

# Índice general

Resumen	II
Índice general	XIII
1 Introducción	1
1.1 Contexto . . . . .	1
1.2 Objetivos . . . . .	3
1.3 Alcance de la investigación . . . . .	6
1.4 Contribución al conocimiento . . . . .	7
1.5 Metodología de investigación . . . . .	8
1.6 Estructura de la tesis . . . . .	9
2 Revisión bibliográfica	13
2.1 Introducción . . . . .	13
2.2 Evolución de la Realidad Virtual como medio de enseñanza-aprendizaje . . . . .	14
2.2.1 Estereoscopia y aprendizaje: Los albores de la Realidad Virtual . . . . .	15
2.2.2 El papel de una incipiente Realidad Virtual en educación y formación . . . . .	17
2.2.3 Desarrollo tecnológico y búsqueda de un modelo pedagógico propio. . . . .	19

2.3 La presencia como factor clave de la experiencia de usuario en Realidad Virtual	21
2.3.1 La presencia como ausencia de mediación	23
2.3.2 La presencia como estar allí	24
2.3.3 Cuantificando la presencia: métricas previas y actuales	24
2.3.4 Medición subjetiva de la presencia	25
2.3.5 Medición conductual de la presencia	27
2.3.6 Medición fisiológica de la presencia	27
2.3.7 Interacción Hombre-Máquina en Realidad Virtual	28
2.3.8 Locomoción en Realidad Virtual	29
2.3.9 Métodos más comunes de navegación	30
2.3.9.1. Locomoción automática	31
2.3.9.2. Teletransporte de destino fijo	31
2.3.9.3. Teletransporte libre	31
2.3.9.4. Locomoción indirecta	31
2.3.9.5. Andar en el sitio	32
2.3.9.6. Máquina de pasos (stepper, en inglés)	32
2.3.9.7. Andar redirigidamente	33
2.3.9.8. Andar realmente	33
2.3.10 Bases de la relación entre locomoción y presencia	35
2.4 Comparaciones previas de diversas técnicas de navegación	36
2.4.1 Métricas para la sensación de presencia	42
2.4.1.1. Presencia subjetiva	42
2.4.1.2. Presencia conductual	47
2.4.1.3. Presencia psico-fisiológica	48
2.4.2 Relación entre la metáfora de navegación y la presencia	48
2.4.3 Conclusiones	50

3 Metáforas de navegación y experiencia de usuario en un entorno de RV 51

3.1 Introducción	51
------------------	----

3.2 Metodología . . . . .	52
3.2.1 El entorno virtual . . . . .	52
3.2.2 Métricas . . . . .	55
3.2.3 Detalles Hardware y Software . . . . .	56
3.2.4 El procedimiento experimental . . . . .	57
3.2.4.1. Fase 1: Cuestionarios pre-experimento . . . . .	57
3.2.4.2. Fase 2: Experiencia en Realidad Virtual . . . . .	57
3.2.5 Determinación del tamaño de la muestra . . . . .	58
3.2.6 Las técnicas de locomoción . . . . .	60
3.2.7 Las métricas en detalle . . . . .	61
3.2.7.1. Presencia subjetiva . . . . .	61
3.2.7.2. Presencia conductual . . . . .	62
3.2.7.3. Presencia fisiológica . . . . .	62
3.3 Resultados . . . . .	63
3.3.1 Descripción de la muestra . . . . .	63
3.3.2 Presencia subjetiva . . . . .	63
3.3.3 Presencia conductual . . . . .	65
3.3.4 Presencia fisiológica . . . . .	66
3.3.4.1. Nivel de Conductancia de la Piel (SCL) . . . . .	66
3.3.4.2. Respuesta de Conductancia de la Piel (SCR) . . . . .	67
3.3.4.3. Efectos colaterales de la medición de la GSR . . . . .	68
3.3.5 Matriz de correlaciones . . . . .	69
3.4 Conclusiones . . . . .	70
4 Registro y visualización de la actividad de los usuarios en un entorno Realidad Virtual . . . . .	75
4.1 Introducción . . . . .	75
4.2 Motivación y relevancia . . . . .	76
4.3 Trabajos previos . . . . .	78
4.4 Descripción del software . . . . .	78
4.4.1 Arquitectura del software . . . . .	79

4.4.2 Funcionalidades del software . . . . .	79
4.4.2.1. Seguimiento de la navegación ( <i>Navigation tracker</i> ) . . . . .	79
4.4.2.2. Cargando los datos en el SIG . . . . .	81
4.5 Ejemplos ilustrativos . . . . .	86
4.6 Validación. . . . .	89
4.7 Aplicación práctica: Análisis de recorridos en función de la metáfora de navegación (experimento Capítulo 3) . . . . .	89
4.8 Conclusiones . . . . .	91
5 Guías de diseño de experiencias de aprendizaje en Realidad Virtual basadas en la cognición corporizada . . . . .	93
5.1 Introducción . . . . .	93
5.2 Juegos serios en Realidad Virtual . . . . .	94
5.3 Consejos para el diseño de interacción basados en la teoría de la Cognición Corporizada (CC) . . . . .	96
5.4 Consejos para el diseño de interacción basados en la sensación de agencia y la corporización . . . . .	98
5.5 Conclusiones . . . . .	100
6 Hallazgos, conclusiones y trabajo futuro . . . . .	101
6.1 Introducción . . . . .	101
6.2 Resumen de logros . . . . .	102
6.3 Contribución al conocimiento . . . . .	104
6.3.1 Correlación entre la presencia subjetiva, la conductual y la fisiológica . . . . .	105
6.3.2 Impacto de la metáfora de navegación en la experiencia de usuario en RV. . . . .	105
6.3.3 Flujo de trabajo y herramientas para la recogida y visualización de datos de interacción en RV. . . . .	106
6.3.4 Guía de diseño de interacción para experiencias de aprendizaje en RV . . . . .	107
6.4 Resumen de hallazgos . . . . .	107
6.5 Conclusiones . . . . .	110
6.6 Limitaciones . . . . .	111
6.7 Trabajo futuro. . . . .	112

Bibliografía	115
Índice alfabético	137
A Formulario ITC-SOPI en castellano	137
B Scripts y archivos auxiliares capítulo 4	141
B.1 BehavioralDataTracker.cs . . . . .	141
B.2 Fichero XML con el que se recogen los datos relativos a la locomoción . . . . .	145
B.3 Index.html . . . . .	152
B.4 Code.js . . . . .	152