otros dispositivos	192
8.3.2.	Dispositivos gráficos	192
8.3.3.	Paradigmas de control	193
8.3.4.	Comportamiento e interacción	193
8.3.5.	Sistemas de RV en red	195
8.4.	APLICACIONES DE MAÑANA	195
8.4.1.	Aplicaciones médicas	195
8.4.2.	Sistemas de ocio	196
8.4.3.	Sistemas de entrenamiento y simulación	197
8.5.	RV EN RED Y CIBERESPACIOS	197
8.5.1.	Sistemas de RV en red	197
8.5.1.1.	Ciberespacios	197
8.5.1.2.	Sistemas multiparticipante	198
8.5.1.3.	Sistemas distribuidos	198
8.5.1.4.	Sistemas en red	198
8.5.2.	Implementación de los sistemas de RV en red	199
8.5.2.1.	Arquitecturas de baja latencia	199
8.5.2.2.	Arquitecturas de alta latencia	202
8.5.2.3.	Interacción próxima y lejana	203
8.5.3.	Algunos ejemplos de ciberespacios actuales	204
8.5.3.1.	SIMNET Y NPSNET	204
8.5.3.2.	Habitat	205