

ÍNDICE

RESUMEN DE LA TESIS.....	3
RESUM DE LA TESI.....	7
SUMMARY OF THE DOCTORAL THESIS	11
AGRADECIMIENTOS	15
ÍNDICE	17
LISTA DE FIGURAS, TABLAS Y ECUACIONES	25
INTRODUCCIÓN.....	39
BLOQUE I: ASPECTOS TEÓRICOS.....	55
1. MARCO GENERAL DE REALIDAD AUMENTADA	57
1.1. DEFINICIONES	58
1.1.1. REALIDAD MEZCLADA Y EL CONTÍNUO DE MILGRAM	58
1.1.2. REALIDAD VIRTUAL	59
1.1.3. VIRTUALIDAD AUMENTADA.....	60
1.1.4. REALIDAD AUMENTADA	61
1.1.5. REALIDAD MEDIATIZADA	63
1.2. ASPECTOS GENERALES.....	64
1.2.1. CARACTERÍSTICAS DE LA REALIDAD AUMENTADA.....	64
1.2.2. CLASIFICACIÓN DE LOS SISTEMAS DE RA	67
1.3. RECORRIDO HISTÓRICO.....	70
1.4. DESARROLLOS Y APLICACIONES	78
1.4.1. ARTE.....	78
1.4.2. ENTRETENIMIENTO.....	82
1.4.3. EDUCACIÓN	84

1.4.4.	EDUTAINMENT	86
1.4.5.	MEDICINA.....	88
1.4.6.	PSICOLOGÍA	89
1.4.7.	INGENIERÍA Y ARQUITECTURA.....	90
1.4.8.	ROBÓTICA Y TELERROBÓTICA.....	91
1.4.9.	INDUSTRIA	93
1.4.10.	MILITAR	94
2.	PRINCIPIOS MATEMÁTICOS.....	97
2.1.	RELACIONES ESPACIALES ENTRE EL ENTORNO 3D Y LA IMAGEN 2D	98
2.1.1.	SISTEMAS DE COORDENADAS	98
2.1.2.	PARÁMETROS DE LA ORIENTACIÓN EXTERNA	101
2.1.3.	ECUACIONES DE LA PROYECCIÓN CENTRAL	102
2.1.4.	ESTÉREO-VISIÓN: GEOMETRÍA EPIPOLAR.....	104
2.1.5.	ORIENTACIÓN ESPACIAL	106
2.1.5.1.	MÉTODOS DIRECTOS.....	106
2.1.5.1.1.	Posición a partir de un receptor GPS	107
2.1.5.1.2.	Rotaciones a partir de un sensor INS	109
2.1.5.2.	MÉTODOS INDIRECTOS	110
2.1.5.2.1.	Calibración de la cámara	111
2.1.5.3.	MÉTODOS MIXTOS	113
2.1.5.3.1.	INS y cámara	113
2.2.	RELACIONES ESPACIALES ENTRE LOS ENTORNOS VIRTUAL Y REAL	113
2.3.	RENDERIZACIÓN EN SISTEMAS DE RA	115
2.3.1.	OCCLUSIÓN	116
2.3.2.	SOMBREADO.....	118
2.4.	CARACTERÍSTICAS DE SENSORES Y DISPLAYS.....	120
3.	ENTRADAS: SENSORES	121
3.1.	SENSORES MECÁNICOS	122
3.1.1.	GONIÓMETROS.....	122
3.1.2.	ENLACES DE SUELO	125
3.2.	SENSORES MAGNÉTICOS	126
3.3.	SENSORES ÓPTICOS	128
3.3.1.	SISTEMAS DE ESTÉREO-VISIÓN PASIVOS	129
3.3.2.	SISTEMAS DE MARCAS ACTIVAS	130
3.3.3.	SISTEMAS DE PATRONES DE MARCAS PLANAS	132
3.3.4.	SISTEMAS DE REGISTRO DE RASGOS NATURALES	134
3.3.5.	RADAR LÁSER	136
3.3.6.	SENSORES OCULARES	137
3.4.	SENSORES ACÚSTICOS	139

3.5.	SENSORES INERCIALES	141
3.6.	SENSORES DE RADIOFRECUENCIA.....	143
3.6.1.	GPS.....	143
3.6.2.	RFID.....	144
4.	SALIDAS: DISPLAYS	147
4.1.	DISPLAYS VISUALES.....	148
4.1.1.	DISPLAYS PARA LA CABEZA	149
4.1.1.1.	DISPLAYS RETINIANOS	149
4.1.1.2.	DISPLAYS SUJETOS A LA CABEZA.....	151
4.1.1.3.	PROYECTORES SUJETOS A LA CABEZA	154
4.1.2.	DISPLAYS DE MANO	158
4.1.3.	DISPLAYS ESPACIALES	161
4.1.3.1.	DISPLAYS ESPACIALES DE VÍDEO	161
4.1.3.2.	DISPLAYS ESPACIALES ÓPTICOS	162
4.1.3.3.	DISPLAYS ESPACIALES DE PROYECTORES.....	165
4.2.	DISPLAYS SONOROS	167
4.3.	DISPLAYS HÁPTICOS.....	170
4.4.	OTROS DISPLAYS	171
4.5.	SISTEMAS MULTIMODALES.....	173
5.	SOFTWARE.....	177
5.1.	SW BASADO EN PATRONES DE MARCAS PLANAS.....	178
5.1.1.	ARTOOLKIT.....	178
5.1.1.1.	PRINCIPIOS BÁSICOS.....	178
5.1.1.2.	CALIBRACIÓN DE LA CÁMARA	179
5.1.1.3.	DEFINICIÓN DE LAS MARCAS Y REGISTRO	180
5.1.1.4.	LIMITACIONES.....	182
5.1.2.	MXRTOOLKIT	183
5.1.2.1.	PRINCIPIOS BÁSICOS.....	184
5.1.2.2.	CALIBRACIÓN DE LA CÁMARA	185
5.1.2.3.	DEFINICIÓN DE LAS MARCAS Y REGISTRO	186
5.1.2.4.	LIMITACIONES.....	187
5.1.3.	STUDIERSTUBE.....	188
5.1.4.	ARTAG.....	188
5.1.5.	OSGAR.....	189
5.1.6.	OSGART	190
5.1.7.	AMIRE.....	191
5.2.	SW DE RECONOCIMIENTO DE RASGOS NATURALES	192
5.2.1.	BAZAR.....	192
5.2.1.1.	PRINCIPIOS BÁSICOS.....	193

5.2.1.2.	CALIBRACIÓN DE LA CÁMARA	193
5.2.1.3.	PROCESO DE REGISTRO.....	195
5.2.1.4.	LIMITACIONES.....	196
5.3.	SW MULTITAREA	196
5.3.1.	MAX/MSP JITTER.....	197
5.3.1.1.	REGISTRO DE ELEMENTOS EN LA IMAGEN.....	197
5.3.1.2.	OBJETOS 3D Y CÁMARAS VIRTUALES.....	198
5.3.1.3.	INTEGRACIÓN DE SENSORES.....	201
5.3.1.4.	LIMITACIONES.....	202
6.	EL USUARIO FINAL.....	203
6.1.	INTERACTUANDO CON EL ENTORNO AUMENTADO	205
6.1.1.	FORMAS DE INTERACTUAR	206
6.1.1.1.	MANIPULACIÓN DE OBJETOS VIRTUALES / REALES	206
6.1.1.2.	NAVEGACIÓN	209
6.1.1.3.	INTERACCIÓN CON OTROS USUARIOS.....	210
6.1.1.3.1.	Colaboración cara a cara/presencial	211
6.1.1.3.2.	Colaboración remota.....	212
6.1.1.3.3.	Entornos aumentados colaborativos	213
6.1.2.	INTERACCIÓN SIN COSTURAS	215
6.1.3.	VESTIDOS COMPUTACIONALES.....	217
6.2.	LA EXPERIENCIA EN EL ENTORNO AUMENTADO.....	221
6.2.1.	PERCEPCIÓN HUMANA – PERCEPCIÓN AMPLIADA.....	221
6.2.2.	INMERSIÓN	222
6.2.3.	COMPATIBILIDAD	224
6.2.4.	ENTRETENIMIENTO EN ENTORNOS DE RA.....	226
6.2.5.	APRENDIZAJE EN ENTORNOS DE RA	228
6.2.5.1.	APRENDER HACIENDO.....	230
6.2.5.2.	APRENDER JUGANDO: EDUTAINMENT.....	231
6.2.6.	EL COMPROMISO ARTÍSTICO EN ENTORNOS DE RA.....	233
	BLOQUE II: ENSAYOS	235
7.	USUARIO AUMENTADO.....	237
7.1.	PLANTEAMIENTO	239
7.1.1.	MARCO EN EL QUE SE INSCRIBE EL ENSAYO	241
7.1.2.	REFERENTES.....	243
7.2.	DESCRIPCIÓN TÉCNICA	246
7.2.1.	COMPONENTES DE LA APLICACIÓN	246
7.2.1.1.	DISPOSITIVOS FÍSICOS	246
7.2.1.2.	ELEMENTOS VIRTUALES.....	248
7.2.2.	DESARROLLO, PROCESO	249

7.2.3.	CONSIDERACIONES / RESTRICCIONES TÉCNICAS	251
7.3.	MEMORIA DE LAS DISTINTAS FASES.....	252
7.3.1.	PRIMERA FASE: PRUEBAS DE LABORATORIO	252
7.3.1.1.	DESCRIPCIÓN TÉCNICA.....	253
7.3.1.2.	MODELOS VIRTUALES	254
7.3.1.3.	INTERACCIÓN	255
7.3.2.	SEGUNDA FASE: CAMBIO DE PERSONALIDAD	255
7.3.2.1.	DESCRIPCIÓN TÉCNICA.....	255
7.3.2.2.	MODELOS VIRTUALES	257
7.3.2.3.	INTERACCIÓN	258
7.3.3.	TERCERA FASE: CARRUSEL DE IMÁGENES	258
7.3.3.1.	DESCRIPCIÓN TÉCNICA.....	259
7.3.3.2.	MODELOS VIRTUALES	259
7.3.3.3.	INTERACCIÓN	260
7.3.4.	CUARTA FASE: TÚNEL MÁGICO	260
7.3.4.1.	DESCRIPCIÓN TÉCNICA.....	261
7.3.4.2.	MODELOS VIRTUALES	263
7.3.4.3.	INTERACCIÓN	264
7.3.5.	QUINTA FASE: UN [∞]	264
7.3.5.1.	DESCRIPCIÓN TÉCNICA.....	267
7.3.5.2.	MODELOS VIRTUALES	269
7.3.5.3.	INTERACCIÓN	272
7.3.6.	SEXTA FASE: CINEATRO (CINE + TEATRO)	273
7.3.6.1.	DESCRIPCIÓN TÉCNICA.....	273
7.3.6.2.	MODELOS VIRTUALES	275
7.3.6.3.	INTERACCIÓN	276
7.4.	SISTEMAS DE VERIFICACIÓN	277
8.	URBANMIX.....	283
8.1.	PLANTEAMIENTO	285
8.1.1.	MARCO EN EL QUE SE INSCRIBE EL ENSAYO	286
8.1.2.	REFERENTES.....	287
8.2.	DESCRIPCIÓN TÉCNICA	288
8.2.1.	COMPONENTES DE LA APLICACIÓN	288
8.2.1.1.	DISPOSITIVOS FÍSICOS	288
8.2.1.2.	ELEMENTOS VIRTUALES	290
8.2.2.	DESARROLLO, PROCESO.....	292
8.2.2.1.	SISTEMA DE REFERENCIA.....	292
8.2.2.2.	CONSIDERACIÓN DE LA OCLUSIÓN.....	294
8.2.2.3.	ENTORNO DE PROGRAMACIÓN	295

8.2.3.	CONSIDERACIONES / RESTRICCIONES TÉCNICAS	299
9.	HOT IMAGES.....	301
9.1.	PLANTEAMIENTO	303
9.1.1.	MARCO EN EL QUE SE INSCRIBE EL ENSAYO	305
9.1.2.	REFERENTES.....	307
9.2.	DESCRIPCIÓN TÉCNICA	308
9.2.1.	COMPONENTES DE LA APLICACIÓN.....	308
9.2.1.1.	DISPOSITIVOS FÍSICOS	308
9.2.1.2.	ELEMENTOS VIRTUALES.....	309
9.2.2.	DESARROLLO, PROCESO	310
9.2.2.1.	INTERFAZ DE NAVEGACIÓN.....	310
9.2.2.2.	SISTEMA DE REFERENCIA.....	311
9.2.2.3.	ENTORNO DE PROGRAMACIÓN	312
9.2.2.4.	STORYBOARD	318
9.2.3.	CONSIDERACIONES / RESTRICCIONES TÉCNICAS	321
9.3.	SISTEMAS DE VERIFICACIÓN.....	322
10.	LIVE LEGO HOUSE	325
10.1.	PLANTEAMIENTO	327
10.1.1.	MARCO EN EL QUE SE INSCRIBE EL ENSAYO	328
10.1.2.	REFERENTES	330
10.2.	DESCRIPCIÓN TÉCNICA	332
10.2.1.	COMPONENTES DE LA APLICACIÓN.....	332
10.2.1.1.	DISPOSITIVOS FÍSICOS	332
10.2.1.2.	ELEMENTOS VIRTUALES.....	333
10.2.2.	DESARROLLO, PROCESO	334
10.2.2.1.	PROCESO DE REDUCCIÓN DE MARCAS.....	334
10.2.2.2.	INTERFAZ, INTERACCIÓN Y MÁQUINA DE ESTADOS FINITOS.....	336
10.2.2.3.	DESARROLLO EN EL SOFTWARE UTILIZADO	340
10.2.3.	FASES DEL JUEGO	345
10.2.3.1.	CONSTRUIR LA CASA CON LOS BLOQUES DE LEGO	345
10.2.3.2.	PROCESO DE CALIBRACIÓN DE LAS MARCAS.....	346
10.2.3.3.	EXPLORAR LOS ASPECTOS DE CONVIVENCIA Y MULTICULTURALISMO	347
10.2.4.	CONSIDERACIONES / RESTRICCIONES TÉCNICAS	349
10.3.	MEMORIA DE LAS DISTINTAS FASES.....	351
10.3.1.	PRIMERA FASE: LLH V.1	351
10.3.1.1.	DESCRIPCIÓN TÉCNICA.....	351
10.3.2.	SEGUNDA FASE: LLH V.2.....	353
10.3.2.1.	DESCRIPCIÓN TÉCNICA.....	353
10.4.	SISTEMAS DE VERIFICACIÓN.....	355

11. CATEDRAR.....	359
11.1. PLANTEAMIENTO	361
11.1.1. MARCO EN EL QUE SE INSCRIBE EL ENSAYO	363
11.1.2. REFERENTES	364
11.2. DESCRIPCIÓN TÉCNICA	366
11.2.1. COMPONENTES DE LA APLICACIÓN.....	366
11.2.1.1. DISPOSITIVOS FÍSICOS	366
11.2.1.2. ELEMENTOS VIRTUALES	367
11.2.2. DESARROLLO, PROCESO	368
11.2.2.1. IMPLEMENTACIÓN DE IMÁGENES CON CANAL ALFA	368
11.2.2.2. CASOS DE ESTUDIO	371
11.2.3. CONSIDERACIONES / RESTRICCIONES TÉCNICAS	374
12. AR-JAZZ.....	377
12.1. PLANTEAMIENTO	379
12.1.1. MARCO EN EL QUE SE INSCRIBE EL ENSAYO	380
12.1.2. REFERENTES	381
12.2. DESCRIPCIÓN TÉCNICA	383
12.2.1. COMPONENTES DE LA APLICACIÓN.....	383
12.2.1.1. DISPOSITIVOS FÍSICOS	383
12.2.1.2. ELEMENTOS VIRTUALES	384
12.2.2. DESARROLLO, PROCESO	385
12.2.3. CONSIDERACIONES / RESTRICCIONES TÉCNICAS	388
12.3. SISTEMAS DE VERIFICACIÓN	389
12.3.1. TALLER.....	389
12.3.2. REPRESENTACIÓN EN VIVO	390
CONCLUSIONES.....	397
BIBLIOGRAFÍA	407
ANEXOS.....	429