



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

FACULTAD DE BELLAS ARTES DE SAN CARLOS

Programa de Doctorado:
ARTE: PRODUCCIÓN E INVESTIGACIÓN

Tesis doctoral:
**LA CIUDAD AUMENTADA.
EXPERIMENTACIÓN ARTÍSTICA EN APLICACIONES
DE REALIDAD AUMENTADA.**

Presentada por:
ALENA MESAROSOVA

Dirigida por:
FRANCISCO GINER MARTÍNEZ

JULIO 2017

Agradecimientos.

En primer lugar, quisiera transmitir mis sinceros agradecimientos a mi director de tesis Dr. Francisco Giner Martínez, por su dedicación, apoyo y continuo interés durante el proceso de esta investigación. Gracias a su inestimable motivación, conocimientos transmitidos y orientación necesaria para alcanzar los objetivos de presente tesis.

También quiero agradecer al artista Dr. Manuel Ferrer Hernández por su valiosa colaboración y ayuda en la co-autoría de los proyectos artísticos realizados en la experimentación práctica, que forman parte de esta investigación tanto a nivel técnico como conceptual. Así como su participación en la difusión de resultados en diferentes escenarios, científicos y artísticos.

Del mismo modo me gustaría agradecer al compositor Prof. Ricardo Climent director de Novars Research Centre, University of Manchester, por su contribución teórico-práctica y su apoyo en la difusión del trabajo investigativo. También agradecer a los artistas de otras disciplinas que han aportado su experiencia y conocimientos en el desarrollo de los diferentes ensayos, como los músicos Dr. Mark Pilkington y Miquel Bernat, la compañía de danza contemporánea La Coja Dansa y al artista Raul Leon.

También quiero dedicar unas palabras de agradecimiento a las personas que han ayudado con la difusión de esta investigación, a mi hermano Dr. Peter Mesaros, al colectivo de arquitectos Carpe Vía y a la asociación artística FRONDA.

Y, por último, y no menos importante a la arquitecta Dr. Jérica Moreno, por su tiempo y ayuda, y a todas las personas que han contribuido de manera directa o indirecta a la realización de esta tesis.

Resumen.

ii

La hibridación de las ciudades del siglo XXI producida por la introducción de la virtualidad mediada a través de las nuevas tecnologías esboza un cambio en el ámbito de la percepción y la relación entre la ciudad y sus habitantes. La ubicuidad tecnológica está trazando un nuevo concepto de futuro de las ciudades contemporáneas, capaces de comprender los factores tecnológicos que transforman la cotidianidad de la sociedad actual, evidenciando la hibridación de espacios tangibles e intangibles, donde lo material y lo virtual se suman, dando lugar a la creación de nuevas modalidades de espacios urbanos.

En la presente tesis abordamos esta problemática desde el punto de vista de la Realidad Aumentada y cómo esta es capaz de diseminarse dentro de los ámbitos arquitectónicos, urbanistas y artísticos. Para una mayor comprensión analizaremos las últimas tendencias en el desarrollo de esta tecnología tanto a nivel teórico como práctico, buscando paralelismos entre tecnología y procesos de hibridación que envuelven las ciudades actuales.

Realizaremos un recorrido teórico-práctico que permita esclarecer la evolución de la virtualización de las urbes a través de los medios digitales, la aparición de comunidades virtuales y ciudades digitales en Internet. Investigamos cómo se transforma el espacio urbano y social mediante la recién adquirida ubicuidad tecnológica, que rompe con las restricciones del espacio físico. Los espacios urbanos híbridos, su creación y modificación, se ilustran mediante el análisis de intervenciones artísticas que emplean Realidad Aumentada en el ámbito de la ciudad.

Enriquecemos la investigación teórica con la experimentación práctica basada en la creación de una serie de ensayos artísticos que utilizan diversos enfoques tecnológicos para enfatizar la versatilidad de la Realidad Aumentada como herramienta artística.

Resum.

iii

La hibridació de les ciutats del segle XXI produïda per la introducció de la virtualitat intervinguda a través de les noves tecnologies esbossa un canvi en l'àmbit de la percepció i la relació entre la ciutat i els seus habitants. La ubiqüitat tecnològica està traçant un nou concepte de futur de les ciutats contemporànies, capaces de comprendre els factors tecnològics que transformen la quotidianitat de la societat actual, evidenciant la hibridació d'espais tangibles i intangibles, on el material i el virtual se sumen, donant lloc a la creació de noves modalitats d'espais urbans.

En la present tesi abordem aquesta problemàtica des del punt de vista de la Realitat Augmentada i com aquesta tecnologia és capaç de disseminar-se dins dels àmbits arquitectònics, urbanistes i artístics. Per a una major comprensió analitzarem les últimes tendències en el desenvolupament d'aquesta tecnologia tant a nivell teòric com a pràctic, cercant paral·lelismes entre tecnologia i processos d'hibridació que emboliquen les ciutats actuals.

Realitzarem un recorregut teòric-pràctic que permeti esclarir l'evolució de la virtualització de les urbs a través dels mitjans digitals, generada per l'aparició de comunitats virtuals i ciutats digitals en Internet. Investiguem com es transforma l'espai urbà i social mitjançant la recentment adquirida ubiqüitat tecnològica, que trenca amb les restriccions de l'espai físic. Els espais urbans híbrids, la seua creació i modificació, es retraten mitjançant l'anàlisi d'intervencions artístiques que empren Realitat Augmentada en l'àmbit de la ciutat.

Acompanyem la recerca teòrica amb l'experimentació pràctica basada en la creació d'una sèrie d'assajos artístics que utilitzen diferents enfocaments tecnològics per a emfatitzar la versatilitat de la Realitat Augmentada com a eina artística.

Abstract.

iv

The hybridization of cities of the XXI. century produced by the introduction of the virtuality through the new technologies outlines changes in the scope of perception and relationship between the city and its inhabitants. The technological ubiquity is tracing a new concept of the future of contemporary cities, that enables understanding of technological factors that transform everyday life of society. The hybridization of tangible and intangible spaces, where the materiality and the virtuality fuse, gives rise to the creation of new urban spaces modalities.

In the present thesis, this problematic is approached from the point of view of the Augmented Reality and how this technology is able to spread into the field of architecture, urbanism and art. Furthermore, we will analyze the recent development trends of this technology in theory and practice, looking for parallelisms between technology and hybridization processes that concern actual cities.

We will carry out a theoretical-practical tour that will allow us to clarify the evolution of city virtualization through digital media, the emergence of virtual communities and digital cities on the Internet. We investigate how the urban and social space is transformed by the newly acquired technological ubiquity, which breaks the boundaries of the physical space. Hybrid urban spaces, their creation and modification, are portrayed by the analysis of Augmented Reality artistic interventions in the city.

We enrich the theoretical research with the practical experimentation throughout a series of artistic productions that employ different technological approaches to emphasize the versatility of the Augmented Reality as an artistic tool.

Índice

Agradecimientos	i
Resumen.....	ii
Resum.	iii
Abstract.....	iv
Introducción.....	1
1. Capítulo 1. Herramientas y tecnología de Realidad Aumentada.	9
1.1. Definiciones de Realidad Aumentada.....	10
1.1.1. Cronología del desarrollo de las tecnologías de Realidad Aumentada.	13
1.2. Tipología de Realidad Aumentada.....	22
1.2.1. Seguimiento. Tipos y métodos.	23
1.2.1.1. Seguimiento Visual.....	23
1.2.1.2. Seguimiento basado en sensores.	29
1.2.1.3. Seguimiento híbrido.	35
1.2.1.4. Niveles de RA.	37
1.2.2. Procesamiento de datos. Dispositivos con capacidad de procesamiento.	38
1.2.2.1. Software de Realidad Aumentada.	40
1.2.3. Visualización. Características principales.	51
1.2.3.1. Clasificación de dispositivos de visualización.	54
1.3. Ejemplos de aplicación de Realidad Aumentada en el ámbito de Arquitectura.....	62
2. Capítulo 2. Génesis de la Ciudad Aumentada. De la revolución digital hasta la contemporaneidad.	67
2.1. La Ciudad Digital. Construyendo bit a bit.....	68
2.2. Los cimientos de la Ciudad Digital, Internet, la red de redes.....	72
2.2.1. Internet, como bien común.....	73
2.3. Comunidades virtuales.	77
2.3.1. Social Media.....	79
2.3.2. La identidad virtual.	81
2.4. Trazando el territorio de la Ciudad Digital. Las paradojas espacio- temporales.	84
2.4.1. La porosidad digital. Difuminando la línea entre lo público y privado.....	86
2.4.2. La amenaza de panóptico electrónico y los derechos civiles del cibespacio.....	88
2.5. El urbanismo digital. Sus fundamentos y antecedentes.....	93
2.5.1. Las urbes digitales. Una utopía con la letra pequeña.	96

2.6. La transición de la Ciudad Digital a Aumentada. El paradigma de la necesidad de proximidad.	106
2.6.1. Los esfuerzos para aplicar la Ciudad Digital a la ciudad física. Informatización del entorno urbano.	108
2.7. La Ciudad Aumentada. La ciudad de flujos de datos.	110
2.7.1. El <i>genius loci</i> digitalizado y la memoria digital del lugar.	114
2.8. Los ciudadanos de la Ciudad Aumentada. Las multitudes inteligentes.	116
2.8.1. Urbanismo como movimiento social.	117
2.9. El arte en la Ciudad Aumentada.	127
2.9.1. La legibilidad del territorio del arte de la Ciudad Aumentada.	130
2.9.1.1. Sendas.	132
2.9.1.2. Bordes.	141
2.9.1.3. Barrios.	146
2.9.1.4. Nodos.	149
2.9.1.5. Mojones.	155
3. Capítulo 3. Experiencia de la Ciudad Aumentada. Producción artística y ensayos prácticos implementando tecnología de Realidad Aumentada.	169
3.1. <i>Ciudad Paralela</i> – diversificación de los Espacios Urbanos Aumentados.	170
3.1.1. Introducción.	170
3.1.2. Experiencia del Espacio Aumentado Educativo - <i>VISION(AR)Y CITY</i>	171
3.1.2.1. Los fundamentos teóricos del Espacio Aumentado Educativo.	171
3.1.2.2. Ejemplos de Aplicaciones de Realidad Aumentada en la Educación.	174
3.1.2.3. <i>VISION(AR)Y CITY</i>	182
3.1.2.4. Metodología y proceso de desarrollo de <i>VISION(AR)Y CITY</i>	186
3.1.3. Experiencia de Espacio Aumentado Sonoro - <i>RA_AGORA</i>	188
3.1.3.1. Ejemplos de Aplicaciones orientadas a los Espacios Aumentados Sonoros.	188
3.1.3.2. <i>RA_AGORA</i>	190
3.1.3.3. Metodología y proceso de desarrollo de <i>RA_AGORA</i>	193
3.1.4. Experiencia de Espacio Aumentado Lúdico - <i>ARQanoid</i>	195
3.1.4.1. Ejemplos de Aplicaciones orientadas al Espacio Aumentado Lúdico	195
3.1.4.2. <i>ARQanoid</i>	199
3.1.4.3. Metodología y proceso de desarrollo de <i>ARQanoid</i>	201
3.1.5. <i>Ciudad Paralela</i> . Consideraciones finales.	203
3.2. <i>ARecycleNOID</i> . Hibridación del entorno urbano mediante las dinámicas del juego.	205
3.2.1. Introducción.	205

3.2.2. Contextualización del juego RA dentro del espacio urbano.....	207
3.2.3. Ejemplos de juegos en el Espacio Urbano Aumentado.....	210
3.2.4. <i>ARecycleNOID</i>	214
3.2.4.1. Metodología y proceso de desarrollo de <i>ARecycleNOID</i>	218
3.2.5. <i>ARecycleNOID</i> . Consideraciones finales.....	221
3.3. <i>Neuro-ARt-game Robot & Robotnik</i> . Explorando nuevas formas artísticas implementando la tecnología de Electroencefalografía (EEG).....	223
3.3.1. Introducción.....	223
3.3.2. Fundamentos teóricos de la tecnología EEG.....	223
3.3.3. <i>Neuro-ARt-game</i> . La relación entre Art-Game, EEG y Realidad Aumentada.	226
3.3.4. Ejemplos de utilización de la tecnología EEG en el arte.....	229
3.3.5. Experimentación previa - <i>Rabbit Mind Runner</i>	239
3.3.6. <i>Neuro-ARt-game. Robot & Robotnik</i>	241
3.3.6.1. Metodología y proceso de desarrollo de <i>Robot & Robotnik</i>	244
3.3.7. <i>Robot & Robotnik</i> – consideraciones finales.....	251
3.4. <i>AR_VR_Putney</i> . Instalación de ‘Realidad Extendida’.	252
3.4.1. Introducción.....	252
3.4.2. Ejemplos de instalaciones de <i>Game-audio</i>	253
3.4.3. Experimentación previa <i>Interactive Game-Audio: Timbila project</i> . ..	256
3.4.4. Realidad Extendida. Adaptación del Continuo real-virtual.....	260
3.4.5. <i>AR_VR_Putney 0.1</i>	261
3.4.5.1. Metodología y proceso de desarrollo de <i>AR_VR_Putney 0.1</i>	265
3.4.6. <i>AR_VR_Putney 1.0</i>	268
3.4.6.1. Metodología y proceso de desarrollo de <i>AR_VR_Putney 1.0</i>	274
3.4.7. <i>AR_VR_Putney Ponozky cislo II</i>	279
3.4.7.1. Metodología y proceso de desarrollo de <i>AR_VR_Putney Ponozky</i> <i>cislo II</i>	285
3.4.8. <i>AR_VR_Putney</i> . Consideraciones finales.....	288
3.5. <i>DanzaAR</i> . Aumentando la virtualidad del espacio escénico.	290
3.5.1. Introducción.....	290
3.5.2. Ejemplos de aplicaciones RA en el espacio escénico.....	292
3.5.3. <i>DanzAR</i> . Un ensayo en dos Actos.	295
3.5.3.1. Metodología y desarrollo de <i>DanzAR</i>	299
3.5.4. <i>DanzAR</i> . Consideraciones finales.....	309
Conclusiones.....	311
Anexo 1	319
Bibliografía.	321
Índice de imágenes.....	349

Introducción.

1

“El ciberespacio está colonizando lo que solíamos llamar el mundo real. Creo que nuestros nietos encontrarán como el dato más pintoresco e incomprensible, nuestra paradójica insistencia en diferenciar el mundo virtual del físico, pues ellos simplemente lo entenderán como ‘el mundo’.”

William Gibson (Entrevista con Ward 2010).

La proliferación de las dimensiones virtuales en casi todos los aspectos de la vida cotidiana se hace cada vez más perceptible. Nuestras relaciones sociales son mediatizadas a través de la virtualidad, y las tecnologías que nos las facilitan, parecen ya formar extensiones naturales del cuerpo humano¹. La velocidad con la cual se renuevan estas tecnologías, asume también la velocidad con la cual se producen los cambios en la sociedad. Nuestro entorno, las arquitecturas y las ciudades que habitamos, no son inmunes a estos cambios, la ubicuidad de la tecnología digital refuerza el proceso de la hibridación entre las dimensiones virtuales y físicas.

En un pasado reciente, la tecnología digital nos facilitaba las experiencias incorpóreas de viajar o comunicarnos a distancia desde la inmovilidad. Frente a este paradigma, la ciudad tradicional corría el posible peligro de la pérdida de su relevancia en la vida social de los habitantes. Ahora, es la misma tecnología, la que, a través de sus avances, es capaz de sumar los atributos digitales con las experiencias vividas en la ciudad e incrementar la ciudad tradicional con múltiples dimensiones virtuales, convirtiéndola en un nuevo modelo de la ciudad, la Ciudad Aumentada.

En esta investigación nos plantearemos una serie de preguntas: ¿Cómo se transforma y adapta la ciudad tradicional con las nuevas tecnologías?, ¿Cómo afecta la hibridación y que cambios induce en el funcionamiento de la ciudad actual?, ¿Cuáles son las

¹ Basándonos en las afirmaciones de Marshall McLuhan, sobre los medios como la extensión del cuerpo (1964).

herramientas que contribuyen a esta hibridación?, y ¿Cómo se manifiesta y hace visible la hibridación de lo virtual y lo físico en la ciudad contemporánea? Existe la necesidad de definir la relación de los procesos que se producen en el campo del urbanismo y la arquitectura, para poder incluir en el ámbito profesional este espacio híbrido. La creación de la Ciudad Aumentada invierte el rol de la planificación centralizada, abriéndose a la participación ciudadana. Buscaremos las respuestas dentro y fuera de materias como el urbanismo o la arquitectura, pues algunas posibles pistas nos las pueden ofrecer disciplinas como la filosofía, la sociología, el arte, o la tecnología misma, pues la arquitectura y el urbanismo parecen ser el último elemento que se suma a este cambio.

La realización de esta investigación está unida a motivaciones personales, desde el punto de vista de mi profesión, y la formación que poseo como arquitecta, me permito observar como el constante desarrollo y avance tecnológico pasa desapercibido en las materias de la arquitectura y el urbanismo. El uso de las nuevas tecnologías dentro de este ámbito, no pasa de un mero roce superficial, empleándolas como otra herramienta más con la que realizar las tareas de siempre. No termina de afectar ni al pensamiento, ni a los conceptos de creación arquitectónica o urbanista. En cambio, encontramos una situación muy diferente en el campo del arte, donde la percepción y utilización de esta hibridación viene estrechamente ligada a los avances tecnológicos.

Realizaremos nuestras incursiones en la Ciudad Aumentada, a través de producción artística propia, que nos permitirá entender la necesidad de una continua actualización tecnológica y conceptual, independientemente del campo de estudio.

Límites de la investigación

Para el desarrollo de este trabajo encontramos la necesidad de establecer una serie de pautas, que permitan marcar un campo donde se adscribe y desarrolla la presente investigación.

La naturaleza de la investigación, el caso que nos ocupa presenta rasgos que conciernen tanto a la teoría como a la práctica, por lo tanto, adquiere un carácter teórico-práctico. Aportaremos los datos relevantes obtenidos del análisis y revisión de las fuentes bibliográficas, centrándonos en la evolución y el estado actual de las teorías y tecnologías que conciernen el paradigma de la virtualidad en las ciudades actuales. Los resultados y la información recabada, serán aplicados en la experimentación práctica, reflejados en una serie de ensayos que realizaremos para fundamentar esta investigación.

La acotación del área de estudio, se realizará dentro del campo del arte, arquitectura, urbanismo y las nuevas tecnologías, con distintos grados de virtualidad, como la Realidad Virtual y Aumentada. Otorgaremos especial atención a los trabajos y proyectos artísticos realizados mediante el uso de las nuevas tecnologías que se relacionan y contextualizan dentro del territorio de la ciudad contemporánea, a través del análisis de referentes existentes y la producción de la obra propia.

La acotación metodológica utiliza el modelo mixto que nos permite aunar distintas áreas de investigación, arte, arquitectura y tecnología, explorando las relaciones

virtualizadas hombre-máquina, aplicando la macro y micro-escala. Implementaremos los métodos analíticos y deductivos en la realización de la indagación teórica, para elaborar un marco teórico que permita realizar la clasificación de referentes y conceptos relevantes. Para desarrollar los ensayos, hemos puesto en práctica los métodos experimentales, demostrando el potencial creativo y la utilidad de la implementación de las herramientas tecnológicas en proyectos multidisciplinarios.

La acotación bibliográfica utilizada se centra en el estudio y análisis de publicaciones fundamentales en las distintas áreas que conciernen a esta investigación. Las fuentes utilizadas provienen de varios campos y disciplinas, nos hemos basado tanto en autores especializados en el campo de tecnología de Realidad Aumentada como Azuma, Billinghurst, Bimber o Kato, como en los artistas que trabajan en este campo como Freeman, Skwarek y Thiel. En la materia de arquitectura y urbanismo nos apoyamos en los textos de Lynch, Koolhaas, Mitchell Mumford, Negroponte, Virilio y otros. Complementaremos la investigación teórica con las publicaciones de disciplinas de humanidades como filosofía: Deleuze, Guatari, Foucault, Levy; ciencias de comunicación: McLuhan, Manovich y Rheingold o la sociología: Augé, Castells, Giddens y otros. La información más novedosa con carácter tecnológico proviene de las publicaciones, actas de conferencias y congresos específicos sobre el tema, que mejor tratan las líneas de investigación actuales.

Actualidad de la investigación. La investigación teórica en el campo de las tecnologías de Realidad Aumentada describe el estado actual en el que se encuentran, no obstante, observamos que los avances tecnológicos se implementan con rapidez en la cotidianidad de la sociedad, fomentando la creciente velocidad de su futuro desarrollo, por lo que esta parte probablemente se quede obsoleta en los próximos años. En cambio, este desarrollo vertiginoso no afecta tanto a la validez de las teorías urbanistas, donde encontramos la necesidad de rellenar vacíos teóricos, que permitan incluir los últimos cambios que conciernen a la ciudad y la sociedad. En el campo experimental, las prácticas artísticas nos permiten establecer un nuevo precedente en la relación entre arte, arquitectura y nuevas tecnologías.

Objetivos

Para la realización de esta tesis hemos planteado tres objetivos principales, que a su vez se componen de varios objetivos específicos:

- **Objetivo 1-** Revisar teorías y técnicas relacionadas con el campo de la Realidad Aumentada.
 - Recopilar los conceptos técnicos surgidos del avance en hardware y software de Realidad Aumentada.
- **Objetivo 2** – Recopilar la información necesaria para fundamentar las teorías que definen la transformación de la ciudad actual en la Ciudad Aumentada.
 - Realizar una clasificación de las obras y proyectos artísticos relacionados con los nuevos entornos urbanos generados por la mezcla entre lo físico y lo virtual.

La Ciudad Aumentada.

- **Objetivo 3** – Producción de obra artística empleando tecnologías de Realidad Aumentada que permita experimentar la hibridación de los entornos reales y virtuales.
 - Demostrar el concepto de la Ciudad Aumentada mediante la experimentación práctica.
 - Implementar diversas combinaciones entre hardware y software para crear nuevas herramientas de expresión artística.

Metodología

Para realizar esta investigación emplearemos una metodología mixta, basada en la utilización del modelo teórico-analítico y aplicado-experimental. Para el cumplimiento de los objetivos establecidos utilizaremos los métodos de la siguiente manera:

4

Objetivos Generales	Métodos empleados
Objetivo 1- Revisar teorías y técnicas relacionadas con el campo de la Realidad Aumentada	Se realizará un estudio de fuentes bibliográficas y publicaciones de investigaciones científicas, como actas de congresos, revistas <i>online</i> . donde utilizaremos los métodos teóricos: analíticos, inductivos, deductivos, comparativos y sintéticos.
Objetivo 2- Recopilar la información necesaria para fundamentar las teorías que transforman la ciudad actual en la Ciudad Aumentada.	Utilizaremos y analizaremos fuentes bibliográficas relacionadas con diversas disciplinas como: urbanismo, arquitectura, filosofía, sociología y arte. Los métodos a emplear serán teóricos: analíticos, inductivos, deductivos, comparativos y sintéticos.
Objetivo 3- Producción de obra artística empleando tecnologías de Realidad Aumentada que permita experimentar la hibridación de los entornos reales y virtuales.	Para la realización de los ensayos prácticos utilizaremos métodos aplicados y experimentales, empleando diversas combinaciones de software y hardware. En la memoria de cada ensayo en concreto se especificarán detalladamente los métodos empleados.

Estructuramos la planificación de la investigación en distintas temporalidades para cumplir con los objetivos de esta tesis, organizando las tareas de investigación en las etapas reflejadas en la siguiente tabla:

Etapas de Investigación	
Fechas	Contenidos
2012-2013	-Búsqueda de bibliografía y referentes artísticos relevantes a la elaboración del cuerpo teórico. -Experimentación inicial con distinto hardware y software.
2014-2016	Realización de cinco ensayos prácticos, análisis y divulgación de los resultados a través de exposiciones, ponencias en congresos y publicaciones.
2016-2017	Redacción de la tesis doctoral.

Estructura

La presente tesis se divide en tres bloques o capítulos, cada uno de ellos se centra en los diversos aspectos que nos ayudan a comprender las relaciones actuales entre la virtualidad y la ciudad contemporánea.

5

En el primer capítulo, consideramos conveniente describir las teorías básicas de la Realidad Aumentada y hacer un recorrido abreviado sobre la historia de su desarrollo tanto a nivel conceptual como a nivel tecnológico. Presentaremos las teorías más importantes y aceptadas por la comunidad de investigadores, pero también distintos puntos de vista y acercamientos teóricos realizados en las últimas dos décadas.

Asimismo, este bloque recoge el panorama tecnológico de la Realidad Aumentada, que encontramos en la actualidad. Nos centraremos en los aspectos técnicos relacionados con los dispositivos que facilitan el funcionamiento de esta tecnología, analizando distintos tipos de hardware. En este punto también haremos un especial hincapié en presentar los tipos de software más empleados en la actualidad, pero también el software que ha marcado el camino de esta tecnología en el pasado.

Analizaremos los tipos del hardware y software, empleados en proyectos de arquitectura y urbanismo, buscando sus usos más habituales, mediante la presentación de casos concretos.

En el capítulo dos asentaremos e investigaremos en las bases teóricas e indagaciones prácticas sobre el paradigma de la Ciudad Aumentada, como heredera de la Ciudad Digital. Analizaremos la ontología y morfología de la Ciudad Aumentada y los paralelismos que la unen con el desarrollo de la ciudad 'real' y la Ciudad Digital. Nos basaremos en aportaciones bibliográficas relevantes en los campos de arquitectura, urbanismo y humanidades, actualizando las teorías que aúnan las dimensiones virtuales y físicas dentro del ámbito de la ciudad. Como punto de partida tomaremos la Ciudad Digital ubicada en el ciberespacio, que desde la ubicuidad conduce al concepto de Ciudad Aumentada. La analizaremos desde el punto de vista del urbanismo, mostrando su desarrollo histórico en las últimas dos décadas y su influencia en la sociedad. Desde la implantación de las tecnologías ubicuas en el

La Ciudad Aumentada.

tejido social, la Ciudad Digital rompe con las barreras físicas a través de la conexión omnipresente, cambiando e hibridando el concepto de ciudad. Investigaremos los factores físicos y virtuales que moldean y esbozan la Ciudad Aumentada y los posibles caminos de sus futuras etapas de desarrollo.

Estableceremos la relación entre las obras de arte de Realidad Aumentada y este nuevo tipo de ciudad, realizando una clasificación de referentes artísticos en términos urbanistas.

En el capítulo tres abordaremos el concepto de Ciudad Aumentada a través de la producción de obra propia, mostrando los nuevos posibles ensambles urbanos a distintas escalas. Emplearemos en su mayor parte la tecnología de Realidad Aumentada, pero también utilizaremos tecnologías de Realidad Virtual, incluyendo distintos grados de hibridación.

En el ensayo *Ciudad Paralela*, generamos distintas dimensiones de la virtualidad sobre un mismo espacio urbano, mostrando la polivalencia de la funcionalidad de la Ciudad Aumentada. Para realizar este ensayo utilizaremos la tecnología de Realidad Aumentada aplicada a los espacios abiertos.

6

En el ensayo *ArecycleNOID*, creamos una aplicación lúdica de Realidad Aumentada, que demuestra la capacidad de la extensión territorial de la Ciudad Aumentada. Incluiremos elementos urbanos comunes, como parte inseparable, capaces de evidenciar la unión entre real y virtual.

En el ensayo *Robot & Robotnik*, experimentaremos mezclando tecnología de Realidad Aumentada con la electroencefalografía, aunando las posibilidades que ofrecen estas tecnologías como herramientas artísticas. Esta compleja unión nos conduce a la reducción del espacio utilizado, adentrándonos en la micro-escala de la ciudad y convirtiéndola en una parte de la escenografía.

En el ensayo *AR_VR_Putney* presentamos distintos grados de hibridación de entornos arquitectónicos de Ciudad Aumentada, combinando la tecnología de Realidad Aumentada, Realidad Virtual y el sonido espacializado, para la creación de una única obra, rompiendo con la noción establecida de la continuidad lineal entre lo real y lo virtual.

En el último ensayo *DanzAR*, creamos las herramientas necesarias para generar el espacio aumentado escénico, capaz de combinar la danza contemporánea con la tecnología de Realidad Aumentada. En relación a la Ciudad Aumentada, en este proyecto transformamos una arquitectura concreta en un macro-dispositivo de Realidad Aumentada.

Para insertar los ensayos en la memoria de la tesis se utiliza una misma estructura que sigue el siguiente patrón:

- Introducción y contextualización.
- Análisis de referentes artísticos.
- Descripción de la metodología y tecnología empleada.
- Inserción en el contexto de la Ciudad Aumentada.
- Consideraciones finales.

Introducción.

La tesis finaliza con un apartado donde exponemos las conclusiones de nuestro estudio, resumiendo las aportaciones más significativas de esta investigación. También analizaremos y valoraremos la contribución de cada uno de los capítulos y los resultados de los ensayos en su conjunto.

Capítulo 1

Herramientas y tecnología de Realidad Aumentada.

Las nuevas tecnologías interactúan como intermediarios entre la ciudad y sus ciudadanos, es posible comprender la hibridación de las urbes contemporáneas a través de ellas. Desvelan la virtualidad que se asienta de forma ubicua sobre la materialidad de la ciudad tradicional llegando a formar parte de la vida cotidiana.

A continuación, indagaremos en las teorías y procesos creativos que conciernen al campo de la Realidad Aumentada. Empezar por las definiciones básicas y su desarrollo histórico, nos permitirá apreciar como esta tecnología ha recorrido un camino evolutivo hasta la contemporaneidad, pasando de formar parte del imaginario de inventores e investigadores, a materializarse en su forma actual infiltrándose en todos los estratos de la sociedad.

Entender las características principales de la Realidad Aumentada y las distintas tecnologías que esta implica, enfatiza el potencial creativo que esta tecnología nos ofrece, adaptando el proceso de desarrollo a las necesidades concretas.

Comprender las posibilidades y las limitaciones de esta tecnología ayuda a transformar el concepto del espacio arquitectónico, introduciendo las dimensiones virtuales y sus nexos con el espacio físico como nuevas formas de habitar y evolucionar la ciudad. En estos términos, la tecnología de Realidad Aumentada es capaz de establecerse como una herramienta arquitectónica de las ciudades futuras.

1.1. Definiciones de Realidad Aumentada.

La hibridación de la virtualidad y la materialidad dentro del ámbito de la ciudad se puede percibir como una experiencia mediada por la tecnología de Realidad Aumentada². La RA permite al usuario acceder al campo de percepción correspondiente con la información virtual, que de otra manera permanece invisible e inapreciable para los sentidos humanos. La tecnología de la RA es una forma de detectar los millones de bits que están siendo transmitidos y circulan en el entorno real en todo momento, en forma de flujos de datos que resultan imperceptibles para los sentidos humanos. La tecnología de Realidad Aumentada mezcla los entornos y elementos del mundo real y virtual, facilitando la comprensión de la información digital superpuesta a un entorno real. Los contenidos virtuales utilizados pueden tratar cualquier tipo de información digital, imagen, sonido, vídeo, modelos tridimensionales... La RA tiene la capacidad de ser percibida por los cinco sentidos, aunque en la actualidad, prevalece el sentido visual en la mayoría de sus aplicaciones.

10

“El concepto de Realidad Aumentada amplía el mundo real con imágenes sintéticas. Por lo tanto, este enfoque no requiere una escena que consista enteramente en gráficos computacionales. En su lugar, las imágenes sintéticas se utilizan como un complemento de la escena del mundo real. Para muchas aplicaciones de Realidad Aumentada, el componente virtual no requiere de imágenes altamente realistas”
(Barfield et al. 1995, p.543).

Este fenómeno que apunta a los matices que diferencian la Realidad Virtual de la Realidad Aumentada, es muy recurrentemente utilizado para poder describir la verdadera naturaleza de esta tecnología: *“En lugar de sumergir a una persona en un mundo completamente sintético, RA intenta incorporar suplementos sintéticos en el entorno real (o en un vídeo en vivo del entorno real)”* (Bimber y Raskar 2005, p.2). Para definir la RA se puede emplear el concepto de que esta, es un caso especial de entorno virtual (EV) o como se suele denominar más frecuente, Realidad Virtual (RV) (Azuma 1997). La RA y la Realidad Virtual contienen rasgos similares en su génesis, como por ejemplo la inclusión de los modelos virtuales en el campo de visión en primera persona del usuario, pero mientras la Realidad Virtual constituye un entorno totalmente inmersivo del usuario en un mundo íntegramente sintético, la RA permite al usuario el contacto con el mundo real, complementando en tiempo real la superposición de contenidos virtuales sobre el mundo físico. Otro aspecto muy importante que concierne a la Realidad Virtual, es la dificultad de reproducir un entorno sintético, de modo que este simule los aspectos del mundo físico de manera veraz. *“La RA reconoce que la gente está acostumbrada al mundo real, el cual no puede ser reproducido de forma fidedigna en un ordenador. Por lo que la RA lo que hace es construir en el mundo real, aumentándolo con capacidades computacionales”* (Beaudouin-Lafon, 1994, p.14).

² A partir de este punto la denominaremos RA.

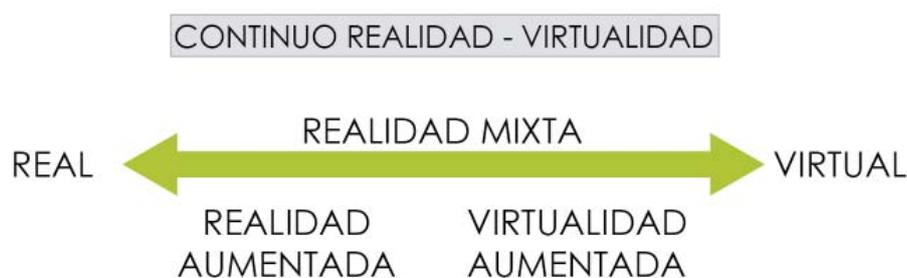


Imagen 1. Continuo Realidad-Virtualidad (a partir de Milgram, Kishino, 1994).

La circulación por entornos de RA se realiza de una manera más segura que en el caso de la Realidad Virtual, el hecho de poder contemplar el espacio real, evita interferencias físicas en el movimiento del usuario. *“La eficacia de la RA radica en crear la sensación, de que el contenido virtual está presente en el mundo real, agregando contenidos bidimensionales o tridimensionales en tiempo real a la imagen obtenida de una cámara digital, haciendo coincidir la visión de la cámara con el punto de visión en primera persona del usuario”* (Hernández y García 2010, p.11). La definición de la Realidad Aumentada se apoya, en muchos casos en su comparación con la Realidad Virtual, la relación entre la RV y la RA es explorada con más detalle por Milgram y Kishino (1994). Estos autores definen el grado de virtualidad de la RA en su *Continuo de la Realidad - Virtualidad*, una representación gráfica que contempla varios estadios de los entornos reales y sintéticos. En uno de sus extremos encontramos la ‘Realidad’, entendida como un entorno físico completamente real y sin ningún tipo de contenido digital, en su otro extremo, se halla la Realidad Virtual. De izquierda a derecha, el grado de contenidos digitales generados por un dispositivo computarizado aumenta, considerando el entorno inmersivo de la Realidad Virtual como un entorno completamente sintético, donde el entorno real se sustituye por completo. Entre estos dos extremos, el continuo ubica las posibles variaciones y fusiones entre los estadios Real-Virtual, dependiendo de la cantidad de componentes virtuales y/o reales que se empleen. Aquí podemos encontrar la Realidad Mixta, que a su vez se subdivide en dos estadios: la RA y la Virtualidad Aumentada. Estos estadios dependen de la cantidad de información virtual añadida, cuantos más contenidos virtuales, nos acercamos más a la Virtualidad Aumentada, pero ambos estadios deben de cumplir con la condición de estar presentes parcialmente en el entorno real.

La tecnología RA es capaz de crear un tipo nuevo de espacios, donde la materialidad y virtualidad coexisten al unísono. En estos espacios o entornos aumentados,

enriquecidos con el contexto de la virtualidad, la percepción de presencia por parte de usuarios, se intensifica mediante la experiencia inmersiva, a la que contribuye considerablemente la posibilidad de la interacción entre el usuario y los contenidos virtuales. La RA permite la interacción entre el usuario, la capa de información virtual y el espacio real. *“La RA no reemplaza el mundo real por uno virtual, sino al contrario, mantiene el mundo real que ve el usuario, complementándolo con información virtual superpuesta al real. El usuario nunca pierde el contacto con el mundo real que tiene al alcance de su vista y al mismo tiempo puede interactuar con la información virtual superpuesta”* (Basogain et al. 2007, p.1).

Para canalizar eficazmente la información de los flujos de datos que contienen las capas virtuales, a presencia de los cuales de otra manera el usuario permanece totalmente inconsciente, nos servimos de dispositivos como Smartphones, Tablets u ordenadores, que mediante una interfaz permiten la interacción entre el usuario y la información digital. *“La RA al igual que otras interfaces gráficas nos da la posibilidad de trasladar la información útil al espectro visual en tiempo real donde quiera que estemos.”* (Kipper y Rampolla 2012, p.4).

12

Con la tecnología móvil actual, que posibilitan la realización de procesos necesarios para ejecutar las aplicaciones de RA, podemos añadir la ubicuidad como una de las capacidades de la tecnología RA: *“La RA móvil es una tecnología disruptiva que está redefiniendo cómo percibimos los datos, transformando el entorno visual en un ecosistema inmersivo basado en la información. Al mezclar nuestro mundo con la virtualidad, superponiendo la información digital, la RA puede incrementar la percepción de nuestro espacio personal”* (Cooper 2011, p.1).

La RA es altamente convincente, generando una interminable colección de experiencias en tiempo real asistidas por la tecnología. Es posible incluso extender la comprensión de la tecnología de RA, en el sentido *McLuhanístico* como un medio de la extensión del cuerpo humano: *“Si entendemos el cuerpo humano como un interfaz, que mediante los sentidos nos permite percibir nuestro entorno de manera visual, auditiva, táctil, olfativa o gustativa, podemos entender la RA como una extensión sensorial que nos permite distinguir la parte virtual que esconde el espacio físico”* (Ferrer 2016, p.76).

Empleando las definiciones y descripciones básicas de las capacidades de RA podemos destacar tres características propias para la tecnología RA, tal como propone Azuma (1997, p.356):

1. *RA combina la información real y virtual.*
2. *RA es interactiva en tiempo real.*
3. *RA opera y está usada en el entorno tridimensional.*

En los entornos de RA, estas tres condiciones, han de ser cumplidas al unísono. Azuma, proporciona unos ejemplos de las tecnologías que a pesar de cumplir parcialmente alguna de las condiciones, no se pueden considerar como RA. Entre tales tecnologías menciona la mezcla de lo virtual y físico que carece de interactividad como el cine, o la posibilidad de añadir efectos especiales a vídeo en tiempo real, pero sin poder realizar una alineación de los contenidos virtuales al entorno físico (Azuma 1997).

La brevedad de estas características se debe al hecho de que Azuma, en su definición, evita la inclusión de cualquier referencia a las tecnologías, tanto hardware como software existente en la época (1997) cuando estas características eran formuladas. De esta manera, en la actualidad siguen siendo vigentes como una descripción de la base conceptual de la Realidad Aumentada.

1.1.1. Cronología del desarrollo de las tecnologías de Realidad Aumentada.

Complementar el entorno real con la ampliación de información, es un concepto que se ha repetido y explorado a lo largo de la historia. Frecuentemente ha sido explotado en diferentes campos como literatura, cine y teatro, que han intentado fusionar sus propios imaginarios con el espacio físico. Podríamos decir que, hasta hace muy pocos años, la Realidad Aumentada y la Realidad Virtual, han seguido los mismos avances tecnológicos y compartían planteamientos técnicos.

El término de Realidad aumentada fue acuñado por Tom Caudell y David Mizell en 1992, en un artículo redactado para la empresa *Boeing (Augmented Reality: an application of heads-up display technology to manual manufacturing proces)*, donde se investigaban distintas formas de interaccionar en el espacio, con el fin de solucionar los problemas encontrados en las reparaciones de los cuadros eléctricos. Fue ahí donde se forjó la idea de generar unas gafas especiales, capaces de mostrar al unísono los errores en los cuadros eléctricos y la forma de solucionarlos, ‘aumentando’ la realidad del usuario con la información precisa para la realización de una determinada tarea.

Aunque el término ‘Realidad Aumentada’ no fue acuñado hasta los años noventa, podríamos decir que la historia tecnológica precede al mismo, con anterioridad se han producido algunas experimentaciones científicas y técnicas dentro del campo de Realidad Virtual, iniciando a vislumbrar esta tecnología.

A continuación, vamos a mostrar de manera cronológica, lo que consideramos los avances tecnológicos más significativos en la aparición y evolución de la Realidad Aumentada, que han contribuido al desarrollo de esta tecnología a lo largo de la historia:

- 1838: Charles Wheatstone inventa el **estereoscopio**, que permite la visualización de dibujos en tres dimensiones. Para producir este efecto, utiliza dos imágenes que representan el mismo contenido, desde el punto de vista de cada ojo del usuario (Kohl 2016).
- 1853: el físico Rollman publica el sistema de imagen tridimensional **Anaglifo**, una imagen estereoscópica, donde la sensación de tridimensionalidad se obtiene al filtrar las dos imágenes correspondientes a cada ojo, la imagen del ojo derecho se toma con un filtro fotográfico de color rojo, y para el ojo izquierdo, con los colores verde y azul. Al observar estas imágenes, utilizando un filtro para cada ojo, producen la sensación de tridimensionalidad. Las primeras proyecciones públicas en este formato aparecen en 1891, cuando Louis Ducos du Hauron empieza a usar la técnica de Rollman aplicada a la imagen en movimiento (Fernández- Sora 2011).

La Ciudad Aumentada.

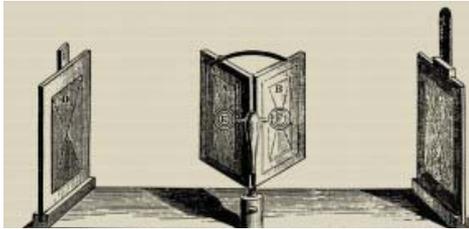


Imagen 2. Estereoscopio de de C. Wheatstone.



Imagen 3. Primeras proyecciones en anaglifo.

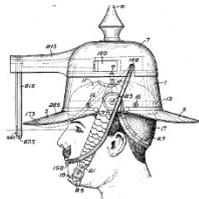


Imagen 4. Primer HMD de B. Pratt.

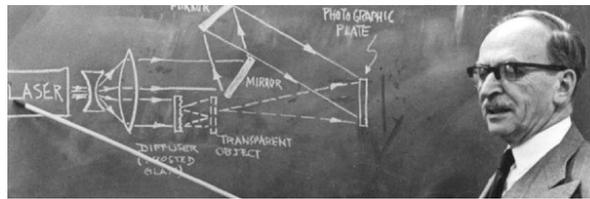


Imagen 5. Sistema Holográfico de D. Gabor.

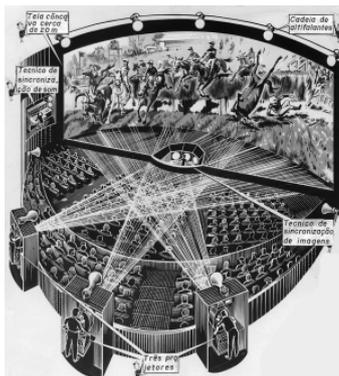


Imagen 6. Cinerama F. Waller.

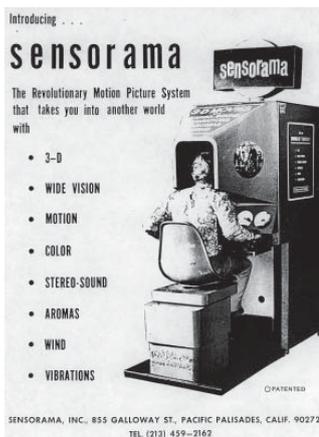


Imagen 7. Sensorama M. Heilig.

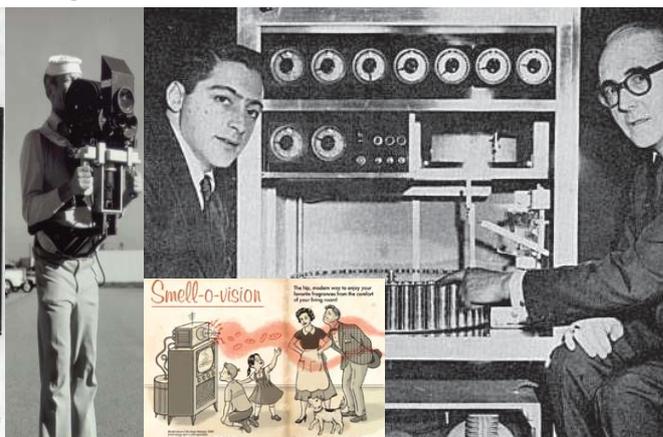


Imagen 8. Smell-o-vision, H. Laube.

- 1916: Albert B. Pratt patenta el **primer sistema de HMD**³, que mediante una combinación de espejos introduce un periscopio en un casco (Sterling 2009).
- 1947: Denis Gabor patenta el primer **sistema holográfico**, capaz de mostrar un objeto desde distintos puntos de vista (Gabor 1963).
- 1954: Fred Waller inventa el **Cinerama**, desde los años veinte de siglo XIX, diferentes empresas cinematográficas investigaron en el sistema de grabación y visualización de imágenes anaglifos, esto condujo a pensar que por medio de proyecciones curvadas se podría aumentar el grado de tridimensionalidad en la imagen, así como el grado de inmersión del usuario (Gifreu 2014).
- 1955: Morton Heilig inventa el **Sensorama**, que podemos considerar el primer dispositivo de Realidad Virtual pre-digital de inmersión multisensorial (Rheingold 1994). El sistema permitía la captura de los aspectos físicos que rodean la cámara. Se trata de un sistema que solo puede visualizar una persona a la vez, con la visión y el sonido estereoscópicos, vibraciones, aromas, y simulación del viento (Heilig 1962).
- 1960: Hans Laube diseña un sistema capaz de emitir olores en las salas de cine, llamado **Smell-o-Vision**. Este sistema solo se utilizó una vez, en la película *Scent of Mystery*, la sincronización de los olores coincidía con la narrativa de la historia (Ferri 2007).
- 1961: Cameau y Brian de Philco diseñan *Telesphere Mask*, el primer sistema **HMD de vídeo**. Este **HMD** llevaba insertada una cámara que transmitía la imagen al ojo del usuario mediante una especie de periscopio.
- 1963: Ivan Sutherland desarrolla el primer sistema informático que permite al usuario la utilización de una **interfaz gráfica**. La aplicación *Sketchpad*, facilitaba la manipulación gráfica mediante el uso de *Light Pen*, un lápiz óptico que posibilitaba la interacción con pantalla, realizando operaciones de traslación, rotación y escala en los elementos diseñados (Sutherland 1964).
- 1964: Juris Upatnieks crea el primer **holograma de alta definición** con la ayuda del rayo láser. Los hologramas producidos hasta la fecha, presentaban un alto grado de desenfoque, haciendo imperceptibles los detalles de los elementos (Johnston 2006).
- 1965: Ivan Sutherland presenta una ponencia llamada '*The Ultimate Display*' en el congreso *International Federation for Processing*. Podríamos decir, que en este artículo sienta las bases en relación a la Realidad Virtual, explicando el concepto de *display* y dejando de lado las pantallas tradicionales. El *display* es capaz de transferir estímulos visuales y hápticos, respondiendo a la necesidad del usuario de interactuar con objetos del mundo virtual (Sutherland 1965).
- 1967: Graeme Ferguson, Roman Kroitor y Robert Kerr diseñan una pantalla envolvente de grandes dimensiones llamada **IMAX**, haciendo posible, que el espectador se sumerja completamente en los contenidos (Lerner 1997).
- 1968: Ivan Sutherland diseña el primer **HMD estereoscópico** basado en imágenes sintéticas. Este dispositivo adoptó el nombre de '**Espada de Damocles**', debido a su peso, que obligaba a su anclaje y suspensión del techo. El seguimiento de los movimientos de la cabeza del usuario estaba basado en un sistema mecánico y el

3 HMD- Head Mounted Display.

La Ciudad Aumentada.

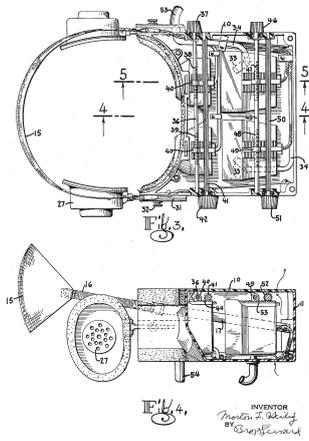


Imagen 9. Primer HMD de Video Cameau & Brian.

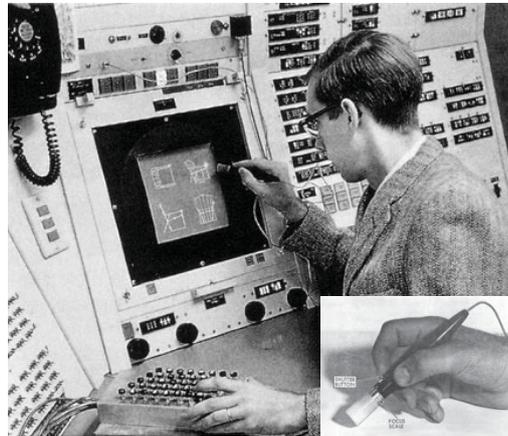


Imagen 10. Sketchpad, Light Pen, I. Sutherland.

16



Imagen 11. The Ultimate Display I. Sutherland.

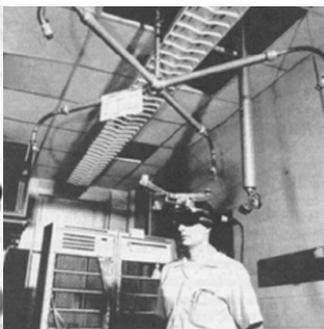


Imagen 12. Espada de Damocles I. Sutherland.

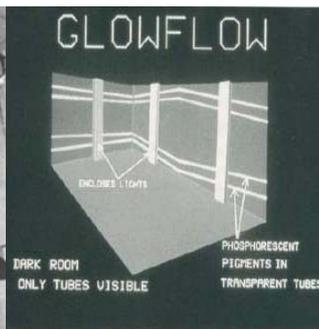


Imagen 13. GlowFlow M. Krueger.



Imagen 14. Simulador de vuelo con display gráfico.

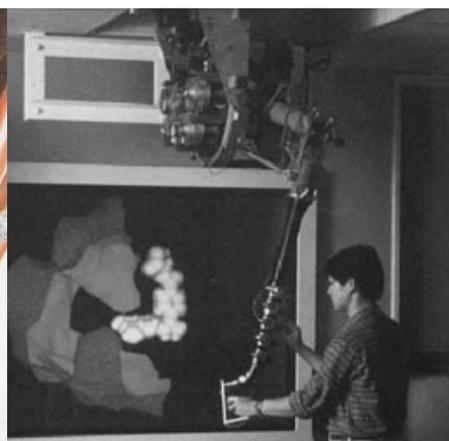


Imagen 15. GROPE F. Brooks.

- dispositivo era capaz de visualizar con perspectiva los gráficos tridimensionales (Sutherland 1968).
- 1969: Myron Krueger presenta *GlowFlow*, una instalación artística capaz de detectar siluetas, que permite al usuario interactuar con los contenidos virtuales (Hansen 2012).
 - 1972: *General Electric* desarrolla el primer **simulador de vuelo** computarizado con **display gráfico** (Kerlow 2004).
 - 1977: Dan Sandin y Richard Sayre diseñan *Sayre glove*, un **guante sensitivo** capaz de interactuar con el mundo virtual (Peddie 2017).
 - 1979: Frederick Brooks idea el *GROPE*, una **interfaz mecánica** basada en un guante que posibilitaba al usuario sentir la resistencia física de los objetos virtuales (Brooks et al. 1990).
 - 1980: Hugo Zuccarelli desarrolla la **Holofonia**, técnica que permite escuchar los sonidos dentro de una ubicación espacial determinada y reproducir el sonido en 3D (Newel 2017).
 - 1981: Tom Fumess planea *Super Cockpit*, un simulador de vuelos que utiliza un **display See-Through** (Peddie 2017). El mismo año, Chris Schmandt, Eric Hulteen, Jim Zamiska y Scott Fisher, crean el **primer espacio de trabajo basado en la Realidad Aumentada**, utilizando unas gafas de obturación y un sistema de espejos, que permite al usuario interactuar con los contenidos a través de dispositivo ‘Varita Mágica’, con 6 *DOF*⁴ (Schmandt 1983).
 - 1987: Thomas Zimmerman y Jaron Lanier desarrollan para *VPL Research* el dispositivo comercial *DataGlove*, un guante capaz de monitorizar el movimiento de los dedos de las manos con 6 *DOF*. Posteriormente *VPL* creó *PowerGlove*, una adaptación de *DataGlove* orientada a la industria del videojuego (Sturman y Zeltzer 1994).
 - 1992: *Electronic Visualization Lab (University of Illinois at Chicago)* presenta **CAVE (Cave Automatic Visual Environment)** en la conferencia *SIGGRAPH*. Se trata de un sistema de retroproyección inmersiva, basado en varios proyectores sincronizados capaces de ocupar un espacio proyectivo cúbico (Leigh y Johnson 1996).
 - 1994: Dave Raggett en la primera *International Conference on the World-Wide Web (WWW1)*, acuña el término “**Virtual Reality Modeling Language**” (**VRML**), lenguaje para modelado de realidad virtual.
 - 1998: Hirokazu Kato desarrolla en *Nara Institute of Science and Technology* el software de la Realidad Aumentada **ARToolKit**. También es el año, cuando surge el **primer congreso** dedicado íntegramente a la Realidad Aumentada: *International Workshop on Augmented Reality (IWAR)* (Kato y Billinghurst 1999).
 - 2001: Oliver Bimber, Bernd Fröhlich, Dieter Schmalsteieg y Miguel Encarnacao presentan *The Virtual Showcase*, un **display espacial** que permite ver contenidos aumentados dentro de una caja, compuesta por cristales semitransparentes. El funcionamiento del dispositivo se basa en una pantalla de gran formato donde

4 6 *DOF* – seis grados de libertad del movimiento, incluye la traslación en tres ejes, y la rotación en tres ejes.

La Ciudad Aumentada.

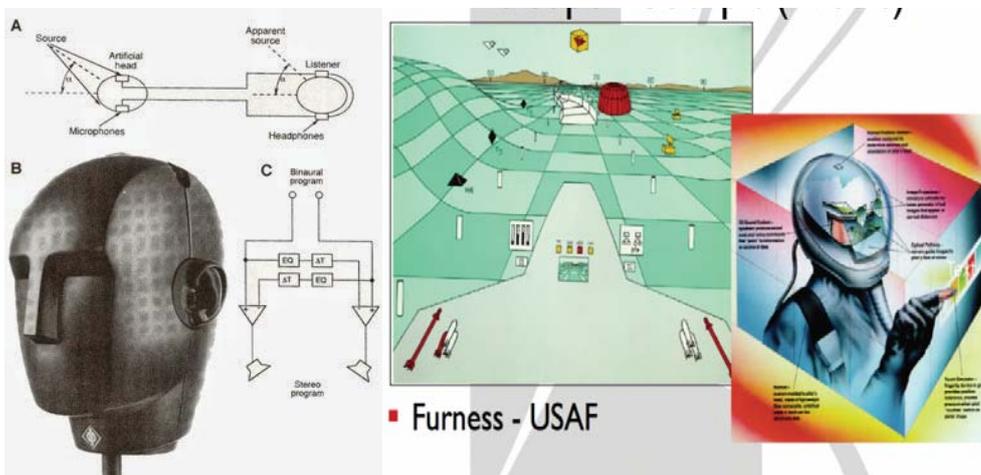


Imagen 16. Sistema Holofónico.

Imagen 17. Super Cockpit.

18



Imagen 18. Primer espacio de trabajo basado en RA.

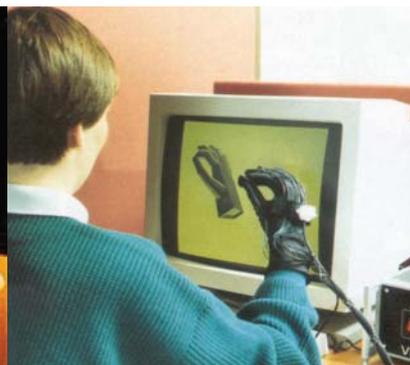


Imagen 19. DataGlove.



Imagen 20. CAVE (Cave Automatic Visual Environment).

se visualiza la imagen virtual del contenido desde distintos puntos de vista (cada 90°). Sobre esta pantalla se encuentran unas superficies semitransparentes que reflejan la imagen de los contenidos, uniendo las diferentes vistas en el interior de la caja y proyectando una imagen parecida a un holograma tridimensional, visible desde cualquier ángulo (Bimber et al. 2001).

- 2002: Aparece **AMIRE** - *authoring mixed reality*, un *Framework*⁵ de Realidad Aumentada basado en la librería ARToolKit, desarrollado en colaboración de varias universidades e instituciones tecnológicas europeas. Este **software** ha sido el primero en insertar una **interfaz gráfica** para la creación de contenidos de Realidad Aumentada, permitiendo acceder a esta tecnología al público que no está familiarizado con lenguajes de programación (Grimm et al. 2002).
- 2003: El laboratorio de investigación *The Christian Doppler Labor for Handheld AR* lanza **ARToolKitPlus**, una versión del **software** ARToolKit, que permite la utilización de **tecnología móvil** como dispositivo de Realidad Aumentada.
- 2006: *Nintendo* lanza la consola *Wii*, que surge con la idea de producir una interacción que va más allá de los mandos convencionales. Para ello han desarrollado una serie de periféricos dotados con sensores que permiten captar la aceleración y orientación del periférico en un entorno 3D.
- 2007: Comercialización de los **Smartphones** (teléfonos inteligentes), los dispositivos que permiten instalar programas o aplicaciones. En la actualidad, es uno de los dispositivos más utilizados en las aplicaciones de Realidad Aumentada. Esto se debe al coste reducido y gran número de sensores integrados (GPS, sensor inercial, inclinómetro, acelerómetro, brújula, cámara, micrófono, altavoces ...).
- 2010: *Microsoft* presenta el controlador de juegos **Kinect**, un dispositivo que facilita la interacción del usuario con los juegos sin la necesidad de utilizar mandos. Kinect es capaz de **escanear el espacio físico** y detectar el movimiento de los usuarios en tiempo real. Este dispositivo, casi desde su salida comercial fue *hackeado*, creando distribuciones libres y gratuitas de los *drivers*, que permiten su uso más allá de sus propósitos iniciales.
- 2012: **Ovrvision**, un dispositivo que utiliza una cámara estereoscópica. Permite transformar un HMD de Realidad Virtual de bajo coste como *Oculus Rift* o *HTC Vive* en un HMD de Realidad Aumentada. El mismo año la compañía *Leap Motion Inc.* incorpora al mercado **The Leap Motion**, un dispositivo capaz de captar los movimientos de las manos, analizando información espacial tridimensional en un área inferior a un metro.
- 2013: *Google Inc.* comercializa su dispositivo de Realidad Aumentada **GoogleGlass**, un visor **monocular con capacidad de procesamiento de datos**, dotado de una cámara, un giroscopio, un acelerómetro, un sensor magnético, sensores lumínicos, una entrada de datos táctil y una pequeña pantalla transparente situada delante de la visión del usuario, que permite ver los contenidos digitales.
- 2014: *Google Inc.* presenta **Google Cardboard**, un **HMD de bajo coste** orientado a la Realidad Virtual. Una funda física de cartón, para albergar smartphones, con

⁵ Arquitectura de software con funciones determinadas para la organización y el desarrollo de software. Incluye programas, librerías y lenguaje interpretado, una diferentes partes de un proyecto.

La Ciudad Aumentada.



Imagen 21. Wii.



Imagen 22. Kinect.



Imagen 23. LEAP Motion.

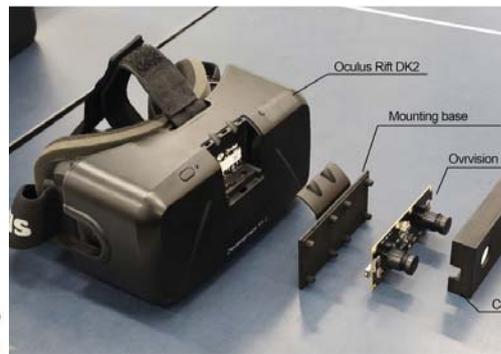


Imagen 24. OVRvision.



Imagen 25. GoogleGlass.



Imagen 26. Google Cardboard.

forma de un HMD tradicional. Google Cardboard se puede manipular de manera sencilla, realizando una pequeña abertura para la cámara de un dispositivo móvil, se transforma en un HMD de Realidad Aumentada.

- 2016: *Microsoft* desarrolla el dispositivo **Hololens**, un *HMD* de Realidad Aumentada con capacidad de procesamiento. Permite la realización de **seguimiento ambiental y gestual**, mediante la combinación de los datos obtenidos de sus 4 cámaras RGB integradas y una cámara de infrarrojos. Posibilita la inserción de contenidos virtuales en el espacio que rodea al usuario y la interacción con ellos, mediante la captura de los movimientos gestuales. Un rendimiento óptimo se consigue con la utilización de una pantalla semitransparente, que posibilita la visión a través de la misma, ahorrando muchos recursos informáticos, al no tener que reproducir el canal de vídeo.
- 2017: *H2L* lanza un *crowdfunding*⁶ para financiar **UnlimitedHand**, un dispositivo capaz de realizar el **seguimiento gestual** de una de las manos del usuario. Está dotado de un estimulador de músculo multicanal (*Electronic Muscle Simulation, EMS*) y varios sensores de movimiento. Mediante esta combinación, es posible captar cualquier movimiento de la mano y dedos del usuario, permitiendo mayor rendimiento de la interacción del usuario con los elementos virtuales.



Imagen 27. Hololens HMD.



Imagen 28. UnlimitedHand.

⁶ Campaña de financiación mediante la realización de pedidos antes de la fabricación del producto.

La Ciudad Aumentada.

1.2. Tipología de Realidad Aumentada.

La creación de entornos de RA depende de varios factores tecnológicos desarrollados y diversificados a lo largo de los años en numerosos sistemas. Las soluciones existentes implementan una amplia variedad del hardware y software, donde las exigencias técnicas pueden divergir, dependiendo de los resultados deseados, Billinghurst y Thomas (2011, p.4) resumen en cinco grandes rasgos el proceso empleado en el funcionamiento de la tecnología RA:

- Construir un mundo virtual con un sistema de coordenadas concordante con el mundo real.
- Determinar la posición y orientación del usuario.
- Posicionar la cámara virtual coherente con la posición del usuario.
- Renderizar la imagen del entorno físico en un dispositivo.
- Combinar la imagen del entorno con los contenidos virtuales.

22

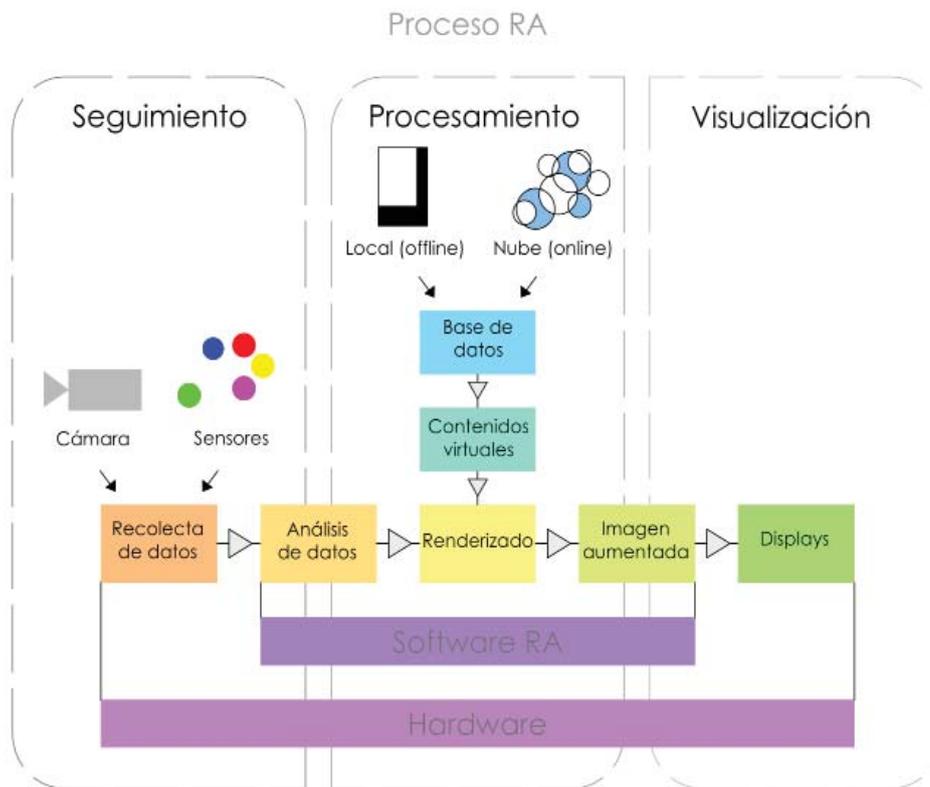


Imagen 29. Fases del proceso RA.

Estos cinco rasgos se pueden agrupar en tres fases imprescindibles para llevar a cabo el proceso necesario en las aplicaciones de RA:

- **Seguimiento:** determina la posición y orientación del usuario, incluyendo su punto de vista, representado por una cámara virtual. Esta fase se puede basar en varios tipos de seguimiento en función de la tecnología empleada.
- **Procesamiento:** establece un vínculo entre las coordenadas del entorno físico y el mundo virtual, alineando los contenidos virtuales con las coordenadas espaciales, creando una imagen del entorno aumentado. Esta fase se relaciona tanto con el rendimiento de los dispositivos de procesamiento como con el software de RA utilizado.
- **Visualización:** facilita al usuario la visión y percepción del entorno aumentado. En esta fase determina el grado de inmersión según el hardware de visualización empleado.

Estas fases implican la utilización de distintos tipos de hardware y software con el fin de generar una experiencia de RA convincente. A continuación, vamos a profundizar en estos aspectos técnicos.

1.2.1. Seguimiento. Tipos y métodos.

Los sistemas de RA necesitan conocer la ubicación espacial del dispositivo, para calcular la posición de los contenidos virtuales en el entorno real y así poder visualizar la mezcla de ambos entornos, empleando un dispositivo de visualización. Para poder ubicar y alinear los objetos virtuales en el entorno real es necesario utilizar uno o varios métodos de seguimiento a la vez.

El método de seguimiento se encarga de calcular los cambios de posición del usuario en el entorno real, permitiendo que los objetos virtuales puedan permanecer alineados respecto a los objetos reales, y manteniendo esta cohesión incluso cuando el usuario cambia su punto de vista en relación a los objetos virtuales. Para generar una experiencia convincente en el usuario de RA es necesario realizar un seguimiento del movimiento del usuario dentro del espacio físico en los 6 DOF. El alineamiento de los objetos virtuales y objetos del entorno real depende de lo preciso que es el método de seguimiento (*tracking*) (Neumann y Majoros 1998). Zhou y Billingurst (2008) clasifican las técnicas de seguimiento en tres categorías:

- Seguimiento visual.
- Seguimiento basado en sensores.
- Seguimiento híbrido.

1.2.1.1. Seguimiento Visual.

Se trata de una técnica basada en el análisis de información proveniente de los datos de entrada de la cámara utilizada. La cámara es capaz de procesar 24 imágenes por

segundo (aunque este número puede variar en función de la cámara). Las imágenes son analizadas en tiempo real por el software, que mediante la utilización de algoritmos es capaz de detectar información de la geometría o color de la imagen. Analizar la información de las imágenes en busca de patrones específicos, permite realizar el seguimiento de diferentes características específicas del entorno físico. En función de la tecnología de seguimiento empleada, encontramos diferentes métodos o técnicas del seguimiento visual:

- **Seguimiento basado en marcas fiduciales**, también conocidas como marcas de RA (o RA Markers). Se trata de imágenes planas, con patrones geométricos en el interior de un cuadrado negro, rodeado de otro blanco. Estas geometrías presentan características específicas o unos puntos de interés, predeterminados por el software, que se encargan de establecer la correspondencia espacial entre las marcas físicas y el mundo virtual. Cuando se utiliza este tipo de seguimiento, el vídeo se analiza, realizando un máximo contraste en cada fotograma y generando una imagen en dos colores, blanco y negro, eliminando todas las



Imagen 30. Tipos de seguimiento RA.

tonalidades de gris intermedias, lo que facilita la tarea de encontrar los puntos de interés. Este tipo de marcas suele contener un número bajo de puntos de interés, insuficiente para la realización de seguimientos estables. Resulta necesario, visualizar por completo el patrón geométrico de la marca, excluyendo cualquier tipo de oclusión parcial, para que la marca pueda ser reconocida por el software. Se emplean Multimarcas (o MultiMarker), para disminuir esta carencia, el marcador está compuesto por más de una marca de RA, con un mismo contenido virtual asociado.

- **Seguimiento basado en rasgos naturales** (*Tracking from natural Features*) utiliza imágenes con textura como marcas de RA, aumentando considerablemente el número de puntos de interés mediante la implementación de la escala de grises en el análisis de la imagen. Este aumento de los puntos de interés, posibilita la oclusión parcial de la marca, sin influir en el funcionamiento de la misma, incrementando considerablemente la estabilidad del seguimiento. Para producir los marcadores del seguimiento de rasgos naturales, debemos tener en cuenta

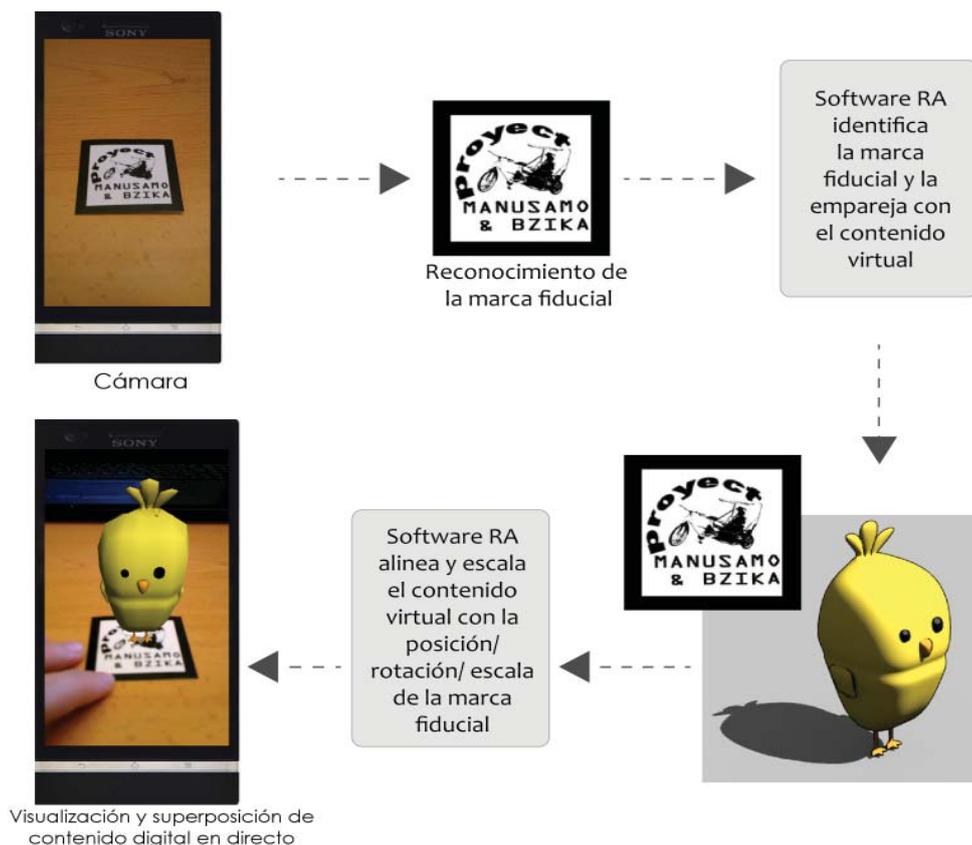


Imagen 31. Seguimiento basado en marcas fiduciales.

una serie de pautas. Los puntos de interés generados en las imágenes predominan en las formas puntiagudas o cinceladas, es decir, una imagen compuesta por un cuadrado posee cuatro puntos de interés, en cambio, si está formada por un círculo, la geometría no contiene ningún punto de interés. Otro factor a tener en cuenta, son los patrones repetitivos o geometrías donde se producen simetrías al rotar la imagen en cualquiera de sus ejes, estas marcas no serán adecuadas para la realización del seguimiento, independientemente de que contengan suficientes puntos de interés. Además de las características geométricas, la imagen resulta más efectiva cuanto mayor sea el contraste general, las imágenes borrosas o desenfocadas no generan suficientes detalles para que el software sea capaz de detectarlas. En algunas ocasiones podemos observar como la mayoría de puntos de interés se agrupa en una zona específica, produciendo una mala distribución de los puntos de interés y causando un funcionamiento inestable.

- **Seguimiento espacial** se encarga de generar una representación virtual en tres dimensiones del entorno que rodea al usuario. Nos parece interesante destacar la posibilidad de realizar este tipo de seguimiento, con técnicas que emplean una única cámara, como los sistemas *SLAM* (*Simultaneous Localization and Mapping*) y *PTAM* (*Parallel Tracking and Mapping*). El sistema *SLAM* utiliza un conjunto de algoritmos, capaz de encontrar la posición y orientación de una cámara en movimiento en el espacio físico (Ventura et al. 2014). Para ello, el software analiza la imagen como si se tratase de una textura, permitiendo extraer puntos de interés del espacio físico y crear una nube de puntos. Genera una base de datos que permite comparar las imágenes capturadas entre sí y facilita la realización de los procesos de alineamiento y actualización en tiempo real. De esta manera se recrea una especie de mapa virtual en tres dimensiones, que se actualiza con el movimiento del usuario, permitiendo introducir contenidos digitales en el espacio físico. Este método se podría comparar con un escáner 3D, con la diferencia de que su funcionamiento se realiza en tiempo real. Ofrece la posibilidad de analizar, actualizar y gestionar los datos, para su utilización en aplicaciones de RA, proporcionando un seguimiento estable y muy robusto que permite la navegación de espacios sin la necesidad de emplear las marcas de RA. El análisis del entorno físico, fotograma a fotograma, para calcular la posición e inclinación de la cámara, permite generar una estabilidad en el seguimiento tan grande, que la alineación del contenido virtual es continua, independientemente de la oclusión total o parcial de objetos que se encuentren en la escena. *PTAM* es un sistema de seguimiento basado en *SLAM*, que ha priorizado ciertas partes de los algoritmos de seguimiento, permitiendo el funcionamiento de *SLAM* en tecnologías móviles, provistas de menos recursos informáticos. Este sistema, divide las tareas del seguimiento en dos procesos paralelos, la creación de una nube de puntos que representa el entorno físico y el análisis de la imagen realizado en cada fotograma (Kein y Murray 2007). Optimiza este proceso, reconociendo cuando la cámara no está en movimiento y captura la misma imagen, ahorrando en los recursos destinados a realizar los cálculos. Esta adaptación no se ha efectuado únicamente a nivel de código, sino

que ha ido de la mano de los cambios producidos en los terminales móviles, que han aumentado considerablemente sus prestaciones, acercándose mucho a las prestaciones que ofrecen los ordenadores personales.

- **Seguimiento corporal:** permite la detección de la posición y rotación de las partes básicas del cuerpo humano, como cabeza, tronco, brazos, piernas y pies. Generalmente, estos sistemas componen la figura humana partiendo de un esqueleto predefinido, donde cada uno de sus huesos corresponde a las partes articuladas del cuerpo humano (Zhou et al. 2014). La utilización de esqueletos facilita considerablemente la inserción de contenido tridimensional en la escena, sobre todo cuando se trata de la sustitución total del usuario por un avatar virtual, representando virtualmente los movimientos del usuario de la manera coherente.
- **Seguimiento gestual:** es capaz de reconocer los gestos corporales por medio de algoritmos matemáticos, analizando canales de vídeo en tiempo real y estableciendo una comunicación gestual, donde el sistema detecta movimientos específicos del cuerpo humano y los asocia a comportamientos virtuales preestablecidos. Los sistemas del seguimiento más sencillos, incluyen algunos gestos predefinidos que pueden ser empleados, pero en los sistemas avanzados que buscan gestos específicos, resulta necesario realizar un proceso de entrenamiento, para dar a conocer al sistema los gestos que tiene que buscar en el análisis de imagen (Feng et al. 2015).
- **Seguimiento de rostros:** representa una tecnología a través de cuál es posible analizar y detectar los rostros humanos dentro de una imagen. Algunos de estos sistemas, permiten el reconocimiento facial, que puede identificar un sujeto a partir de una comparación de rasgos faciales en una base de datos de imágenes (Li et al. 2015).
- **Seguimiento de rasgos faciales** permite la detección del tamaño, posición y forma de los rasgos naturales como ojos, nariz, mandíbula, labios, o cualquier trazo facial que se considere oportuno. Los sistemas de seguimiento facilitan la posición y rotación específica de las facciones de rostro dentro de una imagen analizada (Abouyahya et al. 2016).
- **Seguimiento de objetos, (o seguimiento CAD)** se realiza a través de la detección de objetos específicos con geometrías predeterminadas, mediante análisis de la imagen (Behringer et al. 2002). Busca la forma de establecer puntos de alineación entre el objeto y la imagen, obteniendo la información sobre su posición dentro de las coordenadas X, Y, Z, y es capaz de soportar oclusiones parciales.
- **Seguimiento de movimiento:** permite detectar elementos en movimiento y realizar el seguimiento de los mismos. El proceso se divide en dos etapas, en la primera se detectan los objetos en movimiento en cada fotograma analizado y en la segunda fase se procede a la identificación de estos objetos atribuyéndoles

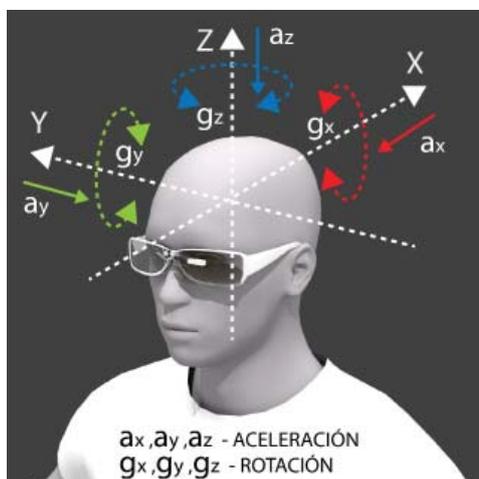


Imagen 32. 6 DOF (6 grados de libertad).

un ID único. La detección del movimiento se realiza partiendo de la sustracción del fondo, potenciando así una mejor detección de los grupos de *pixeles* en movimiento, que corresponden con la representación virtual de los objetos en movimiento (Kamaraj 2013).

- **Seguimiento textual** permite la detección de regiones de texto en una imagen. Se puede emplear siempre que los textos se encuentren en un soporte plano, sin causar las posibles deformaciones. La segmentación del texto facilita el seguimiento mediante unidades más pequeñas como palabras.
- **Seguimiento basado en colores:** cuenta con los sistemas capaces de establecer la posición de colores específicos en la imagen de la cámara, permitiendo conocer la posición en X, Y, en X, Z, o en Z, Y. Con varias cámaras empleadas a la vez, es posible determinar la posición en el espacio tridimensional (X, Y, Z), combinando varias imágenes bidimensionales. Para realizar este seguimiento resulta necesario en primer lugar, extraer la información del color, en la mayoría de casos se reemplaza el espacio de color basado en RGB, por un espacio de color basado en HSV, que proporciona mayores diferencias en los valores del color, facilitando un seguimiento más estable. Después de establecer un color concreto a buscar, resulta necesario ajustar el rango de tolerancia de este color, aunque pueda parecer un color único, hay que tener en cuenta, que el color puede sufrir pequeños cambios cromáticos relativos a reflexiones y refracciones lumínicas, generadas por el espacio físico circundante. Se determina un rango numérico de la tolerancia dentro del color elegido, facilitando así la búsqueda de un color y sus similares (Gu et al. 2013). No menos importante es definir un área mínima, que debe de ocupar este color en la imagen para ser identificado, eliminando errores que puedan aparecer, como ruido, y que dificultan las tareas de seguimiento.

1.2.1.2. Seguimiento basado en sensores.

Los sensores de los que dependen las aplicaciones de RA pueden ser de distinta índole: ópticos, magnéticos, inerciales, acústicos, ultrasónicos, mecánicos o de radiofrecuencia (Yang et al. 2008). Estos sensores, se pueden emplazar en un entorno físico o integrar en los dispositivos de procesamiento. Los parámetros de los sensores a contemplar en el proceso de diseño de una aplicación de RA son: la precisión, calibración, alcance, temperatura y presión ambiental, resolución y el coste.

- **Sensores ópticos** pueden grabar la luz visible del espectro o la luz infrarroja y permiten realizar el seguimiento 2D de un objeto. Para un seguimiento 3D con 6 DOF (6 grados de libertad) es necesario utilizar por lo menos dos cámaras. Estas cámaras se ubican en diferentes ángulos de visión respecto al objeto de seguimiento, la posición y orientación se calcula utilizando geometría epipolar⁷ entre dos planos de imágenes procedentes de cada cámara. La ventaja principal del seguimiento óptico es su bajo coste, en relación a la posibilidad de obtener

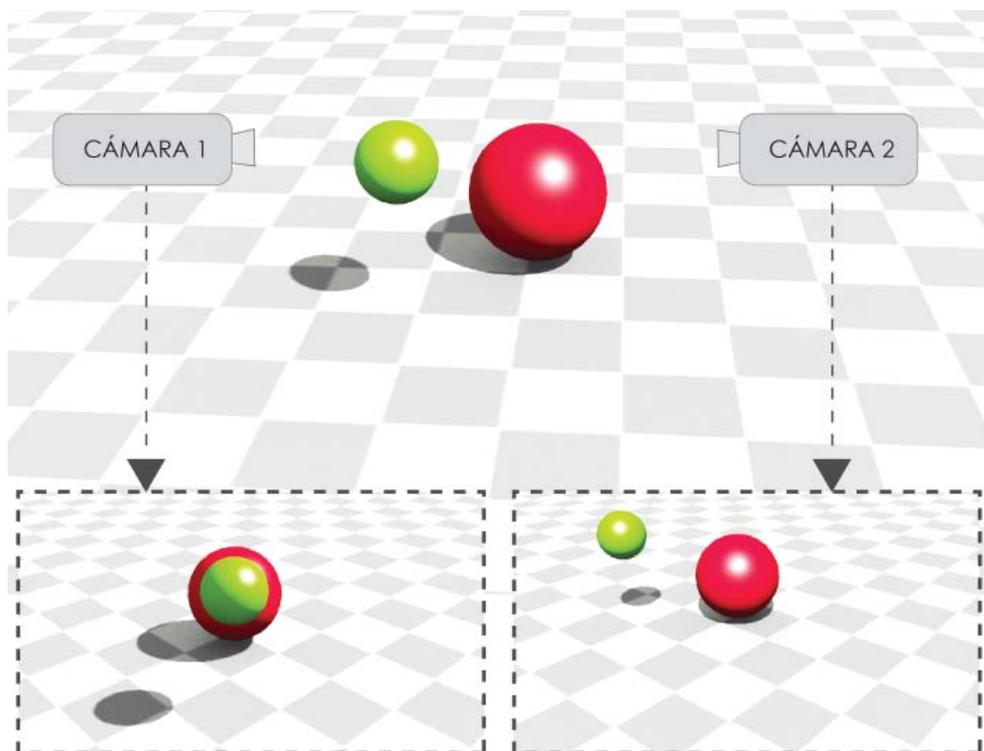


Imagen 33. Geometría epipolar.

⁷ Geometría epipolar- utilizada en la fotogrametría, donde es posible obtener la información tridimensional de un objeto o entorno, a partir de las imágenes bidimensionales del mismo, tomadas desde distintos ángulos.



Imagen 34. Leap Motion.

seguimientos precisos y vigorosos dentro de unas condiciones controladas. Las desventajas de sensores ópticos son varias: la sensibilidad a los cambios de condiciones de luz, el ruido óptico y oclusión. Además, realizar los cálculos con imágenes pesadas, que contienen una gran cantidad de datos pueden ralentizar el proceso de seguimiento (Yang et al. 2008). La similitud visual de los objetos reales ubicados en la escena también influye en gran medida el proceso correcto del seguimiento. Un ejemplo del dispositivo con seguimiento infrarrojo es el controlador **Leap Motion**. Un dispositivo con tamaño reducido considerablemente, aproximadamente de unos 8 cm de longitud, capaz de rastrear el movimiento de manos y dedos independientemente. Para realizar el seguimiento utiliza dos cámaras infrarrojas y tres LEDs infrarrojos que proyectan un patrón de puntos en un área a distancia de 1 m aproximadamente. Las cámaras captan las imágenes a una velocidad de casi 200 fotogramas por segundo y envían los datos por conexión *USB (Universal Serial Bus)* al ordenador donde se procesan. La precisión del seguimiento de cada dedo es de 1/100 mm, el ángulo que se puede cubrir es de 150°.

Un ejemplo del uso de este sensor es la aplicación desarrollada por Metaio para Lego. Donde con el simple movimiento de la mano el usuario puede mover una pequeña figura virtual de Lego.

- **Sensores acústicos:** para realizar el seguimiento con los sensores acústicos y ultrasónicos se necesitan dos tipos de sensores, un transmisor y un receptor. El movimiento del usuario se calcula a partir del tiempo que tarda en regresar la señal que emite el transmisor del usuario, a los receptores ubicados en el entorno. Este sistema es sensible a las condiciones del entorno, pues el sonido viaja en el aire y su velocidad es relativa a la humedad y la temperatura del aire, lo que puede afectar a la eficacia de este sistema de seguimiento. Para su correcto

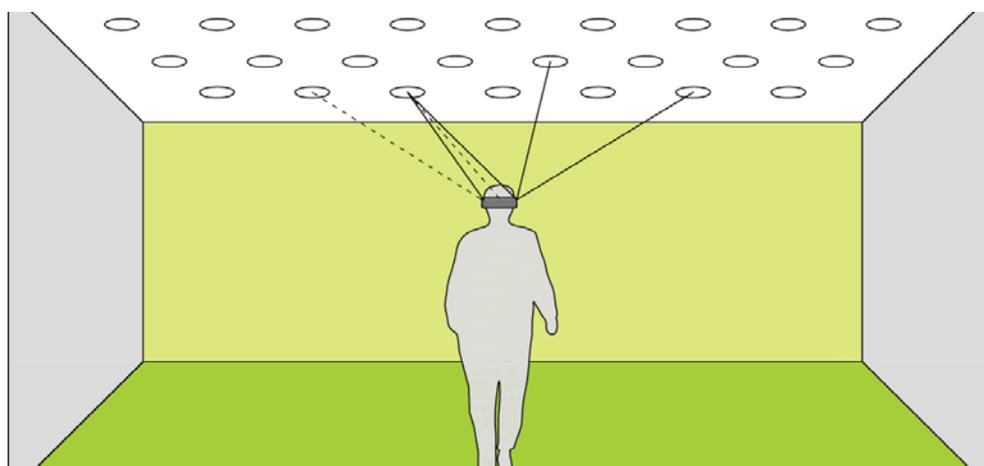


Imagen 35. Esquema del sistema CONSTELLATION de seguimiento ultrasónico (a partir de Foxlin 1998).

funcionamiento, los sensores acústicos exigen una trayectoria sin obstáculos entre las fuentes del sonido y los micrófonos. Este tipo de seguimiento es posible implementarlo en interiores donde la solución de mediciones de posición absoluta no puede ser calculada de otro modo. Un ejemplo del sistema acústico de seguimiento es *Constellation* propuesto por Eric Foxlin de *InterSense*. Varios sensores (transpondedores) pueden ser instalados en cualquier ubicación conocida dentro del entorno. El usuario está equipado con un dispositivo *HMD* y con un módulo de telémetro ultrasónico con tres micrófonos integrados. La posición se determina mediante la comunicación entre los sensores del entorno y los sensores del dispositivo que lleva al usuario. Se necesitan al menos 6 mediciones entre los tres micrófonos del *HMD* y tres puntos fijos de los transpondedores para determinar la posición y la orientación exacta del *HMD* del usuario (Foxlin 1998).

- **Sensores magnéticos:** son capaces de precisar la posición y la orientación de dispositivos en el mundo físico, empleando el magnetismo de la tierra. En la actualidad los dispositivos móviles como los smartphones ya llevan integrados el sensor magnético o la brújula, que puede emplearse como una entrada de datos más, en cualquier aplicación que necesite conocer la orientación del usuario en el espacio para su funcionamiento.

No obstante, en las aplicaciones de RA que utilizan este tipo de sensores, este sistema no resulta muy exacto, para mejorar este problema se puede emplear un sensor llamado girocompás mecánico, que utiliza la rotación de la tierra para hacer girar el eje del giróscopo, alineándose con el norte geográfico con una precisión⁸ giroscópica amortiguada. El mismo concepto se puede utilizar con un grupo estacionario de sensores de velocidad angular, que permiten detectar la

⁸ Precesión- movimiento de rotación del eje inclinado de giro de un giróscopo (definición según RAE).

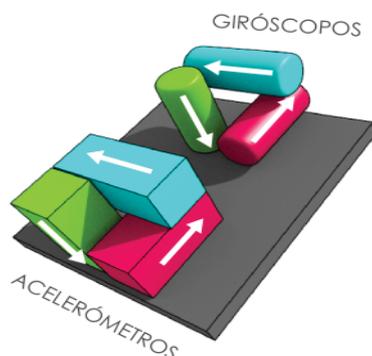


Imagen 36. Esquema del sensor inercial.

Imagen 37. Sensor inercial. InertiaCube3 de Intersense.

velocidad angular de la Tierra y proyectarla sobre un plano horizontal, permitiendo encontrar el norte. Esta técnica requiere de giróscopos con una sensibilidad de una fracción muy pequeña de la velocidad angular de la Tierra que es 15° por hora (Naimark y Foxlin 2002).

Otro tipo de sensores magnéticos puede ser utilizado formando un sistema de emisores y receptores. Cuando la corriente eléctrica del emisor pasa por una bobina, esta genera un campo magnético que es captado por los receptores, permitiendo medir la posición y la orientación relativa a la fuente del campo magnético. Este sistema presenta algunas desventajas, debido que el campo magnético puede sufrir alteraciones si se encuentran en su cercanía otros dispositivos electrónicos. Otro factor importante recae en la degradación de precisión de la medición, que aparece con el incremento de la distancia (Yang et al. 2008).

- **Sensores Inerciales:** el seguimiento basado en este tipo de sensores emplea acelerómetros y giroscopios. El giróscopo mecánico se basa en el principio de conservación del movimiento angular. La orientación del objeto se calcula a partir de los ángulos de rotación, como los ejes de la rueda en rotación ya proporcionan la referencia, el sensor no requiere otra referencia externa para su funcionamiento. La medición de datos con giroscopios puede generar algunos errores debido a la pequeña fricción entre el eje de la rueda y el cojinete. Para solucionar este error, los sensores inerciales incluyen un acelerómetro, que permite la medición de la aceleración lineal del objeto. Un acelerómetro de un solo eje, es capaz de encontrar la posición con un grado de libertad de movimiento (1DOF) (Rolland et al. 2001). Habitualmente, se emplean tres acelerómetros, uno para cada uno de los ejes X, Y, Z.

Los sensores inerciales proporcionan la ventaja de unas mediciones rápidas y sin ruidos. Los dispositivos como smartphones, tablets o los HDM de última generación cuentan con este tipo de sensores entre su equipamiento estándar.

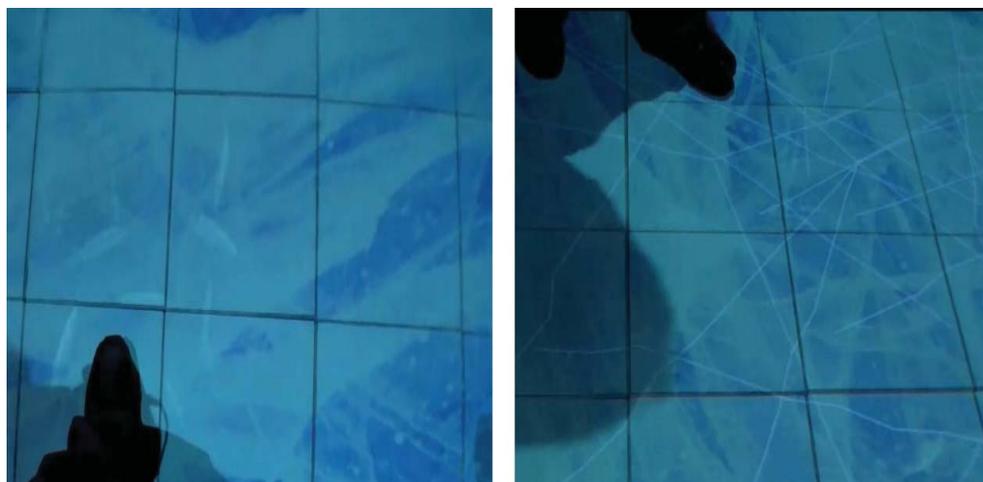


Imagen 38. AR Floor. Proyecto Frozen Pond.

- **Sensores mecánicos:** son los encargados de transmitir los datos espaciales a través de movimientos en elementos mecanizados, proporcionando gran estabilidad en el seguimiento, desde partes pequeñas, como precisos movimientos de los dedos de la mano hasta el seguimiento de partes más grandes, como el movimiento del cuerpo entero. Estos sistemas necesitan de instalaciones específicas en el entorno físico.

Un ejemplo del uso de sensores mecánicos mediante una experiencia háptica, lo encontramos en el proyecto de investigación *Augmented reality Floor*, realizado por McGill University en Montreal. La instalación utiliza un suelo interactivo, compuesto por baldosas capaces de simular el aspecto visual, sonoro y táctil de varios materiales; como nieve, arena, césped o guijarros bajo los pies del usuario. Este sistema modular se emplea en interiores y se compone de un suelo de placas deformables suspendidas sobre una plataforma. Entre la placa y la plataforma se encuentran los sensores que detectan las fuerzas provenientes de las pisadas del usuario. Las placas pueden simular la experiencia táctil de caminar sobre diferentes materiales utilizando vibraciones, reforzada por sonidos e imágenes proyectadas, que acercan al visitante a un entorno con distintos materiales empleados.

En la simulación llamada *Frozen Pond*, el sistema de las baldosas mimetiza la respuesta háptica, visual y auditiva de la actividad de caminar sobre el hielo de un estanque congelado. Mientras los pasos del usuario son lentos y cuidados, es posible observar los peces nadando debajo del 'hielo' y este no se romperá, pero si el usuario pisa con fuerza, aparecen grietas virtuales acompañadas de efectos sonoros, las baldosas se inclinarán y vibrarán simulando la rotura del hielo.

- **Sensores de radiofrecuencia:** incluyen sistemas de posicionamiento global (GPS) y un sistema de identificación por radiofrecuencia (RFID).



Imagen 40. Estación de base local. Baseline HD de CLAAS.

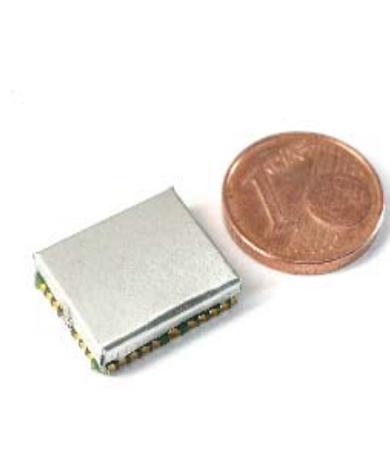


Imagen 39. GPS02F OEM-GPS receptor.

El sistema más estandarizado en aplicaciones que pretenden establecer un seguimiento en espacios abiertos, sin importar su extensión, es el sistema de posicionamiento global (GPS). El sistema se basa en los datos obtenidos de satélites ubicados en la órbita terrestre, un total de: 24 satélites estadounidenses de *Navstar GPS*, 24 satélites rusos *Glonass* y 30 satélites europeos *GPS Galileo*, puestos en funcionamiento en el 2010 (Krevelen y Poelman 2010). Actualmente el sistema también cuenta con los conjuntos de satélites de India *Indian Regional Navigational Satellite System* y los satélites chinos *Compass navigation System*. El GPS proporciona la información de localización dentro de un sistema de coordenadas compuesto por la posición en latitud, longitud y altitud, independientemente del tiempo o las condiciones atmosféricas; los mayores obstáculos para este sistema representan las construcciones de gran altura o los espacios demasiado cerrados. El sistema GPS necesita para su funcionamiento establecer la comunicación con al menos cuatro satélites simultáneamente, con el sistema de GPS asistido (A-GPS) ya no es necesario cumplir esta condición. A-GPS representa una red mundial de servidores y estaciones base, que permiten la difusión de la señal en los espacios urbanos demasiado estrechos y en los interiores de los edificios. El sistema GPS permite alcanzar una exactitud de localización que oscila entre 10 y 15 metros. Si se emplea la tecnología del sistema de aumento de área (*WAAS – wide area augmentation system*) la exactitud se puede incrementar a una exactitud de 3 a 4 metros. Para una localización de entre 1 y 3 metros el ambiente tiene que estar equipado con una estación de base local, capaz de enviar una señal diferencial de corrección de error a la unidad de itinerancia, una localización aún más precisa, se puede alcanzar mediante el sistema diferencial de GPS (D-GPS), que ofrece un rango de error de 10 cm. Los sistemas de identificación por radiofrecuencia RFDI, ofrecen la ventaja de su bajo coste y un tamaño y peso muy reducido. Las desventajas son representadas



Imagen 41. Mapa de profundidad de *Kinect* y dispositivo *Kinect*.



Imagen 42. Ejemplo del uso de *Kinect*, realizado por *Labsid. Interactive AR*.

por interferencias, que se pueden obtener al utilizar las frecuencias de radio. Generalmente, los sistemas RFDI se dividen en pasivos, que necesitan entrar en un campo de inducción para poder enviar una señal, y activos, que llevan su propia fuente de alimentación y por lo tanto, pueden emitir una señal continua.

1.2.1.3. Seguimiento híbrido.

Encontramos que el uso de los sistemas de seguimiento visual o basado en sensores, anteriormente descritos, puede presentar algunas limitaciones en el seguimiento. Para realizar un seguimiento más exacto, es posible combinar varios sistemas a la vez, efectuando el seguimiento híbrido, que proporciona resultados más precisos, pero resulta más complejo y puede aumentar el coste económico. (Rolland et al. 2001).

Zhou y Billinghurst (2005) destacan que, en algunas aplicaciones de Realidad Aumentada emplear solamente la visión por computadora, no es suficiente para garantizar un seguimiento robusto y es necesaria la combinación de varias tecnologías de detección.

- Azuma et al. (2001) proponen un sistema que compensa las inestables condiciones lumínicas que se pueden experimentar en los exteriores, añadiendo al seguimiento visual una combinación del seguimiento por GPS y sensores inerciales.
- Klein y Drummond (2003) exploran la opción del seguimiento visual acompañado por el seguimiento con sensores. En su sistema emplean los modelos CAD y seguimiento de aristas para el análisis de la imagen, identificando el objeto a seguir. Los posibles errores de precisión, que pueden aparecer a causa

La Ciudad Aumentada.

de movimientos bruscos y rápidos de la cámara, se eliminan a través de los datos obtenidos de los sensores como giróscopo o inclinómetro, corrigiendo la alineación de los objetos virtuales en un tiempo menor.

- Dispositivos con múltiples sensores: para contrarrestar las posibles carencias que pueden afectar al proceso del seguimiento, que se basa en la funcionalidad de un solo tipo de sensor, algunos dispositivos emplean múltiples tipos de sensores. Un ejemplo de tales dispositivos es el *Kinect XBOX*, equipado con varios tipos de sensores, entre los cuales se incluyen sensores ópticos infrarrojos y de espectro visible y una matriz de cuatro micrófonos. La mayoría de las aplicaciones diseñadas específicamente para este dispositivo, se apoya en el uso de sus sensores ópticos, que mediante la combinación de una cámara web y una cámara de infrarrojos permiten la interacción del usuario con los objetos virtuales y su oclusión. Para poder calcular correctamente las distancias entre la cámara y los elementos del espacio físico, se proyecta una matriz infrarroja sobre la superficie física. El alcance de seguimiento es desde 0,7 m hasta 6 m. El sensor tiene un

36

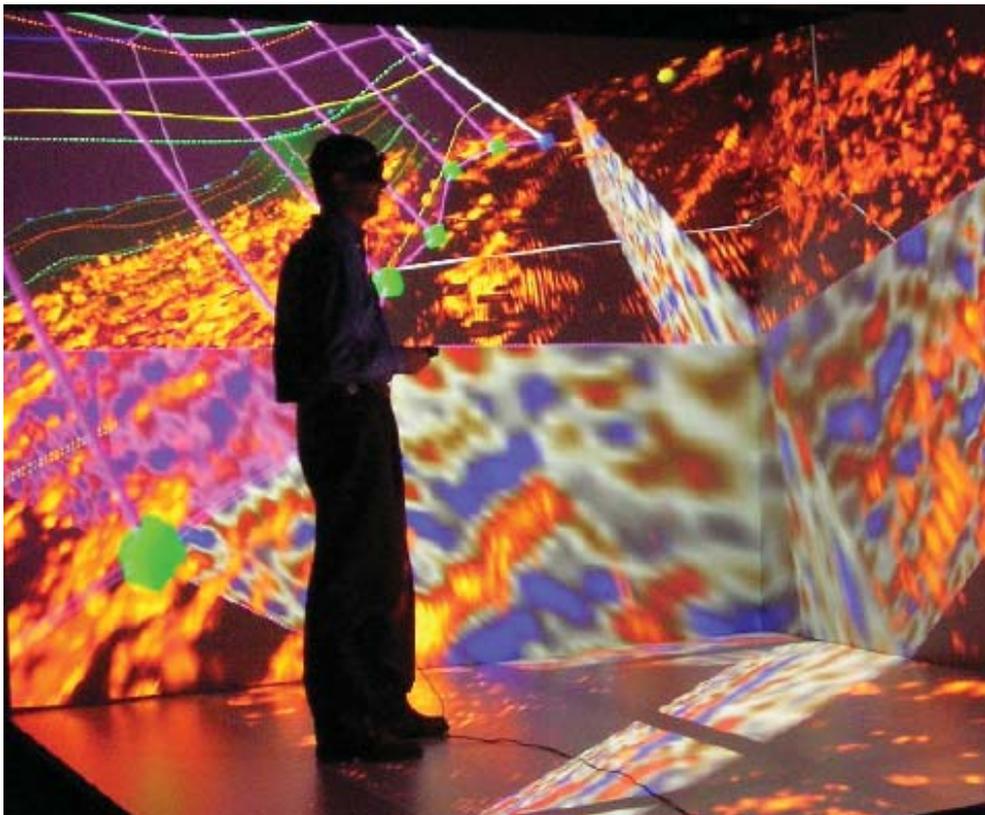


Imagen 43. *IS-900 System* de *Intersense*.

ángulo de alcance de 57° horizontal y 43° vertical, emitiendo una luz infrarroja con capacidad de cubrir una zona de 6 m² o más. Los datos son interpretados como un mapa de profundidad (*depth map*), que puede visualizarse como una imagen en escala de grises o utilizando un gradiente de colores.

A través de los cuatro micrófonos incorporados de matriz múltiple, el dispositivo es capaz de realizar tareas adicionales, como capturar sonido y buscar la ubicación de su fuente en el espacio, y también calcular la dirección de las ondas de audio. El **IS-900 System** de *Intersense* es un ejemplo de producto comercializado, basado en un sistema de seguimiento de sensores híbrido ultrasonido-inercial. Este dispositivo permite realizar un seguimiento del movimiento con seis grados de libertad del movimiento (6 DOF) y se utiliza en simuladores militares e industriales. Un display inmersivo permite la visualización de prototipos virtuales o la reproducción de películas y vídeos. Proporciona datos de movimientos precisos y suaves con una latencia baja, propiciando una interacción realista e intuitiva entre el usuario y los contenidos virtuales. El dispositivo ofrece conexión *wi-fi*, aumentando la comodidad del uso, al hacer prescindible el cableado que restringe el movimiento libre del usuario en el espacio físico.

1.2.1.4. Niveles de RA.

Dentro del campo de las aplicaciones de Realidad Aumentada, encontramos una clasificación por niveles en función de la complejidad de la tecnología de seguimiento empleada (Estebanell, Ferrés, Cornellà & Codina, 2012; Lens-Fitzgerald, 2009, Reinoso, 2012; Rice, 2009, Prendes 2015):

- **Nivel 0:** hace referencia a los sistemas que introducen hiperenlaces en el espacio físico. Este nivel se quedaría fuera de la Realidad Aumentada desde el punto de vista de las características principales que propone Azuma, al no contemplar la tridimensionalidad de los contenidos. Se basa en tecnología capaz de decodificar los códigos QR y códigos de barras, detectados por la cámara del teléfono móvil que acceden automáticamente a una página web mediante el navegador predefinido del dispositivo móvil (Lens-Fitzgerald 2009).
- **Nivel 1:** se basa en la utilización de marcas fiduciales, o en rasgos naturales, un tipo de reconocimiento orientado a marcadores bidimensionales, con la capacidad de visualización de objetos tridimensionales. Este nivel permite la inserción de cualquier tipo de contenido virtual en el espacio físico (Estebanell et al. 2012).
- **Nivel 2:** se centra en la realización del seguimiento mediante la combinación de los datos del GPS con los de la brújula, u otros tipos de sensores, como inclinómetros o acelerómetros (Lens-Fitzgerald 2009).

- **Nivel 3:** hace referencia a las aplicaciones que utilizan seguimientos espaciales centradas en dispositivos *HMD*. Según Rice (2009), permite alejarnos del concepto de monitor o pantalla, transformando la Realidad Aumentada en lo que él denomina la Visión Aumentada, donde *“la experiencia global inmediatamente se convierte en algo más relevante, contextual y personal”* (Rice 2009, p.1).
- **Nivel 4:** se basa en la utilización de dispositivos retinianos u otros, capaces de conectarse al sistema nervioso del cerebro humano, para poder producir la integración de los contenidos virtuales con el entorno físico observado. Este nivel de Realidad Aumentada aún no se ha alcanzado en la actualidad, pero en realidad podríamos decir que se encuentra mucho más próximo a la Realidad Virtual que a la Realidad Aumentada (Rice 2009).

1.2.2. Procesamiento de datos. Dispositivos con capacidad de procesamiento.

En la actualidad encontramos que se han estandarizado un gran número de dispositivos capaces de procesar datos, que poco a poco han pasado a formar parte de la vida cotidiana de los ciudadanos. Estos dispositivos permiten procesar información en tiempo real, siendo compatibles con la ejecución de software de RA. Independientemente de si se trata de un programa destinado a un ordenador personal o una aplicación destinada a telefonía móvil, es necesario establecer conexiones entre el hardware específico de cada dispositivo y el software a emplear. La mayor exigencia para estos dispositivos recae en el control de flujo de datos de entrada y salida en tiempo real. Los datos procedentes de sensores encargados de captar lo que sucede en el espacio físico, deben ser analizados con el fin de conseguir los contenidos virtuales que se ajusten con precisión al espacio físico, generando una concordancia en la salida de datos, una mezcla entre lo físico y lo digital, percibida por el usuario de un modo convincente. La ejecución de este proceso tiene como resultado una alta demanda en rendimiento del procesador y de la tarjeta gráfica del dispositivo, encargados de la reproducción de los contenidos en tiempo real.

Para procesar la información obtenida del entorno físico, conjuntamente con la información digital que deseamos añadir, se emplean actualmente las siguientes plataformas:

- **PC u ordenador personal:** en la actualidad estos dispositivos disponen de o son compatibles con cámaras web, que actúan como dispositivo de entrada de datos. Este conjunto de dispositivos tiene una naturaleza fija, por lo tanto, no permite la visión en primera persona. Es popular encontrar su utilización en productos publicitarios, como anuncios en revistas, tarjetas de presentación y juegos. Antes de la llegada de los smartphones, era el dispositivo más utilizado en todos los ámbitos de la RA.
- **Dispositivos móviles:** Billinghursts y Thomas (2011, pp.3-4), describen las exigencias técnicas del hardware que tienen que cumplir los dispositivos móviles, para poder efectuar un correcto funcionamiento de las aplicaciones de

Realidad Aumentada:

- Procesador móvil: Unidad de procesamiento central (CPU) para procesar la entrada de la interacción de usuario, imágenes de video y ejecutar aplicaciones.
- Hardware gráfico: Unidad de procesamiento gráfico (GPU) para poder generar imágenes virtuales.
- Cámara: hardware de la cámara para capturar imágenes de video en vivo, que se utilizará para el seguimiento AR y / o para superposición de imágenes virtuales en las imágenes de vídeo.
- Pantalla: Una pantalla de mano, montada en la cabeza o de proyección, utilizada para combinar imágenes virtuales con imágenes del mundo real, creando la vista RA.
- Red: Soporte de red inalámbrica o móvil, que permitirá al dispositivo móvil conectarse a fuentes de datos remotas.
- Sensores (opcional): Sensores GPS, brújula o giroscópicos adicionales que se pueden utilizar para especificar la posición u orientación del usuario en el mundo real.

Los dispositivos móviles más utilizados para propósitos de la Realidad Aumentada en la actualidad son:

- **Smartphones o Tablets:** el rendimiento de estos dispositivos ha mejorado significativamente durante los últimos años, además de incluir cámaras integradas, estos dispositivos están equipados con procesadores de características similares a las empleadas en ordenadores personales. Otra singularidad es el incremento en la capacidad de procesos que ofrece la memoria RAM⁹ (*Random Access Memory*), que sirve para agilizar el funcionamiento de los programas. Además, estos dispositivos ofrecen una serie de ventajas relacionada con numerosos sensores integrados (micrófono, cámara, GPS, brújula, giróscopo, acelerómetro). Los sensores recolectan valores provenientes del espacio físico que pueden ser empleados por las aplicaciones de RA, proporcionando datos importantes como la ubicación del dispositivo en el espacio físico, la inclinación, o la orientación con respecto al norte geográfico.
- **Smartglasses:** los dispositivos para llevar en la cabeza de manera igual que unas gafas. Los últimos modelos están equipados con procesadores comparables a los de los smartphones de alta gama, además integran los mismos sensores de captura de datos espaciales. También suelen incluir auriculares para mejorar la inmersión del usuario mediante modificaciones auditivas. Son capaces de conectarse con otros dispositivos como teléfonos móviles o cualquier dispositivo que pueda conectarse al sistema operativo utilizado por el dispositivo (*Android, iOS, Windows*). Generalmente existen tres modos de funcionamiento de estos dispositivos, local, remoto y colaborativo.

9 RAM (Random Access Memory)- hardware de memoria capaz de acceder a cualquier byte sin acceder a los bytes precedentes.

La Ciudad Aumentada.

- Modo local: las aplicaciones funcionan directamente en el dispositivo utilizado, empleando el procesador y la memoria integradas.
- Modo remoto: a través de la sincronización con un dispositivo móvil, donde los smartglasses actúan como una pantalla para la visualización de contenidos.
- Modo colaborativo: ejecutado a través de aplicaciones con capacidad de emparejamiento con otros dispositivos, que comparten los contenidos entre estos dispositivos. Permiten que la interacción con los contenidos virtuales efectuada por un usuario sea perceptible para el resto de usuarios conectados. En el modo colaborativo, los usuarios no tienen por qué compartir el mismo espacio físico.

1.2.2.1. Software de Realidad Aumentada.

En las últimas dos décadas, encontramos una gran proliferación de software orientado a la Realidad Aumentada. Podríamos decir, que se trata de un software que ha sido capaz de adaptarse a las nuevas interfaces y a la constante actualización del hardware, en lo que hace referencia tanto a ordenadores personales como a dispositivos móviles. Los dispositivos han experimentado grandes avances, sobre todo relacionados con el aumento de la capacidad de la memoria RAM y el incremento del tipo de procesos informáticos que pueden llevarse a cabo en tiempo real, mejorando la experiencia final del usuario. Las principales funciones de software de Realidad Aumentada están en constante desarrollo, mejorando características como la inserción de contenidos virtuales (resolución gráfica, iluminación realista), la estabilidad del seguimiento y la interacción con el usuario.

Podemos distinguir dos partes en el software orientado a Realidad Aumentada, una parte se preocupa del seguimiento (*tracking*) y la otra de la distribución final del producto o aplicación:

• **Seguimiento en el Software de Realidad Aumentada:**

Entre los seguimientos más extendidos encontramos el orientado al reconocimiento de marcas o patrones de Realidad Aumentada, y el posicionamiento del usuario mediante geolocalización. El software orientado a marcas de Realidad Aumentada ha progresado considerablemente en los últimos años, encontramos una gran cantidad de distribuciones que han conseguido una gran estabilidad en el seguimiento de estos patrones, sobre todo en lo que hace referencia a aumentar el número de puntos de detección, permitiendo un funcionamiento óptimo a pesar de posibles oclusiones parciales de las marcas de forma simultánea.

El software orientado a la geolocalización ha proliferado abundantemente desde la llegada de los Smartphones, no solo en el campo de la Realidad Aumentada, sino en, prácticamente, aplicaciones de todos los ámbitos (comercio, comunicación, entretenimiento ...). En lo que concierne a las exigencias de la tecnología de Realidad Aumentada, el dispositivo móvil posee todas las características necesarias para su correcto funcionamiento. Una aplicación de Realidad Aumentada se puede servir del equipamiento incorporado en los dispositivos móviles como GPS, brújula, sensores

inerciales y acelerómetro, que pueden ser utilizados como dispositivos de entrada, con los que conocer la posición de los usuarios, realizar la inserción de contenidos virtuales mezclándolos con la imagen real del entorno y la interacción virtual del usuario.

- **Distribución final en el software de Realidad Aumentada:**

Dentro de los tipos de software de Realidad Aumentada, encontramos que en los últimos años han surgido dos vertientes, por un lado, el software que funciona *online* y por otro, el que lo hace *offline*.

El software que funciona de manera online, es aquel que no admite la descarga de la aplicación y contenidos concretos, sino que la ejecutan de manera *online*, por lo que es necesario establecer una conexión inmediata y continua a Internet. Este tipo de software suele organizar y facilitar el acceso a las aplicaciones mediante el uso de sus propios buscadores.

El software que es capaz de ejecutarse de manera *offline*, solo requiere una única conexión puntual a Internet, a través de la cual se efectúa la descarga y la instalación de la aplicación en el dispositivo del usuario, que posteriormente admite el acceso a la misma en cualquier momento. Generalmente, estos tipos de software ofrecen al usuario la realización de interacciones y contenidos de carácter más complejo.

Parece interesante destacar que, en los últimos años, la industria de los videojuegos se está abriendo camino dentro de las tecnologías orientadas a la Realidad Aumentada, lo que ha posibilitado la inserción de las herramientas de Realidad Aumentada dentro del software orientado a la creación de videojuegos. Estos otorgan a los desarrolladores la opción de programar mediante una interfaz tradicional basada en la consola de código, en combinación con una interfaz gráfica orientada a la creación de videojuegos, incluyendo la capacidad de incluir elementos tridimensionales con motores de renderizado de altas prestaciones y la utilización de interfaces de usuario interactivos. Además, este tipo de software ofrece una exportación multiplataforma, garantizando la compatibilidad con casi cualquier tipo de plataforma de distribución (*Ios, Android, Windows App, Play Station...*).

Tras identificar los factores clave en el desarrollo de software de Realidad Aumentada, cabe destacar algunos softwares, que consideramos referentes dentro de este campo, como *Artoolkit, Vuforia, Kudan, Metaio* o *Layar*. La mayoría de este software ha evolucionado hacia su inserción en formato de librería o *plug-in* dentro del software de creación de videojuegos como es por ejemplo el programa *Unity3D*.

Unity3D es un motor de videojuegos, creado por *Unity Technologies* en 2004, bajo la idea inicial de la creación de un software orientado al desarrollo de videojuegos que fuese asequible a todos los desarrolladores, optando por licencias relacionadas con los ingresos de los desarrolladores, gratuitas para las compañías que no superan el umbral de beneficios de 100.000 USD. *Unity3D* está orientado a los sistemas operativos *Microsoft Windows, OS X* y *Linux* (Versión beta, donde aún no funcionan todas sus librerías).

Unity3D es compatible con la inserción de objetos tridimensionales provenientes de software más utilizados en el campo del diseño 3D, como *Blender, 3D Max, Maya, Cinema 4D...* También resulta compatible con la importación de elementos creados

La Ciudad Aumentada.

en el software más populares utilizados en diseño 2D, como *Gimp* o *Photoshop*, facilitando una integración total de contenidos procedentes de otras áreas del diseño. Otra de las ventajas de la utilización de *Unity3D*, es la posibilidad de exportación de un mismo proyecto a distintas plataformas, mediante la realización de unos cambios mínimos en la programación. Ofrece la opción de la exportación de proyectos para:

- Plataformas *Web*.
- Ordenadores con sistemas (*Windows, SteamOS, OS X, Linux*).
- Dispositivos móviles (*iOs, Android, Windows Phone, Tizen*).
- SmartTV (*tvOS, Samsung Smart TV, Android TV*).
- Consolas (*Play Station Vita, Play Station 4, Xbox 360, Xbox One, Wii U, Nintendo 3DS*).
- Dispositivos de Realidad Virtual (*Oculus Rift, Google Cardboard, HTC vive, Microsoft Hololens, PlayStation VR, Samsung Gear VR*).

42

Como hemos podido apreciar en la lista anterior, este motor de videojuegos no solo cumple las expectativas de un desarrollador de videojuegos, sino que también cumple con creces las demandas de un desarrollador de aplicaciones de Realidad Aumentada y/o de Realidad Virtual, independientemente del ámbito o sector final al que se destinen estas aplicaciones. Este afán por abarcar todas las plataformas posibles, ha introducido unos grandes beneficios para la comunidad de desarrolladores y usuarios de *Unity3D*. Pero podríamos decir, que uno de los puntos más fuertes de este software, es la combinación de una interfaz visual con otra de programación, que facilita un mayor entendimiento de las tareas a realizar por el desarrollador y automatiza gran parte del proceso en la generación del programa. Pues no resulta necesario volver a escribir las partes esenciales del motor de videojuegos como puedan ser el renderizado en tiempo real, el cálculo de reacciones físicas o el funcionamiento esencial del player/personaje.

ARToolkit:

ARToolkit es una librería en “C” open source (LGPLv3) desarrollada por Hirokazu Kato en 1999, publicada por *HIT Lab* de la universidad de Washington. El software utiliza un sistema de seguimiento basado en el análisis de vídeo, en busca de marcas de Realidad Aumentada, que le permitan detectar la posición relativa de las marcas con respecto a la cámara en el espacio y superponer de esta forma los contenidos virtuales a la capa de vídeo capturada por la cámara. Podríamos decir, que *ARToolkit* es uno de los primeros softwares de Realidad Aumentada que ha sido capaz de resistir a los distintos avances tecnológicos a través de ya casi dos décadas.

En la versión actual de la librería ofrece una serie de características:

- Seguimiento robusto, utiliza tanto marcas fiduciales, como marcas basadas en rasgos naturales.
- Posibilidad de combinar varios marcadores- Multimarcas.

- Posibilidad de generar sus propios marcadores.¹⁰
- Calibración de cámaras.¹¹
- Optimización para dispositivos móviles.
- Soporte completo en *Unity3D* y *OpenSceneGraph*.

A través de una librería libre y abierta, *ARToolKit* ha sido el punto de partida para propiciar el desarrollo de variantes del mismo, que han surgido de la necesidad de los desarrolladores, como:

- *ATOMIC Authoring Tool* (herramienta multiplataforma con interfaz gráfico).
- *OSGART*, *ARTag*, *ARToolKitPlus* (versión extendida).
- *Studiersturbe Tracker* (versión comercial mejorada).
- *FLARToolKit* (versión sobre *Flash*).
- *NyARToolkit* (versión sobre *Processing*).

Además de este gran número de software basados en *ARToolKit*, ha introducido avances y mejoras en el sistema de seguimiento original, implementando el seguimiento de marcas de rasgos naturales. Este progreso ha sido fundamental para equipararse a otro software comercial, desarrollado contemporáneamente a *ARToolKit*, representando un cambio sustancial en el software, que ofrece una gran estabilización en la visualización de contenidos. A su popularidad ha contribuido también su versatilidad, es capaz de adaptarse a los sistemas operativos *Windows*, *Mac OS*, *iOS*, *Android*, y *Linux*. Aunque el software posibilita el trabajo de forma autónoma y nativa en los sistemas operativos anteriormente mencionados, existe una distribución para la utilización de *ARToolKit* dentro de *Unity3D*, facilitando la exportación a todas las plataformas de software anteriormente mencionadas y a otras opciones que ofrece este motor de videojuegos.

Vuforia:

El kit de desarrollo de software (*SDK*) *Vuforia* permite la creación de aplicaciones de Realidad Aumentada orientadas a tecnología móvil (*Android*, *iOS*). Fue creado en 2013 por “*Qualcomm Inc. (QCOM)*”, compañía que logró agrupar una comunidad de más de 45.000 desarrolladores en un periodo de tiempo de dos años. Esta afluencia de desarrolladores hacia este *SDK* se hizo posible por varias razones como: el acceso libre al código, la disponibilidad de encontrar información y tutoriales operativos en la red, la inserción a modo de librería en *Unity3D*, y, por último, pero no menos importante, la opción de distribución gratuita.

El *SDK* de *Vuforia* fue comprado en 2015 por la empresa *Parametric Technology Corporation (PTC)*, y observamos que este cambio de compañía ha terminado con las políticas de *QCOM* de distribución gratuita, que han sido uno de los pilares a la hora de hacer crecer la comunidad de desarrolladores de aplicaciones de Realidad

¹⁰ La librería posee un generador de marcas de Realidad Aumentada. Incluso existen algunas distribuciones, que permiten la creación de estos patrones y marcas de manera online, sin necesidad de instalar ningún recurso adicional.

¹¹ Permite corregir las aberraciones lenticulares mediante un cálculo de deformación.



Imagen 44. *Frame Marker*.



Imagen 45. *Image Target*.

Aumentada. Debemos de destacar la versatilidad de este software, generada por el amplio abanico de posibilidades que ofrece este *SDK*, que cumple casi todas las expectativas de los desarrolladores excepto una, la utilización de la geolocalización de contenidos. A continuación, vamos a presentar un listado detallado de las posibilidades de *Vuforia*, mediante una serie de objetos pre-construidos, que se adaptan a las especificaciones del desarrollador, facilitando la creación de aplicaciones:

- ***Frame Markers***, representan un sistema de seguimiento muy similar al seguimiento óptico realizado en marcas, con la diferencia de que estas marcas ya están predefinidas por el programa. Se trata de un sistema más simple, que el utilizado en las tradicionales marcas bidimensionales de Realidad Aumentada. En el caso del *Frame Marker*, las marcas están constituidas por un cuadrado blanco con un cuadrado negro en su interior, dentro de esta geometría se encuentran unas franjas pequeñas en color negro. El software busca los bordes de estas franjas, o la carencia de los mismos, traduciéndolos a un sistema binario¹² de 512 números. Estas marcas, a diferencia de las tradicionales, concentran la información en el perímetro del cuadrado por el cual están formadas, dejando el área interior vacía. De esta manera la zona interior de la marca se puede destinar a la inserción de cualquier tipo de diseño personalizado, sin interferir en la realización del seguimiento. Al igual que las marcas tradicionales, *Frame Marker* no admite su oclusión parcial para un correcto funcionamiento, únicamente con no poder contar con uno de los puntos de referencia, la continuidad del seguimiento se interrumpirá.
- ***Image Target***, la denominación atribuida en este *SDK*, a las marcas basadas en rasgos naturales. Constituyen un sistema de seguimiento, capaz de detectar

¹² En este caso los cuadrados negros representan la cifra 1, y los blancos la cifra 0.

puntos de interés dentro de imágenes bidimensionales, que no tienen por qué ser monocromáticas (blanco y negro), sino que pueden contener información de color y/o escala de grises. Los factores a tener en cuenta a la hora de la creación de estas marcas, han de contemplar características como el contraste y texturas para obtener el mayor número posible de los puntos de interés. Las marcas se crean a través de un editor online, por lo tanto, es crucial su tamaño (no pueden ocupar más de 2MB) y solamente admiten el formato JPG o PNG de 8 o 24 bits, en color o escala de grises. La principal ventaja de este tipo de marcas es la continuidad y la estabilidad del seguimiento, también en el caso de la oclusión parcial, lo que incrementa notablemente el rendimiento y la interacción con los usuarios. Además, el formato de estas marcas no está restringido a una forma cuadrada, como sucede con las marcas fiduciales tradicionales, sino que admiten cualesquiera proporciones bidimensionales. Respecto a la creación de *ImageTarget* cabe mencionar, que el ojo humano no es capaz de diferenciar la cantidad de puntos de interés que pueda contener una imagen y determinar su validez como marca de Realidad Aumentada. Para realizar este proceso, *Vuforia* ha incorporado un sistema de *rating* que evalúa la idoneidad de la imagen, mostrándonos su potencial como marca efectiva de Realidad Aumentada, mediante la valoración entre 0 y 5 estrellas. El funcionamiento coherente empieza a partir de tres estrellas, pero es recomendable adaptar las imágenes hasta alcanzar 5 estrellas. Para realizar el *rating*, *Vuforia* analiza la imagen en escala de grises, por lo que es posible presuponer el funcionamiento de una imagen, observando el histograma mediante software de edición de imágenes como *GIMP* o *Photoshop*. Si se trata de una imagen donde se aprecian pocos contrastes y el histograma se muestra centrado y puntiagudo, resultará difícil su funcionamiento como marca de Realidad Aumentada. Si por el contrario la imagen tiene altos niveles de contraste, mostrando un histograma relativamente plano, en la mayoría de los casos esta imagen será válida como marca. La cantidad de puntos de interés puede visualizarse desde el gestor de marcadores online.

- **VuMarker** emplea un sistema de código de barras de última generación y admite la utilización de diseños personalizados de marca, actuando como elemento de identidad corporativa y marca de Realidad Aumentada al unísono. Este sistema doble permite utilizar la marca de Realidad Aumentada como si se tratase de un código QR, pero mejorando los aspectos estéticos que habitualmente encontramos en los QR. Por otro lado, su funcionamiento como marca de Realidad Aumentada, le otorga la posibilidad de ejecutar cualquier tipo de contenido virtual, ampliando las opciones comerciales tanto en la gestión del producto, como en la información pre y post venta. Un *VuMarker* está formado por las siguientes partes:
 - Contorno: representa la primera parte que busca el algoritmo de visión por ordenador, está definido por los cambios de contraste entre el contorno y el espacio libre, y entre el contorno y el borde exterior. Una vez detectado

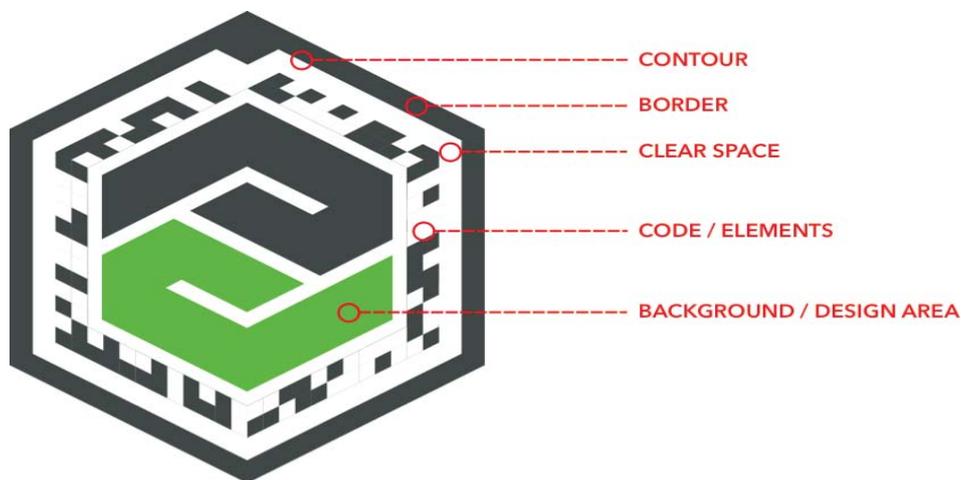


Imagen 46. *VuMarker*.

por el software, se prosigue con la búsqueda del código y su identificación mediante un identificador (*ID*) específico.

- Borde: definido como la forma exterior que damos al diseño de la marca, permite ampliar el rango de contraste con el contorno, facilitando la detección del mismo y mejorando o personalizando el diseño del *VuMarker*.
 - Espacio Libre: concentrado en el espacio blanco que se genera entre el contorno y los elementos de código. Permite una mejor identificación de ambas zonas.
 - Elementos de código: es la representación visual de la identificación (*ID*) de cada *VuMarker*. El número de elementos utilizados se relaciona directamente con el valor que asignado al *ID*, la composición formada por un mayor número de elementos, alcanzará valores más altos.
 - El Fondo: está formado por la capa de información visual que no será analizada en el proceso de la detección del *VuMarker*, ampliando la libertad en su diseño. En el caso de utilizar *VuMarker* como marca de Realidad Aumentada, resulta necesaria la utilización de un fondo rico en texturas y contrastes.
- **Multi-Target**, se asemeja en sus características y su comportamiento a un multimarcador con forma cúbica, compuesto por seis *ImageTarget*. Funciona de una forma parecida a un *ImageTarget*, con la diferencia que, al estar compuesto por un mayor número de marcas, una oclusión total resulta más difícil, aumentando considerablemente la estabilidad del seguimiento.
 - **Cylinder Target** es un tipo de multimarcador con forma cilíndrica, compuesto por 3 imágenes, una corresponde al área rectangular del centro del cilindro, y las otras dos a las bases superiores e inferiores del mismo. Su funcionamiento se

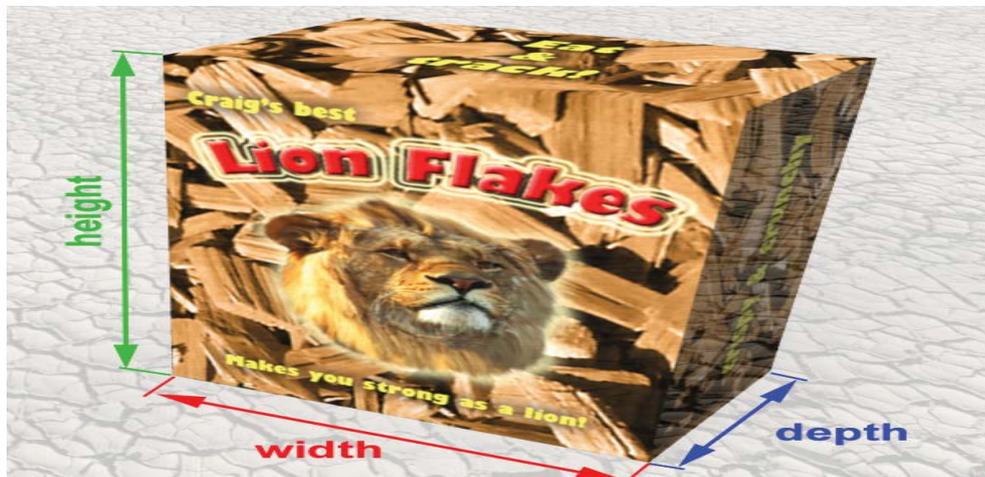


Imagen 47. *Multi Target*.

asemeja a un *Multi-Target*, pero puede obtener peores resultados del seguimiento debido al menor número de imágenes que componen el marcador.

- **Text Recognition:** se trata de un sistema de tracking capaz de detectar palabras predefinidas. El texto que contiene estas palabras utiliza el estándar de codificación de caracteres UTF8, aceptando la mayoría de fuentes serif¹³ y sans serif¹⁴, y los estilos de texto simples¹⁵. *Vuforia* proporciona una base de datos que contiene 100.000 palabras en lengua inglesa, esta base puede ser modificada según las necesidades del usuario, permitiendo su ampliación en 10.000 palabras.
- **Object Reconition:** realiza el seguimiento de objetos tridimensionales complejos. Para realizar un seguimiento estable, se determina una serie de características de los objetos empleados: opacidad, rigidez y exclusión de partes móviles. Al tratarse de marcadores mucho más complejos, el seguimiento simultáneo queda limitado a 20 objetos. A través de la aplicación *Vuforia Object Scanner* se pueden escanear objetos de tamaño reducido y codificar su funcionamiento como marcadores tridimensionales.
- **Smart Terrain:** escanea el entorno que rodea a los usuarios, aumentando el grado de inmersión e interacción con el usuario. El seguimiento se realiza con los elementos que componen su entorno físico, dejando de lado las tradicionales marcas de Realidad Aumentada, que en este caso se pueden utilizar con el fin de mejorar la interacción del usuario y los contenidos virtuales. El uso de este tipo de seguimiento está destinado a entornos controlados, que no experimentan ninguna modificación tanto en la ubicación de los contenidos físicos como en cambios de iluminación.

13 Serif: Tipografía sin remates.

14 Sans serif: Tipografía con remates (serifas).

15 Entendemos por estilos simples de texto la negrita, la cursiva y el subrayado.

La Ciudad Aumentada.

Para proporcionar una gestión optimizada, *Vuforia* ofrece una potente herramienta que facilita la utilización de su *SDK*. El *Target Manager* es un gestor de aplicaciones *online*, que permite la asociación de marcas de Realidad Aumentada a proyectos concretos, empleado un sistema de identificación a través de los ID. Entre sus funciones, este gestor incluye una herramienta de creación de marcas y su análisis en cuanto al contenido de los puntos de interés correspondientes, ya sean las marcas de tipo: *ImageTarget*, *VuMarker*, *MultiTarget*, *cylinderTarget*, u *Object Recognition*. Mostrando en que partes de cada marca encontramos puntos de interés, *Target Manager* facilita la comprensión entre el código y la información visual. Visualizar los puntos de interés, permite la realización de modificaciones de marcas, con el fin de generar imágenes con un alto valor de *rating*, mejorando la experiencia final del usuario.

48

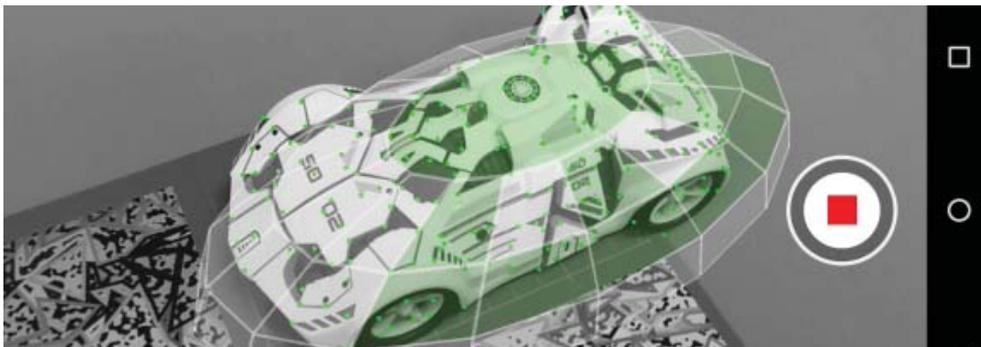


Imagen 48. *Object Recognition*.



Imagen 49. *Smart Terrain*-escaneando.

Imagen 50. *Smart Terrain*-modo juego.



Imagen 51. Entorno de *Junaio*.

Metaio:

Es una compañía de software orientada a la Realidad Aumentada, que surge en Alemania en el año 2003, creada por Thomas Alt y Peter Meier como un proyecto interno de Volkswagen. En 2006 publica su primera plataforma *Web* para aplicaciones de Realidad Aumentada y poco después ofrece el buscador de Realidad Aumentada (A.R: Browser) *Junaio*. Entre el año 2010 y 2012, *Junaio* representa la primera aplicación comercial orientada a telefonía móvil, que utiliza marcadores basados en características naturales. Esta aplicación fue galardonada con un premio en el *Tracking Contest* de *ISMAR*¹⁶ 2011.

En 2015 *Metaio* fue adquirida por la compañía *Apple Inc.*, esta transacción comercial generó grandes expectativas en los desarrolladores de esta plataforma, esperando mejoras sustanciales en el software, así como una inversión por parte de *Apple Inc.* en el diseño de hardware de un visor de Realidad Aumentada específico. Estas expectativas, en la actualidad no han sido cumplidas, por contrario la empresa *Apple Inc.* ha decidido cerrar el proyecto, dejando de lado a la comunidad de desarrolladores existente. En un futuro se espera la reanimación del proyecto y del software *Metaio*. Este software lo hemos empleado para la creación de varias aplicaciones prácticas, por lo tanto, consideramos importante incluir sus características básicas:

- **Metaio Web SDK:** permite realizar aplicaciones de Realidad Aumentada alojadas en la web, surge con la idea de incentivar las relaciones comerciales y generar experiencias novedosas en la venta de productos.
- **Metaio PC SDK:** un kit de desarrollo de aplicaciones de Realidad Aumentada, con el cual crear aplicaciones destinadas a su uso en ordenadores.

¹⁶ The International Symposium on Mixed and Augmented Reality, desde 1998.

- **Metaio Mobile SDK:** permite la creación de aplicaciones de Realidad Aumentada para los dispositivos móviles.
- **Metaio Creator:** surgió con la idea de aunar los *SDK* anteriores (*Metaio Web*, *Metaio PC*, *Metaio Mobile*), potenciando su uso ofreciendo licencias de desarrollador no comerciales gratuitas. Destinado a la creación de aplicaciones de Realidad Aumentada por desarrolladores sin conocimientos técnicos previos, *Metaio Creator* empleaba una interfaz gráfica para simplificar su uso y admitía contenidos 3D, imágenes 2D, vídeos, audios e hiperenlaces¹⁷. El software era capaz de utilizar marcadores tradicionales, marcadores basados en rasgos naturales tanto 2d como 3d, seguimiento facial y el seguimiento basado en la geolocalización.
- **Metaio Unity3D SDK:** se adapta a los nuevos desarrolladores, que se valen del software *Unity3D*. Este *SDK* permite acceder a todas las funciones de *Metaio* mediante una librería que puede ejecutarse desde *Unity3D*.
- **Junaio:** una variante de *Metaio*, diseñada como un software orientado a la realización de aplicaciones móviles de Realidad Aumentada, gestionadas por un buscador propio. En la misma línea que *Metaio Creator*, el desarrollo completo de las aplicaciones se podría realizar a través de las herramientas *online* y una aplicación *Web*. Para los desarrolladores más experimentados, *Junaio* ofrecía la posibilidad de programar sus propias aplicaciones utilizando el lenguaje *XML*. Estas aplicaciones, se alojaban parcialmente en los servidores *online*, y para su funcionamiento se comunicaban con el servidor de *Junaio*, lo que implicaba la conexión a Internet por parte de usuario.

A nivel técnico, *Metaio* y sus variantes ofrecían una alternativa al software *Vuforia*, y en grandes rasgos este software permitía trabajar con las mismas clases de marcadores y sistemas de seguimiento. Aunque es importante destacar, que *Metaio* admitía la utilización de los datos del GPS para la geolocalización de contenidos.

Layar:

Un software de Realidad Aumentada orientado a dispositivos móviles, que fue desarrollado en 2009 por la compañía holandesa Layar (fundada por Raimo van der Klein, Claire Boonstra y Maarten Lens Fitzgerald). En 2014, la compañía fue adquirida por *Blippar*, pero a diferencia de los casos de *Vuforia* y *Metaio*, este cambio de propietario no afectó a los desarrolladores, al no producir cambios sustanciales dentro del código fuente. El software *Layar* se basa en un buscador de aplicaciones de Realidad Aumentada y resulta compatible con *iOS*, *Android* y *Symbian*. Además de realizar búsquedas personalizadas, ofrece al usuario las aplicaciones que se geolocalizan en su entorno inmediato, facilitando de esta manera un acceso relacionado con la proximidad entre el usuario y los contenidos. A la comunidad de desarrolladores, el software ofrece una aplicación *online* que permite

¹⁷ Permiten acceder a contenido web.

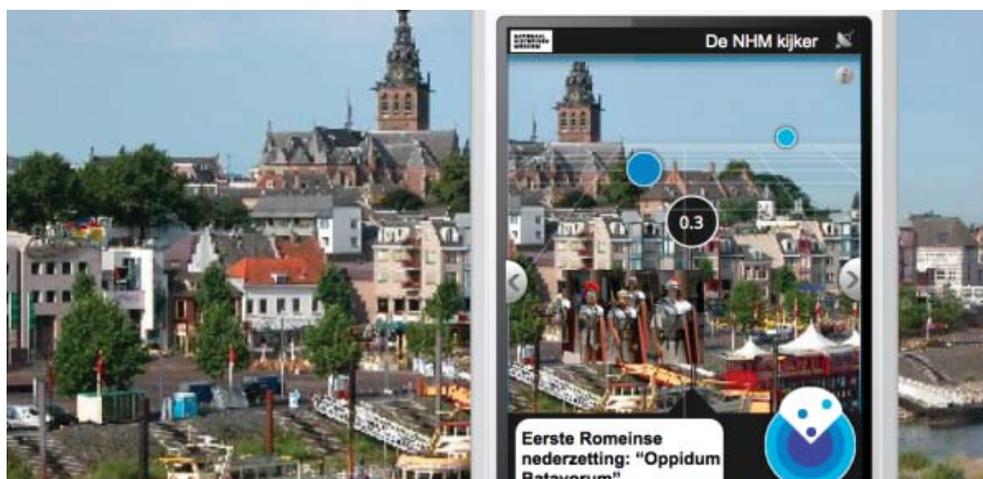


Imagen 52. Entorno de Layar.

generar y publicar los contenidos a través de buscador Layar. En sus inicios, Layar solo admitía el tipo de seguimiento basado en la geolocalización, pero se adaptó rápidamente a las necesidades de los desarrolladores y fue capaz de incluir otros sistemas, como el seguimiento mediante marcas fiduciales y seguimiento basado en características naturales.

Una de las funciones más interesantes que ofrece Layar, es la posibilidad de conectar con diversas redes sociales en tiempo real, así como realizar llamadas, enviar correos electrónicos o acceder a bases de datos. A pesar de ofrecer pocas opciones en la interacción del usuario, este software fue uno de los más empleados en el periodo comprendido entre 2011 y 2013, sobre todo a nivel artístico. Su ventaja principal es el acceso gratuito a la documentación, que permite a los desarrolladores entender el funcionamiento del software, pero, aunque este acceso sea gratuito, publicar las aplicaciones tiene un coste. El precio para poder publicar las aplicaciones se calcula en relación al número de usuarios, lo que representa un problema en la fase del diseño, al no conocer el gasto que implicará la aplicación hasta que esté publicada. En la actualidad, la empresa ha decidido fijar un precio por aplicación basado en el tiempo que esta permanecerá accesible en su buscador.

1.2.3. Visualización. Características principales.

Los dispositivos, capaces de aumentar el entorno real, pueden tener salidas que incluyen varios sentidos, como visual, auditivo, háptico u olfativo. Para los propósitos de nuestra investigación nos centraremos en los dispositivos más comunes, que abarcan el sentido visual. Estos sistemas, aptos para la visualización de entornos de Realidad Aumentada, permiten la formación de imágenes sintéticas ubicadas entre el ojo del observador y el entorno físico, utilizando un conjunto de componentes ópticos, electrónicos y mecánicos, para poder generar las imágenes



Imagen 53. Visualización tipo 'magic mirror' visto a través de la pantalla.



Imagen 54. Visualización tipo 'magic mirror' -usuario.

con los contenidos virtuales superpuestos al entorno real (Bimber y Raskar 2005). La reproducción de entornos de la Realidad Aumentada, sugiere dos paradigmas de visualización (Cawood y Fiala 2007):

- **Magic mirror** (espejo mágico): la técnica consistente en la colocación de un display de ordenador, pantalla de televisión, o pantalla de proyección; detrás de la zona que está siendo capturada por la cámara. Permitiendo que el dispositivo de visualización cree la sensación de un falso espejo, donde poder visualizar el entorno físico y el contenido digital en tiempo real. El efecto del espejo está reforzado por el hecho de que no solo se visualiza la representación del espacio, sino que el usuario mismo también puede verse reflejado.
- **Magic lens** (lente mágica), es un enfoque completamente diferente, donde el usuario no tiene reflejo de sí mismo en su campo visual, sino que esta técnica le facilita la visión en primera persona, una visión donde convergen el mundo real y los elementos virtuales. Esta técnica representa un enfoque más común para la mayoría de las aplicaciones de RA.

La manera en la que se visualiza el entorno físico, incluye dos sistemas y tecnologías diferentes. La primera se basa en la reproducción del entorno real mediante una reproducción del vídeo, capturado en tiempo real por una cámara, mientras la segunda opción emplea la óptica y pantallas transparentes, para una transmisión directa de la imagen del entorno. Las dos opciones tienen sus particulares ventajas y desventajas, para comparar estos dos sistemas de visualización Azuma (1997) nombra algunas de ellas:

- **Simplicidad:** la ventaja del sistema óptico es la simplicidad, porque el entorno real está visto a través de pantallas transparentes y sólo incluye un proceso de vídeo en tiempo real, encargado de la visualización de los elementos digitales. Esta tecnología obtiene muy poca latencia en el posicionamiento de contenidos virtuales, generalmente mensurable en milisegundos, facilitando el movimiento libre del usuario en el entorno real. Al contrario, en los sistemas basados en la visualización de entornos virtuales y reales mediante el vídeo, la latencia puede alcanzar valores más altos en el tiempo de procesamiento, produciendo un retraso temporal en la generación de contenidos. Digitalizar la imagen captada por la cámara y proyectarla con capas virtuales añadidas representa un retraso mínimo de un fotograma. *Frame time* es el tiempo que tarda el dispositivo en refrescar o actualizar la imagen (*frame*) respecto a la imagen anterior. Una pantalla que refresca la imagen a 60 Hz tiene *frame time* de 16.67 ms. Las dos pistas de vídeo, la imagen capturada por la cámara y la imagen generada por el ordenador tienen que estar completamente sincronizadas, si no se cumple esta condición, se obtienen resultados con distorsión temporal, que disminuye la percepción de la continuidad coherente de la mezcla de los objetos virtuales y el entorno real.
- **Resolución de imagen:** el sistema de mezcla de vídeo de contenidos reales y virtuales presenta la misma resolución en ambas imágenes, de esta manera lo que es real y lo que es virtual se percibe con una compresión de vídeo igual. En los dispositivos ópticos, la imagen generada por el ordenador tiene la resolución según el tipo de dispositivo, mientras la percepción del entorno real no se ve afectada por el proceso digital.
- **La seguridad:** los dispositivos de vídeo ofrecen una serie de desventajas: reducción del campo de visión, tiempo de latencia en vídeo y apagado accidental. El campo de visión está parcialmente reducido respecto a la amplitud de campo de visión del ojo humano. El retraso causado por el procesamiento de los vídeos también aumenta la sensación de inseguridad, por ejemplo, si el usuario se está moviendo o caminando en el entorno real. La inseguridad de estos dispositivos aumenta también por la alimentación de la batería o corriente eléctrica, la interrupción de alimentación de energía deja al usuario a ciegas. Al contrario, el sistema óptico no cuenta con estos riesgos.
- **Desviación:** En los sistemas vídeo, la captura del entorno real mediante la cámara cumple con la función del ojo humano, pero dependiendo del diseño del dispositivo existe una desviación respecto a la ubicación física entre la lente de cámara y el ojo humano. El mismo problema ocurre si el dispositivo cuenta con dos cámaras, la distancia entre ellas mayormente no coincide con la distancia interpupilar del usuario. Esta diferencia entre ubicaciones de ojos y cámara introduce pequeñas desviaciones entre lo que el usuario ve y lo que espera ver. No obstante, el problema del desplazamiento se puede evitar empleando un conjunto de espejos, que producen directamente la corrección de las desviaciones no deseadas. En los sistemas ópticos la desviación no representa un problema,

en estos sistemas es posible emplear tecnología de seguimiento de pupilas del usuario, para mejorar la fusión de los elementos virtuales con su correspondiente entorno real.

- **El problema de distancia focal fija.** Es un problema causado por diferentes distancias entre la proyección virtual, a pocos centímetros frente a los ojos del usuario, y su entorno real que se encuentra a una distancia mucho mayor. La pupila del ojo humano se enfoca a estas dos distancias tan dispares al mismo tiempo y en algunos casos este efecto puede producir malestar y mareos al usuario. Este tipo de problema es más frecuente para los dispositivos ópticos que, para los dispositivos de vídeo, donde el punto de enfoque del ojo se encuentra en la pantalla de vídeo en un mismo plano equidistante de la pupila.

1.2.3.1. Clasificación de dispositivos de visualización.

54

Bimber et al. (2005) proponen una clasificación de los dispositivos de visualización en función de la ubicación de los contenidos virtuales con respecto al sentido de la visión del usuario, relacionada directamente con la ubicación física del hardware utilizado. Los dispositivos de visualización más utilizados en la actualidad se pueden dividir en tres grupos (Bimber y Raskar 2005):

- A. Dispositivos móviles tipo *handheld* (los dispositivos que se sujetan en la mano), como los smartphones o tablets.
- B. Las pantallas y dispositivos sujetos a la cabeza como *HMD* (*Head Mounted Display*) o *HUD* (*Head Up Display*).
- C. Sistemas y pantallas espaciales.

A. Displays de mano (*Handheld Display*): estos dispositivos generalmente hacen referencia a dispositivos móviles, empleados en visualización de aplicaciones de RA. La mezcla de lo virtual y lo real se visualiza en tiempo real en la pantalla, que muestra la combinación de la imagen obtenida por la cámara del dispositivo con las imágenes virtuales utilizadas en la aplicación. En la mayoría de casos, al tratarse de una pantalla táctil, no sólo permiten la visualización sino también la interacción directa del usuario con la aplicación. La mayor desventaja de estos dispositivos recae en la restringida área que es capaz de cubrir el campo de visión del usuario. Esta deficiencia se puede remediar moviendo el dispositivo en el espacio, lo que permite al usuario cubrir un área mayor de espacio virtual, mostrando contenidos de mayor tamaño que la propia pantalla. Este fenómeno de percepción visual se denomina el efecto de Parks: el movimiento virtual de una escena en una pantalla fija, no es percibido por el usuario de la misma manera que el movimiento de una pantalla móvil sobre una escena estática o en movimiento, porque la imagen que el usuario percibe tiene la capacidad de persistir en la retina de su ojo. Gracias a este efecto la dimensión virtual de la pantalla supera su dimensión física, pudiendo mostrar contenidos de mayor tamaño que la pantalla (Bimber y Raskar 2005).

B. Dispositivos sujetos a la cabeza *HMD (Head Mounted Display)*: estos dispositivos ofrecen distintos tipos de visualización, permitiendo al usuario ver el entorno inmediato en forma directa, o reproducida mediante vídeo en tiempo real. Actualmente estos sistemas se resumen en dos opciones disponibles: la tecnología óptica (*optical see-through*) y la tecnología del vídeo (*video see-through*). Habitualmente, estos sistemas incluyen también los sensores que detectan los movimientos de cabeza.

- **Dispositivos *HMD* ópticos (*optical see-through*):** el funcionamiento de los dispositivos ópticos depende del uso de varias pantallas transparentes, que reducen la cantidad de la luz que traspasa al campo visual del usuario. De esta manera permiten reflejar más luz de las proyecciones sobre las pantallas transparentes secundarias, que tienen capacidad de añadir y proyectar los contenidos virtuales en dos o tres dimensiones. Las pantallas dobles ofrecen el ajuste del ángulo y la distancia de separación ocular, mejorando así la experiencia del usuario. Pueden

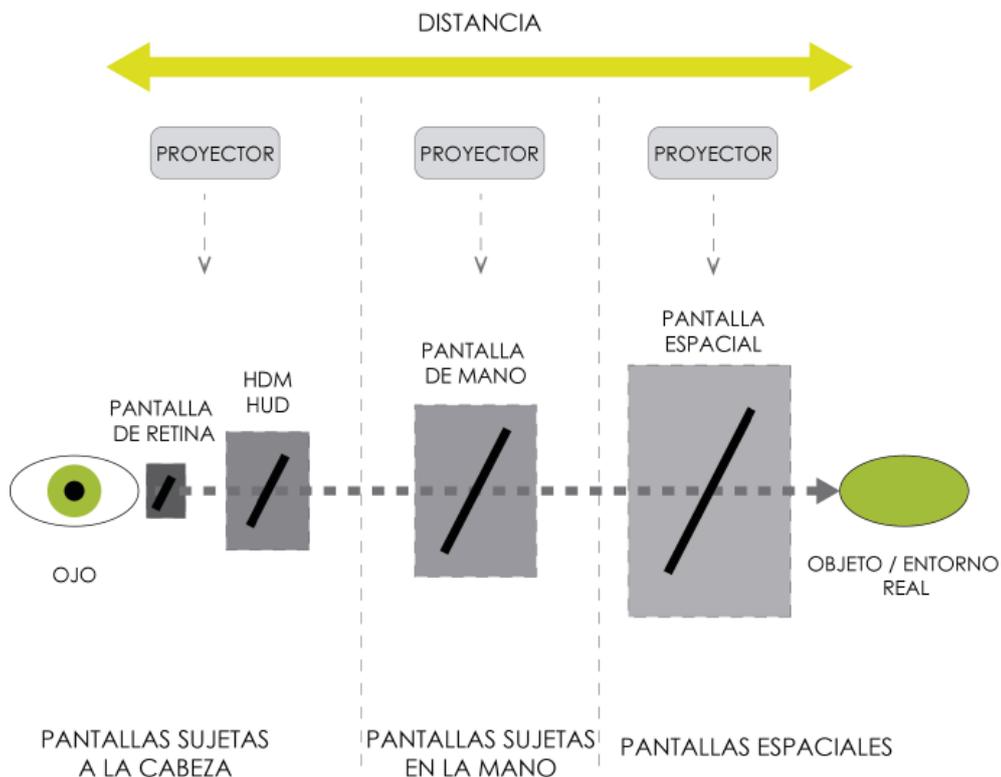


Imagen 55. Tipos de pantallas de RA. (Bimber et al. 2005).



Imagen 56. Dispositivo óptico Vuzix Star 1200XL.

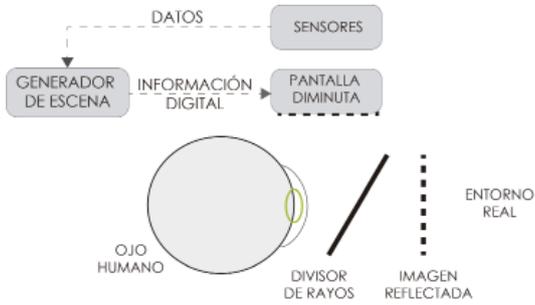


Imagen 57. Esquema de la pantalla óptica (Optical see-through) (Bimber et al. 2005).

56



Imagen 58. Dispositivo de video Vuzix Wrap 1200DX.

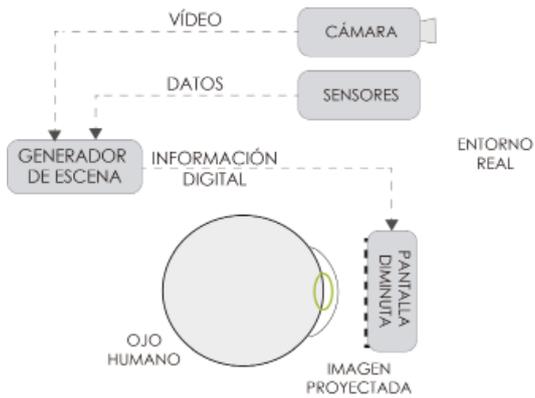


Imagen 59. Esquema de la pantalla de vídeo (Video see-through) (Bimber et al., 2005).

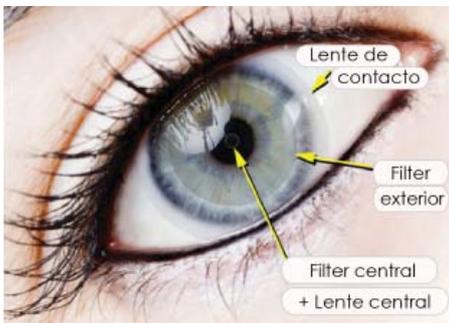


Imagen 60. Tecnología iOptik™ de Innovega.

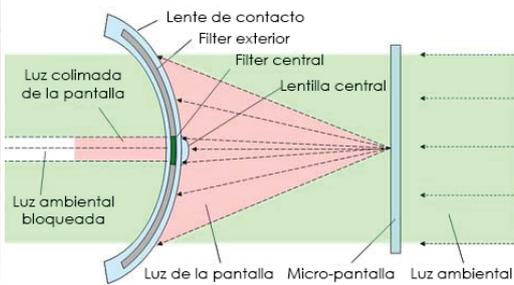


Imagen 61. Esquema Pantalla Retinal. Innovega.

conectarse a través de conexión *HMDI* con dispositivos móviles u ordenadores, incluso existen modelos más avanzados, capaces de procesar la información independientemente, usando el hardware incorporado.

- **Dispositivos HMD de vídeo, (*video see-through*):** son capaces de capturar y reproducir el entorno físico en tiempo real mediante el uso de una o dos cámaras conectadas a un dispositivo *HMD*. Incorporan simultáneamente los contenidos digitales creados por el ordenador y la vista general reproducida como el vídeo del entorno físico, mezclando lo físico y lo digital.
- **Dispositivos retinianos:** utilizan un láser de poca potencia o diodos que emitan luz para proyectar luz modulada directamente sobre la retina del ojo humano, en vez de emplazar la imagen enfrente del mismo. Esta tecnología produce imágenes de alta resolución, y amplía el campo de visión. Los sistemas más antiguos permitían la visualización de las imágenes de un solo color, el rojo, dado que aún no existían los láseres de baja potencia de color verde y azul. Este sistema tampoco permitía la visión estereoscópica ni el cambio de la distancia focal en la lente. Los sistemas más recientes fusionan las *HMD* con base óptica y las lentillas de contacto, aumentando su rendimiento. La tecnología de la lentilla *iOptik™* desarrollada por *Innovega*, actualmente en fase de prototipo, está especialmente diseñada para mejorar la capacidad del ojo humano, aumentando el enfoque de objetos muy cercanos (pantalla de *HMD*) y al mismo tiempo, los objetos lejanos del entorno físico. Este aumento de la nitidez del mundo real, se combina con contenidos virtuales con alto grado de detalle. *iOptik™* incorpora micro-componentes tan pequeños que no interfieren con la visión normal del usuario, permite que la luz de la pantalla pase a través del centro de la pupila mientras que la luz del entorno pasa por la parte exterior de la pupila. Cada uno de estos conjuntos de rayos de luz produce una imagen en la retina, que el usuario percibe de forma simultánea, permitiendo la superposición de la capa de visión proveniente del espacio físico con los contenidos virtuales y formando una sola imagen final en campo de visión del usuario.

C. Displays de visualización espaciales: a diferencia de los dispositivos anteriores que se sujetan al cuerpo del usuario, ya sea la cabeza o la mano, los dispositivos espaciales mayormente se encuentran separados del usuario, ubicándose en el espacio adyacente que lo rodea. Podemos dividir los dispositivos de visualización espaciales en tres diferentes enfoques, según la forma de realizar la aumentación: la tecnología de vídeo (*video see-through*), la tecnología óptica (*optical see-through*) y la aumentación directa aplicando los sistemas de proyección. (Bimber y Raskar 2005)

- **Displays de visualización espaciales basados en la tecnología de vídeo (*video see-through*):** el ejemplo más común de un tipo de pantalla espacial es el conjunto de pantalla de ordenador y cámara web. Esta tecnología se suele utilizar para la visualización de modelos en 3D a través de aplicaciones ubicadas



Imagen 62. La pantalla transparente, flexible y táctil de Samsung (Pendiente de patente).

en la web o como salida de *plug-in* para los programas *CAD* de modelado en 3D. Este conjunto ofrece un grado de inmersión del usuario en el entorno real y aumentado bastante bajo. La experiencia está limitada por el ángulo de visión de la cámara web y los límites físicos de la pantalla del ordenador, que en su conjunto son capaces de cubrir sólo una pequeña parte del campo de visión del usuario. Encontramos una serie de desventajas generalizadas para este tipo de dispositivos de visualización espaciales, que es posible resumir en los siguientes puntos (Bimber y Raskar 2005):

- La cobertura de campo de visión relativamente pequeña, aunque su tamaño puede ser aumentado mediante el uso de proyección en gran formato.
 - La resolución limitada de los gráficos digitales y de las capturas de imágenes del entorno real, debido a las características técnicas de la cámara.
 - La sensación de visión a distancia, en vez de una inmersión del usuario en el entorno aumentado verdadera.
- **Displays espaciales basados en tecnología óptica:** generan imágenes alineadas dentro del entorno real, para poder observarlas desde más ángulos el usuario tiene que moverse en el entorno físico. Las desventajas de la tecnología óptica de las pantallas espaciales residen en la imposibilidad de su funcionamiento con aplicaciones móviles, las ópticas y pantallas han de estar alineadas en todo momento. No permiten interacción del usuario con los objetos reales y virtuales al encontrarse físicamente detrás de la pantalla. Los dispositivos con esta tecnología están formados por conjuntos de espejos, planos o curvos, pantallas transparentes u hologramas ópticos.
 - **Displays transparentes activos:** formados por pantallas con cierto grado de transparencia que permiten transmitir la imagen del entorno real.

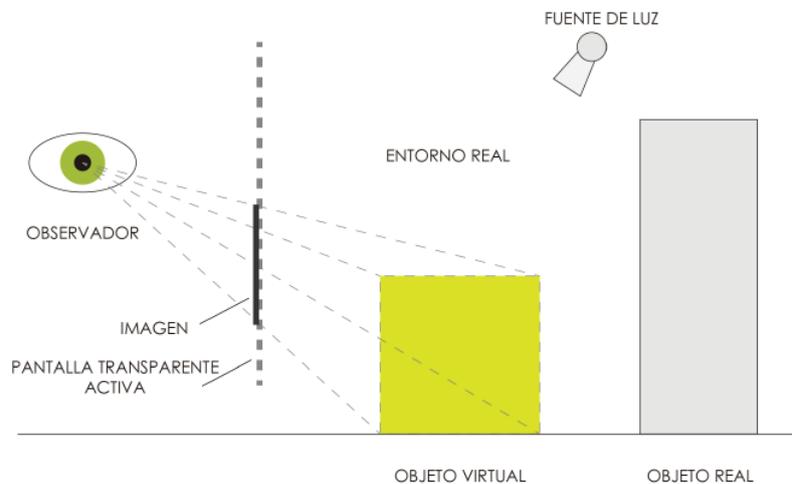


Imagen 63. Esquema pantalla trasparente activa. A partir de (Bimber et al. 2005)

También emiten luz, para poder visualizar los contenidos virtuales. El contenido visualizado no es completamente opaco, facilitando al usuario ver parcialmente a través del objeto virtual. Para conseguir este tipo de visualización se emplean pantallas 'activas', que contienen cristales líquidos con polímeros flexibles compuestos por semiconductores transparentes con capacidad de emitir luz.

- **Displays transparentes holográficos:** las pantallas de proyección holográfica difunden luz bajo un ángulo muy estrecho, para lograr un brillo alto en los ángulos de visualización restringidos y utilizan pantallas de film transparentes capaces de actuar como difusores de luz en un ángulo amplio. Estas pantallas soportan un alto grado de transparencia y, son más flexibles al no estar restringidas por la configuración en el espacio.
- **Displays transparentes curvos:** utilizados en proyecciones de gran formato, posibilitando la observación de la imagen desde un ángulo más amplio. La imagen proyectada, para su correcta visualización sobre las pantallas curvas, exige una deformación curvilínea, asimismo, este tipo de displays necesita emplear al menos dos proyectores, ubicados en los laterales con respecto al observador. La imagen proyectada se divide en diferentes partes correspondientes a cada proyector cuyas lentes convergen en la proyección de una única imagen final, empleado la alineación geométrica.
- **Pantallas de niebla o vapor (Fog Screen):** utilizan una máquina que produce el vapor, para crear una superficie semitransparente. Las partículas de vapor suspendidas en aire forman una fina lámina iluminada por un proyector, que se encarga de la visualización de imágenes. Este sistema puede emplear varias pantallas a la vez, para crear objetos en tres dimensiones, constituyendo así una pantalla volumétrica. La tecnología *Fog Screen*, es susceptible a las condiciones

La Ciudad Aumentada.



Imagen 64. Pantalla holográfica *HoloVue* de *Vueinti*.

60

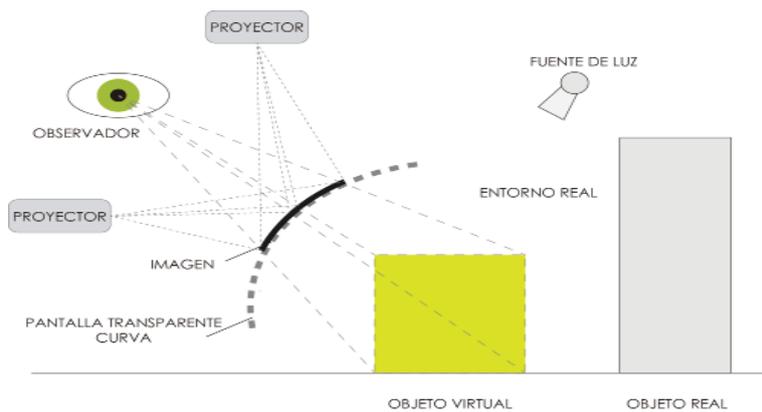


Imagen 65. Esquema de la pantalla transparente curva. (Bimber et al. 2005).



Imagen 66. Pantalla de vapor. *Fogscreen*.

ambientales y está diseñada para su uso en interiores con temperaturas comprendidas entre 5°C y 40 °C.

- **Displays de visualización espaciales basados en la aumentación directa aplicando los sistemas de proyección.** Estos sistemas emplean uno o varios proyectores, para proyectar una imagen sin costuras espaciales, directamente sobre el objeto o entorno aumentado, evitando la utilización de cualquier tipo de pantalla de proyección (Bimber et al. 2005). Dependiendo de la complejidad de superficie sobre la cual se proyecta la imagen, es necesario aumentar el número de los dispositivos. Un número mayor de los proyectores es capaz de producir una percepción espacial con un mayor grado de la inmersión, incluyendo el movimiento libre de observadores. Los factores como la materialidad y textura de los objetos sobre los cuales se proyecta, pueden influir en la calidad de la imagen resultante, por lo tanto, es recomendable el uso de proyectores con alta luminosidad. Para evitar el efecto de las sombras arrojadas por partes de la geometría del mismo objeto o los espectadores, es crucial la correcta ubicación de los proyectores en el espacio. Entre las prácticas más populares de estos sistemas podemos incluir el *videomapping*.

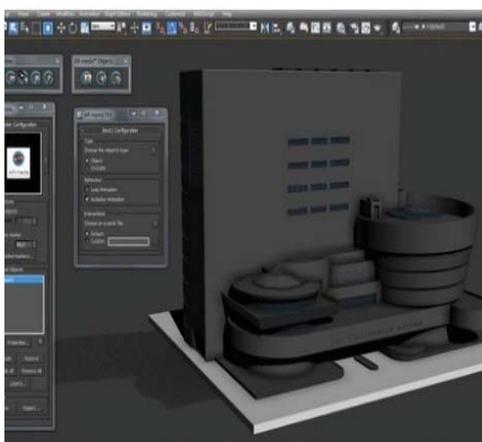


Imagen 67. *AR-Media-plugin* en el entorno del software *3DMax*.



Imagen 68. *AR-Media-plugin* visualización de lo modelos 3D en el entorno real.

1.3. Ejemplos de aplicación de Realidad Aumentada en el ámbito de Arquitectura.

El uso de la Realidad Aumentada en el desarrollo de los proyectos arquitectónicos o como una parte de la arquitectura construida, es una opción relativamente nueva y poco extendida entre los profesionales de la arquitectura y la construcción. Encontramos varias aplicaciones y complementos para el software 3D y 4D CAD con los cuales es posible crear las aplicaciones de RA para tecnologías móviles. Hoy en día, existe una amplia gama de usos de Realidad Aumentada en proyectos arquitectónicos, principalmente para visualizar modelos 3D, revisar el proceso de construcción y como una herramienta de comunicación entre los profesionales involucrados en el proceso de construcción.

El uso más común de RA se centra en la visualización de los modelos 3D destinados a la presentación al cliente, o como una herramienta de desarrollo del proyecto empleada por el equipo de profesionales. Existen varios *plug-ins* para los programas CAD más comunes de la visualización arquitectónica, como *Autodesk 3D Max*, *Maya*, *SketchUp*, *Cinema 4D*, *Vectorworks* y *Scia Engineer*... Un ejemplo del *plug-in* posible de implementar dentro de estos programas es *AR-media plug-in*, este software, basado en marcas fiduciales, permite la visualización del modelo 3D, con un alto rendimiento en tiempo real del modo de renderizado y la iluminación. También incluye una herramienta muy útil con la cual es posible realizar secciones singulares o múltiples en tiempo real en cualquier eje del modelo 3D virtual. *AR-media plug-in*, además, ofrece la opción de implementar animaciones en la visualización de los modelos tridimensionales, haciendo la presentación más atractiva.

Para compartir estos modelos 3D con otros miembros del equipo o clientes *AR-media-plugin* ofrece una aplicación que permite al usuario visualizar las geometrías y otros contenidos virtuales en el entorno del mundo real, empleando dispositivos móviles con sistemas operativos *iOS*, *Windows* y *Android*.



Imagen 69. AR-Media-plug-in visualización de los modelos 3D en el entorno real utilizando un dispositivo móvil.



Imagen 70. 3D Tracker visualización de las infraestructuras del edificio utilizando un dispositivo móvil.



Imagen 71. 3D Tracker visualización de las infraestructuras del edificio utilizando un dispositivo móvil.



Imagen 72. Edificio *N-building* con la fachada diseñada como un QR código.

La tecnología de Realidad Aumentada también se puede emplear no sólo para visualizar los proyectos futuros, sino también es posible implementarla con distintos fines y usos en las arquitecturas construidas. El *plug-in* llamado *3D Tracker* utiliza un seguimiento basado en objetos capaz de reconocer objetos complejos, independientemente de su escala, como por ejemplo un edificio concreto. Esta herramienta de RA se puede emplear para la visualización de la infraestructura de



Imagen 73. Rossi Construction Company - edificio de Realidad Aumentada a escala real.

un edificio construido, basándose en la documentación del proyecto y facilitando así tareas e intervenciones para el mantenimiento de los edificios.

Otra posible utilidad del reconocimiento de los objetos complejos es la reconstrucción virtual de partes de arquitecturas antiguas, destruidas con el paso del tiempo, como en la aplicación del Coliseo de Roma. A pesar de que la tecnología RA todavía no se ha generalizado en el ámbito de la arquitectura, hay algunos proyectos interesantes que demuestran cómo esta tecnología puede enriquecer la arquitectura existente, o incluso formar parte de un entorno real.

El edificio *N-building*, diseñado por los arquitectos TERADADESIGN (Terada Naoki, Hirate Kenichi) con la colaboración de *Qosmo Inc.* presenta una fachada interactiva virtual. Este edificio comercial de Tokio, en lugar de ser cubierto por carteles empresariales o publicitarios, ubica en su fachada un enorme código QR (Quick Response). En su inauguración en diciembre de 2009, a parte de la apertura del edificio al público, se lanzó una aplicación para iPhone, que permitía al usuario interactuar con el edificio y otros usuarios. Al apuntar la cámara de un teléfono móvil a la fachada del edificio, aparecía una capa virtual superpuesta a la captura de video, donde se podían visualizar contenidos relacionados con: comentarios de los usuarios, información sobre tiendas, e incluso un cortometraje de animación. En 2010, en Brasil, *Rossi Construction Company* presentó el mayor marcador de RA del mundo para promocionar la construcción de un rascacielos. Esta construcción virtual, considerada como el edificio de RA más grande, fue elegida como medio de visualización para presentar el proyecto a los inversores y clientes potenciales. En el lugar de su futuro emplazamiento se colocó un marcador de RA de gran formato, con un tamaño de 10m x 10m. Se utilizó un helicóptero para sobrevolar el sitio y poder visualizar el modelo virtual en 3D en el lugar de su futura construcción. Mediante esta novedosa forma de presentación, se podría evaluar por completo el impacto visual y estético de esta arquitectura en su entorno circundante.

Capítulo 2

Génesis de la Ciudad Aumentada. De la revolución digital hasta la contemporaneidad.

Las redes informáticas, que empezaron como una infraestructura tecnológica de acceso restringido, han proliferado paulatinamente hasta ser percibidas como cotidianas por la sociedad del siglo XX., creando dimensiones virtuales, entendidas como el ciberespacio, amasando la cibernidad y la cibercultura. Estas nuevas dimensiones se han poblado, habitado y expandido de manera semejante a las urbes tradicionales, a continuación, identificaremos nociones y similitudes en el urbanismo tradicional y en el desarrollo de las urbes digitales construidas en el ciberespacio. Contemplaremos los factores tecnológicos, sociológicos y urbanísticos que conciernen a la creación y proliferación de las ciudades digitales mediante el análisis de las características e intenciones de ejemplos concretos de los mundos virtuales existentes.

Con el avance tecnológico, estas urbes escapan del marco del ciberespacio, adentrándose y mezclándose con la ciudad física, rompiendo los límites que separan lo físico de lo digital, dando lugar al nacimiento de la Ciudad Aumentada, a través de la tecnología de Realidad Aumentada “*dotada de la capacidad de combinar la experiencia real de las calles con la experiencia digital de Internet*” (Skwarek 2014, p.3). La intrusión y la ubicuidad de Internet en la ciudad ha producido nuevas formas de reforzar el vínculo entre la ciudad y sus habitantes, las capas digitales se asientan sobre la ciudad tradicional virtualizando esta relación.

Observaremos como se evidencia la coexistencia de lo virtual con el espacio físico de la ciudad a través de obras artísticas que emplean tecnologías de Realidad Aumentada. El análisis de estas obras nos permite acotarlas en términos urbanistas, y realizar una clasificación, mediante la cual entender el territorio que abarca la Ciudad Aumentada.

La Ciudad Aumentada.

2.1. La Ciudad Digital. Construyendo bit a bit.

“La transformación de átomos a bits es irrevocable e imparable”
(Negroponte¹⁸ 1999, p.18).

La Ciudad Digital reside en el ciberespacio, tiene un número infinito de formas, y clones, puede crecer o menguar a la velocidad de la luz o incluso ser borrada igualmente rápido. Es capaz de dibujar un mapa, que va más allá del espacio cartesiano y que establece unos límites difusos, regidos más por la lógica del código, que por la lógica espacial.

Aunque el término cibernética data de los años cuarenta del siglo XX, cuando fue acuñado por el matemático Norbert Wiener, y publicado en su libro *Cybernetics*, donde trata la comunicación y control de las máquinas; en referencia a la relación entre la ciencia y el espacio aparece por primera vez en el género novelístico.

William Gibson, autor de la novela *Neuromancer*, bautizó el espacio forjado por bits como el ciberespacio, y lo retrató de la siguiente manera:

68

“Ciberespacio. Una alucinación consensual, experimentada diariamente por miles de millones de legítimos operadores, en cada nación, por niños a los que se enseñan conceptos matemáticos... Una representación gráfica de los datos extractados de los bancos de cada computadora en el sistema humano. Una complejidad impensable. Líneas de luz ordenadas en el no espacio de la mente, racimos y constelaciones de datos. Retrocediendo como las luces de la ciudad”
(Gibson 1984, p.35).

Definir la geometría del ciberespacio es una tarea ardua, si no imposible. Conformado por los bits, el ciberespacio puede físicamente depender del hardware y alojarse en un conjunto de servidores, pero su ubicación no es dependiente de una localidad concreta. Se puede reubicar y clonar en su forma original en cualquier otro lugar, porque posee una cualidad de multiplicidad y reproductividad infinita. Su geometría virtual perdura intacta durante este proceso, pero a pesar de ello no se puede describir en términos de lógica tridimensional o cartesiana. Los bits tienen solo dos formas de ser, 0 o 1, activo o inactivo, constituyen un mundo entero, pero sobre sus características no se puede decir mucho más. *“Un bit no tiene color, tamaño ni peso y viaja a la velocidad de la luz. Es el elemento más pequeño en el ADN de la información”* (Negroponte 1999, p.28).

Negroponte explora la idea de *“lugar sin espacio”* y compara el avance del mundo digital respecto al mundo real, partiendo de analogías como la superación del hipertexto a la página impresa, concluye que *“la era de la postinformación supera a las restricciones que impone la ubicación geográfica”* (1999, p.197).

El ciberespacio es más un ensamble espacio-temporal que posee una clara calidad

18 Nicholas Negroponte, arquitecto e informático estadounidense, co-fundador de revista tecnológica Wired, investigador y co-fundador de MIT (Massachusetts Institute of Technology) Media Lab.

de discontinuidad, tal como apunta arquitecto y urbanista Mitchell¹⁹ (2004), en este especie de mundo digitalmente mediado, “¿qué es lo que se halla entre 0 y 1?” (2004, p.14). La respuesta que ofrece a la pregunta es nada, no hay nada, no se puede definir que es lo que se ubica al lado de un bit, o un pixel. Su definición de la espacialidad del mundo digital reside en que este es “lógicamente, espacialmente, y temporalmente discontinuo” (Mitchell 2004, p.15). En este sentido, afirma, el mundo digital se parece a su soporte físico en forma de redes, donde los puntos de acceso están claramente definidos, pero dejan lo que se halla entre ellos en una especie de limbo.

Indagando más en la peculiaridad de la espacialidad del ciberespacio, encontramos que es comparable al término rizómico, donde es imposible acotar los puntos en el espacio, buscar características geométricas o rastros de alguna simetría. Deleuze y Guattari (1987) en sus reflexiones sobre el paradigma del rizoma, determinan que en tales constelaciones no existe ni el pivote de la centralidad, ni el punto de la gravedad, pero en sus extremos es posible intuir los lindes y la magnitud. La multiplicidad es tratada como un sustantivo, que pierde cualquier significado, referente al “*Uno como objeto o sujeto*” (Ibid. 1987, p.8). A pesar de que la etimología de esta constelación espacial es botánica, no comparte su morfología con las plantas en el sentido que en un rizoma no existe ni la raíz central, ni las raíces menores originándose en ésta, con una conexión lógica. Como afirman Deleuze y Guattari (1987), los puntos dentro de una complejidad rizómica, no siguen la jerarquía de la raíz central, sino que están conectados unos con otros de manera lineal, formando un enjambre más propicio del mundo de los animales. El rizoma es inmune frente a la ruptura, es posible romper o cortar algunas de las conexiones en ciertos puntos, pero estas se reincorporarán o se reemplazan por nuevos enlaces. El rizoma no es posible de cartografiar, ni reducir a un modelo estructural o generativo (Deleuze y Guattari 1987).

El ciberespacio está ubicado en la red, cuyo carácter rizómico carece de un centro definido o una línea principal de circulación, cuando resulta necesario, es capaz de crear conexiones nuevas y alternativas, dotando al ciberespacio de la peculiaridad de ser indestructible. “*La información puede tomar tantas rutas alternativas cuando uno de los nodos de la red se retira, que la red es casi inmortalmente flexible.*” (Rheingold 1993, p.8). En términos urbanísticos, este tipo de constelación geométrica, se puede comparar con un trazado de líneas de circulación organizadas en una malla, donde ninguna calle tiene prioridad sobre las otras; en el caso de obstaculización de un nodo, los flujos de circulación se redistribuirán por líneas adyacentes, evitando así el colapso.

El ciberespacio cambia la concepción y percepción del espacio por completo, la ubicación geográfica ya no desempeña un rol importante, los límites de nuestro alcance, por lo tanto, son inmensurables. Las nociones de una jerarquía de espacio organizado como una ciudad están radicalmente cambiando. La división en zonas, barrios, calles, límites, lo público y lo privado; son conceptos que no son tan fácilmente aplicables al ciberespacio.

19 William J. Mitchell (1944-2010)- Investigador de MIT Media Lab, autor de varias publicaciones sobre la arquitectura y urbanismo, visionario de las tecnologías sostenibles en el ámbito urbano (GreenWheel, MIT Car.etc.).

“La emergencia del ciberespacio es el fruto de un verdadero movimiento social, con su grupo líder (la juventud metropolitana educada), sus palabras clave (interconexión, creación de comunidades virtuales, inteligencia colectiva) y sus aspiraciones coherentes” (Lévy 2007, p.95).

Nos hemos adaptado al ciberespacio y acostumbrado a pasar una parte diaria de nuestras vidas en él. Todo esto ha contribuido a la construcción de ciudades digitales, donde encontramos características parecidas a las de las ciudades físicas, además de otras muchas más características completamente nuevas e imposibles de imaginar en el contexto de la “vieja ciudad”, como la ubicuidad, el movimiento dentro de la inmovilidad, o la personificación incorpórea. La nueva tecnología trae consigo los cambios para la ciudad y su sociedad. *“Como ocurre con las fuerzas de la naturaleza, no podemos negar o interrumpir la era digital. Posee cuatro cualidades muy poderosas que la harán triunfar: es descentralizadora, globalizadora, armonizadora y permisiva”* (Negroponte 1999, p.271).

La inmersión en esta nueva dimensión del espacio es experimentada a través de la Realidad Virtual (RV), que nos concede la habilidad de *“moverse en un mar infinito de datos”* (Coyne 2001, p.2), atravesar paisajes virtuales, habitar los bits en el espacio, y actuar como los seres virtuales sociables capaces de entablar nuevas relaciones y formar parte de las nuevas comunidades virtuales.

El concepto de Realidad Virtual, pero sin utilizar este término, se esboza ya en el artículo de 1965 de Ivan Sutherland, *The Ultimate Display*. Aquí describe un mundo que se halla en el otro lado, *“Una pantalla conectada a una computadora digital nos da la oportunidad de familiarizarnos con conceptos no realizables en el mundo físico. Es un espejo reflejando un país de las maravillas matemáticas”* (Sutherland 1965, p.506).

El informático Jaron Lanier, quien originalmente acuñó el término Realidad Virtual en su discurso en SIGGRAPH en 1989, defiende la Realidad Virtual como una realidad verdadera y plena, que alcanza el mismo estatus que la realidad física, y que además, es capaz de ofrecernos infinidad de posibilidades (Krueger 1991, p.xiii). De manera más poética, pero también con cierta connotación crítica, Rheingold²⁰ define la RV como *“una ventana mágica que se asoma a otros mundos, desde moléculas a mentes”* (2013, p.23) y especula que, en la época del final del segundo milenio, será la Realidad Virtual, la que prevalecerá e incluso parecerá más real que la realidad, condenada al desvanecimiento gradual detrás de la pantalla. Rheingold (2013) plantea la pregunta, si la masiva comercialización de estas experiencias artificiales será el futuro hacia donde nos dirigimos. Sus predicciones se han cumplido, por lo menos de una manera parcial, a través del hiperrealismo que nos ofrecen algunos mundos virtuales, que pueden parecer en su forma exacerbada más reales que la realidad misma.

Nicholas Negroponte, en su definición del término Realidad Virtual apunta a la lógica redundante de este término, confirmando la condición ‘real’ de lo ‘virtual’ (1999).

Después de la fascinación inicial suscitada por la tecnología de la Realidad Virtual, característica de los años noventa del siglo pasado, los dispositivos propios de la RV

²⁰ Howard Rheingold- crítico, escritor y profesor universitario, autor de publicaciones sobre los medios de la comunicación, redes y comunidades virtuales.

Génesis de la Ciudad Aumentada. De la revolución digital hasta la contemporaneidad.

son cada vez más sofisticados, el futuro techo de esta tecnología está por llegar, y traerá consigo cambios aún más radicales de los que ya se han cumplido. Expresado con las palabras de Howard Rheingold: “...cuando el bebé de la tecnología de RV de hoy madure en unos pocos años, cambiará (y amenaza con hacerlo) el significado de lo que hoy se considera humano” (1993, p.23).

2.2. Los cimientos de la Ciudad Digital, Internet, la red de redes.

Una ciudad para su fundación necesariamente tiene que contar con una sociedad-formada por comunidades y un emplazamiento físico, en un terreno que sea provechoso, en cuestiones materiales, estratégicas y climáticas. La Ciudad Digital, carece de estas condiciones físicas, sus bases se erigen en un conjunto de bits entrelazados en una vasta constelación de líneas de código. La historia de la Ciudad Digital surge y comparte los anales de las redes de comunicación y de la 'red de redes', como se suele denominar Internet. Sin existencia de la conexión, la Ciudad Digital no podría ser poblada y no podría propiciar la generación de comunidades virtuales, que son las que define el sentido de la Ciudad Digital.

La evolución de Internet ha atravesado un largo camino en su corta historia, el conjunto de autores Leiner²¹, Cerf²², Clark²³, Kahn²⁴, Kleinrock²⁵, Lynch²⁶, Postel²⁷, Roberts²⁸ y Wolff²⁹, han contribuido directamente a su desarrollo, consideran cuatro aspectos claves del fundamento de Internet:

- La evolución tecnológica, de conmutación de paquetes derivados de la tecnología *ARPANET*³⁰.
- Las operaciones y gestión, tratando con la infraestructura global.
- Lo social, las comunidades virtuales, que contribuyeron al desarrollo tecnológico.
- Lo comercial, que supuso una transportación de la investigación a la creación de una infraestructura y información ampliamente disponible. (Leiner et al. 2009).

En el ambiente marcado por la guerra fría, en los años sesenta, se buscó un consenso entre las necesidades de la investigación científica y la omnipresente polarización política del planeta. Durante las investigaciones, se experimentó con las tareas compartidas por varios ordenadores, que ejecutaban programas y eran capaces de recuperar datos de un equipo remoto, se estableció el término "paquete" para

21 Barry M. Leiner, director de Research Institute for Advanced Computer Science.

22 Vinton G. Cerf, vicepresidente de Google.

23 David D. Clark, investigador científico de MIT (Massachusetts Institute of Technology) Laboratory for Computer Science.

24 Robert E. Kahn, presidente de Corporation for National Research Initiatives.

25 Leonard Kleinrock, profesor y catedrático de Ciencias computacionales en UCLA (University of California, Los Angeles), y fundador de Linkabit Corp, TTI/Vanguard, Nomadix Inc.

26 Daniel C. Lynch, fundador de Interop networking trade show and conferences.

27 Jon Postel, director de Computer Networks Division of the Information Science Institute de University of Southern California, hasta el año 1998.

28 Dr. Lawrence G. Roberts, presidente de Anagran Inc.

29 Stephen Wolff, científico principal de Internet2.

30 ARPANET (Advanced Research Projects Agency Network) – la red de computadores, desarrollada con la colaboración de varias universidades, entre ellas el MIT y UCLA, apoyados por la organización de defensa militar estadounidense DARPA (Defense Advanced Research Projects Agency).

designar los datos que circulaban por la red. La velocidad de comunicaciones de *ARPANET* aumentó desde los iniciales 2,4 kbps a 50 kbps (Cerf y Kahn 1974). En el año 1969, el nodo de *ARPANET* ubicado en *UCLA*, fue seleccionado como el primer *host*³¹. Unos meses después se enviaban los mensajes entre los otros cuatro *hosts* existentes; el concepto de Internet había nacido.

Con su arquitectura abierta, permitía diseñar e implementar redes independientes. En marzo de 1972, Ray Tomlinson desarrolló un software capaz de enviar y leer los mensajes, así llegó el correo electrónico que cambió el modo de comunicación entre los investigadores y posteriormente de toda la sociedad (Leiner et al. 2009).

En los años ochenta, los ordenadores pasaron de ser unas máquinas que ocupaban salas enteras, a una miniaturización que permitía su inserción en cualquier escritorio convencional, convirtiéndose en herramienta práctica para toda la sociedad, en forma de ordenadores personales (PC); esto fue posible también por la reducción de su coste de venta al público, hizo posible ponerse al alcance de los bolsillos de los particulares.

La comunicación a través de *hosts* organizados en tablas de direcciones numéricas ya no eran prácticas debido al aumento considerablemente en el número de *hosts*, lo que llevó al informático Paul Mockapetris a la idea de atribuir nombres (alfanuméricos) a los *hosts*, que podrían contener las jerarquías, en forma de dominio (*DNS*).

En el 1990 *ARPANET* fue retirado del servicio, y las redes se unieron mediante la utilización de protocolos TCP/IP; la IP³² se convirtió en el elemento clave en la estructura de la red global. Internet contaba con 50.000 redes distribuidas en los siete continentes, cuya principal función era compartir información y conocimiento. Gracias a esta constelación de redes, la información puede difundirse libremente, en el 1989 Tim Berners-Lee, un investigador del instituto *CERN* de Ginebra, empezó a trabajar en una red semántica, diseñada para comunicaciones internas del instituto *CERN*. Dando origen al software de *World Wide Web (WWW)*, basado en la utilización de hipertexto como forma de libre navegación por la red. En el 1991 Berners-Lee publicó el proyecto *WWW*, este software permitía su utilización en cualquier tipo de red, generando los sitios web creados por entusiastas de esta tecnología, finalmente y en muy poco tiempo ocurrió que “*la web se expandió por infección*” (Rheingold 2004), llegando a todos los lugares del globo terráqueo.

2.2.1. Internet, como bien común.

Internet, a parte de su evolución tecnológica, desenlazaba los cambios en la sociedad, en las comunicaciones, operaciones comerciales, modos de trabajar, modos de percibir la cultura, etc. Internet (salvo en algunos países de regímenes totalitarios) permite un libre movimiento a través del planeta cargado de la información.

31 Host o anfitrión: computador que actúa como punto de inicio y fin en la comunicación de datos; también puede emplearse en referencia a los servicios de alojamiento Web.

32 IP: Protocolo de Internet, numeración que identifica a cada dispositivo de una red.

“Internet es el ejemplo del bien público artificial con mejores resultados en los últimos tiempos. [...] la infraestructura que posibilita nuevos modos de organizar la acción colectiva a través de las tecnologías de comunicación. Este nuevo contrato social permite la creación y mantenimiento de bienes públicos, una fuente común de recursos de conocimiento” (Rheingold 2004, p.74).

Destaca que, es posible clasificar Internet como un bien común, gracias al intercambio de información que permite. El mérito principal de este intercambio se atribuye al legado de la *‘ética hacker’*. Antes que la palabra *hacker* ganara connotaciones peyorativas, se utilizaba para designar a las personas que diseñaban los sistemas operativos. Los primeros *hackers*, concertados en el instituto *MIT*, se relacionaban con el desarrollo de *ARPANET* en los años sesenta. En palabras de Steven Levy³³, los *hackers* formaban *“la vanguardia de una simbiosis atrevida entre el hombre y la máquina”* (Levy 1994, p.32).

Entre los principios básicos de la ética hacker se incluye:

- ***“El acceso a ordenadores o cualquier otra cosa que puede enseñarnos algo sobre como funciona el mundo, ha de ser ilimitada y total”*** (Levy 1994). Los *hackers* creen, que se puede aprender sobre el sistema y el mundo analizando las cosas, observando como funcionan, y empleando este nuevo conocimiento adquirido para la creación de cosas nuevas aún más interesantes. Desde el punto de vista de los *hackers*, esto se aplica en la mejora y reparación de sistemas que no funcionan correctamente.
- ***“Toda la información debería ser libre”*** (Ibid.). Si no se tiene acceso completo a la información, no se pueden reparar las cosas. El acceso libre a la información, por ejemplo, al código de un programa informático, garantiza la posibilidad de realizar las mejoras y fomenta la creatividad. También previene el principio de la *“reinención de la rueda”*.
- ***“Desconfiar de la autoridad, promover la descentralización”*** (Ibid.). Para poder promover la libre circulación de la información, hemos de contar con los sistemas abiertos, algo que garantizará la no-existencia de las fronteras que se interpondrían entre el hacker y la información. Designa la burocracia, gubernamental o corporativa, como lo último que se necesita.
- ***“Los hackers deben ser juzgados por su hacking, y no a base de criterios falsos, como los títulos, edad, raza o posición”*** (Ibid.). Este principio constituye una sociedad basada en la meritocracia, tan común en las comunidades virtuales tempranas.

³³ Steven Levy, periodista estadounidense, autor de varias publicaciones con sobre la tecnología de informática

- **“Se puede crear el arte y la belleza en un ordenador”** (Ibid.). Aunque hoy en día la contribución al arte, empleando el ordenador como herramienta y/o de otra manera, está más que comprobada. Los antiguos *hackers* se referían a los programas que podrían crear algún tipo de belleza, por ejemplo, música, que en combinación con el código mismo, sea capaz de fusionar y entrelazar la estética y el arte.
- **“Los ordenadores pueden cambiar nuestra vida para mejor”** (Ibid.). La simbiosis del hombre y la máquina puede ser muy fructuosa. Permite la mejora de la vida humana en muchos aspectos. En la época que se escribió este lema, sólo fue aplicable a unos pocos individuos, hoy obviamente, de esta simbiosis se puede aprovechar la sociedad al completo.

Este manifiesto muestra unos derechos aplicables a toda la humanidad, ha influido notablemente en el desarrollo de Internet y en las futuras generaciones de programadores, creadores e internautas en su conjunto.

Rheingold (2004) destaca, que probablemente sin este código de conducta básico, Internet nunca hubiese llegado a servir al público y al libre comercio, transformándolo en una herramienta colectiva de creación e innovación. Muchos de los programas que facilitan el acceso a la información a través de Internet, no son propiedad privada, sino de un conjunto de propiedades intelectuales entremezclados con el bien público. Una obra cedida a la humanidad por la comunidad de los inventores, por el bien de una inteligencia colectiva (Rheingold 2004).

Actualmente podemos disfrutar de programas y sistemas operativos libres. Un claro ejemplo de este tipo de colaboración es el *Linux* (1991), un sistema operativo de código abierto, que fue desarrollado por voluntarios, encabezados por el ingeniero de software Linus Torvalds, y organizados mediante la comunicación por Internet. Gracias a la colaboración de muchos programadores, los códigos podían ser reescritos y hechos públicos para que otros programadores los pudiesen utilizar, reescribir y mejorar, produciendo una evolución propia de un sistema de fuente abierta. Rheingold destaca la contribución del término ‘fuente abierta’ que puede referirse al software, “*pero también designa un método de desarrollo de programas informáticos y una filosofía de conservación de los bienes públicos*” (2004, p.79).

Richard Stallman³⁴ (2000), inventó un nuevo tipo de licencia libre, conocida como GPL (General Public License), cambiando la noción de las leyes de la propiedad intelectual e introduciendo un nuevo tipo de licencia que llamó ‘Copyleft’. Una licencia que permitiría copiar, distribuir y realizar cambios, siempre que se respetarán los derechos de otros usuarios, permitiendo aplicar esta licencia a distintos tipos de software.

Solo un año después, en el 2001, Lawrence Lessig³⁵ vino con un nuevo conjunto de reglas de protección de propiedad intelectual ‘*Creative Commons*’, que no se adscribía al ‘*Copyright*’ ni al ‘*Copyleft*’, sino que era una mezcla de ambos. El ‘autor’

34 Richard Stallman- informático, fundador del movimiento ‘software libre’ y ‘el último hacker verdadero’- según S.Levy.

35 Lawrence Lessig -abogado especializado en derecho informático.

La Ciudad Aumentada.

ya no es un inviolable propietario de su trabajo, sino que a este se puede añadir una compleja estructura de colaboradores complementarios. Hoy en día es la manera más popular de reivindicar la autoría de contenidos a través de Internet.

El legado de la ética hacker, brinda la oportunidad a la creación de las comunidades virtuales, y nos hace ver Internet como una herramienta de nuevas prácticas sociales y maneras de cómo nos relacionamos como seres humanos.

2.3. Comunidades virtuales.

La Ciudad Digital, tal como la ciudad física está poblada por un conjunto de comunidades. Estas comunidades virtuales, divergen en algunos aspectos de las comunidades que ocupan las ciudades físicas.

“Las comunidades virtuales son agregaciones sociales que emergen en la red cuando un número suficiente de personas lleva el tiempo suficiente, involucrados en las discusiones públicas, con suficiente sentimiento humano, para formar redes de relaciones personales en el ciberespacio” (Rheingold 1993, p.6).

Las primeras comunidades virtuales aparecen, lógicamente, entorno al Internet y su predecesor *ARPANET*, en un principio estas comunidades eran formadas por los mismos investigadores, que trabajaban en el desarrollo de la red. Gracias a la llegada de PC, muchas otras personas fuera de ese ámbito se han podido sumar a las comunidades en el ciberespacio.

En el año 1979, apareció el *Usenet*, diseñado por Tom Truscott y Jim Ellis de la universidad estadounidense *Duke*, la red con la extensión mundial estableció un sistema que permitía enviar los mensajes públicos.

En el año 1985 se puso operativo el sistema *WELL* (*Whole Earth 'Lectronic Link*), empleando un ordenador personal y la conexión telefónica, facilitaba la comunicación entre los usuarios. Rheingold (1993), comenta su propia experiencia con la comunidad agrupada en torno a *WELL* y como esta ha evolucionado creciendo en modo exponencial. Los miembros de *WELL*, basaron su comunidad en la proximidad geográfica, y desarrollaron relaciones sociales parecidas a las comunidades tradicionales. *“No estoy solo en este vínculo emocional con un ritual tecnológico aparentemente incruento”* (Rheingold 1993, p.3). Para distinguir los sucesos en el “mundo real”, los miembros de este grupo empleaban el término *IRL* (*in real life*), pero también llegaron a relacionarse fuera del ámbito virtual, estableciendo encuentros *IRL*. Rheingold señala, que para habitar en el ciberespacio es posible utilizar la imaginación espacial, pero para describir los cambios que introduce la virtualidad en la sociedad, es más adecuado emplear términos biológicos. La cibercultura se está propagando y evolucionando en la red, convirtiendo el ciberespacio en una *placa de Petri* social. Destaca que *“las comunidades en la red - es un experimento social que nadie había planeado, pero que, sin embargo, está sucediendo”* (Rheingold 1993, p.7).

Para el sociólogo Giddens (1994), la sociedad tradicional fue basada en la interacción de individuos fundada en la proximidad. La sociedad moderna evoluciona cruzando los límites del tiempo y el espacio. El proceso de distanciamiento del espacio y el tiempo está acelerado por la evolución tecnológica. El paradigma del espacio-tiempo y su posible aniquilación, es bastante recurrente en el contexto del impacto tecnológico sobre la sociedad. Las variables como el espacio y el tiempo carecen de importancia en la sociedad mediada por las redes de computación (Van Dijk 1997).

Para mejor entendimiento de la implantación de espacio-tiempo, (un término más propio del campo de la física cuántica), en las relaciones y comunicaciones interpersonales dentro de las comunidades y la sociedad, emplearemos la explicación ofrecida por Mitchell, usando los términos de la sincronía y asincronía en ámbito local y remoto. Mitchell (2001) divide las comunicaciones síncronas, que ocurren al mismo tiempo, en locales y remotas. Un ejemplo de la comunicación síncrona local, es el trato en persona, mientras la conexión síncrona remota, sería por ejemplo una llamada telefónica o una videoconferencia. La comunicación asíncrona local podría ser una nota dejada en el escritorio de nuestro despacho, y la remota una carta por correo, o más actual, un correo electrónico. El coste económico y el tiempo invertido que implican estos diversos tipos de comunicación son obviamente diferentes.

La cuestión ¿por qué la gente se une a las comunidades virtuales? fue investigada desde la edad temprana de su apariencia. En el estudio propuesto por la investigadora en el campo de las comunicaciones informatizadas Roxanne Hiltz (1984) y publicado en el libro *Online Communities*, Hiltz dedicó dos años a la realización del experimento, observando el comportamiento de dos centenares de sujetos, que empleaban los sistemas *CMC (Computer Mediated Communication)*, para mejorar la comunicación y la productividad. La conclusión fue que la comunidad se formó gracias a la motivación de los participantes y al contexto social, independiente de las características del sistema. En un experimento semejante, se afirmó que la razón por cuál la gente se apunta a estas comunidades, es la libertad de expresión y la posibilidad de recibir apoyo social (Herring 1996).

Estas conclusiones fueron extendidas al intercambio de la información útil, la colaboración y la ayuda en tareas compartidas (Hiltz y Wellman 1997).

Los usuarios frecuentan las comunidades virtuales debido a la oportunidad de intercambio de información, pero también en la búsqueda de amistad y conexión social. (Ridings y Gefen 2004).

Rheingold (1993) reconoce la influencia de los *CMC* en la metamorfosis de la sociedad, dividiéndola en tres niveles:

- Primero, el nivel personal y humano en la escala del individuo, cuya personalidad, percepción y pensamientos, ya están definidos y formados mediante otros tipos de comunicaciones mediatizadas. En este nivel fundamental los *CMC* se muestran como un organismo mortal, con sus necesidades emocionales, físicas e intelectuales.
- Segundo nivel, destaca la dualidad de las comunicaciones virtuales, que pueden ser de persona a persona, pero también y en un grado mucho más significativo de ‘muchos a muchos’ (“*many-to-many*”). Subrayando que los fundamentos imprescindibles para la colaboración en las comunidades virtuales, “*son el capital social en la red, capital representado por los conocimientos y la comunión*”(Smith 1991, citado en Rheingold 1993, p.12).
- El tercer nivel, determina la importancia política de las comunicaciones mediatizadas por el ordenador, muestra las comunidades virtuales como

organismo capaz de desafiar el sistema político actual, que se apoya en el poder de los medios de comunicación de masas. Las comunidades virtuales podrían constituir una sociedad capaz de revitalizar la democracia, basada en sus ciudadanos.

Marshall McLuhan (1966), en su idea de la ‘aldea global’³⁶ elogia el nuevo medio de la televisión, como un instrumento revolucionario, capaz de invertir la dicotomía tradicional del público y lo privado. A través de la pantalla de un televisor, lo público se adentra en la intimidad de los hogares, lo que supuestamente nos hace partícipes de la vida pública y política. La idea de esta conducta aparente cívica fue superada y los medios de masas que representan el esquema comunicacional ‘uno a muchos’ (“*one to many*”), en un análisis más profundo, nos presentan la vida política como un producto comercial más (Rheingold 1993). El entusiasmo, compartido por los periodistas y los intelectuales de los años cincuenta, desenlazado por la llegada de la televisión señalada como el medio más grande de la educación, se desvaneció rápidamente en las décadas posteriores (Ibid. 1993).

Los *CMC* cambian radicalmente el modo que se comunican los individuos y los grupos, y donde cada individuo puede emitir y difundir su mensaje a otros individuos o grupos. Las redes diseñadas por los ciudadanos y controladas por ciudadanos conforman “*una versión tecnológica de la utopía, una visión que podríamos denominar ‘la ágora electrónica’*” (Rheingold 1993, p.14).

La conexión en la red a nivel mundial, a parte de un escenario utópico, puede dibujar otro completamente opuesto, Rheingold (1993) advierte sobre la existencia de una doble vía del flujo de los datos, en la misma manera que la información llega a nuestro hogar, la información privada puede ser extraída de forma análoga. La tecnología que sirve como la herramienta democrática de la libre expresión para los visionarios entusiastas, también puede ser empleada como un equipo omnipresente del control. Michel Foucault³⁷ (1998), destaca que los medios extendidos a nivel mundial, esconden la posibilidad de un ‘panóptico camuflado’.

2.3.1. Social Media.

Con el cambio de milenio, la llegada de la *Web 2.0*, el contenido generado por los usuarios y los populares *weblogs*, las comunidades virtuales se multiplican, diversifican y especifican cada vez más. En el nuevo milenio, se extendió de forma masiva y más anónima el hecho de compartir los datos, más que las ideas y consejos, a través de P2P (*peer-to-peer*³⁸), como E-Donkey, uTorrent, Gnutella... .

Aparecieron los *Social Media*, que cuentan con la participación masiva por parte de

36 El concepto de la ‘aldea global’ apunta al mundo globalmente interconectado mediante los medios de comunicación, acuñado y empleado en varias obras escritas por Marshall McLuhan. (1962)

37 Michel Foucault (1926-1984)- filósofo, psicólogo y teórico social de origen francés.

38 Peer-to-peer (P2P) – arquitectura de computación distribuida a través de redes, compuesta por nodos (peers) con derechos iguales, que ceden parte de sus fuentes, capacidades computacionales, espacio de almacenamiento o ancho de banda a otros nodos participantes.

los usuarios, que no necesariamente han de tener conocimientos técnicos previos. En la *Web 2.0*, los contenidos ya no son creados por los individuos, sino continuamente modificados por muchos usuarios de forma participativa y colaborativa, como sucede por ejemplo en los *blogs* y *wikies*, o en sus muchas variaciones. El modo de la *Web 2.0* representa los fundamentos ideológicos, mientras el contenido generado por los usuarios, representa la suma de las maneras en que la gente emplea los *Social Media*. (Kaplan 2010).

El sociólogo Kaplan (2010) divide los Social Media en seis tipos:

- Proyectos colaborativos.
- Blogs.
- Comunidades con el contenido compartido.
- Redes sociales.
- Mundos virtuales lúdicos.
- Mundos virtuales sociales.

Los *proyectos colaborativos*, promueven la idea inicial de las comunidades virtuales, que es difundir el conocimiento la información, probablemente la forma más democrática de compartir los datos. Estas aplicaciones permiten, añadir, modificar o borrar los contenidos. Los creadores de los contenidos, siendo muchos representan una minoría comparando con el número de usuarios finales, como sucede con la *Wikipedia*. Otro formato de compartir la información útil es a través de las plataformas como por ejemplo *Delicious*, donde se comparten los enlaces de Internet, organizados según la clasificación y valoración de los usuarios.

En la 'edad temprana' de los *Social Media* aparecieron los *blogs*, los sitios web que se muestran usualmente en el orden cronológico invertido³⁹. La autoría suele ser de una sola persona, mientras otros usuarios pueden interactuar mediante los comentarios.

Las *comunidades con el contenido compartido*, habitualmente comparten los contenidos media con otros usuarios, siendo estos del carácter textual e intelectual (*BookCrossing*), fotos (*Flickr*), vídeos (YouTube) o presentaciones (*Slideshare*).

Kaplan apunta al riesgo que corre este tipo de plataformas, al poder distribuir los contenidos con 'copyright', muchos de estos servicios han optado por añadir un enlace fácil y visible, donde es posible denunciar este tipo de archivos. Gracias a la popularidad que suelen tener estas plataformas, muchas empresas han utilizado esta vía como forma de marketing, organizando concursos y alentando a los usuarios a subir contenidos con algún mensaje comercial directo o indirecto.

Las *redes sociales* son probablemente el *Social Media* más extendido y popular. Permiten crear un perfil de usuario con la información personal e invitar a otros usuarios a acceder a este contenido, que puede incluir cualquier tipo de información audiovisual. La divulgación de las redes sociales tiene una tendencia incesantemente creciente, por ejemplo, la red social *Facebook*, desde su fundación en 2004 el número de sus usuarios se limitaba a un grupo reducido de estudiantes de la universidad

39 OECD. (2007). Participative web and user-created content: Web2.0, wikis, and social networking. Paris: Organisation for Economic Co-operation and Development.

de *Harvard*, hasta alcanzar los 1590 millones de usuarios en enero de 2016. Esta inmensa popularidad, engloba un volumen de negocio significativo, a través de las prácticas de *branding*⁴⁰, marketing, promociones, publicidad y otros tipos de estrategias comerciales. (Muniz y O'Guinn 2001).

Los *mundos virtuales lúdicos*, se basan en entornos tridimensionales donde los usuarios adquieren la forma de un avatar virtual, un personaje de fantasía como hechiceros, caballeros, orcos, dragones, etc.; mediante los cuáles interactúan con otros usuarios. Los *MMORPG* (*massively multiplayer online role playing game*), son los mundos virtuales que se rigen según las normas del juego. Las comunidades 'ad-hoc' de los usuarios se llegan a formar persiguiendo el mismo objetivo dentro del juego, en el 2014 el mundo virtual del *World of Warcraft* contaba con 9 millones de 'hermandades' creadas por los usuarios y 100 millones de usuarios repartidos por todo el planeta.

A diferencia del mundo del juego, en los *mundos sociales virtuales*, habitualmente los avatares se asemejan en gran medida a la personalidad de los usuarios. Este mundo contiene un espectro amplio de posibilidades de 'auto-presentación'. Los 'residentes', como suelen referirse los usuarios de estos mundos a sí mismos, interactúan de forma parecida a como lo hacen en el mundo real. Se entablan conversaciones y amistades, los personajes pueden participar en los juegos o los concursos, y pueden dar largos paseos por el paisaje virtual. No existen ningunas reglas y objetivos predeterminados, como es propio de un juego.

Kaplan (Ibid.), asimismo reconoce la existencia del grado de 'auto-revelación' y 'auto-presentación' en distintas formas de la *Web 2.0*. Empezando por los sitios donde los contenidos prevalecientes son textuales (*blogs, wikies*), donde el usuario con su contribución obtiene el reconocimiento como autor. El grado aumenta con los contenidos audiovisuales, vídeos, imágenes y otros formatos de medios; publicados a través de *YouTube, Facebook* y parecidos. El nivel más alto de la 'auto-revelación', Kaplan lo atribuye a la participación de los usuarios en los mundos virtuales, teniendo estos el carácter de los juegos (*World of Warcraft*) o con connotaciones sociales (*Second Life*).

2.3.2. La identidad virtual.

Las personas que forman las comunidades virtuales, participan como individuos que se identifican bajo un nombre de usuario en los blogs, en una representación del cuerpo de avatar tridimensional en los mundos virtuales, o mediante su imagen mediatizada y con el perfil de lo más verídico en las redes sociales. Todas estas apariencias tienen en común una condición, el precio de la virtualización, el hecho de "dejar atrás nuestro cuerpo físico" (Rheingold 1993, p.5).

El paradigma de la desmaterialización de nuestro cuerpo ha sido de interés de varios autores, tanto en el campo de la sociología y psicología como del arte, arquitectura, economía...

⁴⁰ Branding- el proceso de creación del nombre e imagen únicos de un producto o una marca comercial, habitualmente a través de campañas publicitarias u otras estrategias de marketing.

El artista británico Roy Ascott en su reflexión sobre el cuerpo virtual afirma:

“En cuanto a sacralidad del individuo, ahora cada uno de nosotros está hecho de muchos individuos, de una colección completa de yos. De hecho, el sentido del individuo está dejando paso al sentido de la interfaz. [...] Todos somos seres mediatizados y ampliados por ordenadores. [...] Todos somos interfaz” (1998, p.95).

Ascott, ve la transición de la vida cotidiana en el mundo físico a la vida dentro de la virtualidad del ciberespacio a través de la multiplicidad de individuo. El ciberespacio está formado por muchos mundos virtuales paralelos, en los cuales, participamos a través de la complejidad de representaciones con un grado mayor o menor de veracidad. La nueva realidad que se nos presenta dentro de la virtualidad, se puede percibir gracias a *“la facultad post-biológica”* que llama *“la cibercepción”*. Nuestras mentes, antes encerradas dentro de unos límites (y sus limitaciones) del cuerpo biológico *“flotan, ahora, libres en el espacio telemático”* (Ibid 1998, p.95). Mediante la conexión a la red y la inmensa cantidad de información y usuarios que esta engloba podemos relacionarnos con entornos cercanos, pero también con entornos remotamente lejanos. A través de esta ‘multiplicidad de yos’, ganamos la capacidad de interactuar con *“un gran número de mentes, ver con mil ojos, [...] alcanzar la vastedad del espacio, incluso hasta los márgenes del tiempo”* (Ascott 1998, p.97).

Con un paralelismo en gran medida, a las afirmaciones de Ascott en lo que concierne el cuerpo humano respecto a su recién adquirida capacidad de virtualidad, el sociólogo estadounidense Scott Lash define el cuerpo como *“un sistema más o menos cerrado”* mientras al cuerpo social lo caracteriza como *“una constelación más o menos abierta”*. (Lash 2002, p.16). Los enlaces sociales, en su forma anterior, dependían de la proximidad geográfica, las nuevas prácticas sociales en la red priman las comunicaciones a distancia (Ibid.).

La ruptura de la interacción social con la localización geográfica, es uno de los aspectos que mejor caracteriza las relaciones virtualizadas. Tal como destaca Giddens, la comunicación instantánea, no requiere la ‘plena’ presencia de nuestro cuerpo, es la tendencia del nuevo contexto social en que se encuentra nuestra sociedad. Las relaciones sociales ahora están marcadas por la fluctuante y discontinua presión del generalizado ‘no-lugar’ (Giddens 1994).

Con la masiva proliferación de Internet en los años noventa del siglo XX, la presencia vs. telepresencia se hace más palpable. Mitchell en su libro *The City of Bits* (1996), observa como la telepresencia gana cada vez más terreno, y como las relaciones personales, profesionales, sociales y comerciales se trasladan al ciberespacio. Especula, con la importancia de nuestras conexiones a través de la red, que llegarán a tener la misma importancia que las del mundo físico, hemos *“reinventado el hábitat humano”* (Mitchell 1996, p.166).

La nueva habilidad de interactuar en el ciberespacio, junto con la constante miniaturización de los equipos electrónicos que la asisten, ha generado la adquisición de *“una colección de los nuevos órganos intercambiables y enchufables”*

directamente a los exonervios.[...] Nos hemos convertido en unos cyborgs modulares, reconfigurables e indefinidamente extensibles” (Ibid., 1996, pp.15-16). Los cyborgs, como la actualización del cuerpo biológico, perfeccionados con el hardware del rendimiento en un auge constante, cumplen con el refrán “McLuhanístico”, del ‘medio como la extensión del cuerpo’. Para estos nuevos ciborgs, descritos por Mitchell, los límites de la exterioridad y la interioridad se desestabilizan, la diferencia entre uno mismo y los otros está abierta a una nueva redefinición.

Una idea semejante, la de unos seres casi ‘post-humanos’, se basa en el paralelismo del universo ‘analógico’ cotidiano y el universo digital, que a pesar del hecho de que fueron creados por la humanidad está “*habitado por las máquinas digitales*” (Saffo 2001, p.13).

La levedad, traída por los *bits* fluyendo directamente en nuestro hogar, liberaba nuestro ‘yo’ virtual, pero a la vez se apoderaba y aprisionaba a nuestro ‘yo’ físico. El ‘yo’ virtual que se mueve libremente por el ciberespacio, tiene su ‘soporte vital’ fundado en la información y los *bits* que la resguardan, por lo tanto, es multiplicable, modificable o también puede ser borrado. Al realizar movimientos dentro del mundo virtual dejamos unas huellas o rastro, en forma textual, audiovisual, o incluso sólo con unas simples estrellitas de valoración, dependiendo de la complejidad técnica y de los permisos, esta huella, a diferencia de la identidad, a veces es indeleble. Mitchell, en este sentido plantea la hipótesis de la inmortalidad a través de la información de nuestros avatares, grabada en un hardware de almacenaje, puede sobrevivir a nuestro cuerpo biológico. “*¿Es posible reducir la resurrección a la restauración desde la copia de seguridad?*” (Mitchell 1996, p.15).

Subsistir como seres virtualizados, o incluso como ciborgs, no significa que perdamos lo que nos define como seres humanos. La tecnología sólo lleva a otro nivel nuestras capacidades subjetivas, con los aspectos emocionales, cognitivos y sociales. La red no nos ha hecho menos humanos, sino al revés, ha amplificado nuestro espectro de las relaciones sociales. En estas conclusiones nos apoyamos en la afirmación de Nicholas Negroponte: “*Al ser digital yo soy ‘yo’, no una partícula estadística*” (1996, p.196).

2.4. Trazando el territorio de la Ciudad Digital. Las paradojas espacio-temporales.

El concepto del espacio en la era de Internet, está pasando por su redefinición más extensa y radical. ¿Cómo percibimos el espacio, moviéndonos a través de los paisajes construidos a partir de los *bits*? Ahora, la conexión se incluye entre uno de los atributos que definen esta insólita modalidad espacial. Las interacciones de los que atraviesan este cosmos ya no son cara a cara, sino *bit a bit*. Los nodos informáticos son las inéditas plazas públicas de este universo cibernético.

La desvinculación del espacio físico del lugar donde ‘estamos’ presentes en la virtualidad, es la característica fundamental del ciberespacio.

Leonard Kleinrock, uno de los creadores de *ARPANET* y autor de la conmutación de paquetes, esclarece la característica de este espacio a través de la forma electrónica de nomadismo. Designa el ‘nomadismo’ como la primera dimensión del ciberespacio “*La esencia de un entorno nómada es ajustar automáticamente todos los aspectos de la computación del usuario, comunicaciones, almacenamiento y funcionalidad en una manera transparente e integrada*” (Kleinrock 1996, p.351).

84

La esencia del ciberespacio se adentra en nuestros hogares convirtiéndolos en unos nodos permanentemente *online*, y causando una profunda desterritorialización (McQuire 2008).

“*En lugar de la presunta continuidad espacial que ha sido la “base” histórica de las relaciones sociales, la inmediatez del espacio continuo que rodea nuestro cuerpo, está superpuesto con una matriz intermitente, discontinua y fluctuante*” (Ibid. 2008, p.10). El espacio y el tiempo en la red, son percibidos de una manera completamente diferente. Virilio, con un tono pesimista, formula una advertencia afirmando que estaremos forzados “*a encontrar otras medidas electrónicas para evaluar el tiempo y el espacio, las que no comparten una base común con los sistemas de medición del pasado*” (1991, p.30).

Esta desterritorialización contundente trastoca las nociones tradicionales como es la del estado - nación. La red no conoce fronteras políticas, ni los movimientos con los cuales los atravesamos en el ciberespacio, prácticamente sin límites. La informatización y la comunicación a través de Internet permiten al comercio, a la política y a las relaciones sociales trascender las fronteras físicas.

La idea de deslocalización geográfica está fuertemente ligada con los principios de la comunicación a través de la red en los años sesenta. En una publicación con el elocuente nombre de *La Edad de Post-ciudad*, Melvin Webber apuntó que gracias a esta nueva tecnología “*Por primera vez en la historia, sería posible vivir en la cima de una montaña y mantener un contacto con el trabajo o con otras empresas*” (1968, pp.109-110). En la actualidad, sería posible realizar plenamente las tareas del trabajo, sin tener que desplazarse a la oficina, fábrica o cualquier otro lugar, lo que invierte las costumbres laborales establecidas fuertemente en nuestra sociedad. Lewis Mumford⁴¹, en su libro *Ciudad en la Historia*, retrata el ‘divorcio’ del hogar con el lugar del trabajo, que ocurrió en la época de la ascendencia de Revolución Industrial. Hasta entonces, era habitual que los pequeños productores y otros artesanos, compartieran su casa con su taller de producción. Existía una tipología

41 Lewis Mumford (1895-1990)- historiador, sociólogo, urbanista y filósofo estadounidense.

de la disposición de los espacios de casas, donde el piso de arriba estaba destinado a los espacios habitables, mientras en la planta baja se desarrollaban las actividades de la producción o del comercio. La Revolución Industrial, con la aparición de la maquinaria pesada, obligó a cambiar la manera de la elaboración y fabricación de bienes, y desplazó a los trabajadores hacia unos puntos de concentración masiva de las industrias.

La premisa de que el lugar de trabajo y el lugar de la residencia vuelven a solaparse, se hace más viable con la llegada de la conexión en red, e invierte el proceso de la diferenciación del hogar del trabajo iniciado por la Revolución Industrial, como apunta Mitchell (1996). En las últimas décadas estamos experimentando una nueva revolución tecnológica, la 'digital', desplazando la revolución industrial al pasado. La revolución digital trae consigo una nueva organización de la vida cotidiana, Mitchell (1996) destaca que el trabajo desde casa tiene como consecuencia la falta de la necesidad de trasladarse a otros lugares, lo que conlleva la revitalización al nivel local de la actividad durante 24 horas al día, fomentaría la economía local, pero exigiría un cambio y la adaptación del entorno a estas nuevas condiciones, que pueden resultar en la pérdida del atractivo de centros urbanos. Estos lugares experimentarían *"el lado malo de la revolución digital"* (Ibid. 1996, p. 88). Apunta que ahora lo digital y lo material compiten, porque estar presente en algún lugar, no necesariamente implica trasladarse físicamente a dicho lugar. La tradicional organización del tiempo del que disponemos, antes tan rígidamente dividido entre el trabajo y ocio, se ve trastornado en el sentido que nuestro hogar es el mismo que el lugar del trabajo. Si ya no estamos obligados a desplazarnos al trabajo, nuestro horario puede llegar a ser muy variable, lo que trae consigo factores positivos, pero también muchos negativos, como dedicar al trabajo muchas más horas, de las que están estipuladas en el horario de oficina. Además, si parte del tiempo de ocio lo pasamos conectados a la red, es posible trastornar nuestro patrón de conducta como seres sociales e incluso biológicos. *"Un abastecimiento de bits eficiente hacia el entorno doméstico, causará el colapso de la separación espacial y temporal de actividades, que hemos tomado durante mucho tiempo por sentado"* (Ibid. 1996, p. 100).

La organización del trabajo, sobre todo de la actividad laboral que generan productos intangibles, como programas informáticos, proyectos de arquitectura, productos bancarios o de seguros, ha sufrido un cambio radical en el modo de su producción. En Internet aflora el trabajo individual y ofrece a los pequeños emprendedores realizar su negocio de forma más viable. Por otro lado, con la red aprovechando las diferencias horarias, hay empresas que están operativas y productivas 24 horas al día, llevando el capitalismo a una eficiencia extrema. Esto le da un nuevo sentido a la producción en cadena, marcado por el sistema de *fordismo-taylorismo* tan determinante para el siglo XX. Aprovechando las ventajas espacio-temporales de Internet, surge una analogía digital de la producción en cadena. El producto ya no se 'fabrica' donde hay demanda de él, sino donde existe la capacidad laboral que puede llevar a cabo dicha tarea. Un ejemplo son las acumulaciones de trabajadores y programadores alrededor de las torres de comunicación en la India, donde se desplazó el volumen del trabajo informático, inicialmente ubicado en los países occidentales.

2.4.1. La porosidad digital. Difuminando la línea entre lo público y privado.

¿Si no hay limitaciones, no hay localizaciones, cuál es la barrera entre lo que se puede considerar público o lo privado? Los *bits* fluyen, el ciberespacio supera los muros más gruesos, las fronteras geográficas se vuelven un concepto espacial obsoleto. ‘*La Ciudad 1.0*’, la ciudad real y material, el molde original con sus divisiones y flujos de circulación claras, como patrón ya no resulta tan idóneo.

Desde la llegada de los medios de comunicación de masas, lo público está gravitando hacia la domesticidad. Desde entonces, existe una fuerte tendencia del individuo, como ser sociable y activo en el desarrollo de la vida, pública, de retirarse cada vez más hacia la intimidad del hogar. El arquitecto estadounidense, Robert Venturi, caracteriza ese abandono del ágora pública, con las siguientes palabras: “*la plaza, de hecho, es ‘anti-americana’. Los americanos se sienten incómodos sentados en una plaza: deberían estar trabajando en la oficina o en casa con la familia viendo la televisión*”. (1966, p.33)

Paul Virilio (1994) señala, acerca de la ‘máquina de visión’, la evidente brecha en la vida pública que la televisión ha causado. La ‘imagen pública’, ha ocupado el lugar que antes perteneció al espacio público, donde se desenvolvían las comunicaciones sociales directas. “*La pantalla se convirtió de forma abrupta en una plaza urbana*” (Virilio 1991, p.25).

Otros pensadores como Habermas (1989), Jacobs (1961), Senett (1977), Berman (1982), Davis (1990), Sorkin (1992) y Harvey (2003), confirman la tendencia de la privatización de la cultura pública, postulando los suburbios en el papel de *némesis* del espacio público y de la organización tradicional de la ciudad. (McQuire 2008, p.131)

El arquitecto y teórico de la importancia mundial, Rem Koolhaas (1991), analizando la ciudad con sus calles y plazas, habla de la posible pérdida del dominio público y como los medios, la televisión y otros inventos han asumido ese papel. Ese paradigma se podría ver como una pérdida completa del dominio público, o al revés, se podría decir que lo público está pasando por un cambio radical, y ya no es necesario acotarlo dentro de un espacio físico. Koolhaas concluye, que probablemente la respuesta se halla en algún punto intermedio.

La plaza pública y la ciudad ya no son el soporte en primicia de la vida pública. Esta inclinación hacia lo privado, resaltaba cada vez más a la vista con el avance tecnológico. Con la aparición del espacio público virtualizado, la vida pública de la ciudad se atrofia y las nuevas cibercomunidades, en su naturaleza, no están atadas a la localización geográfica. El proceso que Mitchell denominó la disociación de “*civitas y urbes*” (2001, p.103).

La pérdida del significado del espacio público, como parte fundamental de la ciudad, se hace evidente con la nueva comodidad de la información que viaja hacia nosotros a velocidades que alcanzan la de la luz, manifestándose instantáneamente en una aparente inmovilidad. Tal como sucedió en la historia de la ciudad, con cada materia o energía, que fue traída directamente a los hogares, como el agua, la luz, el gas y ahora la información, el ciudadano medio se ha hecho cada vez más acomodado.

Mitchell nos advierte sobre las consecuencias de esta propensión:

“Ahora tenemos tuberías para bits, redes digitales de gran capacidad para transportar información cuando y donde queramos. Esto nos permite hacer muchas cosas sin tener que ir a ninguna parte; por lo tanto, los antiguos lugares de reunión ya no nos atraen; las organizaciones se fragmentan y dispersan; los centros urbanos no se mantienen; da la impresión de que la vida pública va desapareciendo” (Mitchell 2001, p.8).

Con la llegada de la conexión en red, la tendencia de filtración de lo público hacia lo íntimo se multiplicó a gran escala. Pero a diferencia, de los medios de comunicación de masas, ahora ya no somos solo unos testigos mudos del acontecer público.

Giddens, proclama que la vida pública moderna de nuestra sociedad tiene una determinante característica ‘la indiferencia civil’, la sociedad formada completamente por los extraños, constituye *“el mecanismo de engranajes de la confianza pública generalizada”* (1991, p.152), y diverge íntegramente de lo privado y lo íntimo.

Con la virtualización de la vida social, se virtualizó también la vida pública, pero esta vez se estableció un canal de comunicación de doble vía. La red, muchas veces gracias al anonimato, reanima las relaciones sociales, no existen las zonas horarias fijas, siempre es por la mañana en algún lugar de la red, las distancias en vez de metros se miden en los números de *clicks*. En la red estamos dispuestos a interactuar con personas completamente desconocidas, incluso abrirles nuestra intimidad. Cuando viajamos por la red, sin movernos desde la privacidad de nuestra casa, muchas veces estamos trascendiendo los límites de lo privado. El ciberespacio, como un continuo, se extiende sin vinculación ninguna a las distribuciones espaciales y arquitectónicas. Así es enteramente factible que nuestro salón sea la ubicación física, en el grado que la multiplicidad idéntica del espacio lo permite, por ejemplo, de un debate político con un aforo de miles de personas.

El dominio público virtual sobrepasa los confines materiales del dominio privado, pero también dentro del ciberespacio mismo, existe la necesidad de establecer los términos de la privacidad. En este contexto es necesario reinventar un símil digital de las barreras arquitectónicas tal como las conocemos en el mundo material.

“El naciente sistema de límites y puntos de control en el ciberespacio no es tan visible como las conocidas fronteras, muros, puertas y entradas del mundo físico, pero no por ello es menos real ni menos poderoso políticamente” (Mitchell 2001, p.34).

La antigua característica de la ciudad, era la opacidad, interrumpida por las zonas de transparencia creadas mediante las aberturas arquitectónicas: las ventanas, las puertas, los patios y los espacios públicos; la Ciudad Digital, está caracterizada por su transparencia y las zonas de privacidad se tendrán que construir a través de otros medios (Mitchell 2004).

A partir del año 2002, la Comunidad Europea a través de la directiva 2002/58/CE (*Directiva sobre la privacidad y las comunicaciones electrónicas*), protege nuestros datos *online*, incluidos los que entregamos a terceros: los proveedores de los servicios

de comunicaciones electrónicas, servicios públicos, servicios de correo electrónico y otros parecidos. Asimismo, cuando accedemos a ciertos sitios *Web*, también se requiere nuestro consentimiento para el almacenaje de la información (*cookies*), en nuestro ordenador u otro dispositivo antes que esa operación se llegue a efectuar. Figuradamente, la ley nos ampara ante el abuso de nuestros datos privados, pero es bastante frecuente que la extralimitación y la desprivatización de la información está cometida por los usuarios mismos.

De manera parecida a como los medios se apoderan de la noción de lo público, a través de la interconexión globalizada, somos capaces de transferir al dominio público, lo que es privado e íntimo, como ocurre en el caso de los ‘diarios *online*’, los llamados *blogs*. (Violi 2008) EL análisis del fenómeno blog, subraya la ‘vitrinización’ de la vida social de un individuo (Codeluppi 2007), como casi una metáfora de la sociedad del espectáculo actual, que a pesar de su naturaleza pública, poco o nada tiene que ver con lo político. El cultivo de la cibernación en germinación, está repleto de los exhibicionistas y voyeristas, pero por suerte, también del fervor entusiasta graduando hasta la ignorancia insulsa de los ciudadanos/cibernautas corrientes.

2.4.2. La amenaza de panóptico electrónico y los derechos civiles del ciberespacio.

El diseño conceptual del panóptico, tiene como autor al filósofo, jurista y economista británico, Jeremy Bentham (1791), donde esboza sus principios utilitaristas, sobre el control y el poder del estado que este ejerce sobre sus ciudadanos. Para el castigo de los delincuentes y su posterior internación, ingenió una tipología circular de prisión completamente simétrica en su geometría, pero totalmente asimétrica en sus relaciones internas. El diseño circular constaba de varios pisos divididos en celdas cuya cara interior estaba abierta a la visibilidad de un punto central: la torre de control y vigilancia. La disposición permitía a un solo guardia vigilar a todos los presos sin que él fuese visto. Bentham predijo que, con el paso del tiempo, fuera posible prescindir del vigilante y ejercer el control del poder a través del miedo de ser observado. El panóptico de Bentham no se construyó, pero muchos otros edificios han adoptado su diseño, el sistema de control centralizado fue extendido en el diseño arquitectónico, desde proyectos carcelarios a proyectos hospitalarios, bibliotecas e incluso escuelas.

Michel Foucault en su libro *Vigilar y Castigar- el nacimiento de la prisión*, describe el concepto de la arquitectura del panóptico aplicada a la sociedad como ‘la máquina panóptica’. El sistema de la vigilancia tecnológica, se puede convertir en tal ‘máquina panóptica’, y degenerar en un control ejercido por un sistema político caracterizado como la tiranía. Gracias a la ‘máquina panóptica’ ya no sería posible esconderse dentro de la anonimidad de la masa. “*La multitud, masa compacta, lugar de intercambios múltiples, individualidades que se funden, efecto colectivo, se anula en beneficio de una colección de individualidades separadas*” (Foucault 1998, p.185). Las huellas digitales que dejan nuestras interacciones dentro del ciberespacio son registradas, lo que abarca la oportunidad para su posterior análisis y la posibilidad de reconstruirlas a través del tiempo. La recopilación de la información sobre nuestros movimientos e interacciones por la red, es una práctica bastante común

Génesis de la Ciudad Aumentada. De la revolución digital hasta la contemporaneidad.

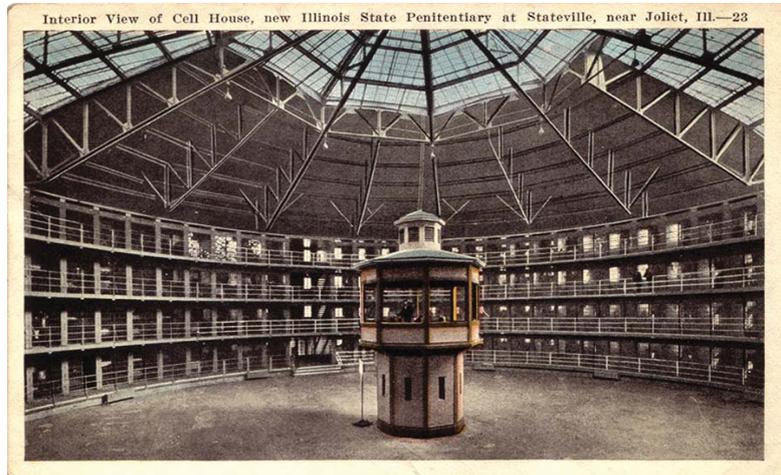


Imagen 74. Arquitectura panóptica- prisión estatal de Illinois.

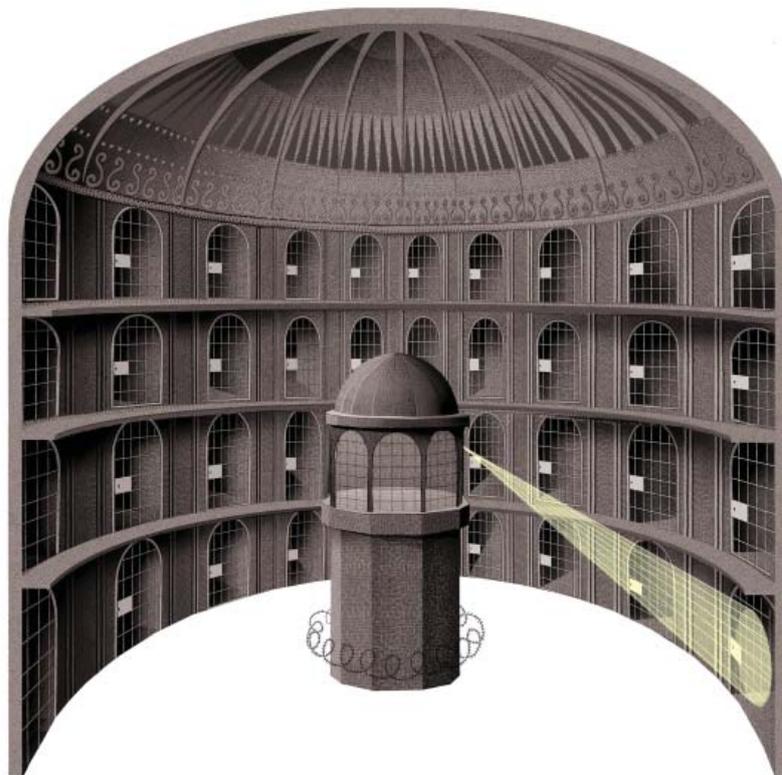


Imagen 75. Esquema de la arquitectura panóptica.

y supuestamente constituye un entorno inteligente y responsivo según nuestras preferencias. De nuestro comportamiento digital se nutren (por lo que nosotros conocemos), las campañas variadas de *branding*⁴², marketing y otros tipos de publicidad. Pero también puede servir a fines completamente distintos.

Deleuze (1990), en su reflexión sobre la *sociedad del control*, destaca que la sociedad ya no está formada por las ‘masas’ divisibles a los ‘individuos’, sino meramente por los ‘dividuos’, reduciendo la sociedad desde la masa a las simples muestras digitales contenidas en bases de datos.

La idea de la observación centralizada en la red, surgió a la vez que las comunicaciones digitales se extendían con rapidez entre la sociedad. Con la enorme cantidad de nuestros datos íntimos, y nuestro comportamiento privado, trasladados al ciberespacio, surgen el temor del abuso totalitario de la información (Rheingold 1993). La red entraña la sombría posibilidad de ser vigilados por un poder centralizado en las manos de unos pocos individuos poderosos.

El temor a la vigilancia de los ciudadanos por el poder y la necesidad de preservación de la red con su carácter abierto, llevó a la instauración de la *Electronic Frontier Foundation (EFF)* en el año 1990. Esta organización se encarga de defender las libertades civiles y la libertad de expresión en el mundo digital, lucha contra la vigilancia ilegal y apoya las tecnologías que introducen mejoras de estos derechos. Uno de los primeros casos que han establecido los precedentes de los derechos en el ciberespacio fue el caso de un estudiante de *UCLA* contra el Departamento de la Justicia de los Estados Unidos. Bernstein, como se llamaba el estudiante, diseñó y difundió por Internet un programa de encriptación para las comunicaciones por correo electrónico de uso civil, que garantizaba el derecho a la expresión libre. La encriptación hasta entonces era exclusivamente de uso militar y para inventar y publicar un programa como lo hizo Bernstein, se necesitaba una autorización previa del Departamento del Estado. El tribunal dictó que el código escrito de un software, está protegido por la Primera Enmienda, que garantiza la libertad de la expresión. El software de encriptación no solo protege la correspondencia personal, sino que es la base de las operaciones comerciales realizadas en Internet. El reto reciente de esta fundación, es defender el derecho de la utilización de la tecnología contra los gigantes de la industria y el poder político, que lo intentan limitar mediante la tecnología y la legislación.

Un caso parecido del control ejercido por el estado, empleando esta vez el *hardware*, fue el intento de la implantación del ‘Clipper chip’, promovido por la Agencia Nacional de Seguridad de Estados Unidos. Este dispositivo era una herramienta de encriptación, pero tenía una ‘puerta trasera’, que permitiría a las agencias del gobierno desenscriptar toda la información que pasaba por el ‘Clipper chip’. Después de fuertes campañas en su contra durante tres años, a través de *EFF*, *RSA Security*, *EPIC (Electronic Privacy Information Center)*, la revista *online Wired* y también apoyados por algunos senadores, además de quedar demostrada su poca capacidad de encriptación, el año 1996 marcó el final de este dispositivo.

42 Branding- el proceso de creación del nombre e imagen únicos de un producto o una marca comercial, habitualmente a través de campañas publicitarias u otras estrategias de marketing.

Génesis de la Ciudad Aumentada. De la revolución digital hasta la contemporaneidad.

La vigilancia de los ciudadanos por un poder centralizado a través de la tecnología, es un concepto muy parecido al que describió George Orwell en su obra *1984*, publicada en el año 1949. Los dispositivos de vigilancia, unas pantallas integradas completamente en la arquitectura de los domicilios privados, eran los medios de comunicación de doble vía o canal, con la minuciosa e incesante mirada del guardián encarnado por la figura de 'Gran hermano'. Enfatizando el hecho de que se podía observar y a la vez ser observado, a través de la transmisión de la información audiovisual, se asemeja estrechamente a la comunicación electrónica mediada por la red. Mientras el Gran hermano representaba un poder totalitario y centralizado, en la red el peligro de ser vigilado puede ser disperso y efectuado también por otros usuarios.

Mitchell (1996), subraya la posibilidad de la amenaza representada no por un 'Gran hermano', sino por un vasto ejército formado por innumerables 'Hermanos pequeños'. Con la cantidad de equipos conectados a la red actualmente, cualquier dispositivo se puede emplear para el registro de los datos y la consiguiente vigilancia. Los fragmentos dispersos por toda la red, se pueden localizar, ordenar y con ellos

91

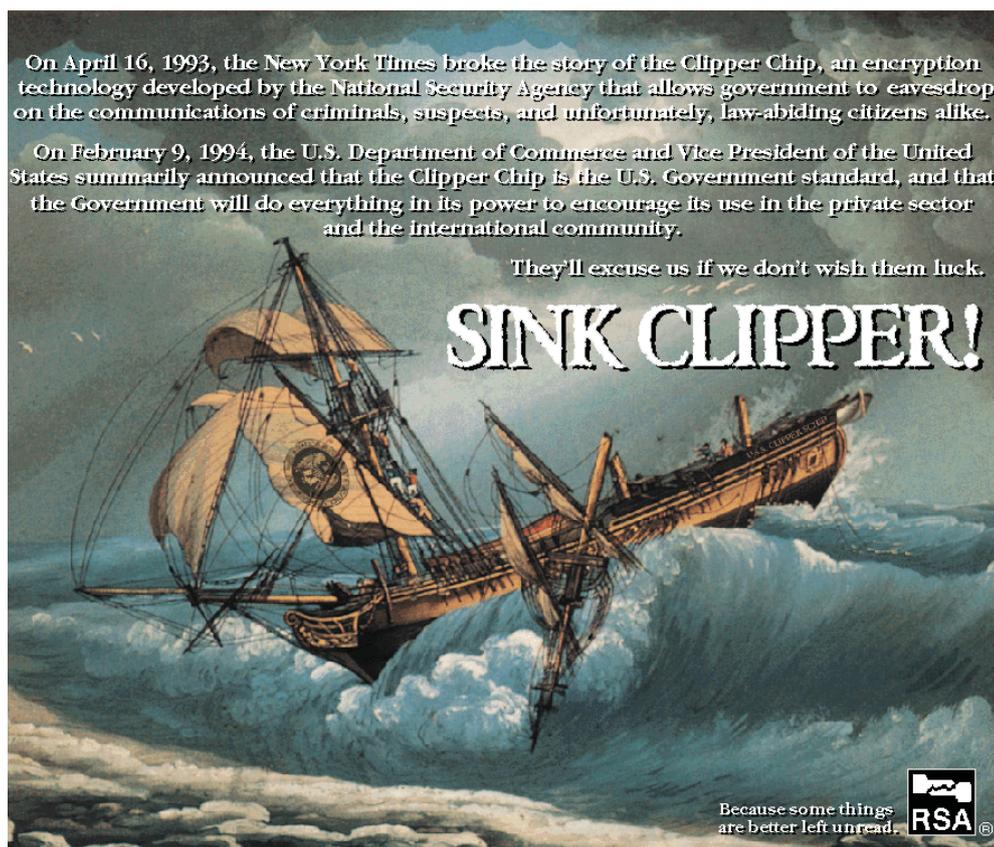


Imagen 76. Campaña contra la instauración de 'Clipper chip'.

reconstruir una completa imagen de la vida y los hábitos cotidianos de un individuo. Destaca también, que gracias a la red, ahora contamos con las relaciones sociales amplificadas. A las relaciones primarias (familia y amigos íntimos), secundarias (conocidos) y terciarias (las relaciones más amplias como laborales o comerciales), ahora hay que añadir las relaciones cuaternarias (las del observador anónimo y el observado) (Mitchell 2001).

En el afán del reclamar ‘los 15 minutos de gloria’, según la célebre frase de Andy Warhol:” *En el futuro todo el mundo será famoso durante quince minutos*”, y gracias a la *webcam*, en los años noventa, en Internet proliferó el fenómeno de exhibir la intimidad cotidiana, llamado *lifecaster*. Es el caso de la joven estudiante Jennifer Ringley y su ‘Jennicam’, que instaló en su habitación desvelando absolutamente todas sus actividades, en una imagen fija cada dos minutos durante 24 horas diarias, estableció un precedente en la cultura, donde la vigilancia se consume como el entretenimiento. Cualquiera con el acceso a Internet, podría observar a Jenny a cualquier hora del día, la página registró un pico en el tráfico de 4 millones de visitas diarias. Además de innumerables seguidores, han aparecido los imitadores, que no tenían ninguna actitud pudorosa en emitir su vida en directo. Lo que Orwell clasificaría como una pesadilla en los años cuarenta, hacia finales del siglo, se instauró firmemente en la cultura de Internet seguida por otros medios como la televisión. En un escenario optimista “*encontraremos formas eficaces de tratar la identidad como una mercancía medida electrónicamente. La activaremos o la desactivaremos según el contexto*” (Mitchell 2001, p.124).

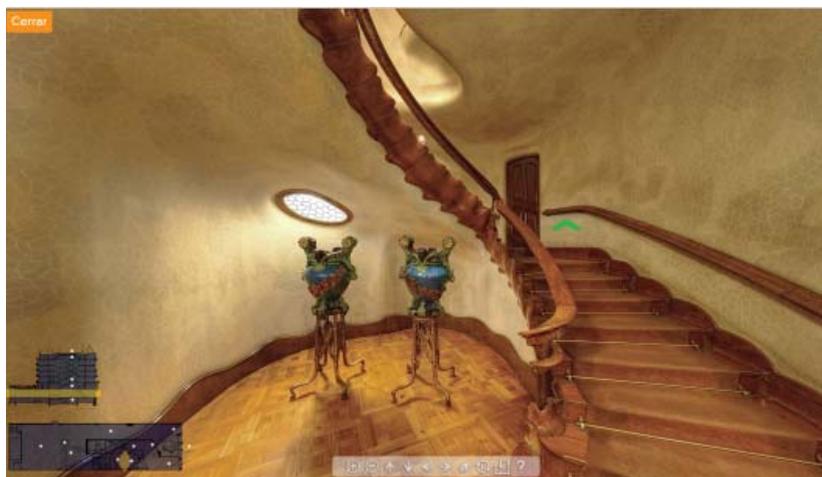


Imagen 77. Tour virtual de la casa Batlló accesible online.

2.5. El urbanismo digital. Sus fundamentos y antecedentes.

El ciberespacio, cuenta con varias modalidades de interacción, podemos comunicarnos, realizar operaciones administrativas, efectuar compras a distancia, y dedicar una parte del tiempo libre, jugando, enlazando relaciones sociales o practicando muchos otros tipos de actividades. La digitalización en cierto sentido dobla las posibilidades que ofrece la ciudad física, para realizar distintas acciones podemos elegir entre desplazarse físicamente a dicho lugar o realizar la misma acción de manera telemática desde cualquier espacio con conexión a Internet, por ejemplo, acudir a una oficina de la administración o realizar la misma gestión desde la inmovilidad de nuestro hogar o lugar de trabajo. En este sentido, la ciudad física tiene la concurrencia, o mejor dicho un doble digital, que en los términos freudianos vendría a ser el *doppelgänger*⁴³, un doble idéntico. Estos no necesariamente copian la ciudad física en su carácter morfológico. Habitualmente se trata de páginas web, con una interfaz gráfica que suele recordar un formulario estándar impreso en papel. Las hay más elaboradas, normalmente con carácter comercial, con el intento de vender un producto, y producen unas experiencias visualmente más atractivas, muchas veces apoyándose en la capacidad interactiva de la interfaz. Muy comunes son las visitas virtuales, con fines educativos o de entretenimiento, que reproducen los lugares existentes, que constan de un espacio esférico texturizado fotográficamente, permitiendo percibir el espacio a través de una visión de 360 grados. Un ejemplo sería el tour virtual de la casa Batlló⁴⁴, que crea una ilusión de movimiento a través del espacio. Utilizando varias fotografías esféricas, la visita, reconstruye virtualmente la casa modernista empleando una interfaz gráfica y la opción de enlazar varios documentos web uno con otro. De esta manera es posible pasar de una vista 360°

43 *Doppelgänger* – del alemán, un doble virtual (o fantasmagórico) de algo o alguien, compuesto por ‘doppel’ – doble y ‘gänger’ – viajante.

44 Casa Batlló - de arquitecto Antonio Gaudí, obra icónica del modernismo catalán.

a otra, asistida por un *zoom* digital que refuerza la sensación de desplazamiento, y recorrer íntegramente el edificio, usando la conexión a Internet y un ordenador.

Pero hay proyectos que van mucho más allá, lejos de ser un simple calco de la ciudad existente, asientan los cimientos de una Ciudad Digital donde es viable hablar de urbanismo y de comunidad virtual, capaces de construir este mundo singular. Es plausible relacionar el ciberespacio con la ciudad a otro nivel, en la comprensión de la tridimensionalidad y que hereda las características geométricas y jerárquicas en su organización espacial. Los ejemplos de esta relación en un sentido más semántico, son los mundos virtuales, diseñados como los pueblos, ciudades llegando a alcanzar con su vastedad el tamaño de los países. Estos mundos, no suelen copiar las ciudades existentes con el afán de facilitar los servicios cotidianos y útiles, sino poblar una dimensión tecnológica, que tanto ha influido en la cultura, economía y comportamiento social de la humanidad entera. La dimensión inmaterial e intangible del mundo virtual, en la descripción que ofrece Mitchell, juega un papel muy importante en la sociedad del nuevo milenio. Estos nuevos mundos vistos a través de una pantalla, pueden causar una percepción espacial y un sentido de presencia, idénticos a un lugar físico y no ser meramente unas simples imágenes:

“...De hecho tienen extensión espacial, se relacionan con nuestros cuerpos, están colocados en contextos físicos concretos y su configuración espacial y material es importante. Son habitados, usados y controlados por grupos determinados de gente, tienen sus costumbres locales y su cultura, su carácter va de lo íntimo y privado a lo globalmente público. Y no son sólo interfaces: estamos empezando a vivir nuestra vida en ellos” (Mitchell 2001, p.37).

Para mucha gente, estos mundos digitales forman parte de su vida cotidiana, en ellos pueden desempeñar las relaciones sociales, actividades creativas, de ocio y participar en operaciones económicas, repartiendo su tiempo de vida entre la esfera virtual y la material. Richard Coyne⁴⁵ habla de la progresión de una existencia a otra, que incluye una nueva forma de la utopía digitalizada entremezclada con la esencia del *Neuromante*, la inmersión como una *“alucinación consensual”* experimentada a través del *“matrix digital, éxtasis digital y la participación en un estado de la unidad ideal”* (Coyne 2001, p.9).

Coyne destaca, que mediante la tecnología volvemos a la época dorada que incluye la narrativa digital de un concepto utópico, y una llamada a la ‘aldea global’, alegando las ideas del orden social igualitario, que *“a través de las comunicaciones electrónicas recuenta el mensaje del socialismo y anarquismo temprano.”* (Ibid. 2001, p. 10)

Indagando en los antecedentes de estas ciudades digitales, formales o ideológicas, encontramos varios proyectos de urbanismo, fascinados por las opciones que nos otorga la tecnología, y reflexionando sobre el papel del individuo en la sociedad, marcada por el fuerte desarrollo tecnológico, la conquista del espacio y la posible

45 R.Coyne – escritor, artista, diseñador, editor y co-fundador de la revista Communications Art Magazine.



Imagen 78. Nueva Babylon un proyecto de Constant Nieuwenhuys.

expansión del hábitat del ser humano, que este alto nivel científico sugiere. Las nuevas urbes digitales suelen ser comparadas por el parecido de su configuración y diagrama funcional con la idea del ‘urbanismo unitario’ de *Nueva Babylon* (1958-1973), un proyecto del arquitecto Constant Nieuwenhuys, uno de los fundadores del movimiento de la *Internacional Situacionista*⁴⁶. Propone un modelo de ciudad, que en teoría abarcaría el planeta entero, definido en sus grandes rasgos estructurales, pero reconfigurable en la escala del individuo. Cada habitante, podría malear las partes flexibles de esta arquitectura a su gusto y sus necesidades. Esta ciudad fue diseñada expresamente para un nuevo tipo de hombre, el *Homo ludens*, un término acuñado por filósofo e historiador Johan Huizinga, destacando el papel imprescindible del juego en el progreso de la sociedad humana. *Nueva Babylon* contenía el componente de un ‘final abierto’ y estaría en un estado de constante evolución. La cuestión de la productividad no fue contemplada en este universo diseñado para la creatividad sin restricciones, lo que pone en duda su viabilidad (Malaby 2009).

El proyecto *Nueva Babylon* entraña muchas similitudes con otro proyecto de la misma época, *La villa espacial* (1959) del arquitecto Yona Friedmann. La base de este proyecto implanta una mega-estructura, equivalente a una malla, donde es posible enlazar pequeños volúmenes que pueden servir como un hábitat elevado, su configuración o arquitectura es modificable por sus usuarios. Los niveles en la planta baja son destinados al desarrollo de la vida social y pública. La ciudad espacial, se puede extender a un área sin límites, por encima del agua, naturaleza o incluso una ciudad previa existente. Igualmente que *Nueva Babylon*, la *Villa espacial* fue diseñada para un habitante cuya ocupación principal es lúdica, en una sociedad con un supuesto nivel tecnológico e industrial muy avanzado.

⁴⁶ La Internacional Situacionista – (fundado en 1957) un movimiento de artistas e intelectuales, cuyos objetivos incluían la disolución de la sociedad clasista y acabar con la dominación capitalista. Entre los miembros importantes se encuentran Guy Debord, Gianfranco Sanguinetti, Asger Jorn, Libero Andreotti, Michèle Bernstein, Constant Nieuwenhuys y otros.

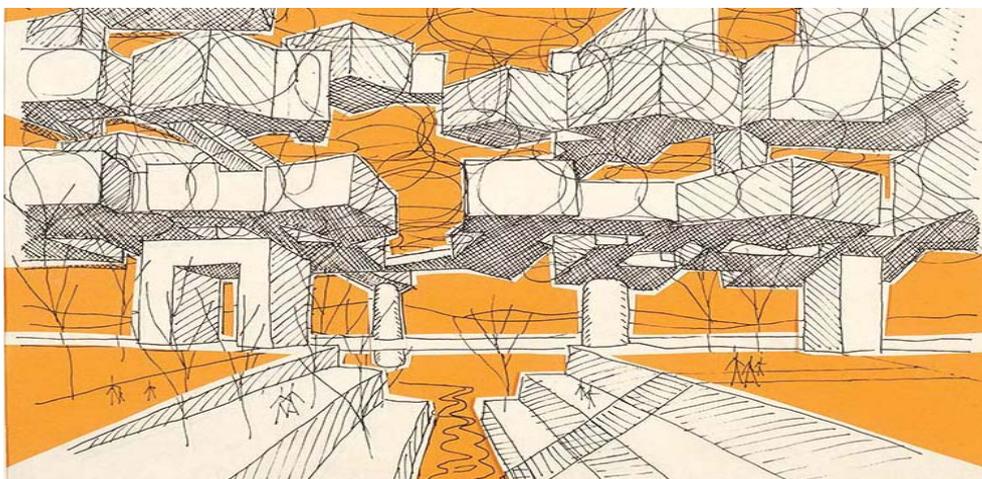


Imagen 79. La villa espacial proyecto del arquitecto Yona Friedmann.

Ambos proyectos nunca llegaron a materializarse, pero sí a construirse en cierto modo, a través de los mundos digitales que han adoptado sus rasgos ideológicos principales. Intencionadamente o no, los mundos virtuales son portadores de estas ideas y podría decirse que han cumplido con los sueños del urbanismo revolucionario de los años sesenta.

2.5.1. Las urbes digitales. Una utopía con la letra pequeña.

En su clasificación de las comunidades virtuales, Kaplan (2010) menciona los mundos virtuales, que divide en los mundos virtuales sociales y lúdicos. Basándonos en los proyectos visionarios de *Nueva Babylon* o la *Villa espacial*, podemos deducir que la línea divisoria tan marcada por la afirmación de Kaplan, en realidad está más bien difuminada, si no es completamente borrosa. Contemplando el juego, como una aptitud social y cognitiva (Huizinga 1938), podemos deducir que ambos tipos de mundos virtuales tienen un carácter más o menos lúdico. Si bien, podemos encontrar paralelismos con el *homo ludens* de *Nueva Babylon*, donde la naturaleza lúdica diverge en lo que concierne a la productividad, en la urbe digital, esta relación se invierte. Numerosos mundos virtuales, entrañan una especie de economía sintética, que no acaba en los costes mensuales pagados al proveedor del juego, sino que engloba también una economía interna entre los miembros de estas comunidades virtuales.

El mundo virtual con sus ágoras electrónicas, utópico e igualitario, hasta podríamos denominarlo 'marxista', está señalado por los términos y condiciones preestablecidas por sus creadores. Estos tienen la potestad de 'despublicar' cualquier acción u opinión que discrepa con sus condiciones de uso. Así, los mundos virtuales fluctúan entre una constelación utópica y panóptica, aunque a pesar de ello mucha gente disfruta con el hecho de tener un hábitat digital alternativo. Muchas de estas urbes son creadas,

tal como sucedía con sus predecesores materiales, por sus mismos ciudadanos, un resultado tridimensional del esfuerzo colectivo de la comunidad virtual, que no comparte físicamente un lugar geográfico concreto, pero sí lo hace de la manera digital.

Hay algunas ciudades digitales, con una historia ‘relativamente’ antigua, uno de los primeros mundos virtuales es *ActiveWorlds*, creado en el año 1995, que 22 años después sigue creciendo. Ha expandido tanto su magnitud, que ya es más plausible hablar de un universo, formado por más de 1000 mundos diferentes. Su primer modelo *Alphaworld* tiene actualmente una extensión que supera la del estado de California, siendo el más grande del sistema (Jacobsson 2007). Este mundo simula un paisaje, formado por el espacio tridimensional, con sus valles, montañas, lagos y mares; donde los usuarios pueden construir sus casas, aunque muchas de ellas acaban pareciendo geometrías volumétricas extrañas. Los habitantes reclaman su parcela construyendo, pero pueden pasear libremente por las parcelas de otros usuarios dentro de los mundos públicos. Además, pueden desarrollar otras actividades como chatear con otros miembros de la comunidad, participar en juegos o concursos

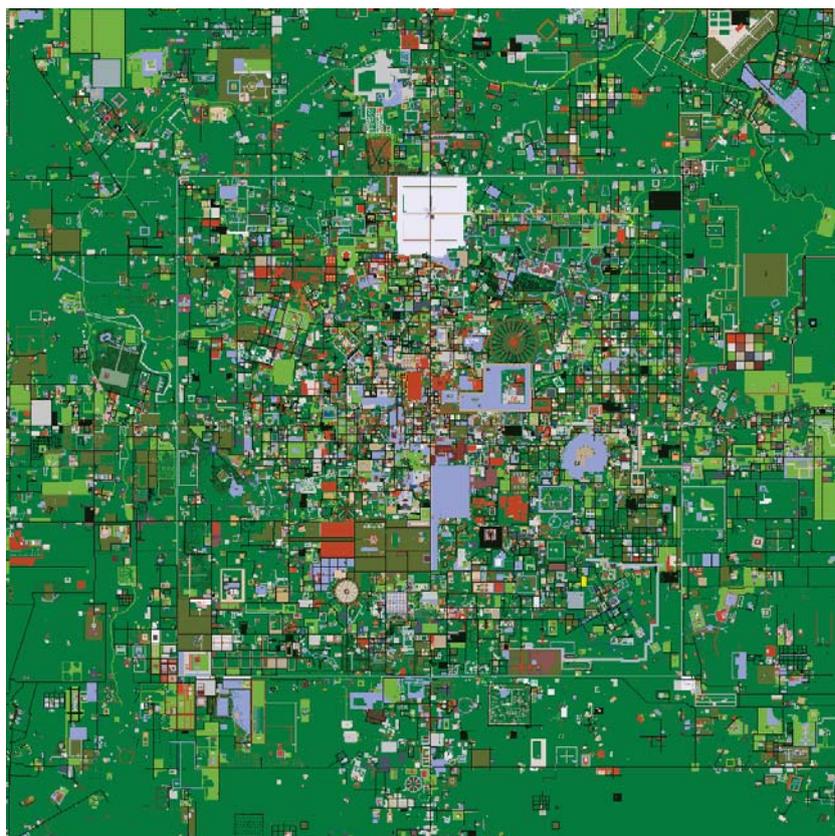


Imagen 80. Alphaworld en 1997, 'vista área'- visible patrón de estrella de 8 puntas.

e incluso bailar. Los avatares son personalizables e incluyen las animaciones predefinidas de gestos, que facilitan la comunicación entre usuarios. Este mundo virtual respeta a grandes rasgos las leyes físicas de la gravedad, pero en ocasiones rompe con las mismas, generando nuevas experiencias. Los personajes pueden volar y tienen capacidad de ‘teletransportarse’, que es una característica muy útil, dado la dimensión de este mundo donde el desplazamiento habitual se realiza a pie, andando o corriendo.

El núcleo urbano, está diseñado por los creadores y no admite modificaciones por parte de los usuarios, siendo el punto de la entrada a *ActiveWorlds*, este entorno arquitectónico está muy bien estructurado y en su diseño recuerda a las grandes plazas públicas conocidas en el mundo físico como Times Square de Nueva York, o Picadilly Circus de Londres (Jacobsson 2007). La plaza central está rodeada por un anillo interior de las primeras construcciones, efectuadas por usuarios que probablemente ya no son activos y que actualmente se convirtió en una ‘ciudad fantasma’. En este caso surge la cuestión, qué hacer con los edificios abandonados que ocupan un lugar tan céntrico y privilegiado, destruirlos (mejor dicho, en este caso borrarlos) o preservarlos, porque ya forman parte de la ‘historia de la ciudad.’ Al no tener un carácter material, estos edificios no se deterioran con el paso del tiempo, en este sentido “*La persistencia del material digital del edificio resulta ser un arma de doble filo, en cuanto se refiere a la urbanización virtual.*” (Jacobsson 2007, p.165)

Las ciudades virtuales, se parecen a las ciudades físicas en muchísimos aspectos, uno de ellos es la formación del organigrama de las calles y la morfología que se adapta a las condiciones del entorno. Una ciudad física toma su forma dependiendo por ejemplo de la proximidad de recursos básicos de la supervivencia o abastecimiento como el agua, estableciéndose a lo largo de un río, o en la época más reciente, de las vías del transporte. *Alphaworld*, está asentado en las coordenadas digitales, no hay necesidades de recursos materiales, pero aun así creció en su primer año en una forma determinada y ha adquirido sin ninguna planificación previa, la forma de una estrella de ocho puntas. Tal como en una ciudad física, la forma de *Alphaworld* refleja cierta lógica. apunta que la causa de formación de esta geometría, consta en el modo particular de ‘teletransporte’ en que se pueden mover los avatares. Las arquitecturas están ubicadas en unas coordenadas digitales numéricas, que constan de dos valores y es más fácil acordarse de ellos, si uno de los números es 0, o ambos números son iguales. De esta manera en unas coordenadas cartesianas, los primeros espacios construidos, resaltaron los ejes *X* e *Y*, y sus correspondientes diagonales, lo que propició al *Alphaworld* en sus tiempos tempranos la forma de estrella. En los años siguientes, los espacios libres fueron ocupados y el patrón de la ciudad inicial ya no era tan legible (Jacobsson 2007).

Alphaworld, nos demuestra cuantas calidades comparten la Ciudad Digital y la ciudad material en cuanto al génesis de su configuración espacial y de la comunidad de sus habitantes.

Fundado sobre la misma base que el *Alphaworld*, en el año 2003 apareció el mundo virtual llamado *Second Life*, publicado por la compañía *Linden Lab*. Este entorno se caracteriza como un mundo donde se pueden construir tanto las ciudades, como

Génesis de la Ciudad Aumentada. De la revolución digital hasta la contemporaneidad.

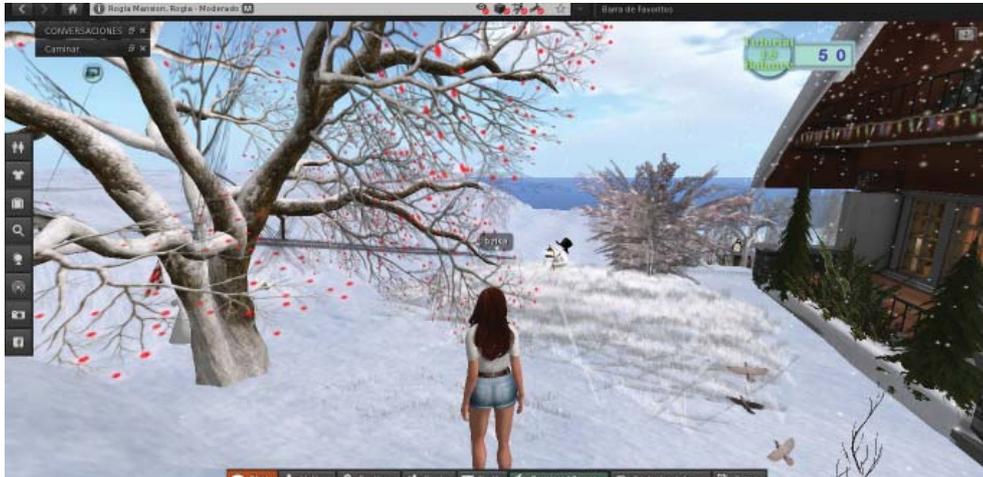


Imagen 82. Entorno virtual de Second Life.



Imagen 81. Mapa de Second Life.

las relaciones sociales. Los miembros de esta ‘comunidad global’ crearon diferentes espacios urbanos, algunos con reminiscencias históricas, otras como arquitecturas de fantasía; pero el mundo idílico de *Second Life* es mucho más, es una ciudad pionera en la productividad de los bienes intangibles y transacciones comerciales entre sus habitantes, que según sus creadores, alcanzan billones de dólares. La cuenta básica es gratis, ofreciendo al usuario la posibilidad de explorar los mundos tridimensionales, comunicarse con otros usuarios y asistir a los eventos, como conciertos, exposiciones y muchas más actividades. Se puede comprar la moneda oficial de *Second Life* el \$L, con un valor correspondiente en USD o Euros, y realizar operaciones comerciales de adquirir los objetos virtuales, como ropa, accesorios, coches, o edificios enteros. El mapa del mundo en *Second life* está generado por los propios usuarios, estos pueden comprar un terreno en el ‘continente’, donde tendrán vecinos y podrán asistir a un amplio abanico de eventos, o invertir en un área reservada donde se crearán espacios de privacidad. En estas parcelas virtuales pueden construir ‘las casas de sus sueños’, donde invitar a los amigos y organizar eventos propios. Los usuarios más creativos pueden añadir sus propios objetos tridimensionales, creados con un software de modelado como por ejemplo Blender, Maya o 3Dmax; el único inconveniente es que también hay que pagar por incorporar estos modelos a *Second Life*. Destacamos el parecido de este mundo con el proyecto *Nueva Babylon* de Constant (Malaby 2007), recordando las afirmaciones sobre el proyecto *Situacionista*, que podrían ser válidas también para *Second Life*: “En una sociedad del ocio sin fin, los trabajadores se han convertido en jugadores y la arquitectura es el único juego en la ciudad, un juego que conoce pocos límites” (Wigley 2001, p.27).

Los habitantes de *Second Life* han presenciado varios eventos en directo, como el lanzamiento del nuevo disco del grupo londinense *Redzone*, que se distribuía exclusivamente a través de esta plataforma.

Second Life, aparte de comerciar con los ‘objetos cotidianos’, mantiene un mercado del arte bastante desarrollado, con un volumen de operaciones económicas elevado y un número importante de galerías de arte. El arte dentro de *Second Life* se divide en dos modalidades: el arte importado, y el nativo, originado dentro del entorno de *Second life*. El arte, tal como otros bienes intangibles, se puede vender y el artista especifica varias opciones de esa transacción, por ejemplo, puede condicionar la venta al derecho de transferencia restringido, es decir no se podrá revender, ni comprar como una inversión. (Minsky 2009) Hay reproducciones de cuadros y esculturas elaboradas con las herramientas de *Second Life*, pero también el arte en este mundo sintético existe en el formato del *performance* en directo. Es posible adquirir los derechos de la propiedad intelectual de cada obra en *Second Life* y la compañía *Linden Lab* cede algunos derechos a los usuarios, como el derecho de libre uso o distribución de las imágenes o vídeos generados por los mismos habitantes.

En el mundo de *Second Life*, están retransmitiendo en directo las cadenas de la radio, televisión y noticias como *MTV*, *BBC* y *Reuters*, de esta manera “las fronteras entre lo real y lo virtual se empiezan a difuminar” (Schmidt 2007, p.157).

En la actualidad existen muchos mundos virtuales semejantes y con la misma lógica y funcionamiento que *ActiveWorlds* y *Second Life*. Destacamos el mundo virtual *There* de *Makena Technologies*, que empezó en el 2003, y que posee una economía

Génesis de la Ciudad Aumentada. De la revolución digital hasta la contemporaneidad.



Imagen 83. SimCity (1989) de Maxis – simulador de crecimiento urbano.

y moneda interna (*Therebuck*), convertible al USD. Los personajes en este mundo pueden verse envueltos en diversas actividades de ocio y deportes, ir de compras a una tienda virtual tridimensional o incluso tener una mascota virtual.

En *Entropia Universe*, otra plataforma de mundos virtuales lanzada en el año 2003, también se crea una economía que permite las relaciones comerciales de compra y venta entre sus residentes. Es digna de mencionar, la transacción económica con el precio más elevado en este mundo, realizada en el año 2005, cuando un usuario pagó cien mil dólares por un asteroide virtual (Schmidt 2007).

También cabe destacar el videojuego *The Sims* de *Electronic Arts*, publicado en el 2000, aunque no se trata de un *MMORPG* (*Massively Multiplayer Online Role Playing Game*). Estos entrañables personajes y su mundo se relatan como “una negociación entre la experiencia doméstica virtual y real, que abraza el estilo del consumo y domesticidad suburbana” (Flanagan 2007, p.150). Sus creadores lo definen como el juego de la simulación social, donde crear los espacios urbanos y arquitecturas, pero también a sus vecinos, a los cuales podemos atribuirles características y una personalidad singular.

Tampoco podemos omitir, el *SimCity*, publicado en el año 1989 por *Maxis* y más adelante por *EA games*, el juego original permitía levantar una ciudad desde su origen, creando así uno de los primeros simuladores de diseño y crecimiento urbano. El juego fue muy popular en los años 90, y ha atravesado varias actualizaciones radicales hasta la actualidad. Incluso, fue empleado con propósitos educativos, en urbanismo.

Los juegos *online* de múltiples jugadores, *MMORPG*, implementan muchas características similares con una ciudad real o también Ciudad Digital. Los jugadores se pueden comunicar e interactuar entre ellos, formar grupos o uniones temporales, con el fin de perseguir el mismo objetivo. Habitualmente, en estas comunidades aparecen grupos diferentes, en función de sus intereses, experiencia o antigüedad; las características típicas que influyen en la estructura social de cualquier comunidad. (Boellstorf, p.2008)



Imagen 84. Edificio Lasipalatsi – diseño original del edificio icónico en Helsinki.

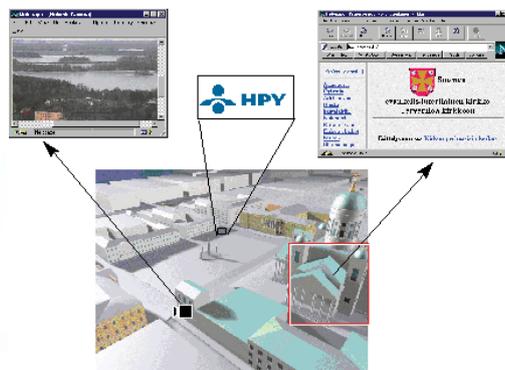


Imagen 85. Proyecto online- Helsinki arena.

Uno de los juegos más populares *MMORPG* es el *World of Warcraft (WoW)*, publicado en el 2004, constituye una de las comunidades más extensas dentro del mundo virtual y actualmente cuenta con millones de jugadores, aunque hemos de destacar que esta tendencia, en el último periodo, está en declive. La sociedad de *WoW*, está polarizada en dos facciones, la *Alianza* y la *Horda*, y los usuarios pueden elegir unirse a una de ellas dentro de este mundo, su creadora, la compañía *Blizzard*, realiza las ampliaciones, en términos geográficos y narrativos. Los jugadores crean las agrupaciones *ad hoc*, para cumplir las misiones y tareas predefinidas por el juego. El entorno tridimensional de *WoW* presenta un paisaje de fantasía poblado por seres y criaturas de cuento, un mundo ficticio con avatares imaginarios, detrás de los cuales se esconden las personas reales. *WoW* ostenta un entorno sintético donde se ha desarrollado una sociedad, con la estructura polarizada y dividida en clases sociales virtuales.

Trasladar la ciudad real a una Ciudad Digital y crear su clon virtual, en el esfuerzo de ofrecer a los ciudadanos los servicios municipales, fue una vía explorada en los principios del milenio. Destacamos el proyecto finlandés *Helsinki arena* de Risto Linturi, Marja-Riitta Koivunen y Jari Sulkanen, que concibieron un plan muy ambicioso de recrear la ciudad de Helsinki en un modelo virtual 3D y también como una interfaz 2D. Este ofrecería a sus usuarios casi todos los servicios y actividades que se pueden realizar en una ciudad física a través de una interfaz *online*. El planteamiento del proyecto pretendía abarcar un área de más de 10 km², del centro de Helsinki, donde los usuarios se podrían mover y acceder, como por ejemplo, a centros culturales, museos o edificios comerciales. En una temprana fase del proyecto, fue diseñado el famoso edificio *Lasipalatsi*, punto de encuentro preferido de los habitantes de Helsinki. En este experimento, que ofrecía varios servicios, los autores (Linturi, Koivunen y Sulkanen, 2000), observaron que más de un 70% de usuarios ha valorado muy positivamente la experiencia en 3D, y casi un 80%



Imagen 86. Proyecto Karskrona2 – ciudad física y su gemela virtual.

expresaron el deseo de volver a visitar el virtual *Lasipalatsi*. Un 30% aprovecharon su visita para comunicarse con otros usuarios y un número parecido ha disfrutado de una presentación de productos en 3D y de la radiodifusión en directo. Un tanto decepcionante tuvo que ser el resultado de la actividad comercial, rondado el 4%, para el vasto consorcio de empresas encabezado por la *Helsinki Telephone Corporation*, que promovieron este proyecto. Los habitantes virtuales de la ciudad de Helsinki se han mostrado más sociales y culturales que consumistas, recordando tanto la famosa figura baudleriana de *flaneur*.

Encontramos proyectos, con semejantes pretensiones denominados Karskrona2 y Wolfsburg2 (1998), del colectivo de arte danés Superflex, que introduce las ciudades reales en el mundo de los MMORPG. Basándose en las morfologías de la ciudad sueca de Karskrona y la de la ciudad alemana de Wolfsburg, este colectivo utiliza como herramienta de creación el software Alphaworld, creando un mundo sintético, donde los ciudadanos pueden interactuar de manera virtual. El planteamiento original de estos proyectos incluía instalar unas pantallas gigantes en el espacio físico de la ciudad de Karskrona y Wolfsburg, donde se podría visualizar la vida virtual de las ciudades gemelas sintéticas. Los proyectos incluían, tal como es natural para el software Alphaworld, la posibilidad de participar en la construcción de Karskrona2, y opinar así sobre el futuro crecimiento de la verdadera ciudad de Karskrona. La comunidad de ciudadanos – cibernautas que habitaba la ciudad virtual, en este caso se debería solapar con la comunidad local. El proyecto no se llevó a cabo por completo, a falta de instalar la pantalla prevista en el centro la ciudad, pero tuvo una gran repercusión en los círculos académicos, como una herramienta de creación colectiva y mediación de la relación entre la ciudadanía y el planteamiento urbanista (Degn y Johansson 2007).

Hay otros mundos virtuales que no se valen de los panoramas de la fantasía, en el juego *Getaway*, se replicó la ciudad de Londres con sus calles e hitos arquitectónicos,



Imagen 87. Juego Getaway reproduce las calles de Londres.

como el famoso *London Eye*. El juego se desarrolla en el entorno urbano virtual, donde los habitantes de la verdadera ciudad de Londres, cuentan con una gran ventaja al conocer bien el terreno, que es idéntico al de su ciudad real.

Algunos juegos como por ejemplo *Arden*, fueron específicamente diseñados, para observar las relaciones sociales y económicas mediadas en el mundo virtual. Este juego *MMORPG* comprueba el desarrollo de la 'economía sintética' que se origina entre sus comunidades. Basado en el funcionamiento del mercado de tipo medieval, con pequeños artesanos, vendedores y compradores, para poder observar los modelos de negocios que surgen (Castronova 2007).

El volumen del dinero que mueven estos juegos es astronómico y una gran parte recae del lado del intercambio y venta entre los usuarios, el proceso que se ha desarrollado en los juegos *MMORPG* se describe como *RMT (real-money-trading)* (Jin 2007). Este procedimiento, es el comercio con la moneda real que se intercambia por las monedas, puntos u otros valores dentro del juego. Se pueden comprar varios artículos virtuales, apreciados dentro del juego o incluso existe el producto basado en la técnica '*leveling up*', que consiste en que otro jugador gana puntos y sube de nivel jugando con el avatar del cliente. Estos métodos de juego poco limpios, se suelen llamar '*gold farming*' y están prohibidas prácticamente en todos países. Pero en China, esta práctica creció hasta casi convertirse en una industria (Jin 2007). Con miles de 'obreros virtuales' operados por obreros de carne y hueso, que trabajan hasta dieciocho horas, matando monstruos virtuales, buscando gemas y emprendiendo diversas misiones en los países de la fantasía.

Las posibilidades del negocio, dentro de la Ciudad Digital, son muy amplias, ya si se trata del negocio tradicional, sólo mediado a través de la virtualidad, como compra-venta a distancia, o de los intercambios estrechamente ligados a algún mundo virtual específico, la economía globalizada e interconectada es un hecho cotidiano en nuestra sociedad. Mitchell esboza el advenimiento de este tipo del comercio dentro

de un mundo global y unificado digitalmente, denominando este fenómeno como *la economía sin gravedad* (2001, p.156).

El mundo virtual está poblado con las aldeas y ciudades digitales, estas comparten el espíritu y el destino de las ciudades físicas, poseen un abrumador número de paralelismos, de su génesis, desarrollo de los grupos sociales y comunidades, la geometría y volumetría, sus calles, plazas y espacios verdes; la graduación de los espacios desde públicos, semi-públicos y completamente privados. Los entornos virtuales generan un tipo de ciudades que son productivas y económicamente sostenibles, sus productos en la mayoría de los casos carecen de materialidad, pero los beneficios se contabilizan en moneda real y a pesar de tener un número muy elevado de habitantes, es un mundo que casi no conoce la criminalidad. Solo hay una cuestión sin resolver, no podemos trasladar nuestros cuerpos físicos a la vida en este *matrix* digital. Quizá ha llegado el tiempo de trascender la Ciudad Digital a nuestro alrededor físico y consolidar una fusión de la ciudad material con su gemela intangible, fundando los cimientos de la Ciudad Aumentada.

2.6. La transición de la Ciudad Digital a Aumentada. El paradigma de la necesidad de proximidad.

El abandono del lugar físico a favor del entorno virtual trae consigo numerosas ventajas, pero también desventajas, podemos realizar el trabajo, la compra, el ocio y las relaciones sociales a distancia, directamente desde la casa. Pero, a la vez, esta conducta empobrece las relaciones inmediatas - con aspectos económicos, laborales y sociales- con el entorno físico más próximo. Mitchell (2001) destaca la persistente continuidad y necesidad humana de integración y relación dentro de nuestra sociedad: *“Los modelos tradicionalmente establecidos de asentamiento y las convenciones sociales son notablemente resistentes, incluso ante la poderosa presión de cambio; suelen transformarse de manera lenta, desordenada, desigual e incompleta, y la naturaleza humana se modifica raramente”* (2001, p.78).

Con el asentamiento de las redes digitales sobre el mapa del mundo, surgen dos tendencias aparentemente opuestas, McQuire (2008) apunta hacia esta desambiguación de las consecuencias directas del paradigma de la ‘Ciudad Digital’. Por un lado, la digitalización ha aumentado la dispersión de las actividades económicas y sociales, se podría estar geográficamente muy aislado, pero a la vez en el centro de la acción a través de la conexión. Pero, por otro lado, la creciente acumulación y concentración del poder en un punto determinado, consolida un número reducido de ‘ciudades globales’, que ejercen como el ‘centro’ del mando. El impacto en la esfera social es aún más evidente, los seres humanos mantienen encuentros en el ‘limbo digital ingravido’, cuestionando los límites del cuerpo y la percepción del mismo. La tecnología de la Ciudad Digital impulsa *“el desplazamiento del cuerpo como la medida fundamental de la experiencia humana, lo que nos induce a una crisis del entendimiento de los límites, referencias y dimensión del cuerpo humano”* (McQuire 2008, pp.10-11).

En términos empíricamente difíciles de calificar, adentrándonos más en el campo filosófico, a la Ciudad Digital se le podría asignar la característica de ser un ‘doble’ de la ciudad real, apoyándonos en el término freudiano del *‘doppelgänger’*. En la Ciudad Aumentada, con capas prácticamente incalculables de información virtual potencial, a través de las cuales es posible percibir el mismo lugar de un número de maneras ilimitado, un lugar cotidiano y familiar puede convertirse en un sitio nuevo y extraño, caracterizado por la sensación de ‘inquietante extrañeza’, derivado del término freudiano del alemán *‘unheimlich’*⁴⁷. Esta ocurrencia no necesariamente incluye las connotaciones negativas, al contrario, puede renovar la percepción y el uso de un entorno urbano determinado, sin necesidad de derivar las arquitecturas existentes.

En la historia, las ciudades pasaron por una serie de cambios evolutivos, en la época de la industrialización la implantación de los nuevos tipos de transporte e instalación de nuevas redes, influyó drásticamente sobre la tectónica de la ciudad.

47 Unheimlich- del alemán, extrañamente familiar. Sigmund Freud (1919) en su artículo *Das Unheimliche*, describe este concepto como una sensación desconcertante cuando algo familiar resulta extraño y lo imaginario se manifiesta como real.

Se perdieron zonas urbanas completas y muchos lugares con valor arquitectónico relevante. Barrios enteros quedaron aislados y separados por el paso de las vías de tren o autopistas de gran velocidad. Como apunta Virilio, la velocidad empezó a modelar las ciudades, creando áreas de aislamiento o incluso abandono y sin una clara 'función' que cumplir, después de quedarse en el 'otro lado'. Hemos de destacar que este proceso no es irreversible, Mitchell propone la idea de la remodelación de la ciudad a través de una "*transformación suave*", como la denomina:

"...podemos reconectar, redirigir y relanzar un tejido urbano valioso, pero funcionalmente obsoleto" (Mitchell 2001, p.163). La identidad renovada de una ciudad no tiene porqué establecer un nuevo orden, haciendo desaparecer bajo la nueva construcción las partes que ya no cumplen los parámetros funcionales de la sociedad actual. "*El recorrido a partir del punto en el que estamos hasta donde queremos estar en el futuro no tiene que implicar cambios catastróficos; podemos seguir el camino de la transformación sutil, progresiva y no destructiva*" (Ibid. 2001, p.163). Para Mitchell, el desarrollo tecnológico se puede ver reducido por el legado histórico, que no ha de desaparecer. Para que una tecnología pueda ser sostenible en términos urbanos, tiene que poseer cualidades para encajar los valores sociales, políticos y económicos; además de originar lugares y comunidades de una gran diversidad. Esto se corresponde a la condición humana fundamental de formar una parte de la comunidad y conservar el sentido de la pertenencia a un lugar determinado (Ibid.). Con la globalización de los modelos urbanos y la propulsión de los esquemas de divisiones de funcionamientos genéricos, las ciudades actuales corren peligro de decaer en un prototipo análogo. En la conservación de la identidad y la singularidad de cada ciudad nos puede favorecer la tecnología, a pesar de vivir en un mundo globalmente conectado, siempre habrá un lugar que podemos denominar 'aquí', como destaca Mitchell: "*No tendremos un mundo donde no exista un aquí en ninguna parte; más bien ocurrirá lo contrario.*" (2001, p.79)

Castells (1989, p.6) reconoce un nuevo tipo emergente de la ciudad dominada por los espacios de flujos de la información - *la ciudad informacional*. De una manera compleja, los datos se articulan con el espacio urbano existente, pero estos datos están en constante circulación, y una ubicación concreta representa solo un lugar de paso.

Mitchell (2001) apunta que la implementación de las redes ha impulsado la transformación de las urbes desde su aparición, ya se tratase de la red del alcantarillado de la antigua Roma, o las redes del gas y la electricidad en la revolución industrial y a partir de la aparición del telégrafo, las ciudades se han convertido en "*lugares conectados.*" La revolución digital, siguió la misma trayectoria y las ciudades del siglo XXI "*se caracterizarán por ser sistemas de lugares inteligentes, serviciales y receptivos, saturados de programas y de silicio, interconectados e interrelacionados*" (Mitchell 2001, p.75). La dimensión de conversión a los lugares inteligentes variará desde la escala humana hasta alcanzar la magnitud de las urbes y regiones enteras (Ibid.).

2.6.1. Los esfuerzos para aplicar la Ciudad Digital a la ciudad física. Informatización del entorno urbano.

En el modelo recientemente implantado de *Ciudad Inteligente (Smart City)*, la información es extraída desde ciertos puntos para su posterior análisis y mejora del rendimiento del ‘organismo urbano’. La noción de *Ciudad Inteligente*, es muy amplia, y muchas veces difiere en sus objetivos sustanciales.

“El concepto de Ciudad Inteligente es un “concepto difuso”, con un significado fluido: no hay una definición absoluta de una ciudad inteligente, sino más bien algunos procesos políticos, sociales, económicos y de planificación, por los cuales las ciudades se vuelven más habitables y resistentes, capaces de responder más rápidamente a los nuevos desafíos” (Carta 2014, p.5).

Ciudad Inteligente recolecta varios tipos de información y estos datos son útiles para la fluidez de la circulación de los transportes, el análisis de la contaminación del medio ambiente, la seguridad ciudadana, etc. El organismo de la *Ciudad Inteligente*, emplea un sinnúmero de sensores, tanto en variedad como en cantidad. La información recolectada pasa por el sistema nervioso de este organismo, cuyo soporte puede ser un sistema de cableado y fibra óptica, o transmitirse por las ondas en el aire con la tecnología inalámbrica, llegando a un cerebro central, o varios cerebros dispersos, para que estos tomen la decisión más correcta, lógica y provechosa. Resulta que los habitantes de la *Ciudad Inteligente*, son sólo un parámetro técnico más en este análisis metódico, aunque está diseñada con el fin de garantizar su bienestar. Nos podemos plantear la pregunta, si este diseño de la ciudad futura no se asemeja demasiado a algunos relatos de ciencia ficción en su esencia fundamentalmente distópicos.

La compañía *Cisco* y su propia propuesta de *Ciudad Inteligente*, es un ejemplo de cómo este modelo urbano no corresponde a una urbe tradicional, dirigida por los ciudadanos y sus representantes. Con el concepto *Internet of Everything* (*Cisco* 2013 :4), la idea de la recolección de datos para su auto-gestión recae en una red interconectada de sensores, ciudadanos y procesos, que involucran la extracción de datos de la vida cotidiana de una manera pasiva. Los habitantes, para *Cisco*, son ‘inteligentes’ al ser poseedores de dispositivos inteligentes, mediante los que conectarse y organizarse en redes sociales, que en este caso representan un producto comercial y no una conquista social de la tecnología.

En su análisis de los ejemplos de proyectos de *Ciudad Inteligente*, como Songdo en Corea del Sur, la socióloga Saskia Sassen (2011) critica la intención de la *Ciudad Inteligente* de ocultar su verdadera naturaleza, haciendo las tecnologías invisibles “y poniéndolas al mando, en lugar de al dialogo con los usuarios. El efecto que consiguen, es que las Ciudades Inteligentes se quedan como sistemas cerrados, y eso es una pena” (Sassen 2011). Como consecuencia, las *Ciudades Inteligentes*, tienen sus días contados y “se harán obsoletos más rápido” (Ibid.).

Los ejemplos de esfuerzos para implantar la idea de *Ciudad Inteligente*, por parte de

Génesis de la Ciudad Aumentada. De la revolución digital hasta la contemporaneidad.

Comunidad Europea, encontramos en el documento de *Digital Agenda for Europe* (2010) que engloba varios proyectos de ‘informatización urbana’.

El concepto de *Ciudad Inteligente*, ha de adaptarse indudablemente a las necesidades verdaderas de la sociedad, incluyéndola como una parte activa de su propia génesis. En el contexto social y político de la ciudad actual, el modelo de la *Ciudad Inteligente* con su poder centralizado, parece cada vez más inviable.

Por otro lado, la *Ciudad Inteligente* como una ilusión híbrida político-comercial, promovida principalmente por las administraciones o gobiernos, está en un constante proceso de desarrollo, pero no parece arraigar y sigue por tanto como una idea que continua luchando por su auto-definición, últimamente sigue siendo renovada por algunos profesionales que tienden a contabilizar el factor humano, en el sentido de la inclusión participativa como respuesta a las tendencias recientes de los modelos urbanistas emergentes.⁴⁸

“El concepto de Smart City (Ciudad Inteligente) sirve de paraguas a una variedad de estrategias enfocadas de forma genérica a mejorar la competitividad económica y la calidad de vida urbana así como hacia un nuevo urbanismo más sostenible, resiliente, inclusivo y participativo, que pivotan alrededor de nuevas infraestructuras urbanas y del papel emergente de las Tecnologías de la Información y la Comunicación” (Fiori, Ribera-Fumaz 2016).

⁴⁸ Detallados en el punto 2.8.1.

2.7. La Ciudad Aumentada. La ciudad de flujos de datos.

La ciudad ha sido conformada tradicionalmente por estructuras inertes confrontadas con ingredientes dinámicos y móviles, que poco a poco han influido y esculpido nuevas formas estáticas, como los flujos del movimiento del transporte, gente, energías y ahora también los flujos de datos, que han tomado la primicia. El arquitecto y artista Spuybroek (2004), se refiere a la constelación estática tradicional de la ciudad como a una *'cuadrícula inerte' (dry-grid)* adscrita a la geometría clásica, mientras que la nueva configuración espacial proporcionada por las redes informáticas interconectadas, se caracteriza como la *'cuadrícula líquida' (wet-grid)*. Esta nueva forma arquitectónica desplaza la *"pasiva flexibilidad neutral"* de la arquitectura modernista hacia la *"activa y flexible vaguedad"*. (Spuybroek 2004, p.357) Los flujos de los datos, forman esta *'cuadrícula líquida'* que afecta en gran medida a los movimientos y la circulación de las personas. Esta nueva condición urbana del siglo XXI, es posible gracias a los medios tecnológicos ubicuos, que permiten estar conectado en cualquier lugar, inclusive durante el movimiento, causando cambios sociales en el comportamiento individual y colectivo. La comunicación mediada por los interfaces digitales es una costumbre cotidiana que casi alcanza el nivel de la necesidad social de los urbanitas de este siglo. Esta creciente tendencia, se puede describir como una obsesión que comprende cada vez más estratos generacionales, la comunicación y la incesante necesidad de *'estar conectado'* se ha convertido en un *'fetiche'* de la sociedad actual (Kwinter 2002). La desconexión, amenaza con la exclusión social y omisión de las actividades sociales compartidas, donde las decisiones están tomadas en *'tiempo real y online'* (Ibid.). Esta simultaneidad en tiempo real se caracteriza como una circunstancia cultural predominante (Nowotny 2015).

Mediante los flujos de datos, generados por la necesidad de la conexión, se acelera nuestra *'velocidad metabólica del cuerpo a la velocidad de la luz de las comunicaciones'* (Virilio 1995, p.144), lo que deriva en las nuevas formas de *"los conjuntos espaciales híbridos nacidos de la fusión de medios de comunicación y otros sistemas de movilidad urbana"* (McQuire 2008, p.25).

Si bien, como describe Virilio (2012, p.25) *"la pantalla se convirtió bruscamente en la plaza urbana"*, ahora ésta es transportable, ubicua y permite la interacción en ambos sentidos de la comunicación. Hacia lo individual y hacia lo público, marcado por la multiplicidad y difuminando definitivamente las dicotomías tradicionales, de lo privado /público y lo real /virtual.

La nueva condición híbrida y digitalizada de la ciudad, surge en la accesibilidad desde cualquier punto geográfico, interior o exterior, estableciéndose como una característica fundamental de los espacios urbanos contemporáneos. La información que contiene, puede ser de una naturaleza heterogénea, visual, auditiva, bidimensional, tridimensional e interactiva; accesible con o sin restricciones y libre o de pago.

Parafraseando la idea de Le Corbusier, *"la ciudad hecha para la velocidad, es la ciudad hecha para el éxito"* (2013, p.179), las nuevas trayectorias de la velocidad, ahora están representadas, no por la rapidez de los vehículos motorizados, sino por la aceleración de la información propagándose por la *'bitosfera'*. Con la reciente

tecnología ubicua es posible incorporarnos a esta nueva capa informacional, que se ha instaurado sobre la ciudad contemporánea.

Después de más de veinte años desde la formación de 'la Ciudad Digital' globalizada, con la que firmemente se abrió el camino a la vida cotidiana de los habitantes de casi el planeta entero, es posible observar, que la 'original' ciudad física no perdió su importancia dominante. Los sueños utópicos, (y aquí también hay que incluir los distópicos), sobre el ciberespacio manifestados repetidamente en los inicios tempranos de la Ciudad Digital, no se llegaron a cumplir. En vez de ciudadanos 'ciborgs', mejorados por chips y cableado implantados, tenemos dispositivos tecnológicos transportables de dimensiones reducidas, que nos permiten estar conectados e interactuar con el mundo virtual. Asimismo, hay que admitir, que se está esbozando un paradigma de la simbiosis con esas pequeñas máquinas que nos acompañan a todos sitios, y que, a pesar de no existir una conexión física biológico-tecnológica, existe una conexión (o incluso dependencia) psíquica, entre el hombre y esa máquina. Como observa Mitchell (2001), el refrán de Marshall McLuhan sobre los medios como una extensión del hombre, se consuma a través de la relación del hombre y su nuevo 'mejor amigo' el teléfono inteligente.

En los últimos años, es posible contemplar la proliferación de la Ciudad Digital en el territorio de urbes físicas y gracias al avance tecnológico estas dos modalidades urbanas no tienen que competir entre ellas, sino que se completan y equilibran, formando el espacio híbrido digital-físico, tan característico para la ciudad del siglo XXI. *"La cibernsiedad basada en la fluidez de los espacios y sus relacionadas funciones, establecida en paralelo como la ciudad 'virtual', preferentemente potencia y aumenta la ciudad física, en lugar de aniquilarla"* (Aurigi y DeCindio 2008, p.1).

El urbanita contemporáneo se mueve y trasciende con mucha facilidad entre los dominios de lo virtual y lo real. Le ayudan las oportunidades, y ventajas que nos brinda ahora la Ciudad Digital, empleando las herramientas apropiadas, no diverge tanto del estilo que nos propicia el entorno urbano tradicional, sino que aumenta sus posibilidades, convirtiéndola en una 'Ciudad Aumentada'. *"En la 'Ciudad Aumentada', los espacios 'virtuales' y 'físicos', ya no son dos dimensiones separadas, sino que forman partes de un continuo, de un todo."* (Aurigi y DeCindio 2008, p.2). De esta forma se establece la nueva condición espacial y funcional de la ciudad, que a cambio recibe una ampliación inmensa, y lo hace sin la necesidad de ocupar más terreno nuevo o de destruir las estructuras existentes. Cada lugar, en conjunto de la actuación de lo virtual con lo físico, se puede remodelar en el concepto más oportuno, sin pasar por obras de construcción, lo que representa una mejora en el impacto medioambiental o en la inversión económica. Podemos incluso hablar de conjuntos arquitectónicos efímeros, existentes sólo durante el tiempo de su necesidad y validez de la función que han de cumplir. Trascurrido este tiempo es posible 'borrarlos', pero dada la condición de que la parte virtual sólo ocupa el espacio formado por los datos dentro de la 'bitosfera', en lugar de un emplazamiento material, este paso puede resultar perfectamente omisible.

Lev Manovich en su publicación *la Poética del Espacio Aumentado*, describe este fenómeno de la nueva dimensión urbana como el Espacio Aumentado, *"definido*

como el espacio físico cubierto con la información dinámicamente cambiante.” (2007, p.251) Este tiene la forma de *“una capa invisible de información, que está superpuesta sobre el espacio físico y es personalizable por los usuarios individuales”* (2007, p.252).

En su reflexión sobre este tipo de espacio urbano, que ya es muy común en la ciudad contemporánea, concluye que este posee la característica de ser ‘denso de datos’, y cada lugar determinado es potencialmente portador de varios conjuntos informacionales, provenientes del ciberespacio. Pone en duda las dimensiones tradicionales de la geometría cartesiana, como las pautas más apropiadas de describir los espacios y volumetría urbana de la Ciudad Aumentada contemporánea:

“Como resultado, el espacio físico ahora contiene muchas más dimensiones que antes, y mientras que, desde la perspectiva fenomenológica del sujeto humano, las “viejas” dimensiones geométricas todavía pueden tener prioridad, desde el punto de vista de la tecnología y sus aplicaciones sociales, políticas y económicas, estas ya no son más importantes que cualquier otra dimensión” (Manovich 2007, p.252).

Tal como la dimensión virtual prolifera en las esferas sociales, políticas y económicas, lo hace de similar manera en los lugares materiales concretos. Empleando los dispositivos ubicuos y la tecnología de la Realidad Aumentada, se puede cambiar el carácter tectónico y arquitectónico del ambiente urbano. En contexto y en estrecha cohesión de lo digital con lo físico, se pueden desarrollar nuevos conceptos arquitectónicos con una geometría híbrida, contemplando la posibilidad de la interacción virtual directa entre el espacio y el usuario. Podemos hablar de la arquitectura verdadera y plenamente interactiva, en sus fundamentos, capaz de la metamorfosis instantánea del espacio. Estas cualidades pueden cambiar la percepción humana de las formas de habitar, fusionando la virtualidad y la materialidad en un mismo espacio arquitectónico.

Las ciudades en su crecimiento actual contemplan no sólo el ensanchamiento de su perímetro, sino que también aumentan el crecimiento en el sentido virtual. El siglo XXI añadió a la ciudad tradicional una ‘capa’ nueva, la capa digital: interactiva, alterable, personalizable y geolocalizada. Poco a poco la tradicional zonificación horizontal de las distintas funciones de la ciudad queda obsoleta. Muchas de estas funciones ya han trascendido al formato digital y es posible estratificarlos y condensarlos virtualmente en una exacta ubicación física. La ciudad diversificada en capas virtuales puede ofrecer un sinnúmero de prestaciones distintas en un mismo punto y dar respuestas a las cuestiones importantes de gestión y desarrollo urbano desde el punto de vista de la sostenibilidad económica y ecológica, incluso es capaz de forjar una identidad propia cultural y artística. También dispone de la capacidad de extender y repetir una función específica, tantas veces como sea necesario a través de la multiplicidad otorgada por la condición inmaterial, ocupando vastas áreas del espacio físico. Las ‘capas funcionales’ geolocalizadas más visibles (o virtualmente densas), que hoy en día se han establecido sobre la ciudad material abarcan el

comercio, los servicios municipales, turismo, cultura, ocio, arte, educación, etc. El urbanista contemporáneo Maurizio Carta, ve la Ciudad Aumentada como una “*ciudad inteligente post-tecnológica, la ciudad humanamente inteligente*” (2016, p.14). Considera la Ciudad Aumentada como una conexión hacia la sostenibilidad de la ciudad futura, “*un organismo vibrante que conecta los lugares y los servicios, los datos y la información, los recursos económicos globales y locales, los sensores y actores sociales, en un metabolismo humano y urbano permanente*” (2016, p.14). Asimismo, Carta identifica lo que son, según él, las diez palabras claves que mejor describen las características de la Ciudad Aumentada:

- Sensibilidad.
- Crowdsourcing.⁴⁹
- Inteligencia.
- Productividad.
- Creatividad.
- Reciclaje.
- Resistencia.
- Fluidez.
- Reticularidad.
- Estrategia.

La **sensibilidad** de la Ciudad Aumentada incluye las nuevas herramientas y habilidades, capaces de ‘renovar’ el urbanismo a través de un escenario colaborativo. Esta colaboración ciudadana, se mantiene independiente de la administración de la ciudad gracias a su autosuficiencia económica, donde la manera de financiar los proyectos individuales es el **crowdsourcing**.

La **inteligencia** de la Ciudad Aumentada se genera a través de un ecosistema de ‘hardware’ mediante los espacios urbanos mejorados y del ‘software’ aportado por la ciudadanía activa y “*un sistema operativo para el diseño y planeamiento urbano avanzado*” (Carta 2016, p.14).

La **productividad**, en el contexto de la ciudad, acentúa un nuevo ecosistema **creativo** y productivo, basado en la ‘nueva economía artesana’ (Anderson 2014) y se realiza a través de la cultura en conjunto de la cooperación y comunicación mutua, fomentando una nueva forma de identidad cultural de la ciudad.

El **reciclaje** de la Ciudad Aumentada es llevado al siguiente nivel, la ciudad no solamente recicla y reutiliza los recursos materiales e inmateriales, sino que este proceso de reciclaje se planea desde la fase de proyecto.

La Ciudad Aumentada según Carta tendría que poseer cualidades de **resistencia**, para rebatir el cambio climático, la **fluidez** y la **reticularidad** tratan la regeneración de nuevas configuraciones espaciales que llevan a un ecosistema de la auto-gestión. Finalmente, la **estrategia** de la Ciudad Aumentada, debería estar más enfocada a la producción que al consumo, en el sentido de reactivación de los espacios más abandonados.

⁴⁹ Crowdsourcing- colaboración abierta o distribuida externalizando de tareas.

Reconociendo la naturaleza híbrida, material e inmaterial de la Ciudad Aumentada, Carta (2016) destaca la importancia de los recursos en la red y la importancia del enlace de los lugares colaborativos y las comunidades conectadas en red.

2.7.1. El *genius loci* digitalizado y la memoria digital del lugar.

La Ciudad Aumentada como heredera de la Ciudad Digital, se tiene que enfrentar a su propia virtualidad ensamblándose en el consenso de lo físico. La información que ‘flota en el aire’ se ha de acotar y relacionar con el lugar concreto y ha de poder manifestarse de una forma útil y perceptible para los ciudadanos, cuando estos lo deseen.

La ciudad física adquiere con la Ciudad Aumentada un nuevo *genius loci* tecnológico, traspolando la creencia romana en el espíritu del lugar que le otorga un carácter especial. Según la tradición histórica este espíritu protector se manifestaba en cierto lugar en la forma de una serpiente, otras culturas europeas también tienen un equivalente en una deidad que protege el hogar. En la época moderna, el *genius loci* fue incorporado a la cultura moderna por el filósofo Martin Heidegger y la *fenomenología*. El término *genius loci*, obviamente despojado de su estatus de deidad, proliferó también en la arquitectura moderna. El arquitecto noruego Christian Norberg-Schulz, que aplicó los principios fenomenológicos a la arquitectura, declara que un lugar aparte de las básicas características materiales, sustanciales, geométricas, de la textura y el color (propiedades ambientales), manifiesta otras, difícilmente definibles, y que estas le conceden una ‘atmósfera’ específica. El lugar posee unas cualidades, “*un fenómeno ‘total’, que no se puede reducir a ninguna de sus propiedades, como la relación espacial, sin perder su naturaleza concreta que salta a la vista*” (Norberg-Schulz 1980, p.7).

El *genius loci*, que no se puede calificar ni analizar empíricamente, es una parte de la percepción humana de un lugar en concreto, aunque seguramente no lo podemos atribuir a la existencia de una serpiente espiritual. Más bien es una herencia de ‘la cultura de la imagen’, de la cual habla Virilio, y que prevalece durante la segunda mitad del siglo veinte. De esta forma, probablemente, asociamos una imagen con un significado concreto y una carga emocional, según las singularidades que dicho lugar ofrece. Así es posible identificar el callejón oscuro con el crimen, las avenidas largas como lugares de tránsito, y las plazas pequeñas rodeadas de edificios antiguos con una mañana en una cafetería encantadora. La mayoría de las asociaciones emocionales con un lugar de carácter determinado, no surgen a raíz de propias experiencias anteriores, sino como un legado de la cultura popular.

Este pensamiento, atribuye un carácter especial a cierto lugar, que quizá no es perceptible o legible de manera inmediata, empleando tecnología como la Realidad Aumentada, se puede otorgar una nueva naturaleza a un lugar concreto. Esta información, puede ser de índole visual, tridimensional, auditiva, también interactiva y responsiva; y se puede abstraer *in situ*.

El modo de conexión con la virtualidad a través de un contenido digitalizado, es una nueva forma de retransmisión cultural que ocurre en la ciudad desde sus inicios.

Lewis Mumford, atribuye el nacimiento de la ciudad al desarrollo de los registros

permanentes, con la capacidad de transmitir la información asincrónicamente, en forma de escritos, ideogramas y signos como abstracciones verbales. De este modo la capacidad de transferir la cultura creció de manera exponencial y fue capaz de perdurar durante largos períodos del tiempo.

Mitchell (2001) apunta, que el tema de la comunicación asíncrona está anclada en la historia de la ciudad. *“En otras palabras, la ciudad llegó a depender de la comunicación síncrona y asíncrona – discurso y texto, orador y escriba, en directo y grabado, contrato escrito y apretón de las manos, ágora y archivo”* (Mitchell 2001, p.140).

Mediante la tecnología de Realidad Aumentada, la Ciudad Aumentada, puede perpetuar esta tradición, anclando el mensaje, en un formato textual o audiovisual conveniente, para ser retransmitido a petición del usuario-ciudadano. Un nuevo tipo de registro histórico ligado a un lugar concreto. Según Skwarek, la Realidad Aumentada es una herramienta idónea para recordar el pasado, permitiendo *“localizar la cultura, los eventos y las personas en el lugar donde vivían en el mundo físico, más que en un libro o archivo”* (Skwarek 2014, p.13).

Tamiko Thiel describe que la trascendencia de la fisicidad de la historia y la cultura en el terreno de la espiritualidad, concierne tanto a los individuos como a las sociedades en su conjunto, es el fenómeno de *“invertir los lugares con capas invisibles de la memoria colectiva e individual”* (Thiel 2014, p.33), destaca que, gracias a la Realidad Aumentada, es posible la fusión de esta capa virtual de memoria y cultura con la materialidad de un lugar geográfico concreto.

2.8. Los ciudadanos de la Ciudad Aumentada. Las multitudes inteligentes

Lo virtual y lo real ya actúan al unísono, en lo que concierne a la sociedad humana y las relaciones sociales, económicas y políticas.

En los comienzos del nuevo milenio, en pleno auge de la implantación de la tecnología ubicua y móvil a la vida cotidiana, Rheingold realizó una predicción, que hoy en día podemos dar por cumplida:

“Vivimos actualmente los últimos años de larga era que precede a la integración de sensores en el mobiliario. Los fundamentos científicos y económicos de la omnipresencia computacional se han desarrollado a lo largo de varias décadas, pero sus efectos secundarios sociales acaban de iniciarse. Los mundos virtuales, sociales y físicos están empezando a confluír, a entremezclarse, a coordinarse“
(Rheingold 2009, p.24).

La tecnología, al ‘difundirse’ en el mundo físico crea un nuevo nexo de la sociedad actual e influye en su comportamiento y organización, como una nueva herramienta democratizadora. Rheingold (2009) denomina esta nueva configuración de la estructura social como “multitudes inteligentes”. Mediante los dispositivos electrónicos interconectados en la red, como son los teléfonos móviles y su siguiente generación, los ‘smartphone’, estas comunidades *ad hoc*, normalmente unidas por una idea reivindicativa, más que por factores demográficos comunes, han demostrado en la última década ser una potencia ciudadana políticamente muy influyente.

En el año 2001, en las Filipinas, estas comunidades demostraron ser capaces de derrocar gobiernos. El proceso de destitución del presidente Estrada fue interrumpido por la sociedad filipina, ante sus abusos anti-democráticos, lo que movilizó a los líderes de la oposición a enviar mensajes SMS, y en el plazo de poco más de una hora, 20 mil personas se reunieron en las calles de Manila en forma de protesta (Rafael 2006). En los siguientes cuatro días, el número de manifestantes alcanzó un millón, lo que condujo a la retirada del apoyo por parte de ejército al presidente Estrada y a la caída de su gobierno.

El caso más reciente de las ‘multitudes inteligentes’, es la llamada ‘Primavera árabe’, ocurrida en el año 2011, esta vez el medio de comunicación fueron las redes sociales, que alertaron y empujaron a los ciudadanos de Egipto, Túnez y otros países árabes a salir a las calles y unirse en protesta contra el régimen de sus gobiernos. Aunque las ideas iniciales fueran propagadas en el espacio virtual, la acción y las consecuencias se trasladaron al espacio físico, ocupando calles y plazas de la ciudad real. Ratti caracteriza este hecho con la siguiente formulación: *“La revolución misma fue la superposición de las redes digitales sobre la acción pública y el espacio material de la arquitectura, es allí donde realmente alcanza la gravedad”* (Ratti 2015, p.75). Encontramos movimientos sociales semejantes, como el Movimiento 15M que apareció en mayo de 2011 en España, lo que demostró otra vez la eficacia de la acción personificada en la ciudad física por parte de las comunidades virtuales.

Las redes sociales como medio comunicativo tuvieron un papel imprescindible en la organización del movimiento social. Las plazas públicas de varias ciudades en España fueron el escenario de demostración del descontento de la ciudadanía con el gobierno y el sistema político bi-partidista.

La interacción virtual, tiene un efecto muy real dentro de la ciudad física, los ciudadanos adoptaron estas prácticas sin la menor perturbación y en la actualidad forman una parte indispensable de la vida pública de las urbes; los ciudadanos ya crearon y forman parte de la sociedad de la Ciudad Aumentada.

Pero los ciudadanos organizados por la conexión a través de la red se reúnen no sólo con propósitos de influir en la política global del estado, sino también para conseguir cambios pequeños al nivel de las ciudades y los barrios. Las plataformas que les sirven de soporte de la información suelen ser las redes sociales, pero localizadas en cierto lugar y vinculadas a una concreta comunidad, Domenico Di Siena caracteriza esta nueva pauta del comportamiento y sucesos urbano-cívicos: “*empieza a desarrollarse un modelo de información mucho más distribuido, empieza a ofrecer a cualquier ciudadano la posibilidad de producir información local relevante*” (Di Siena 2011). Este principio hace a los ciudadanos partícipes en el proceso del desarrollo directo de la ciudad dándoles la oportunidad de alterar el “*código de construcción y gestión de la ciudad*” (Ibid.).

2.8.1. Urbanismo como movimiento social.

En la actualidad nos enfrentamos a la posibilidad de poder desarrollar un nuevo tipo de arquitectura, diseñada y compartida en colaboración con los mismos ciudadanos, la Arquitectura de Código Abierto (*Open Source Architecture*), que también trae consigo el cambio paradigmático del planteamiento urbano. *Urbanismo Open Source*, *Urbanismo participativo* y *Urbanismo P2P* son las tendencias que intentan retomar el desarrollo urbano desde el punto de vista de sus habitantes, contando con la participación ciudadana, y son los ciudadanos mismos quienes pueden tomar decisiones en el diseño y producción del mismo. En su conjunto, estas nuevas formas de urbanismo tienden a prescindir de la figura central del ‘experto’, propia del planeamiento urbanista desde la revolución industrial hasta la actualidad, donde prácticamente todas las decisiones del diseño urbano quedan en manos de unos pocos profesionales o políticos. La modalidad del urbanismo participativo, rompe este círculo centralizado del poder. Estas iniciativas de inclusión ciudadana en el proceso generativo, dan un nuevo sentido a la arquitectura *vernacular*⁵⁰, es decir, ‘la arquitectura sin el pedigrí’ como la define el arquitecto Rudofsky (1965), construyendo la identidad de la ciudad con la copropiedad de su factor humano.

Desde la Revolución Industrial, pasando por la arquitectura funcionalista que llevó hacia la internacionalización, y la globalización de formas arquitectónicas y

⁵⁰ Dentro del concepto vernacular se incluyen según Rudofsky (1965) las urbes y arquitecturas realizadas por sus propios habitantes, estableciendo formas tradicionales y endémicas de arquetipos del hábitat humano de los distintos lugares de la tierra, eran las arquitecturas y ciudades creadas sin ningún plan general, llenas de peculiaridades que les otorgaban un carácter único.

urbanas, se hace cada vez más evidente la pérdida de la identidad urbana. Estas transformaciones de la ciudad desembocaron inevitablemente en lo que Koolhaas denomina *la ciudad genérica*:

“Es la ciudad sin historia. Es suficientemente grande como para todo el mundo. Es fácil. No necesita mantenimiento. Si se queda demasiado pequeña, simplemente se expande. Si se queda vieja, simplemente se autodestruye y se renueva. Es igual de emocionante -o poco emocionante- en todas partes. Es “superficial”: al igual que un estudio de Hollywood, puede producir una nueva identidad cada lunes por la mañana” (Koolhaas 2006, p.12).

Koolhaas, con un tono pesimista muy propio de este autor, predice el futuro de la ciudad genérica como “... *la post-ciudad que se está preparando en el emplazamiento de la ex-ciudad*” (Koolhaas 2006, p.23).

El modelo de gestión tradicional urbanista se ha estancado y se vuelve hacia las nuevas tecnologías en busca de un nuevo modelo sostenible para el futuro de la ciudad. Por ahora estas tendencias no son predominantes, pero está claro que la renovación es inminente. Los términos como *Urbanismo Open Source*, *Urbanismo P2P*, *Urbanismo Participativo* y *Urbanismo Emergente* resuenan cada vez más entre los urbanistas profesionales, aunque las definiciones de estos términos suelen diferir mucho o por el contrario parecerse hasta el punto de poder intercambiarse entre ellos, todos en su conjunto destacan unos rasgos principales comunes como participación ciudadana y mayor transparencia en la toma de decisiones. Para aproximarse a estos modelos, se han de realizar cambios necesarios e importantes al nivel profesional y político.

El *Urbanismo Participativo*, necesita crear cierta infraestructura de comunicación directa entre ciudadanos y administración, mediada a través de Internet y de las redes sociales. Dentro de este modelo se describe el papel de la administración como posible promotor o *partner*, el sector privado podría ser otro de los *partners*, mientras a los ciudadanos se les asigna el rol de *prosumer*, es decir productor y consumidor a la vez (Cámara Menoyo 2014). Para garantizar una participación activa por parte de los ciudadanos, necesitamos una comunicación que va en ambos sentidos entre el gobierno local y los habitantes. Una participación activa ha de cumplir con las siguientes condiciones: acceso a la información, espacios para las reuniones públicas (físicos o virtuales), y capacidad para la toma de decisiones (colectivas o individuales) (Appadurai 2008, Freire 2009).

En torno al *Urbanismo P2P* encontramos las declaraciones de sus fundamentos por el círculo multidisciplinario liderado por el matemático Dr. Salingaros. Entre los principios del *Urbanismo P2P*, se incluyen: el derecho humano a elegir el entorno construido en el que vivir, el acceso de los ciudadanos a la información relativa a su entorno habitable y el poder participar en la toma de decisiones, participación a todos niveles, desde el co-diseño hasta la posibilidad de construir. Destaca el compromiso para la difusión y generación de conocimiento. Las tecnologías y teorías referentes al desarrollo urbano a nivel local y social, han de ser libres para

compartir, garantizando su futuro desarrollo y revisión. Las herramientas que permiten este modelo de planeamiento urbano explotan las nuevas tecnologías de la información y comunicación, que pueden evolucionar las habilidades y prácticas urbanas (Salingaros 2005).

El *Urbanismo Open Source*, (de código abierto), toma su nombre de un procedimiento de desarrollo informático, donde el código no está cerrado y los usuarios pueden acceder a él para modificarlo y perfeccionarlo, un método con el cual fue diseñado por ejemplo el sistema operativo Linux. Basándose en los principios de Benkler acerca de la producción *Open Source*⁵¹ y el *Copyleft* de Stallman, se adaptan estos conceptos al urbanismo y describiendo unas prácticas propias del *Urbanismo Open Source* (Bradley 2015).

- “*Basado en la contribución*” (Bradley 2015, p.100), no desde el sentido tradicional capitalista del trueque, sino como una aportación voluntaria al bien común, como la diseminación altruista de conocimiento, diseño y fabricación. De estos bienes, tanto materiales como inmateriales, se pueden beneficiar también los miembros que no aportan activamente ninguna contribución propia.
- “*Código transparente*” (Ibid.), el método de tipo Open Source aplicado al software, en este caso representado por el prototipado de la construcción.
- “*Motivado por la satisfacción de las necesidades o deseos*” (Ibid.), diseñados y producidos no para obtener un beneficio económico, sino para contribuir a la sociedad.
- “*Realizado como ‘peers’*” (Ibid.), la organización es parecida a la red P2P (Peer-to-peer) basada en un sistema de la organización en nodos, sin un orden jerárquico. Aunque la idea está basada en la igualdad de todas las partes contribuyentes, existe la necesidad de la función de moderadores e iniciadores, que garanticen “*las reglas de la producción, medien la innovación, retroalimentación, coordinen el desarrollo y los protocolos*” (Bradley 2015, p.102).
- “*La ética de compartir*” (Ibid.). Los proyectos que se desarrollan con el método de código abierto, han de ser libres para compartir con otros grupos de interés o en este caso habitantes de cualquier ciudad en el mundo. Están predestinados para su posterior desarrollo y modificación, adaptándose a diversas situaciones urbanas o sociales.

Domenico Di Siena, en sus reflexiones sobre las *Ciudades Open Source*, destaca la importancia de los medios digitales de comunicación, como una herramienta muy útil en el proceso de democratización del planeamiento urbanista.

⁵¹ La producción Open Source de Benkler, representa la “tercera modalidad de la producción, después del capitalismo, socialismo o sus mezclas. La producción tiene como fin la creación del producto, no intercambiarlo por dinero para adquirir otros productos, sino para satisfacer una necesidad concreta.

“Lo digital crea un nuevo sistema basado en la suma o acumulación de todas las pequeñas potencialidades (o poderes) de la masa, que gracias a los sistemas de comunicación en red pueden igualar o superar el poder (o potencial) de los que hoy se encuentran en una posición privilegiada” (DiSiena 2011).

A partir de este nuevo poder de los habitantes, adquirido gracias a las redes digitales, es posible que *“el fenómeno de auto-organización inconsciente se vuelve control consciente e intencionado cuando se permite a los individuos entender los efectos de sus acciones”* (Ibid.).

Se añade a los términos anteriores uno más, el *Urbanismo Emergente*, como una especie de urbanismo informal, realizado por grupos de ciudadanos auto-organizados, *“se contraponen, o al menos complementa, a la planificación urbanística convencional.”* (Freire 2009, p.20) Criticando a los urbanistas, que desde su posición central, no son capaces de salirse de la noción tradicional del diseño urbano, enfocado *“en la parte tangible que representan la arquitectura y las infraestructuras “duras”* (Ibid.), destaca la participación ciudadana en la construcción *“de la ciudad informal, y que este tipo de procesos ‘no oficiales’ o ‘no planificados’ tienen una importancia mayor de la que nos proporciona la visión convencional”* (Ibid.). Discierne la aportación ciudadana, como el proceso de revaloración urbana más concluyente de entre los intentos fallidos de implementar la informatización por parte de la administración.

Urbanismo participativo, Urbanismo P2P y Urbanismo Open Source, parecen perseguir y honrar los mismos ideales y están fundamentados sobre las mismas bases. Las intervenciones urbanas que se ajustan al perfil de este nuevo método son cada vez más habituales. Para estas formas de generación de entorno urbano, donde el rol tradicional de planificador urbanista-arquitecto se pierde, o se deriva a una posición secundaria, resulta vital un escenario multidisciplinario.

A pesar de recibir tantos nombres diferentes, este nuevo tipo de prácticas urbanistas implican y hacen partícipes a los propios habitantes en el diseño del futuro de sus ciudades. Abandonan la jerarquía centralizada en el poder administrativo, a favor de la utilización de modelos mixtos o completamente independientes, utilizando el método P2P más democrático producen los diseños y proyectos de código abierto, para el provecho de toda la sociedad. Estas iniciativas suelen estar organizadas por grupos de entusiastas, pero también promovidas en colaboración de la ciudadanía con las administraciones locales. Los proyectos que se elaboran bajo estos conceptos pueden diseñar el entorno urbano desde cero o reintegrar y renovar lo existente.

Entre los métodos de creación urbana novedosa hay que sumar los proyectos que buscan nuevas maneras de interactuar con la ciudad, aprovechando las facilidades urbanas existentes para fines diferentes, o produciendo nuevas herramientas físicas o virtuales conforme a la ‘ética hacker’, por lo que a veces estas prácticas se denominan ‘hackear la ciudad’. En el mundo de las ciudades globalizadas y moldeadas por la uniformidad, los métodos de código abierto e intentos de *hackear* la ciudad, devuelven a sus ciudadanos, de una manera creativa, el derecho de valorar y obrar el futuro de su ciudad. Las herramientas tecnológicas pueden influir tanto en el desarrollo de la ciudad tangible como en su parte intangible y virtualizada.

A través de sus habitantes, su fuerza creativa e imaginativa, la ciudad actual logra forjar su identidad propia.

La palabra *'hacker'* y *'la ética hacker'* que la acompañaba en la época de los principios de la colaboración a través de la red, adquirió un matiz un tanto adverso y perjudicial en los años noventa. Con las nuevas tecnologías colaborativas, poco a poco recupera su antaño significado. Hoy la palabra *hackear* también tiene el significado de emplear código para utilizar hardware libre, o, comercial para uso personalizado, permitiendo fabricar sus propios dispositivos. Si añadimos a esto la posibilidad de diseñar e imprimir piezas personalizadas, utilizando impresoras 3d, y microcontroladores libres (como *Arduino*), podemos crear en nuestra propia casa equipos electrónicos capaces de realizar un sinfín de tareas diferentes. La mayor importancia en todo este proceso creativo, recae en el hecho de compartir ideas a través de Internet y así poder colaborar en futuros desarrollos, lo que *"impulsará la fuerza de aceleración de una producción colectiva. Usted es el diseñador. La fabricación está democratizada"* (Ratti 2015, p.94).

Los ciudadanos o 'nuevos hackers' toman en sus manos el poder y el dominio de los urbanistas, desde las pequeñas intervenciones físicas sobre el terreno urbano hasta los *hackeos* del software del equipamiento urbano. En el sentido de buscar y explorar nuevas posibilidades de uso inesperadas y no programadas, los entusiastas de este movimiento buscan revalorizar la ciudad y hacerla más habitable, haciendo que responda a sus necesidades reales, la arquitectura mezclada con los principios *hacker* para poder crear un *"prototipo de espacios públicos conectados"* (Pérez de Lama 2006, p.4). Este conjunto de elementos físicos e intangibles describe *"el concepto de hackitectura, propone una práctica recombinante de espacios físicos, flujos electrónicos y cuerpos sociales, que es llevada a cabo por equipos de arquitectos, programadores-tecnólogos y ciudadanos-activistas"* (Ibid.).

Encontramos diversas intervenciones que se adscriben a estas nuevas prácticas urbanistas, entre ellas *Park(ing) Day*, organizado por Rebar Group desde 2005, inicialmente en la ciudad de San Francisco. Esta actuación urbana es una respuesta a la falta de los espacios verdes de esta urbe. Los activistas alquilan las plazas de aparcamiento y durante varias horas las convierten en parques. La legitimidad de este evento no contradice la legalidad vigente, mientras las plazas se paguen no hay ninguna directriz especificando que su único uso permitido es el del estacionamiento de vehículos. Rebar define estas pequeñas intervenciones urbanas como el *Urbanismo Táctico*, cuyo principio es *"el uso de revisiones modestas o temporales de los espacios urbanos, para sembrar cambios estructurales ambientales"* (Rebar 2005, p.2). El evento se ha convertido en una tendencia popular, extendiéndose a otras ciudades y países. *Park(ing) Day* se repite anualmente, eligiendo como fecha de su realización el tercer viernes de septiembre. En el año 2011 se desarrollaron simultáneamente eventos *Park(ing) Day* en 162 ciudades de 35 países diferentes (Bradley 2015). La idea inicial se propagó bajo licencia Creative Commons, cuya naturaleza de código abierto, dio lugar a un amplio abanico de actividades, variando desde el entretenimiento o el reposo en las zonas verdes hasta las actividades laborales, como reparación de bicicletas o clínicas de salud gratuitas (Ibid.). Una de las versiones, adaptando la idea inicial, estableció el concepto de *parklets* micro

La Ciudad Aumentada.



Imagen 88. Park(ing) Day en San Francisco.

122



Imagen 89. Parklet Manual imagen del manual.



Imagen 90. Iniciativa- Adopta un alcorque.

parques efímeros o permanentes abiertos a todos. El departamento del planeamiento urbano de la ciudad de San Francisco, adoptó esta iniciativa, difundiéndola como el *Parklet Manual*, donde se estipulan las reglas básicas legales y objetivos generales de este tipo de intervención urbana.

Otro ejemplo que cuenta con la participación ciudadana es la iniciativa *Adopta un alcorque*, una actividad de huerto urbano llevada a cabo en el barrio de Lavapies, Madrid, en 2015, que se centra en los pequeños huecos diseñados en las aceras para plantar árboles y recoger las aguas. Los alcorques de las ciudades contemporáneas suelen ser una imagen del poco civismo de sus habitantes, llenos de basura y desperdicios, estos espacios son clasificados como zonas verdes, pero escasamente son mantenidos por los gestores municipales. La idea de la intervención *Adopta un alcorque* es embellecer estos pequeños espacios con la ayuda de los habitantes del mismo barrio, cultivando plantas y flores en el hueco alrededor del árbol. Es uno de los métodos para inculcar a los ciudadanos los valores del respeto por el medio ambiente más próximo.

En la iniciativa originada en el 2001 por el grupo AAA⁵², llamada *ECObox* ubicada en el barrio *la Chapelle* de París, se regenera el tejido urbano mediante la intervención de sus ciudadanos. El emplazamiento elegido para este jardín temporal construido a partir de materiales reciclados, fue una parcela abandonada o en infra-uso. Creando un jardín en este espacio se le dio "*un uso flexible y reversible*" (urbantactics.com). Las prácticas empleadas en esta intervención urbana son: activismo de apropiación, plantación en un jardín colectivo, acción social y revalorización de un sitio vacante infra-utilizado (foodurbanism.org).

El activismo de apropiación, en este contexto, se lleva a cabo mediante la ocupación de las parcelas abandonadas, cambiando su función a una nueva utilidad como terrenos agrícolas, cumpliendo con los objetivos de "*la soberanía alimenticia* y

52 Atelier d' Architecture Autogérée.

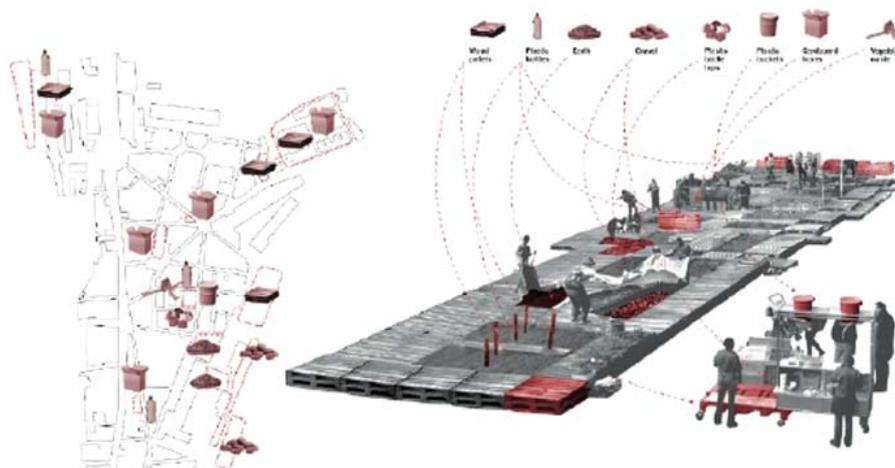


Imagen 91. Proyecto ECObox.

cultivo como el acto militante” (Ibid.). La meta del jardín colectivo, no es obtener beneficios monetarios por los productos cultivados, sino favorecer la creación de vínculos socio-culturales entre sus miembros. Estas iniciativas ciudadanas surgen habitualmente por falta de gestión urbana desde la administración pública en lugares abandonados y en desuso, que rompen con el tejido urbano coherente. Se produce una revitalización de espacios urbanos mediante una reacción social a su entorno próximo construido, revalorizando los ‘vacíos’ de estructura urbana.

Gracias al simple diseño elaborado por AAA, que se basa en la reutilización de palets de madera, la reproducibilidad y reimplantación de estas tácticas urbanas, se generaron muchos jardines similares fuera de este barrio parisino. El jardín *ECObox* de la Chapelle funcionó en el período entre los años 2001-2005, pero su idea fundamental se extendió a otros lugares con características semejantes.

Entre los ejemplos de nuevas tácticas urbanas, utilizando las herramientas informáticas más allá del nexo comunicativo, encontramos el proyecto de *WikiPlaza*, ideado por el colectivo *hackitectura.net*. Realizado desde el año 2005, este proyecto pretende vincular el espacio público físico como es una plaza, con su equivalente virtual como son los foros de Internet o las redes sociales. En un escenario abiertamente multidisciplinario, mediante la mezcla de tecnología informática y arquitectura, este proyecto constituye “*un espacio público activo e híbrido entre lo físico, lo social y lo digital; un dispositivo para la producción social del espacio mediada por tecnologías digitales libres, y gestionada por sus propios habitantes*” (Pérez de Lama 2009, p.24). El espacio de *WikiPlaza* está en proceso de re-configuración permanente al gestionarse por los usuarios mismos. La comunidad resultante de este ensamble físico-virtual, dispone de una organización que carece de una jerarquía predominante, como una “*red horizontal*” (Ibid.) de relaciones socio-tecnológicas. Según sus autores, los principales componentes de la *WikiPlaza* son: “*spaceware (arquitectura), hardware, software, netware y humanware (los diagramas organizativos o sociales que hacen*



Imagen 92. Proyecto WikiPlaza.

funcionar lo que podríamos denominar la máquina arquitectónica WikiPlaza” (Ibid. 2009, p.25). El proyecto en su primera edición empezó en una plaza de Sevilla, extendiéndose posteriormente a otras ciudades.

Para la realización de proyectos, donde los ciudadanos participan en el mantenimiento y la gestión urbana con el fin de hacer la vida cotidiana más fácil, son cada vez más populares las herramientas informáticas como los mapas *online*. Estas herramientas en la red permiten generar los mapas alternativos, persiguiendo ciertos objetivos. *En Bici por Madrid*, los usuarios pueden encontrar un mapa que desvela la red de rutas detalladas para la bicicleta como el medio de transporte alternativo. Indica las rutas con menos incidencias de tráfico rodado o viandantes, estacionamientos para las bicicletas en las proximidades de las estaciones del Metro, o aparcamientos para las bicicletas vigilados y de pago.

La iniciativa *Love Clean London*, implantada por el ayuntamiento de Londres, incluye una aplicación para smartphones que permite a los ciudadanos subir fotografías a la red y denunciar las infracciones o imperfecciones del entorno urbano. Gracias al uso de GPS, estas imágenes junto con las descripciones del problema detectado, quedan reflejadas en un mapa online, accesible a la administración y a los habitantes. La iniciativa de una *Web*, que sirva para mejorar la gestión cotidiana de una metrópoli, se ha esparcido por el mundo virtual y también físico, en la actualidad traspasó las fronteras del Reino Unido ampliándose a varios continentes. Organizadas en una *Web* bajo el nombre *FixMyStreet*, estas aplicaciones permiten a los ciudadanos de ciudades concretas, denunciar o visualizar problemas locales. En el territorio español, esta iniciativa se ha empleado en el municipio de Alcalá de Henares, donde a través del enlace *Ciuda.Alcala.org*, se evidencian y geolocalizan en tiempo real las incidencias urbanas detectadas por los ciudadanos.

Un ejemplo interesante es una aplicación que facilita la tarea de una prestación municipal tan importante como es el servicio de bomberos, *FirefighterLog* (2010).



Imagen 93. Aplicación *Firefighter Log* para *Google Glass*.

Esta aplicación para smartphones, desarrollada como una iniciativa individual de un bombero con habilidades de programación, registra las llamadas al número de emergencias y extrae datos importantes que pueden salvar las vidas. En una situación de peligro concreta, la aplicación visualiza el tipo de emergencia y la dirección afectada sobre un mapa de incidencias, incluyendo datos imprescindibles como por ejemplo la ubicación de bocas de incendio más cercanas. En la actualidad esta aplicación también tiene una versión en Realidad Aumentada para los dispositivos *Google Glass*⁵³, capaz de superponer directamente a la percepción visual del bombero información adicional como los planos de los edificios o vehículos cercanos afectados, facilitando las tareas y orientación en condiciones de riesgo.

Los métodos de creación de la Ciudad Aumentada son similares a los del urbanismo participativo y perpetuados por contribuyentes anónimos. Organizados en los grupos o trabajando individualmente, estos constructores colaboran en el levantamiento de la Ciudad Aumentada 'ad-hoc' del siglo XXI. A diario, la Ciudad Aumentada crece, la información virtual geolocalizada se densifica y cubre el territorio de la materialidad. Este hervor incesante genera los entornos aumentados con la misma rapidez, con la que es capaz de destruirlos.

El urbanista-arquitecto de la Ciudad Aumentada, necesita conocimientos de la materia tangible, tanto como de la intangible, se sale del cliché de la profesión que se centra en una sola disciplina. Los partícipes en la construcción de la Ciudad Aumentada pueden ser expertos, pero también lo pueden ser los aficionados de un amplio abanico de ciencias sociales, técnicas e informáticas. La Ciudad Aumentada está siendo construida por sus habitantes, más que por un poder centralizado. *Hackeando*, aumentando, borrando y alterando, la actividad de la construcción en la Ciudad Aumentada está en constante ebullición; la clasificación, la valoración y el prestigio, son las nuevas herramientas que determinan la población de estos lugares aumentados.

53 Google Glass- HMD de visualización RA tipo optical-see-through, desarrollado por Google.

2.9. El arte en la Ciudad Aumentada.

La Ciudad Aumentada, entre todas las funciones urbanas que desempeña, alberga una capa dedicada al arte. El campo de la Realidad Aumentada artística establece unos nexos de unión entre la materialidad y la virtualidad de las ciudades, un nuevo enfoque del arte contextual, que interactúa y convive con la urbe real. El arte contextual *“agrupa todas las creaciones que se anclan en las circunstancias y se muestran deseosas de ‘tejer con’ la realidad.”* (Ardenne 2006, p.15) Los espectadores salen a las calles, a veces trazan largos recorridos guiados por sistemas de geolocalización o mapas electrónicos, como punto de acceso al arte, siempre en compañía de su dispositivo móvil, el smartphone, la tableta y la omnipresente conexión a la red. El discurso del arte urbano puede tomar varios caminos: concienciar, criticar, protestar, rememorar o simplemente divertir, pero siempre sin prescindir de un ingrediente fundamental, la ciudad.

Paul Ardenne en su descripción del arte contextual, subraya la necesidad de los artistas de salir de las galerías y museos, un terreno tradicional de conformidad para el arte. Dejar atrás estos espacios convencionales amplía considerablemente los espacios destinados al arte, *“...puede adherirse al mundo, a sus sobresaltos, ocupar lugares más diversos, ofreciendo al espectador una experiencia sensible original”* (Ardenne 2006, p.22).

El arte en Realidad Aumentada constituye un nuevo punto de vista artístico, reforzando la mirada hacia la ciudad o un lugar concreto de la misma, encajando la virtualidad con la materialidad a su antojo y siguiendo sus convicciones y el ímpetu creativo. Este tipo de arte acerca al ciudadano a descubrimientos de lugares ocultos y olvidados, o por el contrario muestra a través de un punto de mira inédito lugares conocidos, convirtiéndolos en una experiencia novedosa. Siguiendo la tradición de la ‘Deriva Situacionista’⁵⁴, podemos trazar recorridos con una lógica interna, que queda fuera de los flujos de circulación masiva de la cotidianidad urbana, creando mapas alternativos de los sucesos urbanos. Apunta a lugares capaces de dibujar una entrañable situación particular dentro del tejido urbano, imponiendo la intervención artística de índole híbrido y ensamblando la realidad urbana puramente física con su *doppelgänger* virtual.

Mediante la inclusión de técnicas de Realidad Aumentada en el arte, el espectador puede llegar a emplazar contenidos virtuales en un contexto físico específico, convirtiéndose en un creador participativo. La obra concebida de esta manera, puede hacer su eco a través de la red, o quedarse íntima y sensible, responsiva solo a un usuario particular.

La tecnología de posicionamiento global ha pasado de un uso restringido, a un uso masificado, comprimida en un objeto de uso cotidiano como el teléfono móvil,

54 *“Entre los procedimientos situacionistas, la deriva se presenta como una técnica de paso ininterrumpida a través de ambientes diversos. El concepto de deriva está ligado indisolublemente al reconocimiento de efectos de naturaleza psicogeográfica y a la afirmación de un comportamiento lúdico-constructivo que la opone en todos los aspectos a las nociones clásicas de viaje y de paseo”* Guy Debord (1958), La teoría de la Deriva.

que es tomado por el arte como si fuese un pincel, pasando a formar parte de las herramientas de expresión creativa. El uso de estos dispositivos electrónicos afecta a las dinámicas de la ciudad de una manera novedosa.

“Las plazas de la ciudad son lugares de intercambios de información y de relaciones, permiten que los datos y la gente se desplacen alrededor en patrones inquietos de la co-presencia y del movimiento. Esta condición puede ser intensificada mediante la introducción de espacios no-físicos en nuestras ciudades a través de las pantallas, zonas wireless etc ...” (Borden 2007, p.322).

El arte a través de la Realidad Aumentada es capaz de establecer relaciones con la ciudad de una manera más directa y libre, sin la necesidad de solicitar permisos a la administración local para llevar a cabo cualquier actividad artística, ocupando una parte importante del espacio virtual. Trastoca las nociones tradicionales de lo público y lo privado en la ciudad física, dibujando un mapa alternativo de la misma, donde la virtualidad tiene un carácter decisivo sobre el paradigma de la privacidad. Tamiko Thiel en su reflexión sobre el arte en Realidad Aumentada sostiene: “*Como el arte intervencionista, la Realidad Aumentada cuestiona la posesión y el control sobre el espacio físico*” (Thiel 2014, p.33). Destaca el fenómeno de la apropiación del espacio físico a través de la Realidad Aumentada, porque este representa un equivalente del lienzo sobre el cual se dibuja lo virtual, encajando la obra en su contexto (Thiel 2014).

Los artistas Freeman y Ulmer (2014), aclaman la nueva condición del arte público, que a través de la Realidad Aumentada llega a ser verdaderamente abierto y público, al no tener que responder frente a ninguna autoridad, pública o privada. Mediante esta tecnología es posible erigir la obra en cualquier lugar, trascendiendo fronteras políticas o geográficas, saltándose las barreras entre las esferas de lo privado y lo público y salvando distancias humanamente inalcanzables.

“*El discurso público se ha trasladado a un nuevo espacio: un espacio virtual que permite la exploración del arte móvil basada en la localización en público*” (Freeman y Ulmer 2014, p.61).

Gracias a estas características, se abren nuevas posibilidades para el arte. Los artistas, que utilizan tecnología de Realidad Aumentada para crear su obra, reconocen estas propiedades singulares, que hacen único el arte en Realidad Aumentada. En el año 2011, surge a partir de la colaboración entre artistas de Realidad Aumentada, el colectivo *Manifest.AR*; y sus miembros participan en la elaboración de un documento con un nombre elocuente “*The AR Art Manifesto*” (*El Manifiesto del arte de la Realidad Aumentada*). Mark Skwarek, Tamiko Thiel y Sander Veenhof entre otros muchos autores, constituyeron las bases sobre las que se basa el Arte en Realidad Aumentada. A continuación, incluimos el texto original (traducido), de este documento:

- “*Todo lo que es Visible debe crecer más allá de sí mismo y extenderse en el Reino de lo Invisible*” (Tron, 1982)
- La Realidad Aumentada (RA) crea realidades espaciales coexistentes, en las cuales cualquier cosa es posible - ¡En Cualquier Lugar!.

Génesis de la Ciudad Aumentada. De la revolución digital hasta la contemporaneidad.

- El futuro de la RA está libre de fronteras entre lo real y lo virtual. En el futuro de la RA, nos convertimos en los medios, liberando lo virtual de una pantalla estanca, transformando los datos en tiempo real en un espacio físico.
- El cristal de seguridad de la pantalla se rompe, lo físico y lo virtual se unen en un nuevo espacio intermedio. Ese es el espacio, donde elegimos crear.
- ¡Estamos rompiendo las misteriosas puertas de lo Imposible! El espacio y el tiempo son todo lo que necesitamos. Ya vivimos en el absoluto, porque hemos creado una presencia geolocatoria, omnipresente y eterna.
- En el siglo XXI, las pantallas ya no son fronteras. Las cámaras ya no son recuerdos. Con RA lo virtual aumenta y realza lo real, poniendo el mundo material en un diálogo con el Espacio y el Tiempo.
- En la era de los colectivos virtuales instantáneos, los activistas de RA agravan y alivian la tensión superficial y la presión osmótica entre lo llamado 'Virtual de la Red' y lo que es llamado 'Real-Físico'.
- Ahora, las hordas de creadores de RA en red, despliegan los medios virales virtuales superponiendo y abrumando a los sistemas sociales cerrados alojados en jerarquías físicas. Creando unas provocaciones en la RA subliminales, estéticas y políticas, desenlazando tecno-disturbios en una sustratósfera de la experiencia online y offline.
- Permaneciendo firmemente en lo real, ampliamos la influencia de lo virtual, integrando y trazando el mundo que nos rodea. Los objetos, los subproductos banales, las imágenes fantasma y los eventos radicales coexistirán en nuestros hogares privados y en nuestros espacios públicos.
- La RA instala, revisa, impregna, simula, expone, decora, agrieta, infesta y desenmascara a las instituciones públicas, su identidad y su objeto que antes sostenían los proveedores de la élite política pública y artística en lo llamado real y físico.
- El teléfono inteligente y los futuros dispositivos de visualización son los testigos materiales de estos objetos de arte de dimensiones efímeras, eventos post-escultóricos y arquitecturas inventivas. Invadimos la realidad con nuestro espíritu viral virtual.
- RA no es un plan marcial de vanguardia o de desplazamiento, es un movimiento de acceso aditivo que estratifica, relaciona y fusiona. Abarca todas las modalidades. Al contrario que el espectáculo, la cultura aumentada introduce la participación total.

La Ciudad Aumentada.

- RA es una nueva forma de arte, pero es anti-arte. Es primitiva, lo que amplifica su potencia viral. Es *'bad painting'* desafiando la definición de *'good painting'*. Aparece en los lugares equivocados. Toma el escenario sin permiso. Es un arte conceptual relacional que se auto-actualiza.
- RA es ingrátida y oculta, debe ser encontrada. Es inestable e inconstante. Es ser y llegar a ser, real e inmaterial. Está allí y puede ser encontrada - Si se la busca. (AR Manifest 2011).

2.9.1. La legibilidad del territorio del arte de la Ciudad Aumentada.

La Ciudad Aumentada, tal como la ciudad física, no es un territorio estático sino un ente en constante cambio. La inmaterialidad de su componente virtual le concede un dinamismo aún más acentuado, no obedece a formas ni trazados urbanos tradicionales, pero su existencia está firmemente ligada a la ciudad física. Hay similitudes en las maneras en que lo virtual se adhiere a lo físico y analizaremos varios ejemplos de intervenciones urbanas de RA, procurando efectuar descripciones en términos urbanistas. La Ciudad Aumentada, invisible a primera vista, siempre necesita al observador para poder desvelarse, por lo tanto, la percepción e imagen que se obtiene de ella es personal.

El urbanista Kevin Lynch describe el fenómeno en 'La imagen de la ciudad' basándose en la ciudad física: "...*nuestra percepción de la ciudad no es continua, sino, más bien, parcial, fragmentaria, mezclada con otras preocupaciones. Casi todos los sentidos están en acción y la imagen es la combinación de todos ellos*" (Lynch 1959, p. 9).

A través de la imagen de la ciudad, resulta posible trazar un sinfín de mapas personalizados, cada uno es único y con significados diferentes. "*Las imágenes ambientales son el resultado de un proceso bilateral entre el observador y su medio ambiente*" (Lynch 1959, p.14).

Por la afinidad de 'la imagen de la ciudad', de que cual habla Lynch, con la virtualidad, el concepto parece encajar con la Ciudad Aumentada, para poder detallar la relación espacial que esta mantiene con su entorno físico.

La Ciudad Aumentada posee esta cualidad desigual y alterable, al someterse a las elecciones del individuo que la crea y a la vez habita. Cuanto más poblada es la Ciudad Aumentada, mayor es la posibilidad de repetición de imágenes individuales afines, solapándose múltiples veces y creando una imagen más determinada, pudiendo convertirse en una 'imagen pública.' Lynch sugiere la existencia de "...*imágenes públicas*", *las representaciones mentales comunes que hay en grandes números de habitantes de una ciudad*" (Ibid. 1959, p.16).

En la Ciudad Aumentada, lo tangible y lo intangible colaboran al unísono en su construcción, extendiendo su ámbito sobre un plano geográfico, que permite trazar un territorio físicamente descriptible. Los nuevos entornos urbanos híbridos que ocupa, albergan nociones espaciales y evidencian la relación físico-virtual, no como un resultado de la aleatoriedad, sino estableciendo significados y razones concretos. El tejido urbano de la Ciudad Aumentada es lógica y geográficamente



Imagen 94. Clasificación de obras de RA en el concepto de la legibilidad de Ciudad Aumentada.

coherente, permitiendo la orientación dentro de la misma. El grado de comprensión espacial que alcanza, se asemeja a la idea de ‘legibilidad’, un atributo que Lynch (1959) asigna a la ciudad. La “..legibilidad del paisaje urbano. Con esta expresión indicamos la facilidad con que pueden reconocerse y organizarse sus partes en una pauta coherente” (Ibid. 1959, p.10).

Las imágenes individuales confluentes forman la imagen pública, sugiriendo patrones generales de características similares, identificables a través de unos denominadores comunes. Lynch (1959) propone una clasificación de estas pautas legibles, que acotan en el espacio tridimensional urbano la percepción de la ciudad mediante la virtualización de las imágenes públicas, vividas por sus habitantes, dividiendo el tejido urbano en cinco elementos: senda, borde, barrio, nodo y mojón.

- **Sendas:** entendidas como las vías que unen el punto de partida con el destino final, su trayectoria puede ser mucho más compleja que la de una línea recta y pueden atravesar varios tipos de vías comunicacionales. Su identificación facilita distintas características arquitectónicas o paisajistas, que ayudan a la orientación y hacen el recorrido memorable.
- **Bordes:** representan los límites entre las zonas o territorios de distinto carácter, comúnmente no son transitables. Se trata de las barreras y elementos naturales del paisaje como las orillas de un río o el mar, pero también pueden ser creados por el hombre, mediante la construcción de elementos divisorios como vallas o muros.
- **Barrios:** reflejan las zonas que tengan una naturaleza común determinada, haciéndolas reconocibles como un área unificada. Las claves para su identificación van más allá de los rasgos arquitectónicos, incluyendo otras nociones aparte de las visuales, como por ejemplo el ruido y los olores.

- **Nodos:** destacan por su importancia estratégica, son los puntos fuertes de las confluencias, los focos de concentración, reunión y convergencia de los flujos o sendas.
- **Mojones:** se identifican por su singularidad y representan puntos de ubicación única e inconfundible. Destacan sobre otros elementos urbanos por su naturaleza física, por su valor, por su importancia histórica o por otro significado para la sociedad.

La Ciudad Aumentada, invisible a primera vista, reúne las características de estas imágenes virtualizadas y su territorio es más fácil de comprender a través de estos elementos. Utilizaremos esta clasificación para dibujar el territorio del arte en la Ciudad Aumentada geolocalizada sobre la ciudad física, otorgando especial interés al carácter único o múltiple de contenidos virtuales, su contextualización en entorno urbano y su accesibilidad al público.

2.9.1.1. Sendas.

132

Las ‘sendas’, representan un recorrido dentro de una ciudad, un camino a través del cual seguir una trayectoria y llegar a un destino. En términos de la Ciudad Aumentada, podemos incluir aquí las obras de Realidad Aumentada, que implican movimiento y desplazamiento en el entorno urbano. Ancladas a ciertos lugares en concreto, las partes individuales de estas obras suelen narrar historias o mostrar fenómenos, que al final del recorrido forman una obra completa. Las localizaciones, suelen ser elegidas anticipadamente por el artista, insertando las partes virtuales en relación al contexto del entorno físico que las envuelve. Habitualmente, se trata de narrativas espaciales, que pueden servir a distintos propósitos, como recordar, reivindicar o desvelar ciertos aspectos o acontecimientos relativos a lugares concretos.

Un ejemplo muy característico de las ‘sendas’ se aprecia en el trabajo del artista Conor McGarrigle. Situándose casi exclusivamente en la ciudad de Dublin, muestra su particular percepción de esta ciudad irlandesa, trazando recorridos a través de su historia, cultura y problemática actual.

Semacode City (2010) obra de Conor McGarrigle presenta una aplicación de Realidad Aumentada que actúa como ‘intervención callejera’, subrayando el carácter híbrido de las ciudades contemporáneas, según su autor. Ubicada en Dublin, *Semacode City* está inspirada en la novela *Ulysses* de James Joyce que fue escenificada en la misma ciudad. La aplicación recrea un paseo basándose en localizaciones importantes de la novela. En cada punto del recorrido, mediante un smartphone, es posible visualizar



Imagen 95. Clasificación de obras de RA como ‘sendas’ en el concepto de la legibilidad de Ciudad Aumentada.

Génesis de la Ciudad Aumentada. De la revolución digital hasta la contemporaneidad.



Imagen 96. Semacode City (2010) de Conor McGarrigle.

133

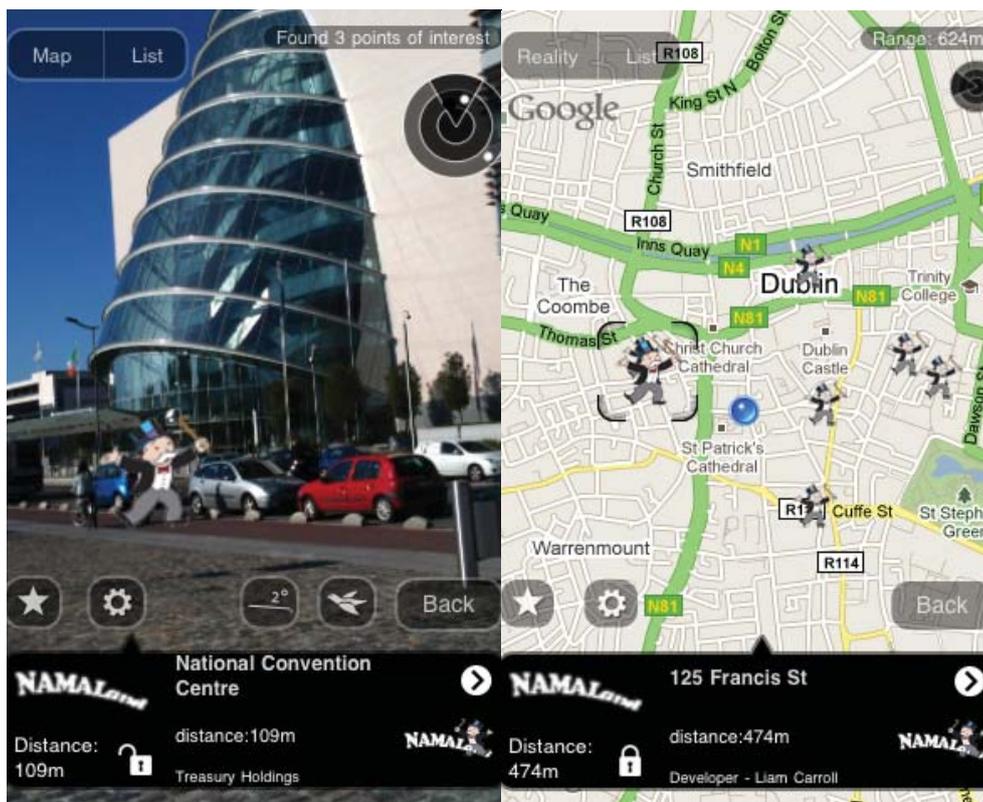


Imagen 97. NAMALand (2010) de Conor McGarrigle.

el texto particular de la historia de *Ulysses*, que se desarrolla en ese mismo lugar. *NAMALand* (2010) de Conor McGarrigle, aprovecha la posibilidad de geolocalización de la Realidad Aumentada para proponer un paseo, como una forma de denuncia de la mala gestión financiera que se llevó a cabo en Irlanda, un país arrollado por la crisis económica y el rescate financiero. El gobierno de Irlanda, con el afán de generar un saneamiento del sistema bancario, creó una institución gubernamental llamada *NAMA* (*National Asset Management Agency*) cuyo propósito era adquirir los préstamos de inmuebles pertenecientes a los bancos irlandeses a cambio de bonos del gobierno. La aplicación recalca la situación llena de controversias, causada por la decisión del gobierno de comprar estos inmuebles, algunos aún en estado de construcción y que costaron a los contribuyentes alrededor de 40.000 millones de euros. La ruta que delinea *NAMALand*, se ubica en la ciudad de Dublin y visita los edificios afectados identificándolos en visión aumentada con el personaje del juego *Monopoly*.

Walking Stories (2011) de Conor McGarrigle, es un ejemplo de aplicación de Realidad Aumentada diseñada como un recorrido sonoro. Geolocalizada en varias ubicaciones de Dundrum, Dublin; esta obra es un relato que se desenvuelve andando. Cuando el usuario se acerca a una localidad concreta, puede escuchar la voz de un personaje, contando su historia personal, relativa a este lugar. La obra "*Walking Stories revela un mundo virtual de recuerdos, asociaciones y conexiones que sustentan una comunidad*" (McGarrigle 2011). Constituye una guía alternativa y sensible, capaz de acercarnos a la historia de una ciudad a través de las vivencias de sus habitantes. La artista Tamiko Thiel, emplea el contexto de recorrido por espacios verdes, para manifestar distintas críticas actuales, como la censura, la institucionalización del arte o las problemáticas ecológicas.

Shades of Absence (2011) de Tamiko Thiel, realizada dentro del conjunto de obras para el movimiento AR.Manifest, es una obra de Realidad Aumentada geolocalizada, ubicada en Venecia (Italia) que en la época de su creación coincidió con las fechas de la exposición de la Bienal de Venecia del 2011. La obra representa un monumento particular, destinado a los artistas cuyas obras o exposiciones fueran censuradas, y consta de un recorrido dividido en tres partes:

Shades of Absence: Public Voids, situada en la icónica plaza de San Marco, es un homenaje a los artistas cuyos trabajos no pudieron ser expuestos en el espacio público, por culpa de la censura. Al visualizar la aplicación con un smartphone, en representación de estos artistas aparecen las siluetas doradas de personajes sin rostros, una señal de la invisibilidad frente al público general. Las figuras están rodeadas de palabras peyorativas, como el vestigio de los ecos de las críticas. La obra es interactiva y al pulsar sobre algún contenido en la pantalla, la aplicación nos conduce a sitios web donde se encuentra la información sobre estos creadores censurados. Para contemplar la siguiente parte de la obra, el espectador tiene que desplazarse al espacio físico que ocupa la exposición de la bienal, a los jardines de *Giardini*, donde encontramos un pabellón virtual.

Shades of Absence: Outside Inside, está dedicado a los que dentro del mundo del arte se consideren "*insiders u outsiders*" (Thiel 2011), artistas que han sufrido amenazas, violencia o incluso han sido arrestados a raíz de sus manifestaciones artísticas. La

Génesis de la Ciudad Aumentada. De la revolución digital hasta la contemporaneidad.



Imagen 98. Walking Stories (2011) de Conor McGarrigle.

135

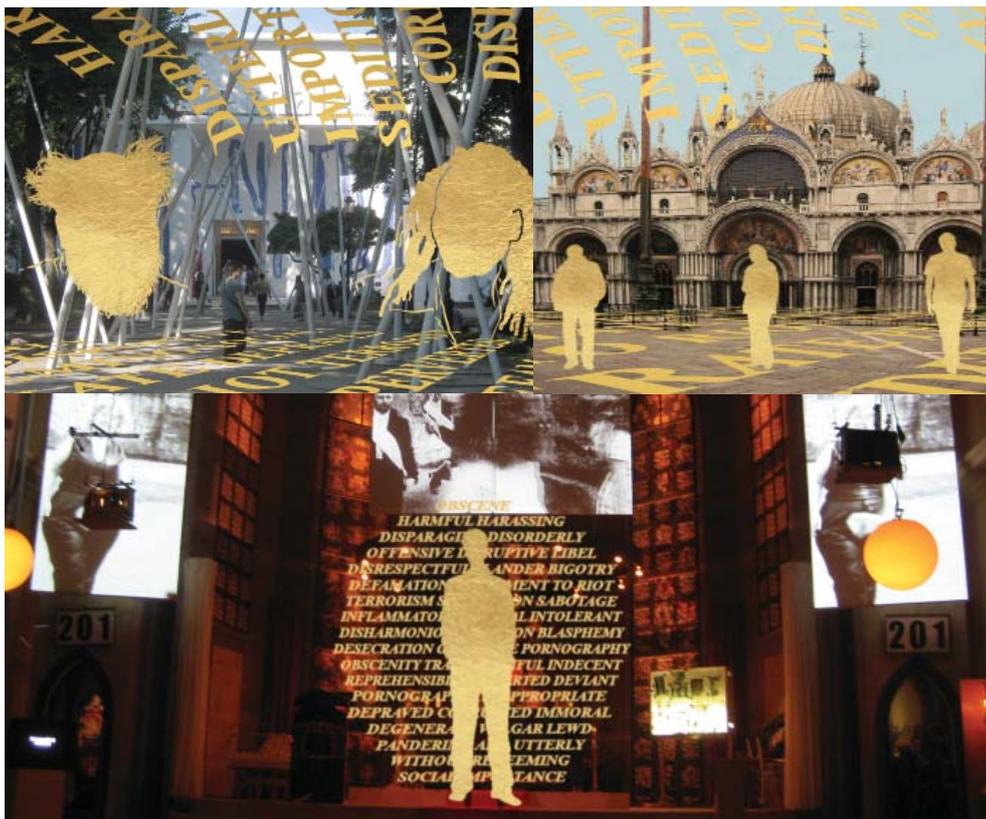


Imagen 99. Shades of Absence: Outside Inside, Public Voids, Schlingensief Gilded (2011) de Tamiko Thiel.



Imagen 100. Gardens of Antropocene (2016) de Tamiko Thiel.

obra permite interactuar, a través de la pantalla, con un funcionamiento muy similar a la obra anterior, mostrándonos los casos específicos de estos artistas mediante *hiperlinks* que nos permiten acceder a información detallada de estos casos.

Para visualizar la parte final de la obra, el espectador necesita acceder físicamente al pabellón de Alemania, en su interior puede apreciar *Shades of Absence: Schlingensief Gilded*, una especie de memorial que recuerda al artista alemán ya fallecido. En los dispositivos móviles aparece una figura dorada que representa al artista, rodeada de un halo de palabras despectivas, usualmente empleadas por la censura para describir su obra.

De un modo similar a los casos anteriores, la aplicación nos ofrece más datos a través de la interacción por medio de la pantalla del teléfono móvil, mostrando las obras de Christoph Schlingensief que han sido censuradas a lo largo de la historia.

Gardens of Antropocene (2016), instalación de RA realizada por Tamiko Thiel, nos presenta la imagen de un campo florecido, compuesto de flores virtuales. Aunque visualmente pueda resultar atractiva y reconfortante, esta aplicación relata un escenario ecológico distópico. Las flores y plantas que aparecen, no son la representación de ninguna especie conocida, sino unas mutaciones dignas del género de ciencia ficción. Esta flora fantástica retrata las hibridaciones entre plantas terrestres y marinas, cuya existencia no depende de la luz solar o de la fotosíntesis, generando nuevas formas de vida, capaces de alimentarse de la radiación y polución causada por las ondas electromagnéticas de los dispositivos móviles. Estos híbridos fantásticos, según la autora aparecen a causa del calentamiento global, y se arraigan en las estructuras construidas por el hombre, trascendiendo unas líneas divisorias entre “*la reactividad de la flora y la actividad de la fauna*” (Thiel 2016). La instalación está localizada en Seattle, ubicada en un parque a las orillas del mar, *Olympic Sculpture Park*, donde los usuarios disfrutando de su paseo por el parque, pueden observar varias especies de esta nueva flora mutada. Basándose en la flora autóctona que ha sufrido cambios



Imagen 101. Flotsam & Jetsam (2013) de John Craig Freeman.

morfológicos debido al efecto invernadero, la autora planta en este jardín físico las flores virtuales, como una advertencia a nuestro comportamiento diario en relación con el entorno y el ecosistema que nos rodea.

Con la temática ecológica también trabaja la obra *Flotsam & Jetsam* (2013) de John Craig Freeman, una aplicación de Realidad Aumentada que recorre una senda, siguiendo una línea ficticia de la orilla del mar que se adentrase en la ciudad de Hong Kong. La obra muestra el nivel del mar dentro de cincuenta años, suponiendo que el calentamiento global prospere al mismo ritmo que en la actualidad. La aplicación está geolocalizada en las calles de la actual ciudad de Hong Kong y visualiza los contenidos virtuales mediante un teléfono móvil. Los contenidos virtuales son unos modelos tridimensionales, representando contenedores de mercancías habitualmente utilizados para el transporte marítimo y los despojos y basura que produce el sector náutico. Estos restos virtuales de naufragios señalan un futuro litoral, donde los límites de la ciudad se verán afectados por el aumento del agua, disminuyendo considerablemente el tamaño físico de la ciudad. A través de esta obra, su autor pretende concienciar a la sociedad, mostrando los posibles efectos devastadores del cambio climático.

La problemática de la diáspora, introduce el proyecto de Realidad Aumentada geolocalizada *Butterfly Lovers* de John Craig Freeman y Lily & Honglei (2009-2011), las calles de diferentes metrópolis del mundo occidental como New York, Boston y Melbourne, fueron utilizadas como el escenario para narrar una milenaria leyenda china. *Butterfly Lovers*, un equivalente oriental del relato de Romeo y Julieta, relata una historia de amor entre dos amantes mariposa. Los autores de esta aplicación quisieron destacar “*las cuestiones de la diáspora china y la identidad cultural, visualizando el inquieto y vagabundo espíritu cultural de Oriente, escondido en las metrópolis occidentales*” (Lily & Honglei 2011), proponiendo una reflexión sobre el papel de la cultura tradicional en un mundo cada vez más globalizado.



Imagen 102. Butterfly Lovers (2009-2011) de Lily & Honglei y John Craig Freeman.

Los personajes de esta narrativa, vestidos con los ropajes tradicionales chinos, contrastan fuertemente con los escenarios físicos, espacios ajetreteados por la rapidez de la vida moderna. En varias escenas, los amantes representan una metáfora de “*la represión perpetua de la humanidad y la resistencia en la cultura china*” (Lily & Honglei 2011), dejándose ver en lugares muy concurridos como el Times Square, un símbolo del “*consumismo y americanismo*” (Ibid.). La disparidad entre estos personajes sensibles y solitarios, luchando por sobrevivir en el escenario de una ciudad abarrotada por el materialismo, se asemeja, según sus autores, a los destinos de muchos inmigrantes chinos. La obra plantea la cuestión de “*la verdadera relación entre el espíritu cultural y la realidad material*” (Lily & Honglei 2011). Los artistas elaboraron los personajes en pintura al óleo, y posteriormente fueron digitalizados e insertados dentro del software RA con la ayuda técnica del artista John Craig Freeman. La aplicación fue creada originalmente para la ciudad de Nueva York, donde residen estos artistas y donde su experiencia personal y la de otros inmigrantes chinos fue la motivación para crear esta obra. En los años consecutivos, la obra fue llevada a Boston, Sydney y Hongkong, enfatizando la pérdida de la cultura tradicional que se hace cada día más evidente al chocar con los valores del mundo globalizado.

En la obra *Southeast Flies the Peacock* (2011) de Lily & Honglei, se relatan varias leyendas populares chinas, esta vez ubicadas en el escenario de Chinatown de Los Angeles. Los protagonistas de estas historias, romances trágicos y leyendas de heroísmo y victorias, representan el espíritu y valores de la tradición cultural china, contrastando intensamente con el materialismo de esta ciudad americana. La obra recorre el barrio poblado por inmigrantes provenientes de China, donde esta aplicación de Realidad Aumentada geolocalizada, actúa a modo de recordatorio de las raíces culturales.

La pérdida de las nociones tradicionales, es una temática muy recurrente en la obra de Lily & Honglei, no solamente fuera del territorio Chino, sino también en su interior.

Génesis de la Ciudad Aumentada. De la revolución digital hasta la contemporaneidad.



Imagen 103. Southeast Flies the Peacock (2011) de Lily & Honglei.



Imagen 104. Southeast Flies the Peacock (2011) de Lily & Honglei.



Imagen 105. Shadow Play: Tales of Urbanization of China (2014) de Lily & Honglei.

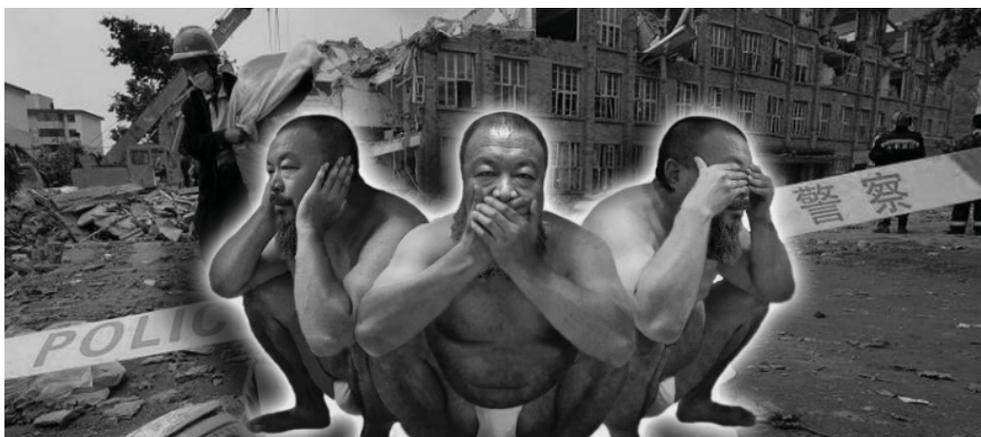


Imagen 106. Three Wise Monkeys: 'Hear no evil, see no evil, and speak no evil, Sichuan (2011) del grupo de arte 4gentlemen.

En el caso de la obra *Shadow Play: Tales of Urbanization of China* (2014), denuncian la merma de la identidad cultural dentro de su propio país, cuyos cambios y avances no siempre afectan a sus ciudadanos de manera positiva. La creciente y desorbitada urbanización, efectuada en los territorios rurales, a veces choca fuertemente con el estilo de vida habitual de sus pobladores. A través de los personajes, de apariencia tradicional, narran las historias inspiradas en hechos reales, tales como el desalojo forzado de tierras, los suicidios de los trabajadores migrantes, los secuestros de niños y las catástrofes naturales producidas por el hombre. La aplicación de Realidad Aumentada está geolocalizada en los territorios de norte de china, donde estos acontecimientos están sucediendo a menudo. Gracias a la tecnología RA, los protagonistas, unas figuras bidimensionales al estilo del teatro de las marionetas de sombras, interpretan su papel en un escenario urbano real, haciendo perceptibles las historias de los ciudadanos 'invisibles'.

Otro ejemplo de obra que referencia la represión de las libertades civiles y sobre todo a la escasa libertad de expresión en la República de China, la encontramos en *Three Wise Monkeys: 'Hear no evil, see no evil, and speak no evil'* (2011) del grupo de arte *4gentlemen*. La aplicación geolocalizada permite contemplar un triple retrato del artista disidente chino Ai Weiwei, ocupando la postura de los 'tres monos sabios.' La obra actúa como una particular denuncia de acontecimientos que llevaron a causar la muerte de población civil, a consecuencia de las negligencias cometidas por el estado. La obra ubica estos prodigiosos 'monos sabios', provenientes de un paradigma confucionista, en emplazamientos como Sichuan, Aba o Shanghai.

La obra rememora acontecimientos específicos, deteniéndose en varios lugares. En la provincia de Sichuan, donde a causa de un terremoto se derrumbó un colegio mal edificado, matando a miles de niños; en la provincia de Aba, donde un monje tibetano se quemó en protesta por la opresión del Tibet; o en Shanghai donde un accidente ferroviario dejó un alto número de víctimas. Esta aplicación de Realidad Aumentada,

Génesis de la Ciudad Aumentada. De la revolución digital hasta la contemporaneidad.

es una manifiesta crítica a la indiferencia del gobierno, frente a esos trágicos sucesos y la impunidad de los responsables.

2.9.1.2. Bordes.

Los ‘bordes’, en un sentido físico o metafórico, representan los límites cuyo carácter puede ser lineal o puntual, pero en cualquier caso, impiden el libre movimiento del individuo. Las obras de Realidad Aumentada, que mejor encajan con esta descripción, pueden extenderse a múltiples localizaciones formando una línea, o, al contrario, se ubican en un punto donde el flujo del movimiento se estrecha y está bajo vigilancia. En estos casos, los artistas eligen para el escenario físico de sus obras los límites, tales como vallas, puentes, pasos fronterizos, muros que dividen barrios conflictivos o arquitecturas que representan barreras separadoras, históricas o actuales.

Great Firewall of China (2011), de *4gentleman*, es un ejemplo de la barrera divisoria que ubica al pueblo chino detrás de una frontera electrónica, restringiendo su libre movimiento a través de la red. La información, que se puede consultar en Internet

141



Imagen 107. Clasificación de obras de RA como ‘bordes’ en el concepto de la legibilidad de Ciudad Aumentada.



Imagen 108. Great Firewall of China (2011) de 4gentleman.

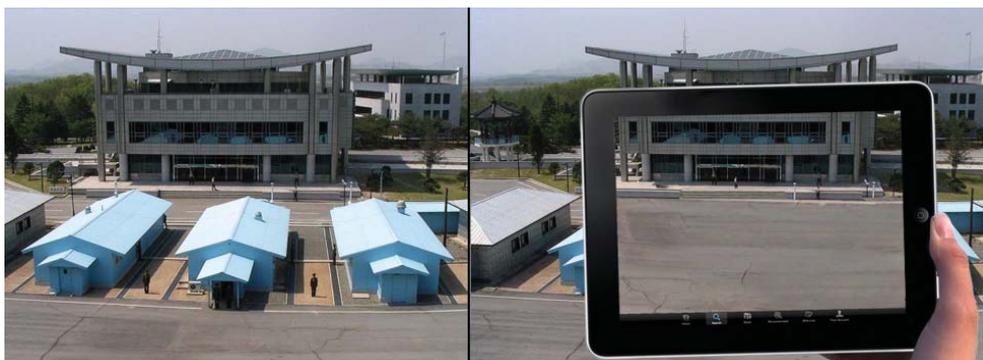


Imagen 109. Korean Unification Project (2011) de Mark Skwarek.

incluso dentro del territorio de la República Popular China, está siendo sometida a una censura minuciosa por el gobierno. Toda comunicación, propensa a ser considerada como conflictiva, no puede fluir en ninguno de los dos sentidos, ni fuera, ni dentro. La metáfora de *Firewall*, un sistema que protege los datos dentro de un ordenador frente a las amenazas externas, está virtualmente reproducida en esta aplicación de RA y geolocalizada sobre la histórica y emblemática obra fronteriza de China, la Gran Muralla. Un símbolo de aislamiento de un territorio físico, que en la actualidad sigue separando virtualmente este país del resto del mundo. La imposibilidad del libre movimiento de sus ciudadanos está impuesta por los controles fronterizos, pero también a través de una especie de *Firewall* en Internet.

Korean Unification Project (2011) de Mark Skwarek, es un ejemplo de aplicación que se puede considerar, según las palabras del autor, 'la realidad disminuida' (*diminished reality*). Geolocalizada en la frontera entre Corea del Norte y Corea del Sur, esta aplicación 'borra' esta línea fronteriza, que está siendo fuertemente vigilada por ambas partes. En la frontera física, se encuentran barracones y muchos otros símbolos militares, recordando la guerra y las complicadas relaciones entre estos dos países. Vista a través de la aplicación, esta zona se ve despejada de las estructuras construidas y lo único que se puede observar es una carretera uniendo el paisaje y la naturaleza a su alrededor. Esta obra pretende crear "un terreno común para la visión de Corea unificada pacíficamente" (Skwarek 2014, p.12).

Con una temática semejante, trabaja la obra *Erase the Separation Barrier* (2011) de Mark Skwarek, Daz Chandler y Ghassan H.Bannoura. Esta vez, la aplicación está ubicada en el muro de Cisjordania, que segrega la población Palestina de los Israelitas. La barrera, cuya longitud prevista es de más de 700 km, atraviesa mayoritariamente zonas deshabitadas, pero también secciona varias localidades intensamente pobladas, donde impide el libre movimiento de civiles dentro de lo que físicamente es caracterizado como un tejido urbano continuo. La aplicación



Imagen 110. Erase the Separation Barrier (2011) de M. Skwarek, D. Chandler y G. H. Bannoura.

suprime virtualmente el muro de hormigón, mostrando las calles y estructuras urbanas que realmente se hallan en el otro lado. Para algunos habitantes, esta aplicación de RA, es una herramienta que les permite ver su entorno inmediato por primera vez.

Peace Doors (2011) de John Craig Freeman, es una aplicación de RA geolocalizada en varias fronteras. En Belfast, Irlanda del Norte se encuentra su versión *Peace Doors: West Belfast* y copia el trazado de la línea divisoria llamada '*Peace Line*', existente en esta ciudad desde 1969. La barrera física se compone de varios elementos: vallas de barrotes, muros de hormigón de una altura de hasta 5,5m, edificios industriales e incluso un centro comercial.

La polémica línea separa los barrios conflictivos de católicos y protestantes, nacionalistas y unionistas. Construida como una medida de seguridad temporal, su existencia fue planeada para seis meses, pero su duración se ha prolongado en el tiempo, separando a los habitantes de la ciudad de Belfast casi medio siglo. A pesar de varios intentos de eliminarla, la mayoría de habitantes, opina que sigue siendo necesaria. Las autoridades municipales están dispuestas a quitar la barrera en los puntos en donde los habitantes de la zona lo deseen. Freeman, a través de la aplicación RA, instala a lo largo de este vallado varias puertas virtuales simbólicas como la medida y el diálogo por la paz. En la versión de *Peace Doors: DMZ*, estas puertas simbólicas unen al territorio coreano. Las siglas *DMZ* significan *Demilitarized Zone*, un término que se remonta al período de guerra en Corea que tuvo lugar en los años cincuenta del siglo pasado. Al final de esta guerra en 1953, la zona DMZ, se utilizó para el intercambio de los prisioneros de guerra. Las puertas virtuales están geolocalizadas en esta área, ocupando varias localizaciones, entre ellas el mítico punto del "no retorno", donde los prisioneros podrían volver a su país de origen, o quedarse en el otro lado, pero ya sin la posibilidad de poder volver a cruzar la frontera. Las puertas virtuales recuerdan la arquitectura tradicional coreana, constituyendo un portal simbólico hacia el pasado o hacia el futuro, donde las dos Coreas forman un único país.

La Ciudad Aumentada.

La obra ubicada en el estado de Arizona en la frontera que separa EEUU con México *Border Memorial: Frontera de los Muertos* (2012) de John Craig Freeman es un memorial a los inmigrantes que murieron en el intento de cruzarla de manera ilegal. Por cada persona fallecida, el artista geolocaliza en el lugar exacto, un memorial. Un modelo tridimensional, representando las tradicionales ‘calacas’, figuritas de esqueleto humano usualmente talladas en madera, que según la tradición mexicana se emplean para honrar a los seres queridos en el Día de los Muertos. “*El proyecto pretende proporcionar una especie de presencia conceptual duradera en un ambiente físico y un discurso cultural en otro modo efímero*” (Freeman 2012).

A lo largo de la frontera de Arizona, hay aproximadamente 1500 de estas calacas virtuales, que retratan lo difícil que resulta para los inmigrantes introducirse en el territorio de EEUU. Con la obra, el autor pretende concienciar al público en general y a los medios sobre el sacrificio que puede representar la inmigración a un país donde la opinión general y política sobre esta problemática pocas veces contempla el coste en vidas humanas, que se cobra a diario.

2.9.1.3. Barrios.

144

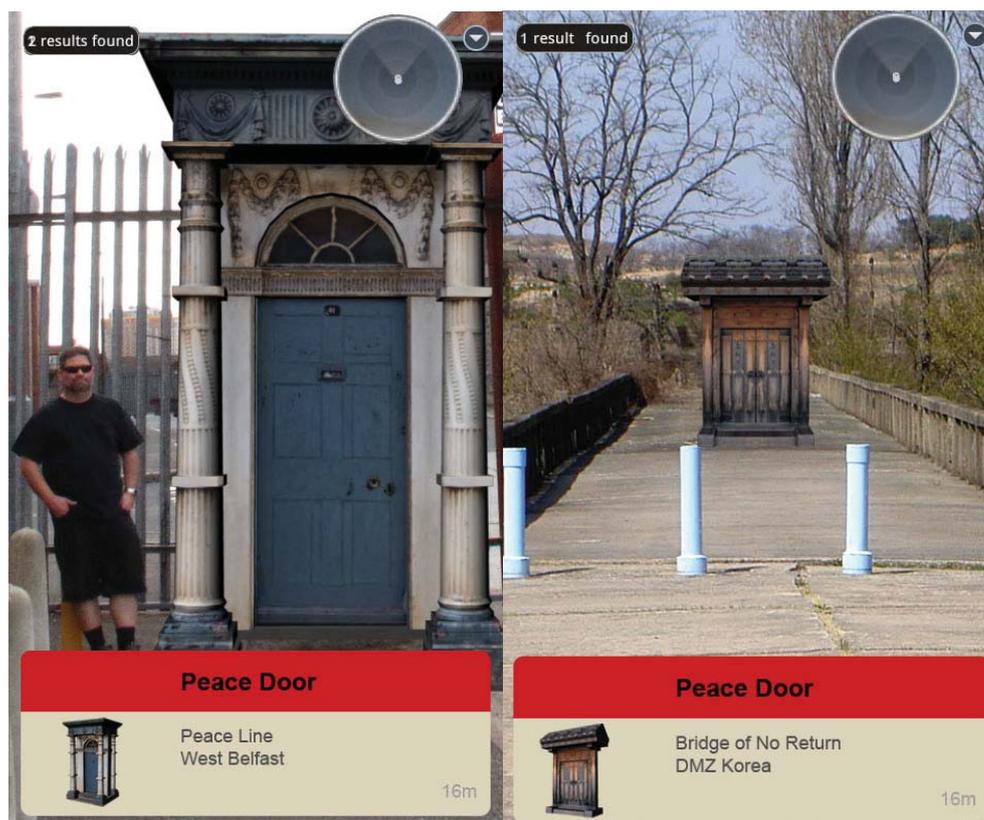


Imagen 111. Peace Doors (2011) de John Craig Freeman.

Génesis de la Ciudad Aumentada. De la revolución digital hasta la contemporaneidad.



Imagen 112. Border Memorial: Frontera de los Muertos (2012) de John Craig Freeman.

145



Imagen 113. Border Memorial: Frontera de los Muertos (2012) de John Craig Freeman.

Entendemos el concepto de ‘barrios’ cuando el emplazamiento físico de una intervención artística depende de un denominador o elemento urbano común, permitiendo a la obra extenderse a áreas de mayor tamaño, donde se encuentren localizados estos ingredientes. La difusión de este tipo de obra aprovecha las características idénticas de su soporte físico y su repetición en múltiples ubicaciones, otorgando a la intervención una característica de extensión similar, en términos urbanistas, al que encontramos en la naturaleza de un barrio. Las obras de Realidad Aumentada de este tipo suelen emplear elementos fáciles de encontrar e identificar en el entorno urbano. Los soportes utilizados más comunes son los destinados a la publicidad comercial, logotipos o vallas publicitarias, elementos que son muy frecuentes y abundantes en las ciudades, y pueden identificarse de una manera sencilla. Su utilización es muy recurrente para los propósitos del AR-activismo, empleando la técnica ‘logo-hacking’ que introduce mensajes reivindicativos dentro de imágenes corporativas. Se produce así una modificación capaz de la invasión virtual de marcas comerciales, sin implicar la posible vulnerabilidad de los derechos



Imagen 114. Clasificación de obras de RA como ‘barrios’ en el concepto de la legibilidad de Ciudad Aumentada.



Imagen 115. The advertiser: improved reality (2010) de J. Oliver, D. Stewart y A. Castro.



Imagen 116. Pirate Banker (2011) de The Heavy Project.

de propiedad intelectual o privada por parte de los artistas. La utilización de Realidad Aumentada permite que la obra se extienda a unas áreas inmensas, produciendo una multiplicidad de ocupación del espacio físico por parte de este género artístico.

Encontramos obras cuyo propósito principal es mejorar los espacios urbanos saturados con la publicidad, como en el caso de *The advertiser: improved reality*, un proyecto de Julian Oliver, Damian Stewart y Arturo Castro (2010) con la colaboración de Diego Díaz y Clara Boj, un ejemplo de intervención de 'realidad mejorada' en vez de aumentada. La aplicación reemplaza el consumismo personificado en la publicidad, por la cultura. Los autores reclaman los espacios públicos más céntricos como la Puerta del Sol en Madrid, Times Square en Nueva York o Shibuya en Tokyo, como un lienzo predestinado para la vida pública, el arte y la cultura. La visión de los usuarios mediante la aplicación, modifica las imágenes comerciales que invaden las urbes, insertando en su lugar obras de arte. Transformando el mensaje unidireccional que ofrecen los espacios publicitarios, entendido su funcionamiento como el modo 'read-only' (solo lectura), como la denominan los autores, está sustituida por el método 'read-write' (lectura y escritura), donde el contenido original está suplantado y relleno con imágenes o vídeos alternativos. La obra crea un bloqueo del campo visual de los omnipresentes mensajes publicitarios que se pueden considerar como no deseados, cediendo el espacio al arte público. Esta herramienta puede actuar en cualquier emplazamiento del espacio público recubierto con los anuncios, liberando el espacio público visual, de la privatización que ha sufrido por parte de la publicidad de entidades privadas.

El caso del proyecto *Pirate Banker* (2011) ideado por el grupo The Heavy Project, utilizó el cartel publicitario de la película *Los Piratas del Caribe*. La intervención no se centró en realizar una campaña en contra de esta película, sino que la utilizó como una metáfora. En el cartel aparece el personaje del capitán Barbossa, cuyo rostro visto a través de la aplicación de Realidad Aumentada se convierte en la cara de

La Ciudad Aumentada.

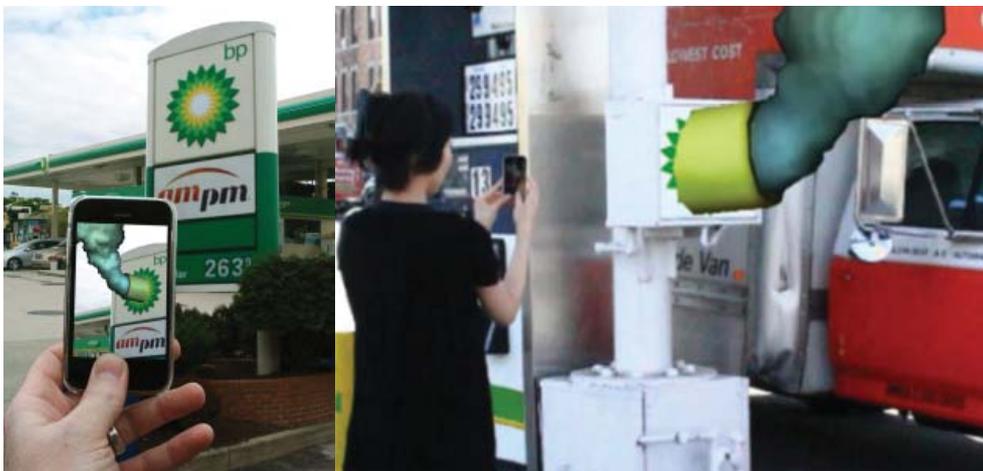


Imagen 117. The leak in your home town (2010), de los artistas Mark Skwarek y Joseph Hocking.

148



Imagen 118. arOCCUPY app (2011) de Mark Skwarek.

Lloyd Blankfein, el director ejecutivo de Goldman Sachs. La metáfora de la piratería de esta intervención compara al malvado y ficticio capitán pirata con este banquero real, director del banco de inversiones que en 2008 llevo al borde de la bancarrota a esta institución que contaba con casi 140 años de existencia.

Este mismo método de 'logo hacking', muy recurrente en las prácticas de AR-activismo, lo emplea la aplicación de Realidad Aumentada *The leak in your home town* (2010), de los artistas Mark Skwarek y Joseph Hocking. Los artistas se centran en enfatizar los hechos sucedidos en el verano de 2009, cuando la compañía British Petrol (BP) quiso enmascarar el verdadero alcance que tuvo la fuga del crudo de una de sus tuberías en el Golfo de México. El logotipo de BP, presente en todas sus gasolineras, se convierte a través de la aplicación móvil en una imagen tridimensional, mostrando una tubería con un escape, de la que surge una sustancia verde-grisácea tóxica. Skwarek se refiere al modo de RA 'logo hacking' como a "un equivalente de las *Derivas Situacionistas con la tecnología moderna*" (2014, p.9). La obra *The leak in your home town* fue la primera obra dentro del AR-activismo que empleaba tecnología móvil (Skwarek 2014).

Siguiendo la línea de AR-activismo destacamos la obra *arOCCUPY app* (2011) del autor Mark Skwarek, una aplicación de Realidad Aumentada que emplea el método de 'logo hacking', adscrita al movimiento *Occupy Wall Street (OWS)*. En este caso fueron utilizados los logotipos de varias instituciones bancarias, sustituyéndolos en la visión del usuario por un texto tridimensional que contiene información como la suma de dólares americanos pagados por el erario público en forma de rescate financiero para evitar la bancarrota de cada uno de estos bancos.

2.9.1.4. Nodos.

El concepto de 'nodos' entraña una propagación de la obra y su localización en el espacio físico, siguiendo los 'flujos' de ideas y acontecimientos, como un nexo de unión a un número masivo de espectadores/usuarios/propagadores. Generando un movimiento de la obra basado en la diseminación dispersa, que normalmente apoya los ideales difundidos a través de la red, perpetuados por las modernas 'multitudes inteligentes'. Ofrece la posibilidad de trasladar la obra a múltiples ubicaciones espaciales, donde no importa la proximidad geográfica, sino la proximidad y confluencia de los ideales. El contenido virtual está expresivamente definido por el artista, mientras es el usuario final, quien lo sitúa en un contexto urbano, eligiendo la ubicación física idónea. Entre este tipo de obras de Realidad Aumentada



Imagen 119. Clasificación de obras de RA como 'nodos' en el concepto de la legibilidad de Ciudad Aumentada.



Imagen 120. Money Grab (2011) de Todd Margolis visualizado en Wall st. NY y UCLA.

encontramos muchos ejemplos de AR-activismo, utilizando este concepto como forma de reivindicación política, social o ecologista y cuyos motivos trascienden las fronteras geográficas o políticas.

Una de las obras de AR-activismo, que surgió a raíz del movimiento *#arOWS*, es la aplicación *Money Grab* (2011) de Todd Margolis. Propone una lluvia de billetes de dólares americanos, donde los usuarios tienen que apoderarse de este dinero antes que los financieros de Wall Street. La visualización de la aplicación no utiliza tecnología de geolocalización, sino que sitúa los contenidos alrededor del usuario, siendo posible su acceso desde cualquier ubicación independientemente de la ubicación del usuario. El contexto en donde aparece lo determina el usuario final, pues con el alcance de la crisis económica actual, esta intervención adquiere su sentido en casi cualquier lugar, independientemente de su posición geográfica.

Con la misma temática trabaja la aplicación de Tamiko Thiel *Reign of Gold* (2011). En esta obra el dinero virtual que cae desde cielo son monedas de 50 USD de oro, conocidas como el águila de oro, acuñadas por el estado americano para uso conmemorativo y numismático. De un modo similar a la aplicación *Money Grab*, esta intervención puede ser observada a través de la pantalla de un teléfono móvil independientemente de la ubicación del usuario. La autora, desde su página web, invita a los usuarios a enviarle capturas de pantalla realizadas usando la aplicación, en donde los usuarios consideren que mejor se caracteriza la idea. Tamiko Thiel recibió imágenes de lugares como The Bank of England en Londres, la bolsa de Tokyo, el Reichstag en Berlin, el Reserve Bank of Australia en Sydney y otros emplazamientos semejantes, donde los espectadores sospechan que se llevan a cabo operaciones financieras irregulares.

Un claro ejemplo de concepto de nodos lo encontramos en la convocatoria *#arOCCUPY May Day*, que se centra en una acción de manifestación global y cuyo objetivo fue lanzar una convocatoria artística capaz de alcanzar la extensión del



Imagen 121. Reign of Gold (2011) de Tamiko Thiel visualizado en Wall st. NY y UCLA.

planeta entero. Esta acción del AR activismo, organizada por el movimiento #arOWS (*Occupy Wall Street*) el día uno de mayo 2012, surgió como apoyo a la huelga general de los trabajadores de todo el planeta. Entre los participantes se presentaron diversas obras de 42 artistas provenientes de 20 países distintos (Skwarek 2014, p.17). La acción globalizada propone al público tomar fotografías a través de las distintas aplicaciones de realidad aumentada presentadas a #arOCCUPY May Day, y posteriormente compartirlas y difundirlas a través de las redes sociales. La acción, no se concentró en un punto importante y reivindicativo para su causa, sino que se ubicó de manera dispersa, con el propósito de ocupar la mayor extensión de terreno posible, trascendiendo a las fronteras políticas de cada país. Los mismos organizadores se refieren a este acontecimiento como a una "acción distribuida" (Skwarek 2014, p.17). Países como Australia y Japón fueron los primeros en generar imágenes, seguidos por Europa y el continente americano, siguiendo la franja horaria que da comienzo al día que comienzan la protesta.

La aplicación de Realidad Aumentada *Jasmine rain (birdcage)* (2011) de Tamiko Thiel donde el contexto y el escenario físico recae en la elección del mismo usuario, simula una jaula dorada y una lluvia de flores de jazmín. Según la ubicación del usuario, este se puede encontrar fuera o dentro de esta jaula dorada. Las imágenes producidas por los usuarios, de un modo similar a la obra anterior, se alojan en la página web de la autora. Dependiendo del caso, se percibe la sensación de que la jaula virtual dorada, metafóricamente, es capaz de encarcelar, o, al contrario, proteger al usuario. Las imágenes de la obra emplazadas en Boston dejan ver la amplitud del espacio abierto fuera de la jaula, mientras las de las plazas Tiananmen en Pekín, o Tahir en El Cairo, pueden producir sensaciones ambiguas e individuales para cada usuario, de estar dentro o fuera.

Los motivos florales, tan recurrentes en la obra de Tamiko Thiel, a veces tienen el propósito conmemorativo y otras, evocan reflexiones o protestas adscritas al AR-

La Ciudad Aumentada.

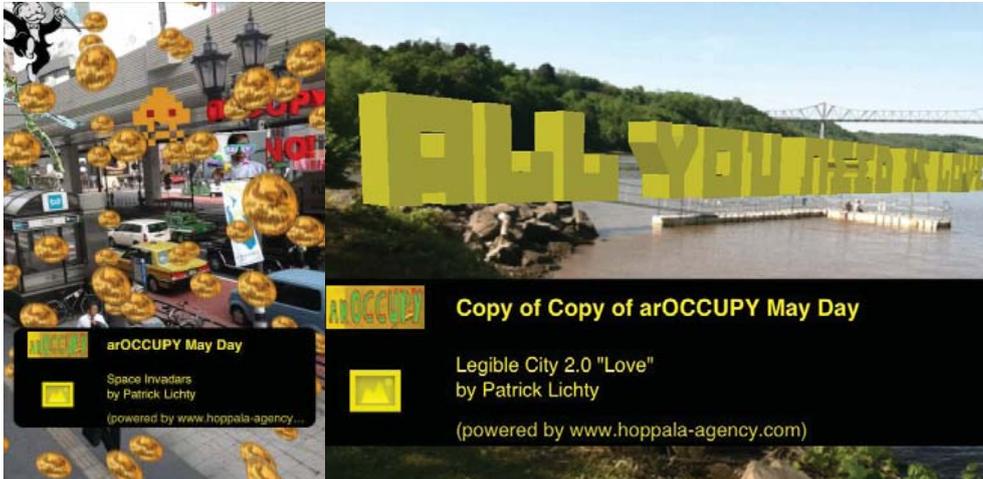


Imagen 122. #arOCCUPY May Day (2012)- intervención de Patrick Lichty.

152

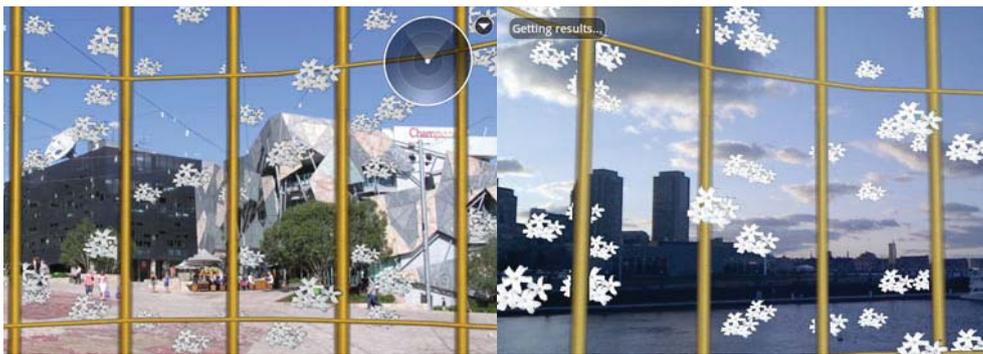


Imagen 123. Jasmine rain (birdcage) (2011) de Tamiko Thiel -visualizado en Melbourne.

Imagen 124. Jasmine rain (birdcage) (2011) de Tamiko Thiel - visualizado en Boston.



Imagen 125. Sunflowers (2012) de Tamiko Thiel- visualizado en Valencia.

Imagen 126. Clouding Green -multiple cloud demo (2012) de Tamiko Thiel- visualizado en Singapore.



Imagen 127. La obra *When I Dream* (2012) de Tamiko Thiel – visualizado en Valencia.

activismo ecológico. La obra *Sunflowers* (2012) presenta un mundo imaginario, suprimiendo el tráfico rodado. La aplicación de Realidad Aumentada ofrece al usuario una visión de la ciudad sin coches, escondiéndolos detrás de una barrera verde de girasoles virtuales. La autora enfatiza a través de este punto de mira subjetivo, cuantos vehículos son demasiado grandes, para poder caber detrás de esta valla floral. Esta obra es vigente en cualquiera ubicación física, donde el usuario expresa el deseo de ver su entorno urbano liberado del tráfico.

Las reivindicaciones ecológicas se expresan también en la obra *Clouding Green -multiple cloud demo* (2012) de Tamiko Thiel, que posiciona unas nubes tóxicas por encima de la cabeza del usuario. Cuando este toca una nube, mediante la pantalla de su dispositivo móvil, aparece la información sobre la procedencia de la energía utilizada para mantener en funcionamiento las redes y nodos de los gigantes de Internet, corporaciones como Google, Yahoo!, Apple Inc. o Facebook. Los usuarios pueden observar estas nubes verdosas dondequiera estén, como metáfora a la ubicuidad propia de estas redes.

La obra *When I Dream* (2012) de Tamiko Thiel trabaja con la temática de los sueños y la identidad trascendente que un individuo puede adquirir a través de ellos. La obra permite su visualización desde cualquier ubicación geográfica del usuario. En su reflexión la autora plantea una serie de preguntas: “¿Quién soy yo cuando sueño? ¿Cuántas vidas diferentes vivo en mi sueño? ¿A dónde van esas vidas cuando me despierto? ¿A dónde se van esos seres cuando me despierto?” (Thiel 2012). Al visualizarla en un dispositivo móvil, la aplicación muestra alrededor del usuario un gran número de esferas texturizadas con la cara de la autora, manteniendo sus ojos cerrados y a veces entreabiertos, sumergidos en un sueño que la conduce a distintos lugares, dependiendo de la posición física que ocupe el usuario.

Un ejemplo de obra capaz de adaptarse a distintos escenarios urbanos, la encontramos en la instalación de RA *Orators, Rostrums, and Propaganda Stands* (2012) de John

La Ciudad Aumentada.

Craig Freeman. Rememora al artista letón Gustav Gustavovich Klucis y sus trabajos y diseños del 1922, realizados para los Stands de propaganda, radio y pantallas, utilizados para conmemorar el quinto aniversario de la *Gran Revolución del Octubre Rojo* en Rusia. La instalación multimedia original de Klucis contenía proyecciones de cine y radio-oradores. El destino de Klucis le llevó desde el entusiasmo y optimismo con cuál se unió al partido comunista, hasta la amargura de la impotencia de expresarse como artista, cuando forzosamente se vio obligado a servir al régimen Stalinista y contribuir a su particular culto personal. En el 1938 fue arrestado y poco después ejecutado, un final trágico para la vida de este artista *constructivista*, que quedó oculto por el régimen soviético hasta 1989 (Freeman 2012). La aplicación de Realidad Aumentada contiene las reproducciones de stands virtuales inspirados en la instalación de Klucis. En las pantallas virtuales aparecen imágenes animadas en blanco y negro, retratando el levantamiento de masas que ocurrió en Rusia el año 1917, la famosa escena del 1989 de la plaza Tiananmen de Pekín de un solo hombre desarmado contra una formación de tanques, el asesinato de Neda Agha-Soltan en las protestas electorales de Teherán en 2009, las imágenes de la Primavera Árabe

154



Imagen 128. Orators, Rostrums, and Propaganda Stands (2012) de John Craig Freeman en Los Angeles.



Imagen 129. Clasificación de obras de RA como 'mojones' en el concepto de la legibilidad de la Ciudad Aumentada.

de 2011 y las imágenes de las manifestaciones del movimiento *Occupy Wall Street*; todo esto yuxtapuesto a las secuencias de la película icónica de Sergei Eisenstein, 'El Acorazado Potemkin'. Freeman emplea el diseño del artista letón para conmemorar estos acontecimientos de la historia moderna y reivindica la plaza pública como un lugar de "resurgimiento del idealismo político actual en el mundo entero" (Freeman 2012). La instalación fue inicialmente expuesta en Copenhagen Art Festival en 2012 y posteriormente llevada a otros festivales en lugares como Milán, Singapur, Melbourne, Los Angeles y Hongkong; definiéndose como una exposición itinerante.

2.9.1.5. Mojones.

Entendemos por 'mojones' en el campo de la Realidad Aumentada, las aplicaciones que utilizan los contenidos virtuales en un espacio físico específico, ligado a un contexto simbólico concreto. En muchos casos, estas obras tienen un propósito de carácter conmemorativo, reivindicativo o de protesta. Los lugares elegidos suelen ser espacios muy concurridos por la ciudadanía/público, como plazas públicas importantes dentro de la vida cívica de las ciudades, o por el contrario, lugares prohibidos o restringidos al público, donde los usuarios pueden 'infiltrarse' a través de las aplicaciones de Realidad Aumentada. La característica que une estos distintos tipos de espacios, reside en su ubicación física, que forma parte de la obra misma y por lo tanto es imprescindible que estén emplazados en una localización geográfica precisa.

Las intervenciones de RA, que podemos incluir en esta clasificación ejemplifican de alguna manera la imposibilidad de introducir una obra física en un emplazamiento concreto, en muchas ocasiones por representar una protesta contra regímenes políticos, instituciones concretas, o por hacer referencia a algo material que ha dejado de existir.

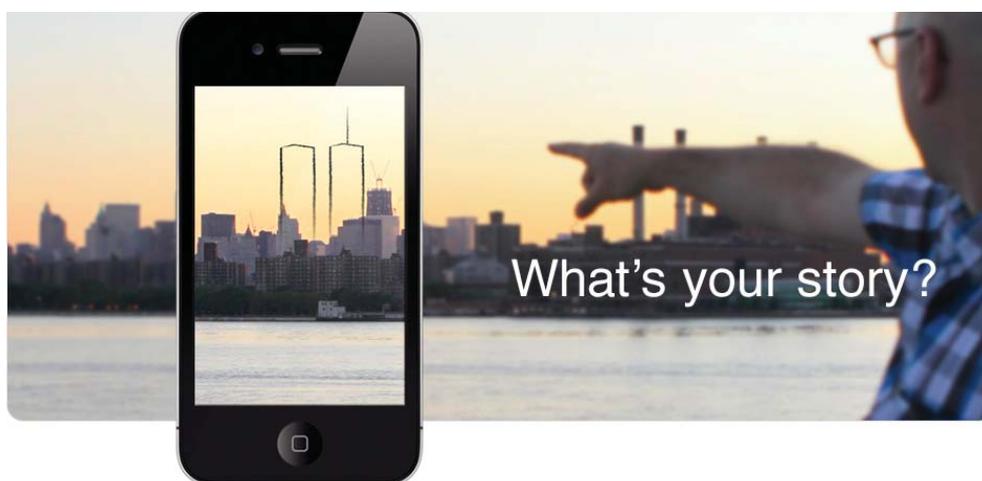


Imagen 130. 110 Stories (2011) de Brian August.

Encontramos como un motivo muy frecuente en esta categoría, los memoriales a los acontecimientos trágicos, que en muchas ocasiones fueron efectuados con gran violencia. La aplicación de RA para telefonía móvil *110 Stories* (2011) de Brian August, conmemora a los fallecidos durante los atentados de las Torres Gemelas del *World Trade Center (WTC)*. El emplazamiento físico empleado para ubicar el monumento virtual, coincide con la localización de este suceso.

La obra es creada por un neoyorquino, que como otros tantos añoraba su presencia en el skyline de Nueva York. La forma vacía de las dos torres, que aparece en el lugar de la zona *Ground Zero*, es visible a través de la pantalla del dispositivo móvil desde cualquier lugar, donde en el pasado fuera posible ver los edificios número uno y dos de *WTC*. La aplicación, además de localizar estas formas sobre el skyline neoyorquino, permite subir fotografías a la misma aplicación y añadir comentarios personales, sobre lo que significaba rememorar esta imagen para cada usuario concreto. El título, *110 Stories*, hace referencia a los 110 pisos erigidos en cada una de las torres gemelas, que ahora se convierten en los 110 o más recuerdos de los habitantes de Nueva York. Aparte de tener un fuerte vínculo emotivo para sus usuarios, este monumento virtual es un recuerdo de la forma física que una vez tuvo la ciudad de Nueva York, trasladando la historia de la ciudad a un presente virtual.

El grupo *4gentleman*, en su obra de RA *Tiananmen SquARed* (2011), erige una estatua virtual que representa a la diosa de la democracia, rodeada con una alambrada de espino y la ubica en la plaza Tiananmen en el corazón de la ciudad de Pekín, controlada por el régimen totalitario comunista chino. La estatua hace referencia a los sucesos de las protestas contra el régimen en 1989, cuando unos estudiantes de arte construyeron la estatua de la diosa en papel maché, finalmente la obra fue aplastada por los tanques del ejército chino.

La aplicación incluye también una representación tridimensional del ciudadano anónimo que intentó parar el avance de los tanques, acto que generó un eco capaz



Imagen 131. Tiananmen SquARed (2011) Goddess of Democracy- de 4gentleman.

de dar la vuelta al mundo entero, tras haber sido inmortalizado en una fotografía. Para poder visualizar ambas partes de la obra, los artistas crearon una aplicación geolocalizada para dispositivos móviles, capaz de emplazar el símbolo de la protesta, en el mismo lugar que sirve al régimen gubernamental para realizar los desfiles militares y otras demostraciones de ostentación de poder sobre el pueblo chino. Emplear las herramientas tecnológicas, como la Realidad Aumentada, otorga cierta libertad artística sobre el espacio físico, y permite al artista expresarse de una manera híbrida. “*Como el arte intervencionista, la realidad aumentada cuestiona la posesión y el control sobre el espacio físico*” (Thiel 2014, p.33). Los espacios autoritaria e inalterablemente destinados a ciertos fines, pueden ser cuestionados gracias a herramientas artísticas, como es la Realidad Aumentada.

Internet como medio de comunicación, al ser vigilado por agencias del gobierno, entraña el peligro de varios tipos de represalias, mientras las aplicaciones de Realidad Aumentada por ahora “*se escapan al ojo vigilante del gran hermano*” (Skwarek 2014, p.20), lo que por desgracia podría cambiar en un futuro no tan lejano.

La obra *School Shootings eMorial* (2013) de John Craig Freeman, simboliza un memorial a las víctimas de los asesinatos en masa, que en la última década han proliferado en el ámbito escolar. Pretende dar visibilidad a las víctimas más indefensas en estos sucesos, los alumnos de escuelas primarias o de universidades, donde en muchas ocasiones asesinatos aleatorios fueron cometidos por alumnos de los mismos centros docentes. Un fenómeno atroz que se ha extendido por varios continentes y que habitualmente, queda sin aclarar. Freeman, elige a propósito un punto de suma importancia para la autodefinición del estado-nación de los estadounidenses, como es el Capitolio de Washington, un símbolo de la soberanía de los EEUU. La obra figura una puesta en evidencia y vehemente crítica de la legislación actual, con un elevado grado de benevolencia y excesiva permisividad hacia las armas del fuego. Plantea y pone en duda la vigencia de la ‘Segunda Enmienda’, que garantiza el derecho de los



Imagen 132. School Shootings eMemorial (2013) de John Craig Freeman.

estadounidenses a la tenencia de armas, cuya fecha de aprobación se remonta hasta finales del siglo dieciocho y a la Guerra de la Independencia.

Los asesinatos de los estudiantes como los de Virginia Tech (2007) o Sandy Hook, una escuela primaria de Newtown, han sido el impulso para la creación de esta obra. Los niños y sus educadores, que perdieron la vida, son representados por mochilas escolares y manzanas perdidas por el suelo, una escena propia de cualquier patio escolar. El observador, al acercarse a la ubicación geolocalizada de este memorial electrónico, es capaz, aparte de contemplar esta escena abandonada, de escuchar los sonidos de tonos de llamadas que nunca fueron respondidas. Un mero objeto virtual modelado en tres dimensiones, uno por cada vida apagada, Freeman relata estos trágicos sucesos con una triste poética propia y una petición del cambio, que deja para la reflexión de cada usuario. Mediante la Realidad Aumentada intensifica el significado de esta obra, que gracias al GPS puede ser expuesta en el sitio idóneo, según la elección del artista, y sin ningún tipo de permiso para ocupar un lugar privilegiado. El mensaje de esta obra reivindicativa sin duda está a la altura de la importancia de su emplazamiento físico dentro de la jerarquía del trazado urbano de la ciudad de Washington y su peso simbólico para todo el país.

Retratando la historia no tan lejana, la obra de RA *Carnation Rain (Largo do Carmo)* (2011) de Tamiko Thiel, rememora los sucesos de la llamada ‘Revolución de los Claveles’, que tuvo lugar el 25 abril de 1974 en Lisboa, un levantamiento militar, contra el régimen salazarista, que estuvo en poder durante cinco décadas. Algunos de los soldados llevaban puestos claveles dentro del cañón de sus armas, como gesto de no querer disparar a la gente. La aplicación cubre la ciudad de Lisboa con una lluvia de claveles rojos.

Un monumento particular a una figura del activismo que quiso limpiar de drogas el barrio de Bushwick, Brooklyn, Nueva York escenifica la obra *Seven Portraits for Maria Hernandez* (2010), de Tamiko Thiel, conmemora a la activista Maria Hernandez. La obra se ubica en un parque, que lleva el nombre de Maria Hernandez,

Génesis de la Ciudad Aumentada. De la revolución digital hasta la contemporaneidad.



Imagen 133. Seven Portraits for Maria Hernandez (2010), de Tamiko Thiel.

159



Imagen 134. Carnation Rain (Largo do Carmo)(2011) de Tamiko Thiel.

situado en este mismo barrio. La autora, para su sorpresa, no encontraba ninguna imagen de esta activista, a pesar de ser una figura importante en este barrio. Su rostro, a diferencia de su nombre, permanece en la invisibilidad. La aplicación muestra siete retratos enmarcados, de siete siluetas doradas sin cara, generadas a partir de siete fotografías de mujeres que comparten el nombre de Maria Hernandez, descargadas aleatoriamente de Internet.

La Realidad Aumentada demuestra su versatilidad como herramienta artística capaz de infiltrarse en los terrenos políticos y sociales, adentrándose virtualmente a entornos físicos restringidos a cualquier posible intervención artística.

La aplicación de Realidad Aumentada *ProtestAR app* (2011) creada por Mark Skwarek, adscrita al movimiento *OWS* mediante la convocatoria #arOWS, traslada las protestas de *OWS* al lugar donde físicamente fueron impedidas debido a un gran despliegue policial, enfrente del edificio de Wall Street 200, sede de la *NYSE* (*New York Stock Exchange*). Los manifestantes no pudieron ocupar la icónica ubicación de la bolsa neoyorquina y se vieron obligados a cambiar el emplazamiento de la concentración, acampando en el Zuccotti Park en Lower Manhattan, Nueva York, desde septiembre



Imagen 135. *ProtestAR app* (2011) de Mark Skwarek.

Génesis de la Ciudad Aumentada. De la revolución digital hasta la contemporaneidad.

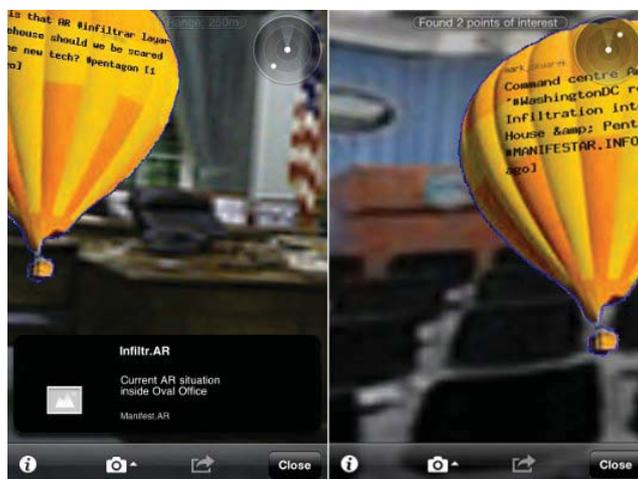


Imagen 136. InfiltrAR (2012) de Sander Veenhof y Mark Skwarek.

hasta noviembre de 2011. La aplicación emplaza a los manifestantes frente del *NYSE* y reproduce los sonidos y gritos de sus demandas grabadas en el Zuccoti Park. Los usuarios de esta aplicación al ejecutarla en su ubicación predestinada, trasladan la manifestación de forma virtual al lugar físico que le corresponde. De esta manera, los viandantes e incluso los miembros de *NYSE* pudieron presenciar las protestas del movimiento *OWS*. Los usuarios de esta aplicación, a diferencia de los manifestantes pudieron perpetuar una protesta sin el temor de ser detenidos o arrestados por la policía.

Un globo aerostático virtual utiliza la aplicación de RA *InfiltrAR* (2012) de Sander Veenhof y Mark Skwarek. Permite enviar mensajes al presidente de EEUU, directamente al despacho oval, en la Casa Blanca, en Washington. Los mensajes provienen de datos enviados a través de Twitter, repitiendo los últimos mensajes publicados e imprimiéndolos en un globo virtual, que se aleja volando hacia la Casa Blanca.

La ambición para crear una herramienta creativa de comunicación directa con las instituciones gubernamentales en Washington, fue lo que llevó a Will Pappenheimer y Zachary Brady a desarrollar la obra de Realidad Aumentada *Sky Petition City* (2013). Los ciudadanos, según los autores, necesitan una manera novedosa de transmitir sus opiniones a las instituciones políticas, que han dejado de escuchar la voz del pueblo. La aplicación permite al usuario escribir un mensaje en el cielo sobre la Casa Blanca, dejando flotar las ideas de la ciudadanía en el aire, acompañadas del sonido de un avión, que habría sido necesario para dibujar el texto en el mundo físico. La manera convencional de realizar un mensaje aéreo, está fuera de alcance económico del ciudadano medio, empleando esta obra, cualquiera puede transmitir su mensaje en gran formato. Los mensajes se actualizan en tiempo real, una nota nueva, reemplaza a la anterior, que se traslada a una nueva ubicación en el monumento de Washington. La Realidad Aumentada es una herramienta muy flexible y útil a la hora de reivindicar



Imagen 137. Sky Petition City (2013) de Will Pappenheimer y Zachary Brady.

las críticas serias que entrañan las políticas, pero también con un tono más ligero, algunos artistas la emplean para expresar una crítica social o como instrumento de auto-crítica de la cotidianidad tecnocrática.

La Infiltración a los terrenos político- religiosos encarna la obra *The Invisible Pink Unicorn* (2011) del grupo de artistas *Les Liens Invisible*, diseñada como una experiencia colectiva de Realidad Aumentada, coordinada en el espacio y en el tiempo. Con una dosis de humor, este colectivo elige un grupo religioso, llamado del *Unicornio Rosa Invisible*, como tema para esta grotesca obra. Fundada en la red, compuesta en su mayor parte por personas profundamente ateas y con una particular diosa representada por un unicornio rosa invisible, esta nueva religión se rige tanto por la fe como por la lógica.

El acto de la fe contempla la creencia general de que el unicornio es rosa, mientras la lógica dicta, que es invisible porque no se puede ver. A medianoche del 23 de abril de 2011, la víspera de Pascua, *Les Liens Invisibles* junto con un grupo de entusiastas feligreses, ha presenciado el acto de aparición de su diosa, manifestándose mediante una aplicación de Realidad Aumentada.

El hecho ocurrió en la plaza de San Pietro, en el Vaticano, justo encima del obelisco que se haya en el centro de esta plaza, lugar tradicional de congregación de los fieles cristianos de todo el mundo. La intervención, empleando este particular ciber-monumento rosa, “*demuestra el uso ilegal y no autorizado, del espacio público*” (Lodi 2013, p.13), en un estado soberano y poco democrático, como es el Vaticano, donde cualquier protesta o demostración están fuera de la ley.

La aparición del unicornio rosa es un punto de inflexión para las creencias tradicionales y las nuevas tendencias sociológicas formadas en la red y sus *memes*, la encarnación de la virtualidad filtrándose al mundo real y una intervención activista en un lugar pseudopúblico, considerado por algunos como sagrado.

Génesis de la Ciudad Aumentada. De la revolución digital hasta la contemporaneidad.



Imagen 139. The Invisible Pink Unicorn (2011) del grupo de artistas Les Liens Invisible.

163



Imagen 138. The Invisible Pink Unicorn (2011) del grupo de artistas Les Liens Invisible.



Imagen 140. Convocatoria We AR in MoMA (2010).

En las palabras de sus autores:

“En la medida en que se reconozca universalmente que Pascua trasciende su significado a otras religiones monoteístas, como un momento del ‘paso a través’, incluso el Invisible Unicornio Rosa se manifestó personificando un nuevo momento crucial, abriendo una nueva temporada brillante para las visiones y alucinaciones gozosas “
(Les Liens Invisibles 2011).

Por último, encontramos una serie de obras que se ubican en los lugares de referencia artística y cultural, haciendo su aparición en estos espacios mediante la virtualidad, debido al carácter cerrado que presentan ciertas instituciones artísticas de renombre internacional.

Una intervención como curadores realizaron Mark Skwarek y Sander Veenhof a través de la convocatoria *We AR in MoMA* (2010), una muestra de aplicación de RA capaz de penetrar los muros de los edificios privados, aumentando el espacio público virtual hasta las zonas pertenecientes a instituciones privadas. La aplicación, geolocalizada en un centro de arte de referencia en la ciudad de Nueva York, es una exposición no invitada dentro de *The Museum of Modern Art (MoMA)*, abierta al público provisto de un smartphone con la aplicación de RA, el 9 de octubre de 2010 como parte de *Conflux Psychogeography Festival*. La muestra alternativa del ‘arte infiltrado’, albergaba en el espacio aumentado dentro de MoMA obras de más de treinta artistas, sin ninguna acreditación o conocimiento por parte del museo. La aplicación pone en su ‘contexto’ y el lugar que le pertenece el arte realizado con la realidad aumentada (Lodi 2013). Los curadores de esta específica muestra de RA, la explican como una progresión dentro del campo del arte, que dependiendo del punto de mira es una forma de libre expresión artística, o un acto ilegal, permitiendo una

Génesis de la Ciudad Aumentada. De la revolución digital hasta la contemporaneidad.



Imagen 141. The Invisible Pavilion (2011).

165

forma de activismo tecnológico, sin riesgo legal (Skwarek y Veenhof 2010). Otro claro ejemplo de intervención de ocupación, efectuado en la 54 Bienal de Arte en Venecia fue la convocatoria *The Invisible Pavilion* (2011) de los autores Les Liens Invisibles y Simona Lodi. Introdujeron un pabellón virtual, visible solo mediante la aplicación de Realidad Aumentada geolocalizada en los jardines *Giardini*, lugar utilizado por la exposición de la Bienal. Este pabellón infiltrado, muestra los trabajos de artistas⁵⁵ que no fueron invitados a este evento. Los nueve artistas que participaron en esta muestra alternativa, pudieron exponer sus obras de forma poco habitual, no se trataba de ubicar unas piezas de arte en concreto sino de generar una experiencia basada en un “*flujo de obras*” (Lodi 2011). Enlazados con la página web y blog, el Pabellón Invisible se retroalimentaba mediante Internet. Según Simona Lodi, la curadora de esta exposición poco convencional,

“El Pabellón Invisible es una experiencia alucinatoria de reescribir el mundo, un estímulo para aumentar el giro y el flujo de información sobre la r/Realidad invisible” (Lodi 2011). Lodi distingue dos modalidades de la realidad, la “r” con minúscula es la realidad cotidiana que nos rodea en todo momento, mientras la realidad “R” con mayúscula, es una nueva realidad que se produce empleando la Realidad Aumentada. Los visitantes de la Bienal de Venecia, pueden adentrarse en otro tipo de realidad, visitando este pabellón invisible. A través de este pabellón, los autores toman una clara postura hacia el futuro de la Ciudad Aumentada:

“Se anuncia que en la interacción hombre-máquina, la interfaz, se ha convertido en el entorno urbano, en un espacio colectivo externo. Un Pabellón -un espacio en el que agrupar y compartir información en tiempo real, lo que cambia nuestra percepción del recinto físico a través de un gesto que transforma la ciudad, un gesto de artistas que son urbanistas aumentados” (Lodi 2011).

55 Jon Rafman, Constant Dullaart, CONT3XT.NET (Sabine Hochrieser, Michael Kargl, Birgit Rinagl, Franz Thalmeier), Les Liens Invisibles (Clemente Pestelli, Gionatan Quintini) y colectivo REFF.

La Ciudad Aumentada.

En el mismo evento artístico participaron los artistas Lily & Honglei con su obra *The Crystal Coffin* (2011). Una reivindicación política realizada como una aplicación de Realidad Aumentada geolocalizada, adscrita al AR-Manifest, que ubica virtualmente el ataúd de cristal y la estructura del mausoleo de la tumba de Mao Zedong, en el pabellón de China de la Bienal de Venecia. La tumba representa a la ideología y a la política de represalias, que siguen vigentes en la China del siglo XXI, casi cuarenta años después de la muerte de su líder ideológico y dictador Mao Zedong. Erigiendo un simbólico monumento a los disidentes intelectuales y a los miembros de grupos religiosos, perseguidos por el régimen totalitario chino.

En la aplicación *Hans RichtAR @ Hans Richter: Encounters*, LACMA de Freeman y Will Pappenheimer realizada en 2013, los autores eligen una ubicación concreta en el Pabellón Resnick en *Los Angeles County Museum of Art (LACMA)*, para realizar su propia exposición virtual, distinta de la que se encontraba físicamente dentro de este pabellón en concreto. “*Desvaneciendo la línea entre el espacio físico de LACMA [...] y ocupando el mismo espacio físico, rellenándolo con una exposición virtual alternativa.*” (Freeman 2013).

166



Imagen 142. The Crystal Coffin (2011) de Lily & Honglei.



Imagen 143. Hans RichtAR @ Hans Richter: Encounters, LACMA (2013) de Freeman y Will Pappenheimer.

Los autores reclaman este espacio privilegiado presentando su propia opción de exposición en la Realidad Aumentada, donde hacen tributo al trabajo de Hans Richter, curador de la exposición cinéfila que tuvo lugar en Stuttgart en 1929, donde su aportación pasó casi desapercibida. La aplicación vista a través de la pantalla de un iPad, permite al usuario ver una exposición de cine mediante una estructura tridimensional. *“Sin embargo, las nociones de espacio cinematográfico expandido, un espacio que envuelve y sumerge a la audiencia, ha permanecido en gran parte sin realizarse, pero tal vez ahora podrá expresarse mediante la realidad virtual y aumentada”* (Freeman 2013).

Capítulo 3. Experiencia de la Ciudad Aumentada. Producción artística y ensayos prácticos implementando tecnología de Realidad Aumentada.

El arte es capaz de evidenciar los conceptos de la Ciudad Aumentada, ponemos en práctica lo aprendido sobre la tecnología de la Realidad Aumentada y la teoría de la Ciudad Aumentada, realizando la obra propia.

Constataremos las intenciones declaradas de Ciudad Aumentada experimentando con las diferentes circunstancias de la hibridación urbana a través de las intervenciones artísticas. Nos serviremos de las tecnologías de la Realidad Aumentada en combinación con las últimas tendencias del hardware y software, en diferentes campos tecnológicos.

Recorremos desde punto de vista de la práctica artística, las diferentes manifestaciones de la virtualidad en el ámbito arquitectónico y urbano. Adentrándonos en las capas de la Ciudad Aumentada, subrayaremos su versatilidad y las opciones inéditas que estas sugieren tanto en la creación de las urbes como en la percepción de las mismas. Los ensayos artísticos efectuados en el transcurso de la investigación, nos permiten experimentar los Espacios Urbanos Aumentados de distinta índole, educativos, sonoros y lúdicos; transformar la arquitectura existente mediante la intrusión de elementos virtuales y redefinir la percepción de las formas de habitar.

La Ciudad Aumentada.

3.1. Ciudad Paralela – diversificación de los Espacios Urbanos Aumentados.

3.1.1. Introducción.

Ciudad Paralela es un conjunto de proyectos de Realidad Aumentada realizados por el ARTGroup Manusamo&Bzika (compuesto por Alena Mésárosová y Manuel Ferrer Hernández), presentados en las *Jornadas Ciudad Sensible*⁵⁶ en mayo de 2014 en la Universidad Politécnica de Valencia y organizado por el colectivo de arquitectos *CarpeVia*.

En las Jornadas de mayo de 2014 hemos contribuido con la creación del proyecto *Ciudad Paralela*, aportando una colección de aplicaciones experimentales agrupadas bajo la idea de desvelar las posibilidades que ofrecen las nuevas tecnologías en la creación de espacios urbanos inéditos. El proyecto transmite al usuario/ciudadano la oportunidad de explorar los espacios urbanos que hibridan el mundo virtual y real, difuminando los límites entre el espacio público y privado. Nos hemos centrado en los efectos que produce esta hibridación, tanto en el ámbito de la arquitectura como en el del espacio urbano. Adentrándonos de esta manera en el espacio urbano aumentado, entendido como “*el espacio físico sobrepuesto con datos dinámicos*”, según la definición de Manovich (2006), un entorno caracterizado como un nuevo tipo de espacio físico, que no podía ser ignorado por más tiempo, ya que en la actualidad la información virtual nos rodea en todo momento. Llegando incluso a la fusión de los espacios físicos y virtuales, según destacan Aurigi y DeCindio (2008), no representan la tradicional dicotomía de los elementos opuestos, sino que su convergencia da lugar a una nueva versión híbrida de la urbe.

Cada una de las tres aplicaciones, agrupadas bajo el nombre de *La Ciudad Paralela*, representa un espacio urbano aumentado con funciones únicas. En grandes rasgos vamos a explicar las características e ideas específicas de cada aplicación antes de entrar en más detalle:

- **VISION(AR)YCITY**, indaga en las posibilidades y ventajas que posee el Espacio Aumentado Educativo.
- **RA_AGORA**, representa el Espacio Aumentado Sonoro.
- **ARQanoid**, transforma el espacio físico en un Espacio Aumentado Lúdico.

⁵⁶ Ciudad sensible, por su autodefinición, “es un espacio de comunicación, creación e investigación colectiva que reflexiona en torno a nuevos modelos de hacer ciudad”, reúne a profesionales de varias disciplinas. Este colectivo se centra en la investigación de nuevas formas de creación urbana con el apoyo de tecnologías digitales, en busca de generar maneras novedosas de comunicación social. Entre los objetivos que persiguen, destaca dar lugar a “un modelo de ciudad más democrática y participativa, en definitiva, más inteligente y sensible” (Ibid.). Los eventos a cargo de este colectivo constan de talleres, conferencias y exposiciones, dirigidos a profesionales, estudiantes y el público general interesado en el futuro progreso de la ciudad.

Todas las aplicaciones se desarrollan en el escenario de la arquitectura y el espacio urbano, involucrando la virtualidad y buscando de esta manera la “*hibridación mediante las nuevas tecnologías como la evolución natural de la arquitectura en relación con la sociedad contemporánea*” (Pandolfini 2012, p.63).

3.1.2. Experiencia del Espacio Aumentado Educativo. VISION(AR)Y CITY.

Con esta intervención de RA, realizamos una exploración en el terreno del Espacio Aumentado Educativo, proporcionando una experiencia mediante la tecnología móvil, que ya demostró su utilidad didáctica. *VISION(AR)Y CITY*⁵⁷ contribuye a la difusión e implementación de nuevas tecnologías en el campo de la educación, formando parte del progreso de la Ciudad Aumentada y sirviendo como un nuevo método en las enseñanzas de arquitectura y urbanismo. *VISION(AR)Y CITY* presenta e integra los hitos arquitectónicos y urbanistas virtualizados en un entorno urbano existente.

En el camino del aprendizaje hacia la profesión del futuro arquitecto o urbanista, los estudiantes se pueden encontrar con dificultades relacionadas con distintas materias. Para facilitar algunas de estas tareas relativas a la materia de urbanismo, hemos diseñado una aplicación que ayuda a comprender algunos proyectos de los ‘futuros pasados’, es decir, algunos proyectos arquitectónicos o urbanos extraordinarios, que en el momento de su concepción tenían que esperar un futuro tecnológico más avanzado para llevarse a cabo. Aunque estos diseños nunca fueron construidos, perduraron como ideas en el formato de un boceto, inspirando a las generaciones venideras de los planeadores urbanistas y arquitectos. Nos hemos centrado en tales proyectos, y les rendimos homenaje, construyéndolos virtualmente a través de los *bits* y materializándolos dentro de la ciudad física mediante la tecnología de Realidad Aumentada.

Para la aplicación *VISION(AR)Y CITY*, hemos creado un contenido altamente interactivo, gracias a la tecnología de Realidad Aumentada que nos permite aplicar modelos alternativos de enseñanza. El entorno físico de la ciudad se convierte en Espacio Aumentado Educativo, llegando a formar una parte fundamental del aprendizaje, garantizando así una mejor comprensión de los conceptos arquitectónicos o urbanistas.

3.1.2.1. Los fundamentos teóricos del Espacio Aumentado Educativo.

La Realidad Aumentada ha evolucionado el espacio educativo, aparte de poder contribuir como una herramienta de aprendizaje valiosa dentro del aula, también se expande fuera de este espacio cerrado. Mediante la utilización de tecnología móvil que permite el rastreo GPS, este nuevo tipo de Espacio Aumentado Educativo no tiene limitaciones físicas y puede abarcar cualquier lugar dentro o fuera del aula llegando a extenderse por la totalidad de la ciudad misma. Emplear dispositivos

⁵⁷ La aplicación *VISION(AR)Y CITY* se presentó en 2014 IEEE 12th International Conference on Emerging eLearning Technologies and Applications (ICETA) (pp. 325–330). <http://doi.org/10.1109/ICETA.2014.7107605>

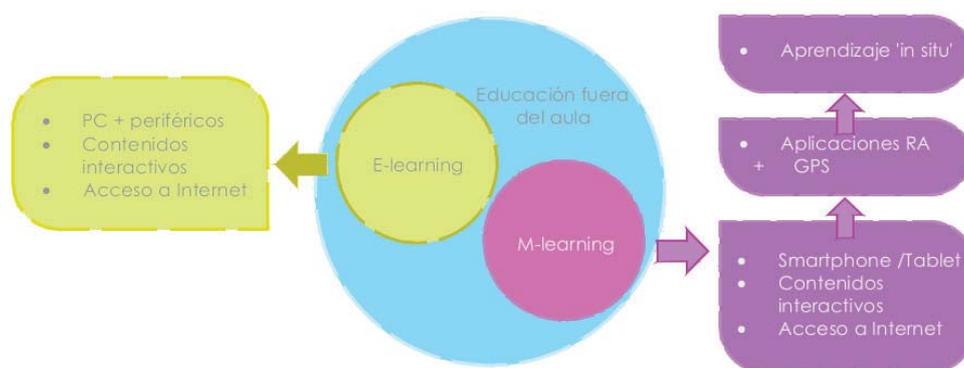


Imagen 144. Esquema educación fuera del aula – comparación de las características de E-learning y M-learning

inteligentes, como los dispositivos móviles o smartphones, permite englobar estas prácticas educativas dentro del método llamado *M-learning*. “*El aprendizaje móvil (o M-learning) se define como el tipo de educación y formación a través de dispositivos móviles y se considera como una evolución natural de E-learning*” (De la Torre 2013, p.3).

La idea de aprender con la ayuda de los dispositivos móviles surge en el año 2000, cuando Mike Sharples, uno de los fundadores de *International Association for Mobile Learning*, publica un artículo⁵⁸ en la revista *Computers & Education*, mostrando los nuevos diseños que se centran en la educación a través de la tecnología móvil como una evolución del *E-learning*. Este tipo de educación asistida por dispositivos móviles de uso cotidiano, pone a disposición del usuario las posibilidades de acceso e interconexión a los recursos localizados en la web (Zapata-Ros 2012).

Destacamos tres características principales de *M-learning* (Pachler, Bachmair y Cook 2010):

- El uso de dispositivos móviles, donde los estudiantes están aplicando las herramientas que ofrece la tecnología móvil.
- El aprendizaje fuera del aula, proporcionando a los estudiantes diferentes situaciones de aprendizaje.
- La necesidad de movilidad de los estudiantes como una oportunidad de aprender o estudiar en cualquier momento.

La aparición de los teléfonos inteligentes ha impulsado un uso masivo de aplicaciones *M-learning*, debidas en gran parte al aumento considerable del rendimiento que han alcanzado en los últimos años estos dispositivos. En lo que se refiere a las aplicaciones de Realidad Aumentada, los dispositivos móviles actuales son capaces de realizar una serie de acciones en tiempo real:

58 The Design of Personal Mobile Technologies for Lifelong Learning.

- Geolocalizar el usuario.
- Emplear datos almacenados en el terminal móvil.
- Mostrar la visión de la cámara en tiempo real.
- Visualizar el contenido digital en tiempo real.
- Mezclar las características antes mencionadas.

La capacidad de realizar esta serie de acciones por un único dispositivo móvil, hace posible omitir el uso adicional de equipos periféricos. El empleo de los smartphones representa una mejora ergonómica en el uso de las aplicaciones *M-learning*, gracias a su equipación con los sensores ya estandarizados en la tecnología móvil como el GPS, sensor inercial, acelerómetro, brújula y Wi-Fi integrados.

La creación de los entornos adaptativos de *M-learning*, enriquecidos por el uso de la tecnología de Realidad Aumentada, permite enfocar el aprendizaje a un nivel personalizado. El alumno puede avanzar en el estudio a su propia velocidad, interés y capacidad (Johnson et al. 2011), aumentando las oportunidades de la enseñanza mediante la visualización de una capa interactiva, que emerge en torno a él y a su vez es capaz de guiarlo en la realización de tareas relacionadas con el estudio de nuevos contenidos.

El uso de la Realidad Aumentada en el proceso educativo ofrece un incremento de los contenidos virtuales, que permanecen invisibles para el observador a menos que se empleen dispositivos como los teléfonos inteligentes. En los entornos educativos, este tipo de aplicaciones representa una capa adicional de información emplazada sobre el entorno físico, o también puede desempeñar el papel de una guía visual para la realización de tareas interactivas (Yu et al. 2010). “*Combinando la tecnología de computación móvil con técnicas de Realidad Aumentada, se crea un gran potencial para proporcionar experiencias de aprendizaje contextuales y una exploración valiosa ‘in situ’, además de descubrimientos fortuitos de información relacionada con el mundo real*” (Gesa 2012, p.76).

Existe una nueva forma de conectar el espacio con los contenidos didácticos, acoplando lo virtual al entorno físico, pero hay que destacar que a su vez surge la necesidad de determinar metodologías que pueden guiar la creación de contenido educativo basado en Realidad Aumentada. Hoy en día no estamos dispuestos a tales normas, con la clara definición de este tipo de material, sería posible originar un contenido personalizado de aprendizaje, cada vez más cercano a la formación “in situ” (Gesa 2012).

La tecnología mejora la comunicación en la enseñanza y en el aprendizaje, relacionándolo con aspectos de la vida cotidiana. Es necesario diseñar modelos de aprendizaje donde los estudiantes pueden aprender y participar en este nuevo espacio tecnológico (González y Chávez 2011).

El ingeniero de software e investigador de la Universidad Duke, Xiangyu Wang (2007) trasladó el *Continuo del Milgram* al campo del aprendizaje a través de *Taxonomy of Mixed Reality Learning Environments* (Taxonomía de Entornos de Aprendizaje de Realidad Mixta). Según esta adaptación del continuo real-virtual, la realidad física está relacionada con el aprendizaje en el entorno físico de la educación tradicional, el aula, mientras que *E-learning* se encuentra dentro del campo de la

La Ciudad Aumentada.



Imagen 145. Esquema entornos educativos de Realidad Mixta (Mixed Reality Learning Environment – MRLE)

174

Realidad Virtual (pantallas y proyecciones). Al igual que en el Continuo de Milgram, donde los ambientes intermedios están cubriendo la mezcla de lo real y lo virtual, este continuo muestra los entornos de Realidad Mixta en relación a los entornos de aprendizaje (*Mixed Reality Learning Environment – MRLE*). Capaz de acotar el contenido virtual en el mundo físico, la Realidad Aumentada crea espacios donde los usuarios pueden experimentar la educación y el aprendizaje de una forma novedosa, interactiva e intuitiva, abriendo las puertas a una amplia gama de herramientas educativas que permitan elevar el nivel de aprendizaje.

El Espacio Aumentado Educativo empleando la tecnología de Realidad Aumentada representa la formación 'in situ', un tipo de educación que sobrepasa el concepto del aula, anclando la virtualidad al contexto físico del entorno real.

3.1.2.2. Ejemplos de Aplicaciones de Realidad Aumentada en la Educación.

Encontramos diversas aplicaciones capaces de utilizar la tecnología de Realidad Aumentada como un recurso valioso capaz de aprovechar el entorno físico y las posibilidades que puede ofrecer la Tecnología de la Información y Comunicación (TIC). Las oportunidades de *M-learning* se ven enriquecidas en un amplio campo de actividades educativas. Aprovechando las interfaces tangibles como los libros aumentados, o la localización del usuario a través de *GPS* para la educación 'in situ', estas aplicaciones permiten la adaptación de formas interactivas de educación, mezclando el mundo virtual con el espacio físico. En el ámbito de *M-learning* encontramos varios tipos de herramientas educativas basadas en Realidad Aumentada, que podemos dividir en las aplicaciones orientadas a instituciones educativas, museos, centros de interpretación, libros educativos aumentados y educación medioambiental, donde la posición *GPS* es un factor clave.

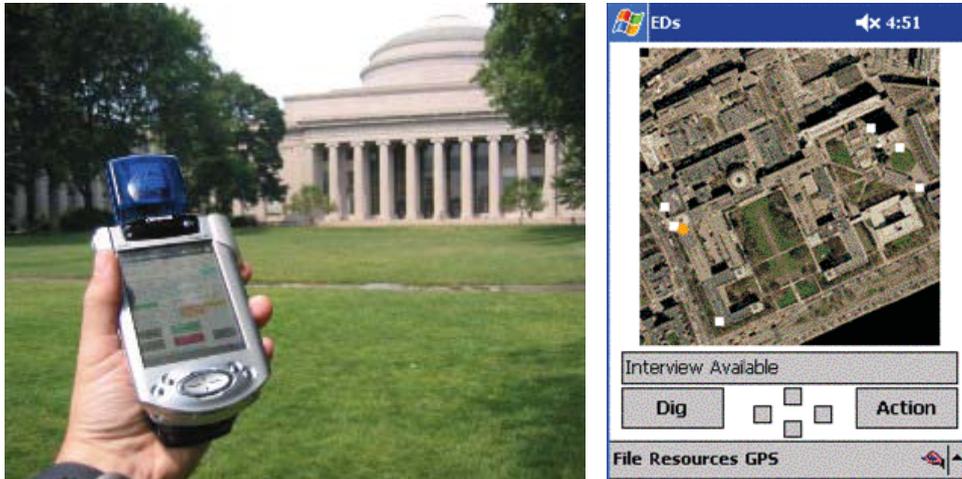


Imagen 146. Aplicación Environmental Detectives desarrollada por MIT.

- **Aplicaciones orientadas a las instituciones educativas.**

Antes de la llegada masiva de los Smartphones, los investigadores de *Masachusetts Institut of Technology (MIT)* indagaron en el campo de la creación de contenidos de Realidad Aumentada relacionados con la educación. Como ejemplo destacable podemos mencionar el proyecto *Environmental Detectives* (2003), una aplicación de Realidad Aumentada multi-jugador dirigida a estudiantes de secundaria y universitarios. La aplicación funciona en relación a la posición del usuario, calculada con la ayuda de un *Pocket PC*, empleando un sensor *GPS* en exteriores y un localizador *Wi-fi* en interiores.

Diseñada como un juego educativo, esta aplicación propone que los estudiantes desempeñen el papel de ingenieros ambientales, trabajando dentro de una situación hipotética en la que se ha de buscar un derrame tóxico. Los estudiantes se adentran en los conocimientos científicos a través del argumento del juego, donde se pueden tomar muestras ficticias de las concentraciones químicas del agua y realizar mediciones, que se estipulan en función de la posición de los usuarios dentro del espacio físico. También se les provee de una base de datos multimedia donde pueden encontrar y contrastar la información necesaria para llevar a cabo el cometido del juego. A esta base de datos solo puede accederse desde lugares específicos, estableciendo puntos de encuentro con los profesores que colaboran en el proyecto. Con esta aplicación se consigue aumentar las capacidades de los estudiantes en cuestión de organización y logística, pues el juego cuenta con limitaciones temporales a la hora de tomar las muestras y consultar la información en la base de datos.

Un ejemplo destacable en el territorio español, lo encontramos en el proyecto *APRENDRA* (2010), desarrollado por el grupo de Gráficos y Multimedia del Instituto de Automática e Informática Industrial (ai2) y l'Escola d'Estiu de la Universidad Politécnica de Valencia (UPV), junto con el Instituto Tecnológico del Juguete (AIJU) de Ibi (Alicante). Este proyecto utiliza la RA para la creación de

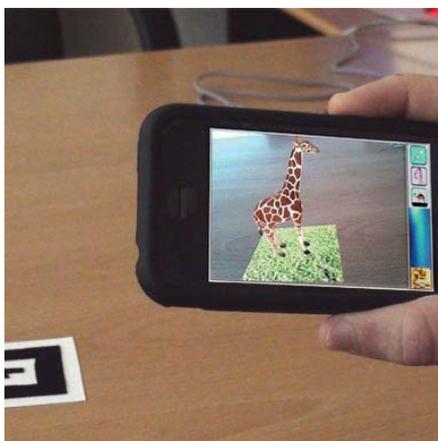


Imagen 147. Aplicación APRENDRA desarrollada por UPV y AIJU.



Imagen 148. Aplicación Skyview desarrollada por Terminal Eleven.

juegos educativos. Su primer resultado es una aplicación para el sistema operativo IOS que permite cargar contenidos 3D mediante marcas de RA. Los contenidos están relacionados con la flora, la fauna, y el patrimonio histórico de Asia, África, y América (APRENDA). Utiliza la Realidad Aumentada como herramienta didáctica, capaz de desempeñar la tarea de familiarización de los alumnos con objetos, animales o construcciones virtuales, que mediante esta aplicación se visualizan de una forma lúdica e interactiva. Otra parte del proyecto se centró en el área de conocimiento de la Química Inorgánica. Mediante la visualización de contenidos tridimensionales de estructuras moleculares y fórmulas estructurales químicas, los alumnos son capaces de interactuar y manipular estas estructuras mediante marcadores RA, adquiriendo una mayor comprensión de la química.

En los últimos años la tecnología de Realidad Aumentada consiguió adentrarse en el contexto social actual, provocando que adquiriese mayor protagonismo en determinadas áreas de conocimiento, mostrando sus posibilidades y versatilidad, lo cual ha generalizado su utilización en el campo que relaciona la educación y el entretenimiento, por ejemplo, conocido como *edutainment*. Esta inserción se debe a la capacidad de mezclar de forma asequible el entorno real con el virtual mediante interfaces centrados en telefonía móvil.

Encontramos aplicaciones de Realidad Aumentada relacionadas con la materia de astronomía, donde el dispositivo calcula la posición de las estrellas en función de la ubicación *GPS* del usuario y la orientación del dispositivo, facilitando la identificación de los nombres de los astros, así como también posibilita su visualización a cualquier hora del día. Dentro de este tipo de aplicaciones destacamos *Skyview* (2011) desarrollada por *Terminal Eleven*, que además de lo anteriormente mencionado permite visualizar la posición solar y lunar, ofreciendo información sobre la ubicación de la puesta de sol, o por donde saldrá la luna.

Otra aplicación digna de mencionar en este sentido, es *Cosmosis1* (2011) creada por Rich Blundell y desarrollada para iOS. Se trata de un documental de Realidad

Aumentada didáctico, donde se guía al usuario a lo largo de la creación del cosmos. Ofrece la visión de la cámara del teléfono a través de distintos filtros simulando la apariencia del cosmos. Conecta al usuario con valores de la naturaleza, que cada vez se tienen menos en cuenta por cuestiones tecnológicas. Los contenidos educativos de esta aplicación están diseñados para poder utilizarse en escuelas de secundaria y en universidades, aunque también puede ser utilizada de forma autodidacta.

Con una temática parecida se relaciona la aplicación de Realidad Aumentada para telefonía móvil *MoonWalking* (2011), desarrollada por *Eduweb*. Permite ver el alunizaje de un módulo lunar, enseñando como Neil Armstrong hizo su primer paso en la luna y como realizó el primer paseo lunar en compañía de Buzz Aldrin. Se trata de una experiencia lúdica y educativa a la que se puede acceder desde cualquier espacio físico, sin importar su localización. *MoonWalking* abre ante el usuario una ventana, transportándolo a un acontecimiento único en la historia.



Imagen 149. Aplicación Cosmosis 1 desarrollada por Rich Blundell.



Imagen 150. Aplicación Moonwalking desarrollada por Eduweb.

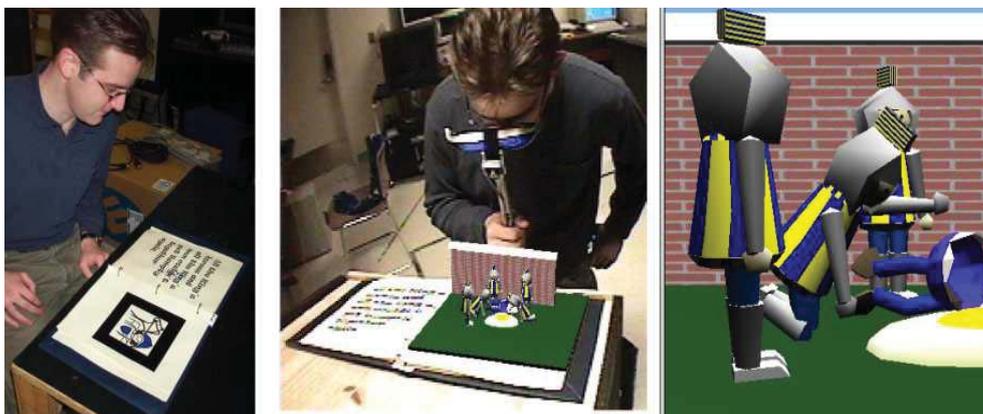


Imagen 151. Aplicación Magic Book desarrollada por Human Interface Technology Laboratory.

- **Libros de Realidad Aumentada.**

Uno de los recursos más utilizados en el campo de la educación es la realización de libros aumentados. Utilizan las imágenes impresas dentro del mismo libro como marcadores de RA, que permiten un acceso a mayor información. La información aumentada, muestra contenidos virtuales que aparecen sobre las imágenes. Uno de los ejemplos más significativos ha sido *Magic Book* (2000), realizado por *Human Interface Technology Laboratory* de la Universidad de Washington. El libro sirve como interfaz física, donde se pueden pasar páginas y leer el texto de forma convencional, la magia ocurre al utilizar el dispositivo de visualización de Realidad Aumentada, que desvela los entornos de fantasía tridimensionales, una nueva versión tecnológica de un libro *pop-up* (Billinghurst et al. 2001). *Magic Book* fue una idea novedosa, aunque hoy en día encontramos a nivel comercial un gran número de publicaciones orientadas a un público muy diversificado.

Un ejemplo de libro aumentado dedicado a un sector más específico es la aplicación *Principios Básicos en Anatomía de la Pierna y el Pie* (2013), desarrollada por la compañía *AR-Books*, en colaboración con Javier Ferrer Torregrosa, podólogo autor de los contenidos científicos. El libro facilita el aprendizaje de la anatomía, fisiología y biomecánica del pie, mediante RA, mejorando la comprensión en esta materia para estudiantes de medicina.

- **Aplicaciones orientadas a los espacios expositivos y museos.**

Las exposiciones museísticas que emplean Realidad Aumentada adquieren una nueva dimensión educativo-interactiva, que permite cambiar el rol tradicional desempeñado por el visitante. Éste se transforma de mero observador visual o auditivo a actor interactivo, que, dependiendo de su implicación puede descubrir e indagar en una mayor fuente de conocimientos. Los museos más destacados del mundo como el *MOMA*, el *Prado*, el *Tate*, etc., ofrecen aplicaciones para dispositivos



Imagen 152. Principios Básicos en Anatomía de la Pierna y el Pie desarrollada por AR-Books.

móviles que además de ser capaces de mostrar los contenidos habituales propios de los formatos de audio guías y visitas guiadas, se complementan con contenidos interactivos vinculados a las obras de arte y artículos expositivos de gran importancia. La introducción de la telefonía móvil en todos los contextos, tanto educativos como sociales benefician a los museos, ahora, ya no es necesario para los museos proporcionar interfaces o equipamientos físicos a los usuarios, como por ejemplo las audio guías. La tendencia es el uso del propio dispositivo móvil del visitante, en el que el usuario puede instalar aplicaciones. De esta manera se hace más fácil la tarea de mostrar contenidos digitales y la creación de visitas personalizadas en función del tiempo o el interés de los visitantes/usuarios.

ARtours (2010) es una aplicación diseñada por *design bureau Fabrique* que utiliza el software *Layar* para los dispositivos móviles, para enriquecer el modo en el que mostrar las exposiciones de *Stedelijk Museum* de Amsterdam. Este tour alternativo por el museo, ofrece la posibilidad de una mayor interacción con los contenidos. La información que transmite es aumentada con vídeos, audios, fotografías y se incluyen retos que fomentan la curiosidad por saber más de lo que ofrece la exposición a simple vista. La aplicación no se limita a los espacios interiores del museo, sino que se ejecuta también en las calles de la ciudad de Amsterdam, trazando un museo alternativo al aire libre, dotado de contenidos a través de tecnología de Realidad Aumentada.

Un procedimiento parecido adopta la aplicación *Museum of London: Streetmuseum* (2010), diseñada por *Brothers and Sisters Creative Ltd*, que retoma las calles de Londres como escenario, mostrando los cambios acontecidos en el espacio físico en diversas temporalidades.

La utilización de dispositivos móviles con *GPS* permite reconocer la ubicación del usuario, situando las fotos o imágenes históricas correspondientes en un lugar concreto. Además de los contenidos visuales se expone la información sobre los acontecimientos importantes que tuvieron lugar en ese mismo espacio.

La Ciudad Aumentada.



Imagen 153. Aplicación ARtours desarrollada por design bureau Fabrique.

180



Imagen 154. Aplicación Museum of London: Streetmuseum desarrollada por iTF Interactiva.

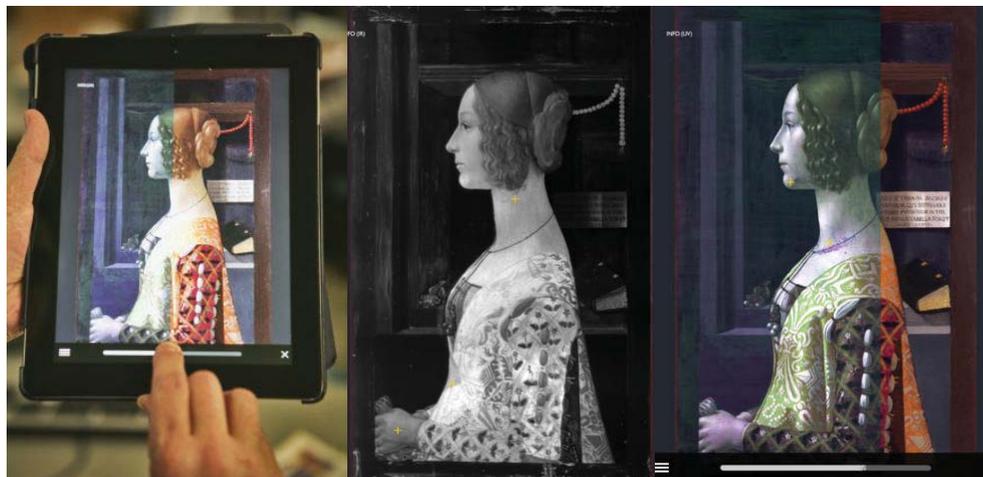


Imagen 155. Aplicación Giovanna desarrollada por iTF Interactiva.

Destacamos también la aplicación *Giovanna* (2014), desarrollada por la *iTF Interactiva* para el Museo Thyssen de Madrid. Permite a los usuarios acceder a la información virtual del retrato de *Giovanna Tornabuoni* de *Ghirlandaio*, que normalmente permanece oculta. La aplicación facilita la visión del lienzo en tres modos diferentes, así, es posible apreciar las imágenes obtenidas a través de radiación con rayos X, infrarrojos y ultravioletas, desvelando los secretos utilizados por el pintor. Una nueva forma de repensar el contenido aumentado que genera distintas perspectivas y experiencias a los usuarios.

Encontramos otras aplicaciones de Realidad Aumentada en educación que se centran en el patrimonio cultural arqueológico. Utilizando la Realidad Aumentada para escenificar las partes que han dejado de existir o las que han cambiado su aspecto en alguna época de la historia. A su vez introducen contenidos educativos referentes a la información específica de cada yacimiento.

Entre las aplicaciones relacionadas con el patrimonio arqueológico destacamos el proyecto *Create (Constructivist Mixed Reality for Design, Education, and Cultural Heritage)* (2003). Este proyecto permite a los usuarios modificar el espacio real/virtual mediante elementos existentes en el mundo físico vinculados a contenidos virtuales. Ofrece a los estudiantes la posibilidad de probar sus ideas, conocimientos y experiencias y explorar los yacimientos de una forma más interactiva. Una nueva manera de aprendizaje que implica tener un acceso diferente a los conocimientos, pudiendo crear, reconstruir e investigar dentro de distintos periodos históricos. De esta forma se pretende completar los yacimientos arqueológicos donde la reconstrucción física no se realizó, pero se dispone de suficiente documentación para elaborar la reconstrucción virtual.



Imagen 156. Aplicación VISION(AR)Y CITY pantalla de inicio.

3.1.2.3. VISION(AR)Y CITY.

El proyecto *VISION(AR)Y CITY*⁵⁹ representa hitos de referencia de la arquitectura y el urbanismo de relevancia mundial, que se quedaron en la fase inicial o como simples bocetos debido a las dificultades técnicas que hicieron imposible construirlo en su época. A veces, algunas de estas ideas se vieron reflejadas en diseños de arquitectos pertenecientes a las generaciones posteriores.

La aplicación nos muestra, (ayudándonos a familiarizarnos con ellos), interpretaciones libres de los proyectos más originales y destacables de arquitectos y teóricos influyentes del pasado, como el neoclásico francés Claude-Nicolas Ledoux, el grupo experimental de arquitectura *Archigram* encabezado por el arquitecto Ron Herron, o el arquitecto y urbanista Yona Friedman.

VISION(AR)Y CITY recrea estos espacios visionarios de forma aumentada, utilizando modelos tridimensionales virtuales y superponiéndolos sobre el ambiente urbano existente.

En este sentido, la aplicación *VISION(AR)Y CITY* representa un nuevo tipo de espacio urbano, que nombramos Espacio Aumentado Educativo, ofreciendo contenidos virtuales con fines didácticos. En la aplicación, las interpretaciones de ideas arquitectónicas y programas urbanos fueron recreadas completamente mediante la técnica de modelado en tres dimensiones. Los modelos virtuales se situaron en su ubicación física con la ayuda de la tecnología de Realidad Aumentada, poniendo de manifiesto el Espacio Aumentado Educativo, y a su vez situándolo en un espacio educativo emblemático de la ciudad, como es el campus de la Universidad Politécnica de Valencia. Se exterioriza el proceso de las enseñanzas arquitectónicas y urbanistas, encajándolas en el contexto del tejido urbano construido y haciéndolas de esta manera más accesible a los estudiantes.

⁵⁹ Para consultar el material audiovisual acceder a: <http://manusamoandbzika.webs.com/>

Experiencia de la Ciudad Aumentada. Producción artística y ensayos prácticos .

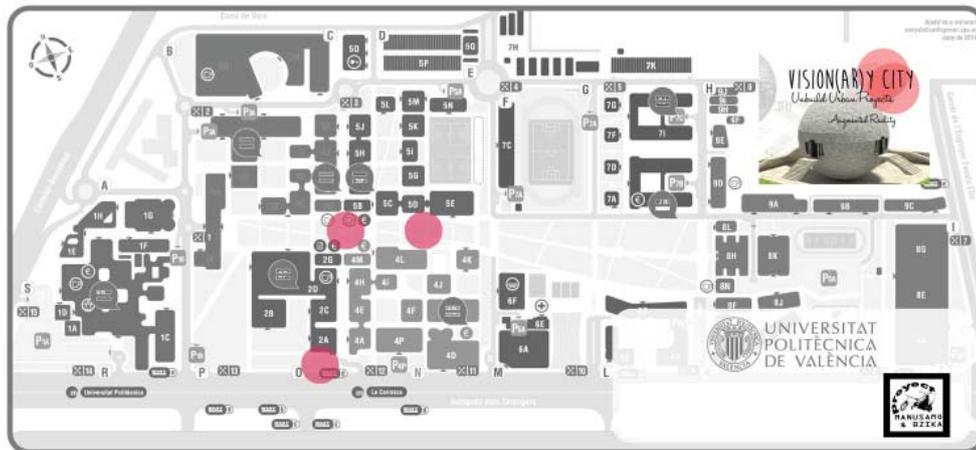


Imagen 157. VISION(AR)Y CITY ubicación en el recinto de la UPV.

183

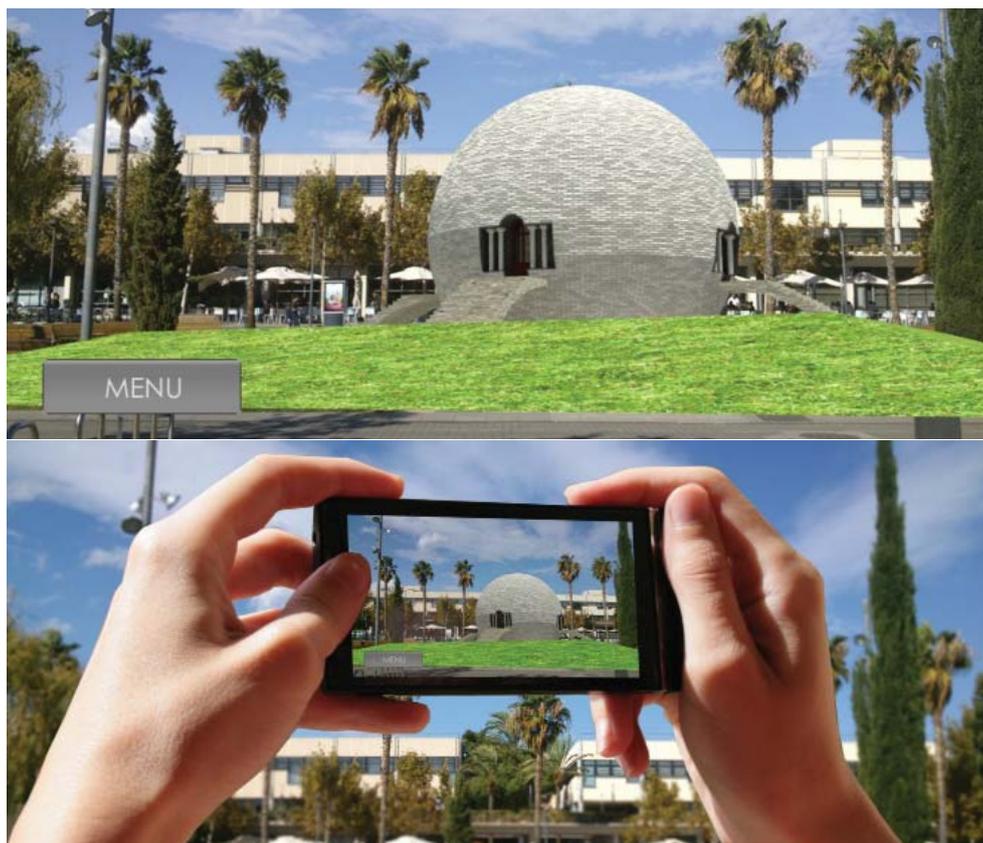


Imagen 158. VISION(AR)Y CITY -Maison des Gardes Agricoles- visión del usuario.

La Ciudad Aumentada.

De este modo se cumple con uno de los objetivos de la formación ‘in situ’, la educación fuera del aula en un entorno geolocalizado. Para el emplazamiento de las arquitecturas virtuales hemos elegido los espacios exteriores que se encuentran dentro del campus UPV, pero que están destinados a funciones distintas de las educativas, como las áreas verdes destinadas a esparcimiento y los espacios designados al tránsito peatonal. Gracias a la RA, estos espacios se extienden en el contexto de la interacción educativa virtual, ampliando las posibilidades del uso de los espacios exteriores.

La aplicación está diseñada para su uso en teléfonos inteligentes o tabletas, consta de varios niveles y tiene una interfaz sencilla e intuitiva que facilita una mejor comprensión por parte de los estudiantes. En la plantilla principal se pueden visualizar los modelos tridimensionales interactivos y en algunos casos animados, como en el ejemplo de interpretación del proyecto mítico llamado *Walking City*, originalmente diseñado por Ron Herron y el grupo experimental *Archigram*. Los modelos virtuales se superponen en el espacio físico y se muestran en la pantalla mezclados con la captura de vídeo en directo, obtenida desde la cámara integrada del

184



Imagen 159. Aplicación VISION(AR)Y CITY -Walking City- visión del usuario.

dispositivo móvil. De esta manera es posible caminar por los espacios exteriores de la UPV, rodeado por la *Maison des Gardes Agricoles*, la casa esférica de Ledoux, o por debajo de las construcciones utópicas de *Ville Espacial*, proyectados por Yona Friedman. Al incluir la posición calculada mediante *GPS*, la aplicación permite observar estas construcciones inusuales desde diferentes ángulos, ya que el usuario se mueve a lo largo de la calle en el espacio urbano real.

Los modelos virtuales están alineados en el entorno físico gracias a la función de seguimiento *GPS* de la aplicación de Realidad Aumentada, que permite posicionar el contenido virtual de forma coherente siempre en relación a las mismas coordenadas del espacio real. Los modelos que representan arquitecturas móviles, como en el proyecto *Walking City*, están animados y son capaces de cambiar su posición en el espacio físico, siguiendo una trayectoria previamente definida. Los movimientos están acompañados por un efecto de audio, emitiendo un sonido característico que cambia de acuerdo a la distancia entre el modelo virtual y el usuario.

La aplicación ofrece interacción digital mediante la pantalla de dispositivo móvil, aparte de la interacción física que es necesaria para localizar estos modelos aumentados,



Imagen 160. VISION(AR)Y CITY – captura de pantalla: descripción y test de conocimientos.

ocasionando el desplazamiento en el espacio físico, tarea que se enfatiza aún más por la movilidad de los modelos animados. Se puede visualizar la información sobre las arquitecturas simplemente tocándolas en la pantalla, introduciendo al espectador en una descripción de cada obra. Además, ofrece una opción de exploración más amplia del tema a través de la utilización de hipertexto, enlazando a direcciones de Internet relacionadas con los contenidos.

Al tratarse de una aplicación que se articula en el Espacio Aumentado Educativo, hemos integrado más tipos de niveles interactivos de aprendizaje. Además de ofrecer contenidos de la materia de urbanismo, ofrece la oportunidad de verificar el nivel de conocimientos adquiridos mediante un breve cuestionario sobre los elementos seleccionados, por lo que el usuario puede comprobar el nivel de adquisición en estos temas.

3.1.2.4. Metodología y proceso de desarrollo de *VISION(AR)Y CITY*.

En el proceso inicial de desarrollo seleccionamos los contenidos arquitectónicos de acuerdo a varios criterios y condiciones que éstos tenían que cumplir:

- **Proyectos no construidos** - el criterio más importante en este caso, los diseños elegidos se paralizaron en la fase de ideación o en la de proyección, adquiriendo por tanto, así, más sentido y valor la construcción virtual.
- **Originalidad** - en la mayoría de los casos fue la razón por la que resultó imposible construirlos en su época.
- **Influencia en la evolución de la arquitectura** - proyectos que han cambiado el pensamiento y conceptos arquitectónicos.

Para poder modelar estas interpretaciones libres, inspiradas en los dibujos originales de las ideas arquitectónicas, efectuamos una investigación previa a través de fuentes bibliográficas y webgráficas.

El modelado de las representaciones virtuales se realizó con el programa *Blender*, un software de código abierto, permitiéndonos elaborar los modelos en tres dimensiones y añadir las animaciones correspondientes. El proceso continuó con la texturización de los modelos y el proceso de ‘horneado’⁶⁰ de las texturas finales, para un rendimiento optimizado en la aplicación. Los diseños arquitectónicos que poseen las características de movilidad, también fueron animados mediante el software *Blender*. En el caso de *Walking City*, la animación reproduce los movimientos y desplazamiento de estas megaestructuras urbanas en el mundo físico, el movimiento se simula a través de la animación de partes estructurales concretas de los modelos.

⁶⁰ El proceso de ‘hornear’ (bake) de las texturas consta en la aplicación de las condiciones lumínicas y sombras, de modo que quedan ‘dibujadas’ sobre la textura original. Utilizando la textura ‘horneada’ en un modelo 3D concreto se simula el efecto de la iluminación sin necesidad de cálculos en tiempo real. Este proceso se emplea por su capacidad de optimizar enormemente el rendimiento del software y hardware.

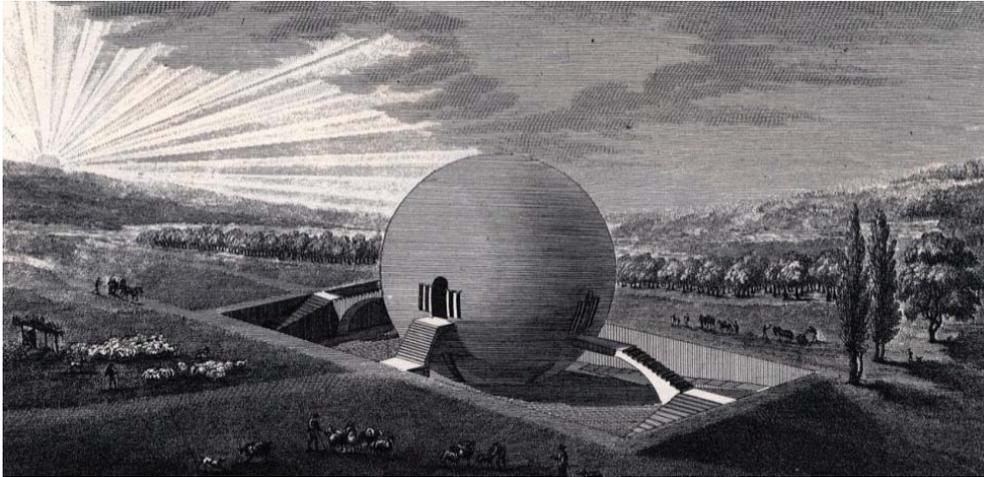


Imagen 161. Maison des Gardes Agrícolas (1804)- proyecto original de Claude-Nicolas Ledoux.

187

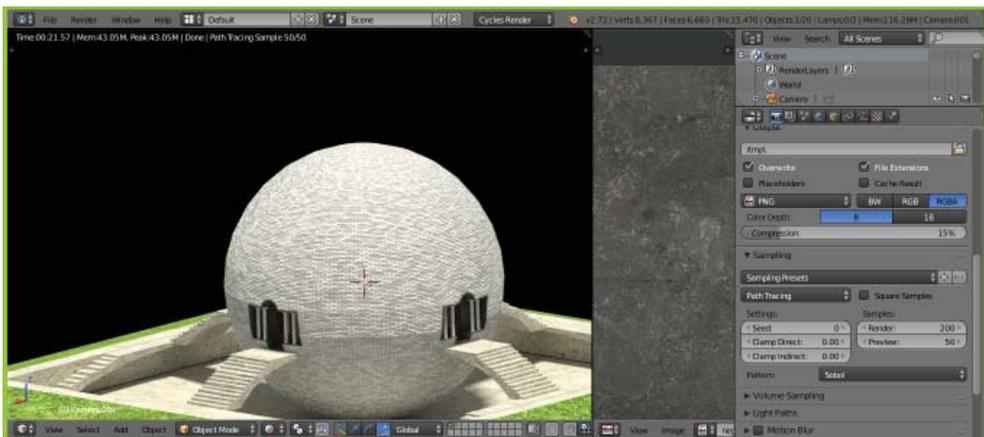


Imagen 162. Maison des Gardes Agrícolas modelo 3D realizado en Blender.

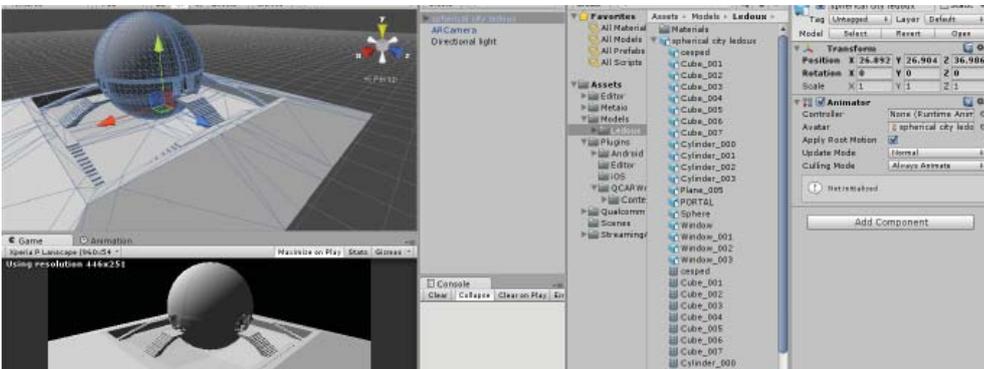


Imagen 163. Maison des Gardes Agrícolas en el entorno de Unity3D.

Para elaborar la aplicación *VISION(AR)Y CITY* utilizamos varios softwares, como base de la interactividad y desarrollo de la aplicación para el sistema operativo *Android*, empleamos el software *Unity3D*. En este entorno programamos la parte interactiva de la aplicación, asociando comportamientos específicos a partes del diseño del interfaz gráfico, como la utilización de distintos botones y acceso a hiperenlaces. Para introducir las características de RA a los contenidos utilizamos el *SDK* (kit de desarrollo de software) *Metaio*, implementado como un *plug-in* para *Unity3D*. En este caso en concreto, *Metaio* nos permitió integrar contenidos virtuales geolocalizados y a su vez utilizar la imagen de la cámara del dispositivo móvil como textura de vídeo, haciendo posible la mezcla de los contenidos provenientes del entorno real con los contenidos virtuales utilizando la pantalla del dispositivo. La aplicación, para su correcto funcionamiento 'in situ', necesita ser instalada en un dispositivo móvil *Android*, con cámara integrada, *GPS* y conexión a Internet.

3.1.3. Experiencia de Espacio Aumentado Sonoro - RA_AGORA.

188

El Espacio Aumentado Sonoro tiene la peculiaridad de fusionar el sonido ambiental procedente del entorno real con el sonido generado de forma sintética. La Realidad Aumentada permite la inserción de audio digital en el contexto del espacio físico concreto, mediante la geolocalización, ya sea basada en la tecnología *GPS* o mediante técnicas de seguimiento visual.

El Espacio Aumentado Sonoro tiene la capacidad de transformar la función preconcebida de un espacio arquitectónico, modificando la manera en que se percibe este espacio. El movimiento del usuario en los entornos construidos, puede representar el grado más elemental de la interactividad dentro del Espacio Aumentado, donde el mero hecho de caminar puede llevar a descubrir contenidos virtuales. El grado más avanzado de la interacción con el Entorno Aumentado se consigue incrementando las opciones de interacción a través de una interfaz digital, que permite experimentar los espacios urbanos de forma distinta.

Evidenciamos estas características de los espacios urbanos híbridos en la aplicación de Realidad Aumentada *RA_AGORA*, que posibilita al usuario sumergirse en el Espacio Aumentado, que en este caso podemos caracterizar como el Espacio Aumentado Sonoro. La idea principal de la aplicación *RA_AGORA* es dar la oportunidad al usuario de crear sus propias composiciones musicales, vinculadas a ciertos espacios arquitectónicos. El usuario puede cambiar la función del espacio mediante la interactividad, transformando un espacio de tránsito en un espacio de creación sonora.

3.1.3.1. Ejemplos de Aplicaciones orientadas a los Espacios Aumentados Sonoros.

El Espacio Aumentado Sonoro se puede percibir, tanto en los entornos urbanos abiertos como cerrados. En la mayoría de los casos, las aplicaciones que facilitan estas experiencias se basan en el movimiento del usuario dentro del entorno físico, utilizando para determinar la localización, las funciones del *GPS* en espacios

exteriores, u otros tipos de seguimiento en espacios cerrados.

Un ejemplo de aplicación de Realidad Aumentada sonora que se desarrolla en el entorno urbano y tiene como objetivo la composición musical única, es *Inception the App* (2010). Creada por *Reality Jockey Ltd*, esta aplicación se basa en la banda sonora de la película *Inception (Origen)*. La idea de esta aplicación se asemeja al concepto tratado en la película, recreando los sueños a partir de sonidos que están en constante cambio, en función del comportamiento del usuario. Genera composiciones musicales diferentes relativas al movimiento del usuario, difiere si el usuario permanece quieto, se desplaza andando o a una velocidad más elevada, por ejemplo, utilizando un medio de transporte. Estos cambios van incluso un poco más allá de la interacción del usuario, generando variaciones desencadenadas por condiciones variables del entorno natural, como la luz solar o las fases de la luna.

En la aplicación de Realidad Aumentada llamada *Vogelsafari* (2012) creada por Emine Tuzkapan se presenta un recorrido sonoro por el barrio Vogelbuurt de Amsterdam. El nombre del barrio, Vogelbuurt, traducido del holandés, significa ‘el barrio de las aves’, pues las calles en este barrio tienen la peculiaridad de tener como

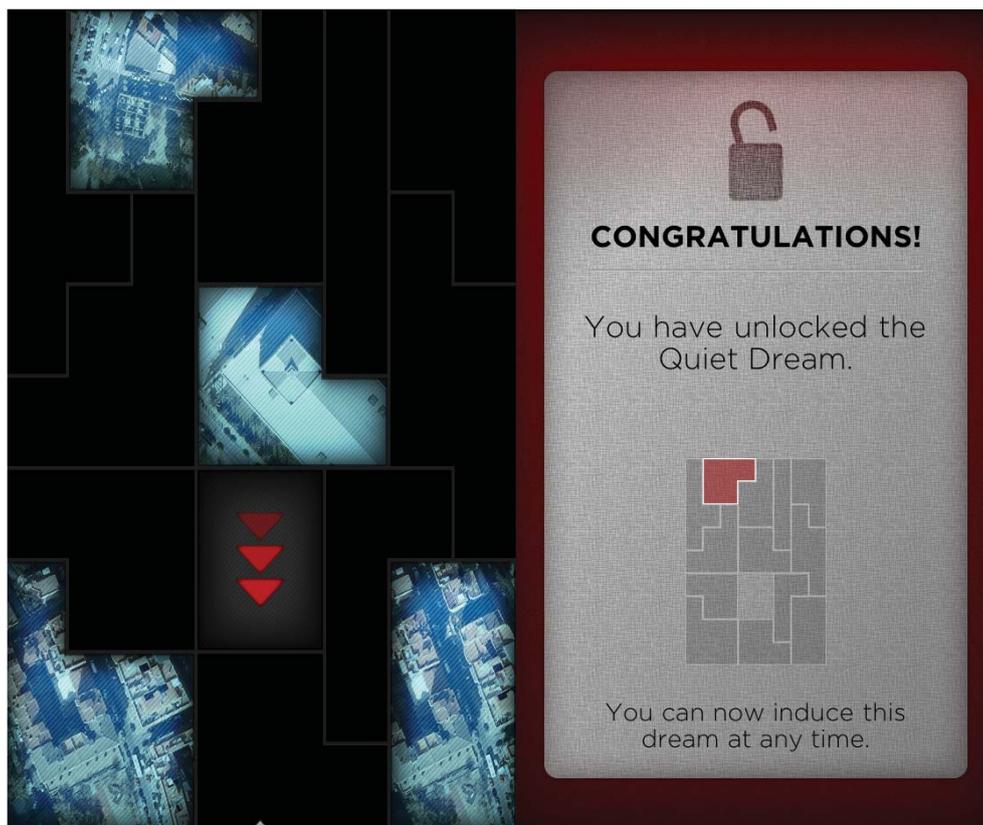


Imagen 164. Aplicación Inception, mostrando la localización del usuario via imágenes del satélite.

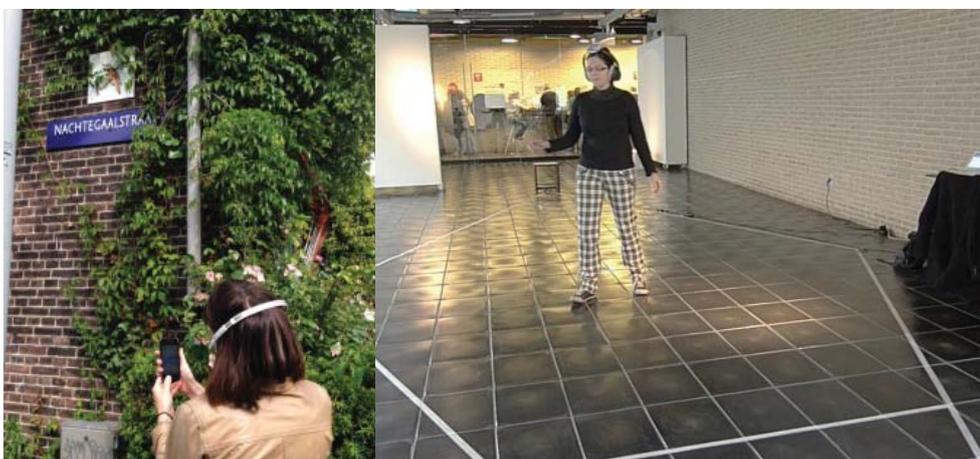


Imagen 165. Vogelsafari de Emine Tuzkapan.

Imagen 166. Instalación interactiva Audiogame 3.0 de los autores Cabañes, Carruba y Padial.

nombres los de aves. La aplicación juega con este contexto urbano, reproduciendo los piales digitales geolocalizados de los pájaros, al mismo tiempo que el usuario se desplaza por el barrio. Los audios digitales se mezclan con los ruidos de la ciudad y los sonidos de los pájaros reales procedentes del entorno físico, creando una experiencia sonora aumentada.

En el campo de las instalaciones de Realidad Aumentada sonora podemos destacar el proyecto *Audiogame 3.0*, (2013) de los autores Cabañes, Carruba y Padial. Se trata de una instalación interactiva donde el usuario mismo representa el elemento móvil, desplazándose en un entorno real y descubriendo los sonidos ubicados en el espacio virtual. Los elementos de audio están ligados a los elementos virtuales invisibles que reaccionan a colisiones entre ellos y con el usuario dentro del entorno virtual según las leyes de la física. De esta manera, el movimiento del usuario en el espacio físico desencadena una reacción física en el mundo virtual. El choque y el desplazamiento de los objetos virtuales produce una composición sonora, perceptible en el mundo real, no solamente para el usuario activo sino también para los espectadores pasivos. La composición del sonido está en constante cambio y evolución, según se desarrolla el juego, el usuario puede aumentar su puntuación, si supera los distintos niveles del juego.

3.1.3.2. RA_AGORA.

En la aplicación de Realidad Aumentada *RA_AGORA* creamos un Espacio Aumentado Sonoro geolocalizado en el recinto de la UPV. Los usuarios pueden transformar la función de su entorno circundante mediante esta aplicación geolocalizada. *RA_AGORA* convierte las arquitecturas existentes en un instrumento musical de Realidad Aumentada, donde los usuarios pueden crear sus propias composiciones musicales. Además de la parte sonora, *RA_AGORA* está complementada con una parte visual

Experiencia de la Ciudad Aumentada. Producción artística y ensayos prácticos .



Imagen 167. RA_AGORA ubicación en el recinto de la UPV.

191



Imagen 168. RA_AGORA- usuarios situados delante de la fachada intervenida.

La Ciudad Aumentada.

que se inserta en la arquitectura del entorno real, alineando en el campo visual los contenidos reales y virtuales. Se trata de una experimentación que tiene como finalidad integrar partes virtuales con la arquitectura y supone una búsqueda de definir posibles funciones añadidas, que se pueden hallar en el contexto arquitectónico.

La aplicación crea un anexo virtual a las fachadas de edificios construidos, organizándose dentro de la composición arquitectónica y los elementos existentes en las fachadas. El usuario, mediante un teléfono inteligente, puede interactuar con la arquitectura, tocando las partes virtuales en la pantalla de su dispositivo y produciendo así unas composiciones sonoras únicas. Las fachadas existentes poseen un ritmo arquitectónico que las fragmenta en varios segmentos, cada uno de estos segmentos está asignado en la aplicación a un contenido sonoro diferente, creando ambientes totalmente distintos dentro del Espacio Aumentado Sonoro mediante la interacción del usuario.

El usuario experimenta la inmersión dentro de estos entornos sonoros característicos desplazándose por el espacio físico, donde la dimensión del espacio virtual se ajusta a la escala arquitectónica del edificio intervenido.

192



Imagen 169. RA_AGORA- visión mediante el dispositivo móvil.

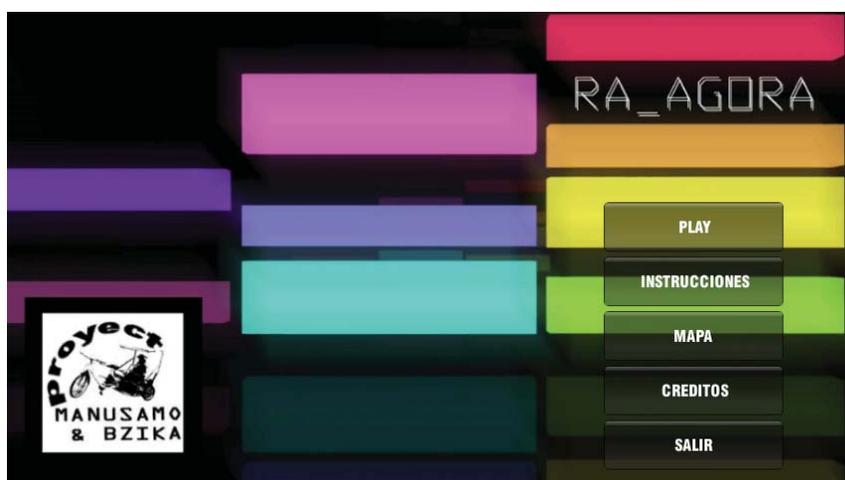


Imagen 170. RA_AGORA- captura de pantalla del dispositivo móvil- Menu.

El funcionamiento de la aplicación está condicionado a la presencia física del usuario en un lugar específico dentro del recinto UPV, concretamente en el emplazamiento de los edificios 5B y 3D, utilizados como interfaz física de la aplicación. La interfaz digital es sencilla e intuitiva y ofrece al usuario las instrucciones de uso y menús mediante los cuales el usuario avanza entre las distintas partes del juego.

Con la aplicación en ejecución, el software reconoce elementos de las fachadas, en este caso representados por los rótulos y carteles que identifican diferentes locales comerciales ubicados en los edificios 5B y 3D, y añade la parte virtual que posibilita la interacción del usuario. Los elementos virtuales se diferencian entre ellos mediante distintos colores, asociados a sonidos diferentes. Las formas geométricas y volúmenes de los elementos virtuales crean una composición arquitectónica, respetando el ritmo y las particiones de la fachada y ubicación en el espacio físico, componiendo así una fachada aumentada.

3.1.3.3. Metodología y proceso de desarrollo de *RA_AGORA*.

En el proceso de desarrollo de esta aplicación descartamos la geolocalización mediante el uso de GPS, que puede ocasionar grandes imprecisiones al intentar encajar los contenidos virtuales a las arquitecturas existentes con exactitud. Para suplir estas carencias adoptamos el modelo de seguimiento visual basado en marcadores de RA. Buscando la manera menos invasiva, que no precise del uso de marcadores impresos o producidos para estos propósitos concretos, para poder realizar una implementación de los elementos virtuales a las arquitecturas construidas de modo más natural. Con estas exigencias, planteamos el proceso de desarrollo dividido en dos fases.

Centramos la primera fase del proyecto en realizar un reconocimiento del terreno que nos permitiese elegir el lugar y las arquitecturas idóneas. Se hicieron varias pruebas 'in situ' con el software de Realidad Aumentada *Vuforia* utilizando distintos

elementos arquitectónicos como marcadores basados en rasgos naturales.

La elección definitiva de las arquitecturas concretas, estaba condicionada por varios aspectos técnicos, y además tenía que cumplir con la idea general del proyecto. Los condicionantes técnicos a contemplar, estaban relacionados con los cambios lumínicos y con las posibles oclusiones parciales o totales que pudieran producirse a causa de la circulación de personas.

En este proceso descartamos los elementos tridimensionales, por su capacidad de proyectar sombras y cambiar así visualmente la imagen de la geometría capturada por la cámara de los dispositivos móviles. También excluimos los elementos ubicados a una altura inferior de 2m, susceptibles a las oclusiones parciales o completas, lo que podría causar imprecisiones e interrupciones del seguimiento.

Decidimos que la forma más práctica de incorporar marcadores de Realidad Aumentada recaía en la utilización de los identificadores de negocios y cafeterías situados en el área destinada a descanso. Estos elementos físicos de las fachadas permiten el funcionamiento correcto de la aplicación de Realidad Aumentada, sin la necesidad de modificar ningún aspecto del espacio físico, al tratarse de rótulos de gran tamaño y buena visibilidad. El proceso continuó con la realización de bocetos de las fachadas intervenidas, que sirvieron como soporte para la futura aplicación RA.

En la segunda fase del desarrollo, tomamos las formas geométricas simples que presentan las fachadas acristaladas de estas estancias y les añadimos unas formas virtuales de iguales proporciones, cuyos colores cambian en función de la interacción del usuario. La elaboración de los elementos virtuales en este caso, por su sencillez, recayó en el software *Unity3D*, que ofrece las herramientas adecuadas y optimiza el proceso. Las geometrías empleadas están basadas en volúmenes simples con materiales de colores animados.

Mediante este software también añadimos los efectos de audio y la interacción del usuario. El audio empleado ha sido extraído del banco de imágenes y sonidos⁶¹ que ofrece el *Ministerio de Educación, Cultura, y Deporte*, para crear una colección de sonidos dentro de la aplicación. Las muestras de audio han sido agrupadas en relación al espacio físico que ocupan, estableciendo unos ambientes sonoros con un carácter diferente en cada fachada de los edificios 5B y 3D.

En lo que hace referencia a los elementos interactivos y su concordancia con el espacio físico, introducimos un número de elementos virtuales igual a las divisiones que se encuentran en las fachadas intervenidas. La interacción se produce mediante la utilización de la pantalla táctil del dispositivo móvil, que además de ofrecer cambios auditivos presenta modificaciones visuales en relación al color de la fachada, reforzando la idea de fachada interactiva mediante la introducción de estímulos audiovisuales.

El software *Unity3D* nos permitió implementar el plug-in *Vuforia*, a través del cual, en este caso introducimos la utilización de marcadores basados en rasgos naturales, transformando los rótulos de los edificios circundantes del ágora en marcadores RA utilizando la herramienta *online Target Manager* de *Vuforia*. Gracias a las pruebas realizadas, pudimos determinar los elementos de las fachadas existentes con mejor

61 <http://recursostic.educacion.es/bancoimagenes/web/>

comportamiento como marcadores RA.

Por último, creamos una ficha en *Google Play* para esta aplicación con el nombre de *RA_AGORA*⁶², permitiendo a cualquier usuario interesado descargar de forma gratuita la aplicación en su dispositivo, adaptando el proyecto a los nuevos métodos de distribución que pueden adquirir las aplicaciones y proyectos artísticos en la actualidad.

3.1.4. Experiencia de Espacio Aumentado Lúdico - *ARQanoid*.

La ciudad tradicional gana nuevas funciones mediante el uso de las tecnologías, siendo posible la introducción de funciones adicionales en capas virtuales, que se pueden extender por todo su territorio. Las ciudades actuales, muchas veces presentan carencias en la extensión de los espacios destinados a usos con fines lúdicos. La posible solución a este problema radica en la utilización del Espacio Aumentado Lúdico y su capacidad de transformar cualquier espacio físico en un espacio lúdico. En este tipo de entornos, la unión entre lo físico y lo virtual se evidencia introduciendo dinámicas de juego que implican la relación e interacción del usuario con su entorno físico, personalizando la experiencia urbana.

ARQanoid es una aplicación de Realidad Aumentada, que abre una ventana al Espacio Aumentado Lúdico. Gracias a las nuevas tecnologías es posible jugar un juego clásico enlazado a un entorno arquitectónico concreto. La arquitectura se transforma en el soporte para el juego, sin ella el juego se vuelve invisible. En el caso de *ARQanoid* se trata de una aplicación artística de Realidad Aumentada que conecta el espacio físico con elementos virtuales, mostrando la hibridación a la que se ve sometido el entorno urbano.

3.1.4.1. Ejemplos de Aplicaciones orientadas al Espacio Aumentado Lúdico

Con la ayuda de la tecnología de Realidad Aumentada, es posible incrementar el uso del espacio urbano, otorgándole la función lúdica proporcionada mediante la virtualidad. Encontramos varios ejemplos donde se demuestra la peculiaridad que adquiere un juego digital, adaptado a un escenario físico. La utilización del terreno urbano como el campo de juego, expande las posibilidades que ofrece el juego digital, introduciendo las dinámicas del juego tradicional.

Uno de los primeros videojuegos adaptados a Realidad Aumentada fue *ARQuake* (2002) de Wayne Piekarski y Bruce Thomas de *Wearable computer lab.*, que recreaba el juego *Quake*. Para ello se desarrolló un sistema propio de Realidad Aumentada basado en el seguimiento de la posición del jugador dentro de unas coordenadas *GPS*. Para mantener la correcta alineación del mundo real y virtual, se ha empleado también el seguimiento de la posición de la cabeza del jugador. De esta forma el usuario es capaz de caminar por el espacio real y el virtual al unísono. La visión del usuario se efectúa mediante un dispositivo *HMD*, permitiendo insertar los personajes virtuales del juego dentro del entorno físico del usuario. Cabe destacar que la aplicación se realizó en 2002, cuando aún resultaba imposible utilizar periféricos poco voluminosos para facilitar el movimiento del usuario.

62 <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.MB.RAAGORA&hl=es>

La Ciudad Aumentada.

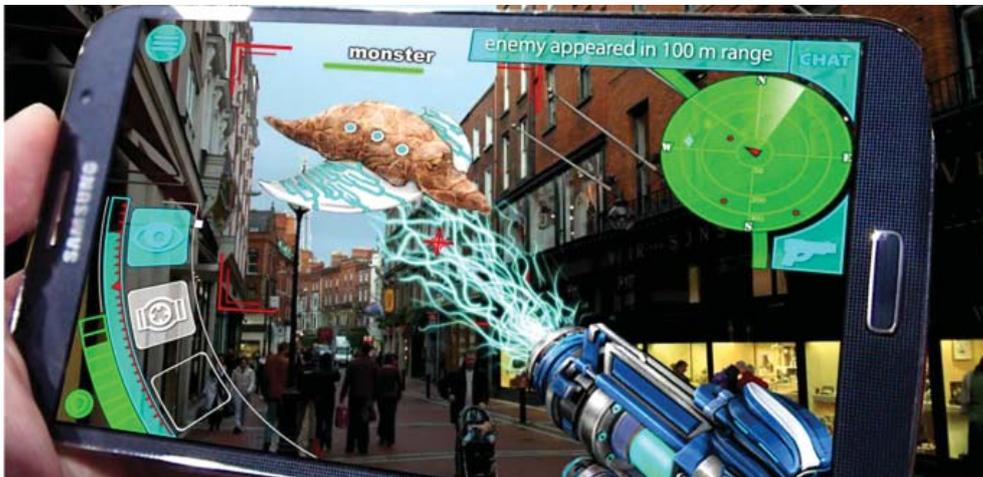


Imagen 171. X-Rift Augmented reality game.

196



Imagen 172. ARQuake (2002) uno de los primeros juegos RA de exterior.



Imagen 173. SuperMario Through An Augmented World realizado por Espadaysantacruz Studio.

En la actualidad existen aplicaciones muy parecidas en cuanto al sistema de juego y de obtención de datos, destinadas a la telefonía móvil, como es el caso del juego multi-jugador, *X-Rift Augmented reality game (2013)*, que consiste en combatir contra los monstruos del universo paralelo. En las aplicaciones actuales se ha conseguido aumentar la ergonomía, empleando un dispositivo móvil dotado de sensores, localización *GPS*, brújula y acelerómetro. Evitando la necesidad de utilizar periféricos que complican el movimiento del usuario, como sucedía antes de la llegada de esta tecnología móvil.

SuperMario Through An Augmented World un proyecto realizado por *Espadaysantacruz Studio* en *La Noche en Blanco* de Madrid 2010, representa una instalación interactiva que recrea uno los juegos clásicos de *Nintendo*, *Mario Bros*. La aplicación utiliza las partes físicas de la arquitectura para la interacción de los personajes, haciendo así posible que el personaje salte entre balcones o ventanas de la fachada del edificio. Para conseguir esta interacción con el espacio, fue necesario el mapeado previo del entorno, consiguiendo que el mundo real y el virtual se superpusiesen de la forma más exacta. El mapeado se genera en relación a la ubicación del proyector de vídeo digital, en este caso hace visible la unión del mundo real y el virtual mediante técnicas de Videomapping.

Otro ejemplo interesante a destacar es el juego de RA realizado por la compañía *Disney* en 2012, utilizado en la campaña publicitaria de la película *Wreck It Ralph*. Emplea la fachada del edificio ubicado en Brick Lane en Londres, como soporte para colocar un marcador de RA de gran formato. El juego se apoya técnicamente en la plataforma *Blippar*, utilizando la imagen de la marca como su escenario. El espacio aumentado de juego se extendía también a la calle, donde se colocaron elementos físicos como árboles, coches y perros, en concordancia con la estética utilizada en la escenografía virtual empleada en la película. La estética del juego se aproxima a los videojuegos de los años ochenta, realizados con imágenes de 8-bits, recordando

La Ciudad Aumentada.



198



Imagen 174. Wreck It Ralph. Augmented Reality de Disney, juego RA ubicado en Brick Lane, London.

los primeros juegos de *Arcade*. La dinámica del juego es muy parecida al clásico *Donkey Kong*, donde un enemigo impide al jugador llegar a un punto concreto, obligándole a interactuar con el personaje virtual, mediante sus movimientos, que permiten destruir los objetos que el antagonista pone en la trayectoria del jugador.

3.1.4.2. *ARQanoid*.

La aplicación *ARQanoid*⁶³ crea un rincón de la hibridación urbana, un Espacio Aumentado Lúdico, jugando con la arquitectura existente que se encuentra dentro del campus de la UPV. Empleamos la fachada arquitectónica como el escenario de este juego, buscando la relación del entorno construido con los volúmenes digitales, generados en el juego RA. *ARQanoid* es un juego geolocalizado, a pesar de no utilizar tecnologías de *GPS* en su programación, solo se puede visualizar en una ubicación específica, que mezcla lo físico y lo virtual en una concordancia adecuada. Como desvela el nombre *ARQanoid*, la aplicación adopta las dinámicas de *Arkanoid*, uno de los videojuegos clásicos, desarrollado por Taito en 1986 para el sistema *Arcade*. El predecesor de este juego fue *Breakout*, creado por Nolan Bushnell y Steve Bristow diez años antes, en 1976, diseñado para el sistema *Atari*. La mecánica de juego es sencilla, el jugador controla una pequeña plataforma en la cual rebota una pelota, rompiendo los bloques digitales que se encuentran en la parte superior de la pantalla. La destrucción de estos bloques incrementa los puntos que recibe el jugador, cuando todos los bloques están rotos, el jugador gana. *Arkanoid* es un ejemplo del juego que a pesar de su sencillez llegó a alcanzar tal popularidad, que se realizaron varias versiones comerciales del mismo y aún en la actualidad encontramos muchos juegos derivados o inspirados en él.

La lógica del juego de la aplicación *ARQanoid*, rinde homenaje a este clásico de los videojuegos, basándose en objetos dinámicos virtuales que obedecen las leyes de la física y gravedad del mundo real.

En este caso hemos adaptado el juego a la tecnología de Realidad Aumentada, que consta de dos componentes, uno físico y otro virtual. En cuanto a la interfaz física, *ARQanoid* emplea la fachada sur del edificio de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Telecomunicación, como el lienzo donde se desarrolla el juego. Esta elección está fundamentada por el parecido con el escenario original de *Arkanoid*, la fachada escogida está dividida en celdas geométricas que asemejan los bloques utilizados en el juego original. La similitud permite integrar elementos virtuales del juego en el espacio físico de la forma más natural posible, haciendo partícipe la geometría de la arquitectura construida.

La composición visual que genera la fachada acota el espacio de juego, haciendo coincidir los límites del juego con los límites del edificio, aumentando así el grado de inmersión de los usuarios.

⁶³ <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.MB.ARQanoid&hl=es>

La Ciudad Aumentada.



Imagen 175. ARQanoid capturas de pantalla del dispositivo móvil.

200



Imagen 176. ARQanoid usuarios jugando 'in situ'.



Imagen 177. ARQanoid ubicación en el recinto de la UPV.

3.1.4.3. Metodología y proceso de desarrollo de *ARQanoid*.

El proceso de desarrollo de esta aplicación era muy parecido al de la aplicación anterior. En un primer momento elegimos la ubicación y la fachada arquitectónica a utilizar, basándonos en el correcto funcionamiento del seguimiento a emplear, pero sobre todo intentando conservar la estética que mejor caracterizaba este juego. Esta idea nos condujo a la decisión de utilizar una fachada que presenta las particiones con cierto ritmo, parecido a la distribución de los bloques virtuales del juego *Arkanoid*. La fachada elegida supuso un problema a la hora de utilizarla como marcador de RA, su diseño produce continuas variaciones de tonalidad en el color, debidas a las sombras arrojadas por las geometrías tridimensionales que componen la fachada. Lo que nos condujo a la búsqueda de una solución alternativa, que permitiese un funcionamiento correcto del seguimiento sin la necesidad de intervenir el espacio físico utilizado. Encontramos la solución en la utilización de la propia señalética empleada por la universidad, que usamos a modo de marcadores basados en el seguimiento de rasgos naturales, pues entraba en el campo visual de la cámara del dispositivo.

Para el diseño tridimensional del videojuego, igual que en el caso anterior, utilizamos el software *Unity3D*, donde implementamos las geometrías básicas para construir el escenario virtual. A su vez *Unity3D*, nos sirvió para introducir las leyes de la física a los elementos virtuales, simulando el comportamiento que tienen los objetos en el mundo real. A través de este programa también se implementó la interacción del usuario mediante la utilización de la pantalla táctil de los dispositivos móviles, permitiendo al usuario mover la paleta en la que rebota la pelota virtual, facilitando la interacción de la forma más lógica y natural posible.

Utilizando el editor *Monodevelop* que ofrece *Unity3D*, incluimos la programación específica en lenguaje *C#*, que genera la parte interactiva del juego. Mediante el

La Ciudad Aumentada.

plug-in Vuforia, introducimos las características de RA. Como marcador de RA utilizamos el elemento de *Vuforia ImageTarget*, que se basa en el seguimiento de rasgos naturales, representados en este caso por la imagen de la señal anteriormente mencionada. Para ello empleamos la herramienta *online Target Manager* que se encuentra en el *Vuforia Developer Portal*.

Cuando el dispositivo móvil reconoce este marcador RA, se visualizan los contenidos virtuales sobre la fachada existente. Consideramos importante que, de la misma forma que el juego inicia al detectar el marcador, este se pausará cuando pierda la detección del marcador RA, mejorando la jugabilidad de *ARQanoid* y evitando la posible frustración del jugador al no poder finalizar el juego.

La aplicación se diseñó para el sistema operativo *Android*, independientemente de si se trata de un smartphone o un tablet, la única condición es que el dispositivo disponga de cámara integrada. La distribución del juego, igual que en los casos anteriores, se realiza de manera gratuita mediante *Google Play*, siendo accesible a través de la búsqueda de *ARQanoid* en esta plataforma.

202

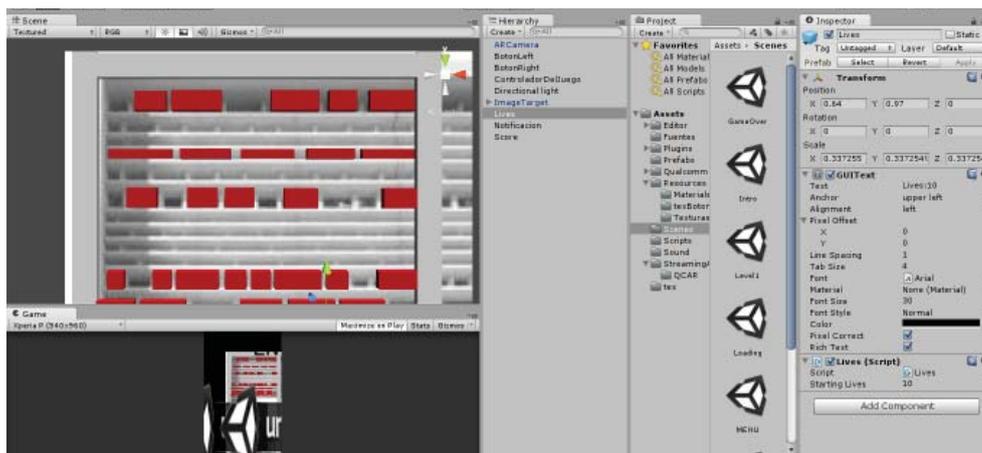


Imagen 178. ARQanoid entorno de Unity3D.

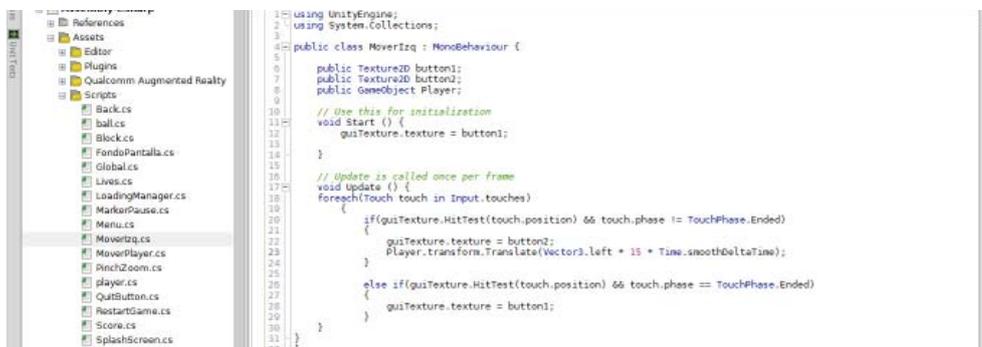


Imagen 179. ARQanoid programación de los elementos interactivos en el lenguaje C#.

3.1.5. Ciudad Paralela. Consideraciones finales.

El proyecto *Ciudad Paralela* abre las puertas al posible futuro de la ciudad, esbozando Espacios Urbanos Aumentados, donde la interacción física y digital pueden fácilmente entrelazarse. La multiplicidad de estos espacios con distintas funciones, que pueden comprimirse dentro de un mismo espacio físico, subraya una de las principales características de la Ciudad Aumentada.

Mientras el proyecto *VISION(AR)Y CITY* emplaza arquitecturas virtuales en el espacio físico libre de construcciones, los proyectos *RA_AGORA* y *ARQanoid*, establecen un vínculo directo con la arquitectura existente, ensamblándose en un contexto urbano único.

En el Espacio Aumentado Educativo creado a través de la aplicación *VISION(AR)Y CITY*, la mayoría de los usuarios valoró positivamente las nuevas formas de aprendizaje ‘in situ’ sobre la historia de la arquitectura y urbanismo. Especialmente, el hecho de poder visualizar las estructuras urbanas en una escala equitativa al mundo real, facilitando su comprensión.

203

En cuanto a la creación de Espacio Aumentado Sonoro, mediante la aplicación *RA_AGORA*, el lugar elegido para su geolocalización resultó muy acertado. El ágora del campus de la UPV, donde se ubican las principales cafeterías, es un lugar muy concurrido y transitado por los estudiantes. Suele ser habitual realizar una espera en las colas de los establecimientos, por lo que a los usuarios les pareció una aplicación muy interesante con la cual entretenerse durante este tiempo. La utilización de distintos ambientes sonoros, asignados a diferentes localizaciones rompe con la monotonía que se experimenta en el tiempo de espera.

La aplicación más interactiva, ubicada en el Espacio Aumentado Lúdico, *ARQanoid*, fue la que exigió más empeño por parte de los usuarios. Pese a tratarse de un juego simple, la dificultad se incrementa cuando el juego integra el entorno físico, evidenciando como la relación entre lo real y lo virtual adquiere una nueva dimensión dentro de la Ciudad Aumentada. Esta aplicación nos sirvió como base para explorar las posibilidades que ofrece el Espacio Aumentado Lúdico, indagamos con más profundidad en este concepto en nuestra investigación realizada en el ensayo *ARecycleNOID*⁶⁴.

Respecto a la ‘legibilidad’ de la Ciudad Aumentada, la aplicación *VISION(AR)Y CITY* presenta un recorrido que involucra el desplazamiento por el espacio físico, para poder contemplar los contenidos virtuales en su totalidad. Por estas circunstancias lo podemos englobar en la categoría de ‘sendas’.

La aplicación *RA_AGORA*, genera distintos ambientes sonoros enlazados a geometrías arquitectónicas concretas, en ubicaciones distintas, por lo tanto, es necesario recorrer el espacio físico para acceder a los diferentes contenidos que esconde el espacio

⁶⁴ El ensayo *ARecycleNOID* se describe con más detalles en el punto 3.2.

La Ciudad Aumentada.

Aumentado Sonoro creado por esta aplicación. Por estas razones clasificamos esta obra dentro del contexto de la ‘legibilidad’ de la Ciudad Aumentada, en la categoría de ‘sendas’.

La aplicación *ARQanoid* se inserta en la categoría de ‘mojones’, debido al carácter único de los contenidos virtuales y el punto de visualización único. El contexto arquitectónico con el cual enlaza forma una parte imprescindible de esta aplicación.

204



Imagen 180. Clasificación de VISION(AR)Y CITY en el contexto de la legibilidad de Ciudad Aumentada.



Imagen 181. Clasificación de RA_AGORA en el contexto de la legibilidad de Ciudad Aumentada.



Imagen 182. Clasificación de ARQanoid en el contexto de la legibilidad de Ciudad Aumentada.

3.2. ARecycleNOID. Hibridación del entorno urbano mediante las dinámicas del juego.

3.2.1. Introducción.

El proyecto *ARecycleNOID*⁶⁵ subraya las características de Espacio Aumentado Lúdico, efectuando el acto de jugar en el espacio urbano público. Mediante esta aplicación situamos un juego de Realidad Aumentada en la calle, la que para nosotros es una representación materializada del espacio público. Reivindicamos la calle como un espacio libre, social y cultural, no sólo como un mero espacio de tránsito. Pretendemos devolver la función lúdica a la calle, pues esta característica en la ciudad actual se pierde con frecuencia debido a la saturación del tráfico. Otro factor importante que designa la calle como un lugar poco adecuado para el juego, es la enorme popularidad de los videojuegos destinados a su uso en los espacios interiores.

La sociedad contemporánea se encuentra en la ‘era digital’, donde la virtualidad está estrechamente enlazada con el comportamiento social, mediado a través de la pantalla. Por esta razón aprovechamos las tecnologías de Realidad Aumentada orientada a teléfonos inteligentes, posibilitando extender la acción del juego digital directamente a la calle.

Evidenciamos la importancia del hecho de jugar en un espacio público y rendimos tributo al ‘círculo mágico’ del juego (Huizinga⁶⁶ 1971) y a *Homo Ludens*⁶⁷. La teoría de Huizinga asigna al juego una función elemental que contribuye al desarrollo de la sociedad y su cultura.

La acotación del ‘círculo mágico’ como espacio destinado al juego, puede ser representada como los límites en el mundo real, pero también puede ser inmaterial como consecuencia de las normas del juego (Huizinga 1971).

Encontramos también una interpretación del ‘círculo mágico’ como “... *la idea del lugar especial en el tiempo y en el espacio creado por un juego. En un sentido muy básico, el círculo mágico es donde el juego se lleva a cabo*” (Salen y Zimmerman 2003, p.95).

El Espacio Aumentado Lúdico, mediante la tecnología de Realidad Aumentada, adquiere la capacidad de crear su propia versión del ‘círculo mágico’, que incluye tanto los componentes virtuales como los elementos físicos del entorno urbano.

Mediante la visualización del contenido digital geolocalizado en el espacio urbano físico nos trasladamos al Espacio Aumentado, capaz de adquirir múltiples formas o dimensiones debido a su característica inmaterial e intangible. Es posible localizar varias ‘capas’ de contenidos digitales en el mismo espacio físico, donde se le concede al usuario la posibilidad de elegir un espacio urbano personalizado.

⁶⁵ Para consultar el material audiovisual acceder a: <http://manusamoandbzika.webs.com/>

⁶⁶ Johan Huizinga- filósofo e historiador holandés, sus estudios estaban enfocados a los fenómenos y pautas del desarrollo histórico y cultural de la sociedad.

⁶⁷ Homo Ludens- término empleado por J.Huizinga, para definir la importancia del juego en el desarrollo evolutivo del hombre como ser social y cultural.

En la sociedad actual, la proliferación de las nuevas tecnologías en la vida cotidiana ha producido cambios significativos en la forma de entender el espacio público. La mezcla del mundo físico y el mundo digital rompe los límites de lo público y lo privado. En la Ciudad Aumentada, el espacio público se expande, difuminando sus fronteras desde el espacio digital, hacia la ciudad y los espacios físicos, donde la información digital es capaz de fluir sin ningún tipo de limitaciones. El flujo digital, incluso siendo imperceptible para los sentidos humanos, tiene la capacidad de rodear y emplazarse en cualquier lugar y solamente puede ser comprendido a través del proceso de la hibridación de espacio.

Es posible visualizar esta hibridación de espacio público mediante el uso de los dispositivos móviles, que han evolucionado desde un simple teléfono a un dispositivo equipado con gran cantidad de sensores capaces de hacer perceptible el flujo de datos digital. El acceso al espacio privado dentro del espacio público y viceversa permite un nuevo tipo de interacción entre el ciudadano y la ciudad.

Los artistas Díaz y Boj (2009) describen la hibridación dentro del entorno urbano como el resultado de la transformación de la percepción y la experiencia de la ciudad

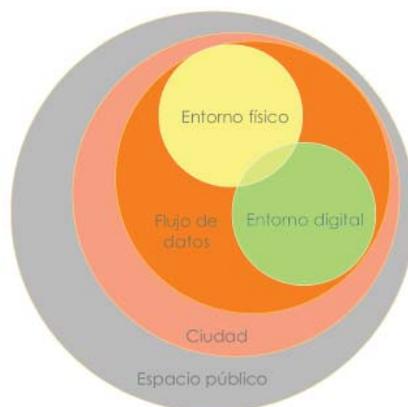


Imagen 183. La hibridación del espacio urbano en la Ciudad Aumentada.

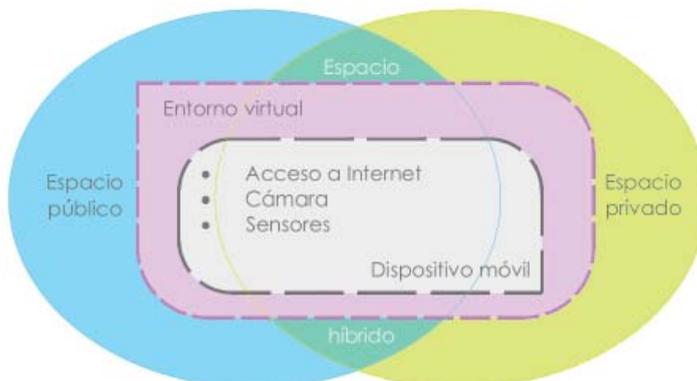


Imagen 184. La hibridación de los espacios públicos y privados mediada por la tecnología ubicua.

afectada por las nuevas tecnologías. Estas tecnologías crean las zonas de juegos híbridas a través de “*interfaces tangibles que permiten experiencias similares al juego de ordenador*” (Díaz y Boj 2009, p.41). El uso de la tecnología de Realidad Aumentada permite evidenciar esta hibridación de las urbes, mediante el Espacio Aumentado Lúdico. Establecen una nueva dimensión de la ludicidad donde “*las realidades virtuales y aumentadas permiten crear mundos sintéticos no sólo con fines de simulación, sino también para la construcción de nuevos entornos tomados directamente de la imaginación*” (Portalés 2010, p.8).

3.2.2. Contextualización del juego RA dentro del espacio urbano.

La acotación de los juegos dentro de los entornos de Realidad Aumentada que a su vez contribuyen a la hibridación del espacio urbano, llevaremos a cabo a través del análisis que contempla distintos atributos del juego digital. Para crear una experiencia lúdica dentro de la ciudad, hay que tener en cuenta las peculiaridades que presenta la utilización del espacio físico en combinación con la interactividad y las dinámicas del juego virtual. En el caso de *ARecycleNOID* investigaremos las características que conciernen a la estética de los videojuegos, los principios de la gamificación y las especificaciones del espacio de juego de Realidad Aumentada.

207

- **Estética de juegos de Realidad Aumentada.**

Existe una gran diversidad de opiniones entre los diferentes autores que han tratado el tema de la estética de juego. Mencionaremos algunas de estas ideas con la intención de especificar las características esenciales de la estética de los juegos de Realidad Aumentada. Estas definiciones cubren aspectos del juego muy distintos, algunos autores se centran en características que pueden ser percibidas por los sentidos humanos como visual, auditivo y háptico, también encontramos las opiniones relativas a los diferentes estilos de arte e influencias.

Un punto de vista, que tiene que ver con la estética de los juegos, es la jugabilidad (Juul, 2005), entendida como la experiencia y la emoción que siente el jugador durante el juego. “*En resumen, la estética del juego tiene que ver con los sentidos, con el arte, y con un tipo particular de experiencia...*” (Niedenthal 2009, p.2)

Los movimientos del arte ejercen una influencia sobre la teoría de la estética de los videojuegos, los estilos artísticos como el expresionismo y el romanticismo, representan un enlace directo a la educación artística de los desarrolladores de videojuegos, que tienden a implantar la profundización de estos estilos para crear escenas de juego más significativas y emotivas (Jenkins y Squire 2002).

Debido a la relación actual entre los juegos y el arte es relevante mencionar el *gameart*, que se puede interpretar como “*... cualquier arte donde los juegos digitales desempeñan un papel importante, en su creación, producción y /o exhibición*” (Bittanti 2006, p.9).

Encontramos que el objetivo de algunos videojuegos es lograr fotorealismo y narrativa similar a la cinematografía, pero los videojuegos deberían buscar sus propias formas de expresión, entre las cuales destacan características como la interactividad y la dinámica (Zimmerman 2002).

En el campo de las estéticas no-sensoriales del juego es preciso destacar la idea de que los elementos audiovisuales y la interfaz gráfica pueden causar dificultades para percibir la estética del juego (Myeres 2005).

Estos argumentos nos llevan a señalar la particularidad de los juegos de Realidad Aumentada. En cuanto a la percepción sensorial, las experiencias, reglas y patrones del juego, los juegos de RA heredan y fusionan las características de los juegos tradicionales y de los videojuegos digitales.

El juego RA posee la peculiaridad que los elementos visuales, auditivos y hápticos se encuentran presentes en ambos entornos, virtual y físico, acotando las propiedades que pueden ser verdaderamente definidas por el diseñador del juego.

• Fundamentos teóricos de la Gamificación

En el juego *ARecycleNOID* también aplicamos la lógica de gamificación para transmitir el mensaje de concienciación ecológica. El término gamificación fue acuñado por el diseñador de juegos Nick Pelling en el año 2002 (Ursyn 2013) e introduce los conceptos de los videojuegos en los contextos sociales de la vida contemporánea. Surge como una implementación de las técnicas de juego a las disciplinas completamente diferentes como la educación, economía, marketing, medicina, arte, entretenimiento, estudios sociales, etc. La gamificación se puede definir como *“un proceso relacionado con el pensamiento del jugador y las técnicas de juego para atraer a los usuarios y resolver problemas”* (Zichermann y Cunningham 2011, p.11). Su potencial se basa en la premisa de la experiencia del juego mezclada con contenidos de otro carácter, esta combinación en un ambiente lúdico permite la confianza del usuario para establecer nuevas pautas de comportamientos en los aspectos específicos de la vida contemporánea. Por lo tanto, la gamificación se podría definir como la aplicación de la mecánica de juego a cualquier idea, proyecto o situación (Zimmerman y Salen 2003).

La idea de gamificación se hace más perceptible con la implantación de dispositivos móviles en la vida social. La proliferación tecnológica genera un fuerte vínculo con la estructura social mediante las redes sociales, mostrando una nueva forma de experimentar el mundo real. La actividad lúdica se mezcla con la actividad social, donde los juegos pueden representar mejoras en las relaciones sociales (McGonigal 2011).

La gamificación propone introducir la diversión de los juegos en cualquier tipo de actividad, independientemente del entorno físico, virtual o híbrido, enriqueciendo la vida real con los contenidos presentados de una forma lúdica. Se apropia de los valores y reglas preestablecidas utilizados comúnmente en los videojuegos, aplicándolas a la vida cotidiana, favoreciendo las conductas de colaboración o competencia entre los usuarios. (Cortizo et al. 2011).

La utilización de la gamificación en el diseño de aplicaciones de Realidad Aumentada aprovecha la capacidad de aproximación a los usuarios mediante el teléfono inteligente, un dispositivo estandarizado socialmente que rompe las barreras tecnológicas del hardware a las que se ha enfrentado la RA a lo largo de su historia. Además del acercamiento tecnológico, se produce un acercamiento a la búsqueda

de nuevos usos lúdicos para el espacio urbano. Un nuevo concepto, que nos permite crear videojuegos de Realidad Aumentada, posibilitando el acceso a contenidos digitales y ampliando la forma de percibir la realidad a los usuarios/ciudadanos. Representa una nueva forma de generar experiencias y sensaciones en actividades destinadas a otros fines, mediante la utilización de videojuegos híbridos.

- **El espacio de juego de Realidad Aumentada**

Para crear un espacio de juego, en los términos del Espacio Aumentado Lúdico, tenemos que delimitar sus fronteras y definir la presencia de componentes físicos y virtuales. Si trasladamos el *Continuo real-virtual* al espacio de juego y a los videojuegos, podemos imaginar una nueva forma de clasificación, en función de la utilización de espacio y de la cantidad o forma de mostrar los contenidos digitales.

En el extremo del entorno real, haciendo referencia a la no utilización de la tecnología, encontramos los juegos tradicionales, donde el uso de la tecnología es innecesario, el espacio de juego es físicamente determinado o se basa en las reglas y la competitividad entre usuarios.

En la parte central del *Continuo*, encontramos las Realidades Mixtas, aquí podemos englobar los juegos mixtos, donde la tecnología actual permite la convivencia entre lo real y lo virtual. En general, el espacio de juego de Realidades Mixtas, representa una hibridación, capaz de integrar los juegos en el espacio urbano, introduciendo la función lúdica a espacios destinados a otras funciones, sin importar su ubicación geográfica. Esta categoría se subdivide en función de la relación de la información digital y el espacio físico.

El espacio de los juegos de Realidad Aumentada tiene la característica de conectar lo físico con lo virtual, mediante las interfaces tangibles ubicadas en el espacio real. Es decir, tiene que existir algo en el entorno físico, reconocible para el sistema de seguimiento de Realidad Aumentada, proporcionando uno o varios puntos de conexión y estableciendo un eje de coordenadas en concordancia entre lo real y lo virtual, que permite ubicar contenidos digitales (3d, animaciones, vídeo, imágenes, texto, audio).

En el espacio de juego de la Virtualidad Aumentada, los contenidos digitales se incrementan, conectando el espacio virtual con el físico, que se pueden producir mediante la toma de datos virtuales, haciendo alusión a ubicaciones concretas del espacio físico. La geolocalización es uno de los factores clave en este tipo de aplicaciones, donde es posible conocer la ubicación del usuario en el espacio físico utilizando las tecnologías de localización *GPS*. Esto permite el acceso del usuario a contenidos digitales que se encuentran en unas coordenadas concretas. Este tipo de juegos suelen utilizar grandes extensiones espaciales donde desarrollar sus contenidos.

El *Continuo* se cierra con el espacio de juegos que utiliza únicamente los entornos virtuales. Aquí se engloba la mayoría de videojuegos diseñados para su utilización en interfaces como ordenadores o consolas de videojuego. En este estadio destacamos los juegos que utilizan dispositivos periféricos, como el *HMD (Head Mounted Display)* y todo tipo de mandos a distancia, que incrementan el grado de inmersión y mejoran la percepción de los entornos de Realidad Virtual.

La Ciudad Aumentada.

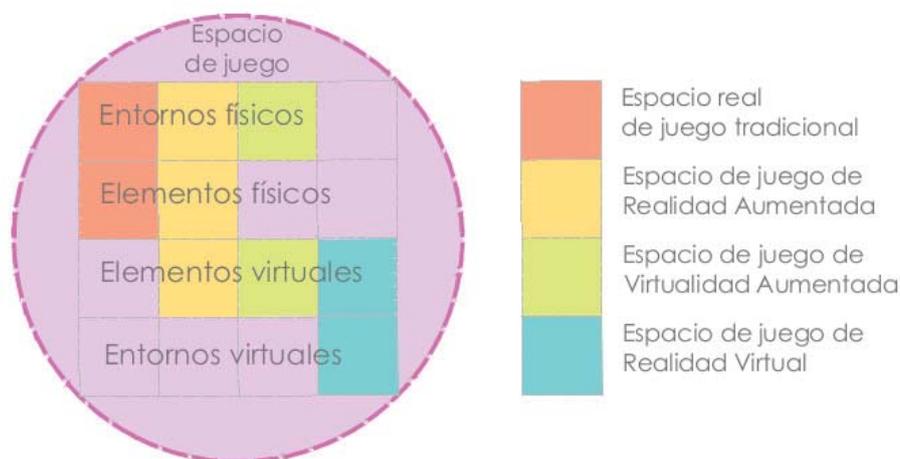


Imagen 185. Adaptación del Continuo real-virtual al espacio de juego.

3.2.3. Ejemplos de juegos en el Espacio Urbano Aumentado

La temática de la utilización de la ciudad como escenario del juego ha sido muy recurrente a lo largo de la historia. Con los avances tecnológicos y su proliferación masiva en la vida cotidiana surgen nuevas formas de juego relacionado con el espacio urbano. La ubicuidad tecnológica ha reforzado el nexo entre el espacio físico y el juego digital, fomentando la creación de los juegos híbridos tanto a nivel artístico como comercial.

Uno de los primeros juegos digitales, que utiliza la ubicuidad de la tecnología que permite al juego digital abarcar las calles de la ciudad se realizó en la aplicación *Can you see me now?* (2003). Desarrollado por el grupo artístico *Blast Theory* en colaboración con *Mixed Reality Lab*, Universidad de Nottingham, este juego se efectúa en el espacio híbrido urbano, donde sus creadores pretenden demostrar la valía de los dispositivos móviles para generar espacios culturales. El juego establece unas reglas sencillas, donde el objetivo es encontrar otros usuarios en el espacio urbano físico, sin ser vistos, para este propósito se emplean dispositivos móviles, capaces de realizar geolocalización por satélite. Existen varios niveles y opciones dentro del juego, donde se ofrece un mapa virtual idéntico a su escenario urbano real, o, al contrario, este mapa puede simular un entorno poco afín a la realidad. Los jugadores también pueden competir con los avatares virtuales de los jugadores *online* que se encuentran geográficamente alejados. A lo largo de los años de existencia de este juego, varias ciudades alrededor del mundo se han convertido en su escenario. Este proyecto encarna una reflexión artística sobre la relación del arte y la tecnología, donde sus autores buscan la respuesta a la pregunta: “¿Cuándo los juegos, Internet y los teléfonos móviles convergen, que nuevas posibilidades surgirán?” (Blast Theory 2003).



Imagen 186. Can you see me now? creado por Blast Theory.

En el ámbito nacional encontramos la obra *Hybrid Playground* (2008), de Diego Díaz y Clara Boj, un proyecto que transforma los parques infantiles en espacios de juego híbrido, insertando un juego digital. El juego posee una doble interfaz, la física y la digital. Mientras su escenario físico son los componentes de los parques infantiles, como columpios, balancines o toboganes, el juego digital se desenlaza y visualiza a través de una aplicación para dispositivos móviles. La comunicación entre lo virtual y lo físico está mediada por los sensores inalámbricos, que capturan los movimientos de los niños jugando en las atracciones del parque, estos datos se convierten en las acciones y movimientos dentro del juego digital. En palabras de sus autores, “*El sistema Hybrid Playground combina interacción física y digital para crear experiencias de juego al aire libre en las que las dinámicas propias de los videojuegos digitales se combinan con las estrategias de juego en la calle, la comunicación verbal y corporal y el juego en grupo*” (Díaz y Boj 2008).

Un ejemplo de juego RA geolocalizado que incluye la participación de los usuarios en la modificación de dinámicas del juego, se presenta en el ambicioso proyecto llamado *Play AR*, iniciado por el artista Mark Skwarek (2013). En este juego son los mismos jugadores quienes eligen la ubicación, los objetivos, la interacción y los contenidos virtuales, y los emplazan en una capa de RA visible para cualquier usuario. Partiendo de una base de datos que agrupa más de cinco mil modelos, o diseñando uno propio mediante los programas de modelado, con la aplicación *Play AR*, cualquiera se puede convertir en desarrollador de videojuegos. Otra opción interesante que ofrece este juego es la modalidad en la que los usuarios se convierten mediante marcadores RA en los avatares virtuales, interactuando físicamente en el entorno real.

Entre los juegos comerciales de RA encontramos la aplicación *Ingress* (2012) de *Niantic Inc.* El juego geolocalizado de aventura, como lo presentan sus creadores, es una narrativa espacial, donde los jugadores divididos en dos facciones tienen que

La Ciudad Aumentada.



Imagen 187. Hybrid Playground obra de Diego Díaz y Clara Boj.

212



Imagen 188. PlayAR obra de Mark Skwarek.

desplazarse físicamente dentro del entorno urbano para poder alcanzar objetivos, como por ejemplo ganar los portales antes que lo haga el bando contrario. La comunidad de *Ingress* cuenta con más de diez millones de jugadores, repartidos por todo el mundo y organiza eventos en primera persona para jugar en distintas ciudades del mundo.

El ejemplo más reciente de un juego RA, que reunió una vasta comunidad de los jugadores es *Pokémon GO*. Basado en la búsqueda de criaturas fantásticas, temática ya explotada comercialmente con anterioridad con *Pokémon*, por lo que este juego estaba predestinado al éxito. El juego geocaliza a las pequeñas criaturas, la tarea de los jugadores es descubrirlos e interactuar con ellos. Según la agencia de análisis de datos *Bloomberg*, este juego reunió en menos de un mes desde su lanzamiento en el verano 2016, unos 45 millones de usuarios activos diariamente. El juego no era muy original, ya que tuvo varias versiones anteriores *online* y *offline*, pero su vasto número de usuarios le otorga el mérito de la difusión del término Realidad Aumentada entre el público general.



Imagen 189. Juego Ingress de Niantic Inc.

La Ciudad Aumentada.



Imagen 190. Juego Pokemon Go de Niantic Inc.

214

3.2.4. ARecycleNOID.

El juego *ARecycleNOID* está diseñado para su uso en el nuevo tipo de espacio urbano: El Espacio Aumentado Lúdico. La interfaz de nuestro juego consta de dos elementos, el físico y el virtual, solamente es posible llevar a cabo el juego en el Espacio Aumentado. La base digital del juego consiste en una aplicación para dispositivos móviles, con una lógica simple de reacción entre los objetos dinámicos afectados por la física y la gravedad del mundo real, parecido al juego clásico de *arkanoid*. La visualización de la parte digital, está condicionada por la presencia de elementos físicos en el mundo real, que en este caso están representados por el equipamiento urbano situado en la ciudad de Valencia y sus alrededores. Como interfaz física, hemos escogido los contenedores verdes para el reciclado de vidrio, identificados con un logotipo, que en este caso empleamos como marcadores RA. Como soporte elegimos este elemento urbano muy común que se puede encontrar en todas las calles y barrios de la ciudad, permitiéndonos ampliar las funciones del espacio público lúdico a cualquier calle, creando una multi-ubicación del mismo dentro de un ‘círculo mágico’.

La hibridación del espacio urbano se hace evidente a través de los juegos de RA situados en este ámbito, en el juego *ARecycleNOID* mezclamos las experiencias digitales con las experiencias urbanas para su propia estética. La visualización a través de la pantalla del dispositivo móvil, implica que los componentes virtuales previamente diseñados se fusionan con la imagen procedente del entorno real, capturada por la cámara del dispositivo en tiempo real. El escenario visto a través de la pantalla, muestra imágenes reales de la ciudad en un cambio constante y difícilmente es posible experimentar el juego de la misma forma visual más de una vez.

El argumento similar se puede aplicar también a la experiencia auditiva, los sonidos procedentes de la mezcla de audio del juego digital con los ruidos de la ciudad, componen una experiencia sonora de carácter único.

En el diseño de elementos virtuales de *AREcycleNOID*, aplicamos a los modelos 3D una apariencia muy simple y poco realista, lo que contrasta con el hiperrealismo de las imágenes en tiempo real capturadas por la cámara, acentuando la singularidad de las características reales y virtuales del juego. Reafirmando que *“las imágenes generadas por el ordenador no constituyen una realidad inferior, sino la representación de una realidad diferente”* (Manovich 2002, p.79).

El conjunto de las reglas y la mecánica del juego, también se ven afectados por la mezcla de lo real y lo digital. Mientras las dinámicas que simulan la física del mundo real están basadas en el algoritmo digital, la búsqueda de la ubicación del juego en el entorno urbano es más cercana a las reglas de juego tradicionales.

En los términos de gamificación, utilizamos el juego *AREcycleNOID* para fomentar la conciencia del reciclaje, especialmente de los materiales como el vidrio. Para este propósito empleamos estímulos visuales y auditivos. La parte visual está representada

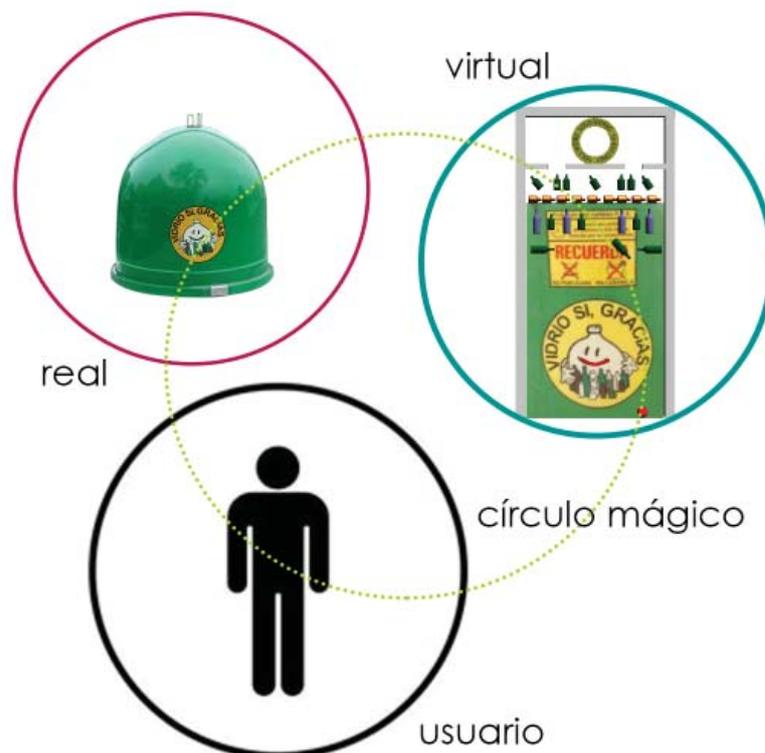


Imagen 191. Componentes del 'círculo mágico' de AREcycleNOID.

por modelos virtuales de botellas de vidrio en miniatura que se pueden romper con una pelota digital manipulada por el usuario. Introducimos el ruido de cristales rotos como un estímulo auditivo, que evoca el sonido de la actividad real de reciclaje, cuando las botellas se rompen al introducirlas en el contenedor. Para jugar, el usuario debe situarse cerca de un contenedor verde de reciclaje. De esa manera, los usuarios pueden conocer mejor la ubicación de estos contenedores en su vecindario y obtener a cambio del reciclaje una recompensa en forma de un juego interactivo.

En la acotación del espacio de juego relativo a la mezcla de lo físico y virtual, consideramos que *ARecycleNOID* se sitúa en el espacio de juego de Realidad Aumentada. La iniciación de este juego está firmemente ligada a la interfaz tangible, el marcador de Realidad Aumentada, se asocia a los logotipos y leyendas que se pueden encontrar en cada contenedor de reciclaje de vidrio. El contenedor verde en este caso constituye el campo para este juego y pasa a formar una parte de su estética.



Imagen 192. ARecycleNOID- capturas de pantalla del dispositivo móvil.



Imagen 193. ARecycleNOID- usuario.

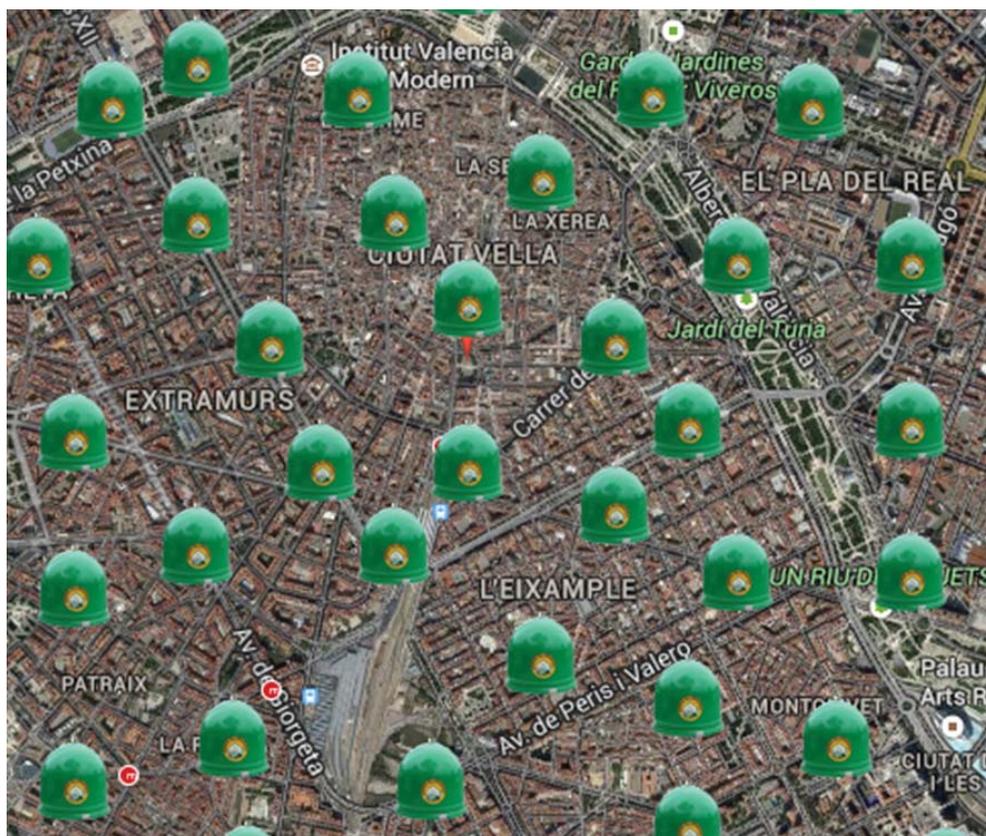


Imagen 194. ARecycleNOID- ubicación múltiple dentro de la ciudad de Valencia.

3.2.4.1. Metodología y proceso de desarrollo de *ARecycleNOID*.

La creación de juegos orientados al teléfono inteligente y los dispositivos móviles se diferencia del proceso de creación de los videojuegos destinados a ordenadores. Esta disparidad se debe principalmente a las limitaciones de rendimiento de hardware que pueden proporcionar los teléfonos inteligentes actuales en relación al ordenador de consumo medio actual. Las consecuencias de estas limitaciones se reflejan en casi todos los rasgos del juego. Aspectos como la estética, la dinámica, la velocidad y la narrativa del juego se ven afectados por parámetros técnicos, tales como la velocidad y la capacidad del procesador y la memoria de acceso aleatorio (RAM).

La capacidad para procesar la información gráfica en tiempo real de un ordenador medio es varias veces mayor que la capacidad del teléfono inteligente. Por estas cuestiones, en el diseño de la experiencia de juegos móviles, hay que aplicar un enfoque muy diferente, en comparación con las soluciones utilizadas para la creación de los juegos de ordenador.

Es esencial tener en cuenta una serie de factores para poder crear las aplicaciones de RA orientadas a los sistemas operativos móviles (Android, iOS), como son:

- El tiempo de juego.
- La velocidad del juego.
- El procesamiento del juego.
- Los controles del juego.
- El sistema del seguimiento RA.

En cuanto al **tiempo de juego**, debemos tener en cuenta el tiempo que creemos que va a dedicar el usuario a nuestro juego. Por lo general, en los juegos desarrollados para plataformas móviles, el tiempo de juego desciende en comparación con los juegos orientados a ordenadores de sobremesa y son utilizados en fracciones pequeñas de tiempo libre. Pero, aunque disminuye el tiempo de juego, normalmente aumenta el número de partidas jugadas.

La velocidad del juego en un ordenador habitualmente se ejecuta con una frecuencia de 60 *fps*⁶⁸, esto significa que el juego se actualiza 60 veces por segundo, aumentando el nivel de realismo visual de los elementos que están en movimiento. En los juegos móviles hay que reducir significativamente la velocidad de fotogramas, incrementando el rendimiento de los gráficos. Al reducir el número de *fps*, es posible lograr un rendimiento más alto del procesador, de modo que puede ser asignado un tiempo mayor al cálculo requerido para el procesamiento de juego.

El procesamiento de juego es muy determinante en la creación de juegos para móviles, afectando especialmente el uso de geometrías complejas y la representación realista de iluminación y sombreado en tiempo real. Para los dispositivos existentes, la inserción de las geometrías complejas cuyo número de vértices es superior a 61.000, aumenta el tiempo de reacción de la aplicación y reduce la velocidad de *fps* por debajo de 10, lo que tiene como resultado la percepción de un mal funcionamiento de la aplicación. En la visualización en tiempo real, es posible calcular la iluminación

68 Fotogramas por segundo.

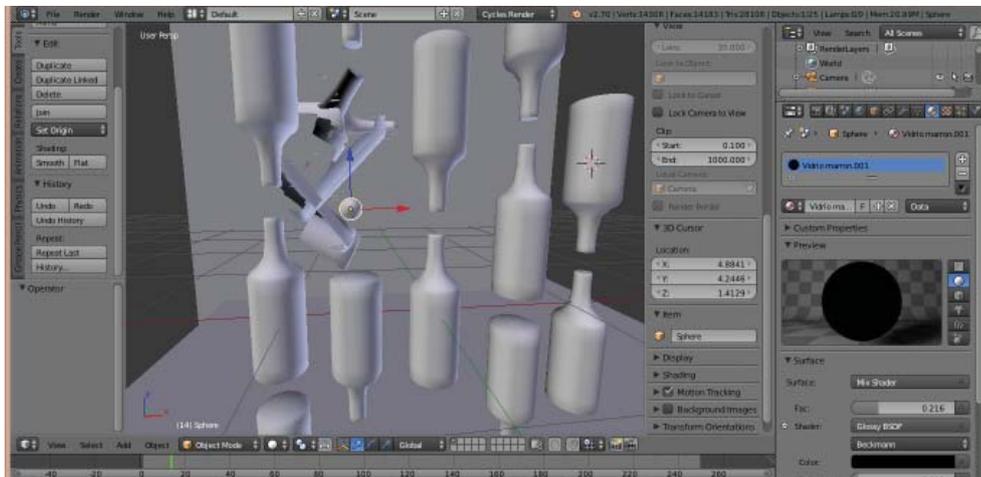


Imagen 195. ARecycleNOID- desarrollo de modelos 3D en Blender.

y sombreado en tiempo real, aunque no permite acercarse al realismo ofrecido por juegos orientados al ordenador. El renderizado en tiempo real permite la creación de una iluminación suficientemente realista como para ser eficaz en un espacio de juego.

Los controles del juego. Resulta muy difícil la utilización de controles como mandos o joysticks periféricos en los juegos orientados a telefonía móvil, pues sabemos que el usuario necesita utilizar sus manos para sujetar el terminal móvil. Debido a esta necesidad, hemos de introducir los mandos o joysticks como elementos gráficos, teniendo en cuenta el espacio que éstos van a ocupar en la pantalla del juego para impedir que cubran elementos gráficos con los que el usuario interactúa.

El sistema de seguimiento, indispensable para las aplicaciones de RA, depende del software y hardware empleado. Mientras el software garantiza el tipo de seguimiento, la calidad del hardware del dispositivo móvil asegura la correcta ejecución de la aplicación. Las aplicaciones de RA, por lo general tienen altas exigencias en cuanto a la calidad y la velocidad de la cámara, pero también a la fiabilidad de los sensores inerciales y de geolocalización.

Para el desarrollo de la aplicación *ARecycleNOID* hemos empleado estas reglas de diseño. Para la realización de modelos tridimensionales, hemos utilizado el software *Blender*, que nos permitió elaborar los modelados con un número de vértices moderadamente bajo, lo que propicia la optimización del rendimiento del juego.

El escenario del juego se desarrolló en el software *Unity3D*, en el que hemos implementado una interfaz gráfica que posibilita la interacción del usuario con elementos virtuales. Para definir las dinámicas del juego, la simulación de las físicas del mundo real y los efectos de audio también se utilizó este motor de juegos. Conseguimos la fluidez del juego mediante la optimización del renderizado, omitiendo visualizaciones adicionales como sombras, permitiendo que la velocidad *fps* pueda alcanzar valores más altos y coincidir con la velocidad *fps* de la cámara del dispositivo.

La Ciudad Aumentada.

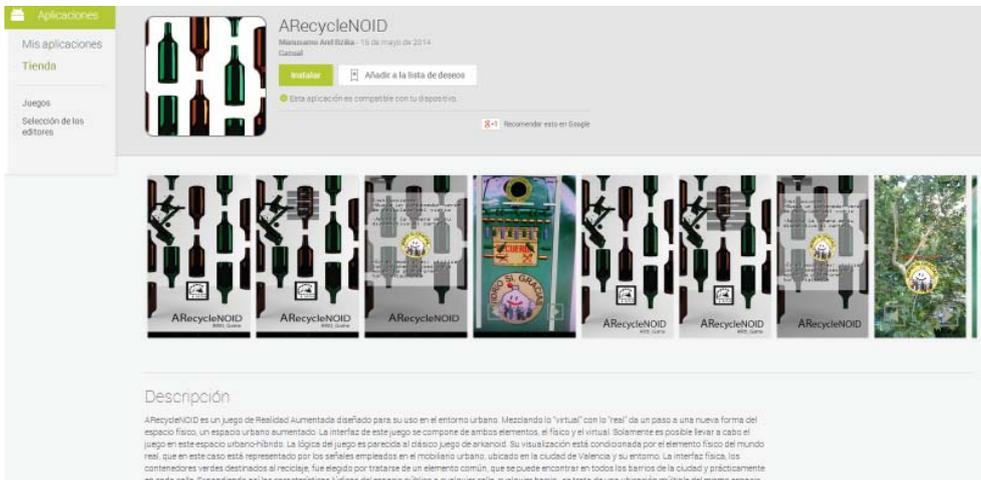


Imagen 196. ARRecycleNOID- ficha de Google Play.

220



Imagen 197. ARRecycleNOID- marcador RA creado con Vuforia Target Manager.

Las propiedades de la RA, se han conseguido a través del *plug-in Vuforia*, en este caso lo hemos empleado para realizar el seguimiento mediante marcas basadas en los rasgos naturales. Utilizamos el elemento de *Vuforia Image Target*, representado por el logotipo de los contenedores de reciclaje del vidrio, que generamos mediante la herramienta *online Target Manager* de *Vuforia*.

La aplicación *ARecycleNOID* fue diseñada para dispositivos móviles con el sistema operativo *Android* y está disponible de forma gratuita en *Google Play*⁶⁹. La exportación a esta plataforma también fue realizada con *Unity3D*.

3.2.5. *ARecycleNOID*. Consideraciones finales.

Buscamos nuevas formas de utilizar el espacio público como espacio lúdico, mediante la hibridación y superposición de capas virtuales de información sobre el mundo real. *ARecycleNOID* ofrece una experiencia que mejora el nivel de interacción entre el usuario y el espacio público, tanto en el espacio físico como en el espacio digital. Con este juego de Realidad Aumentada tenemos la intención de hacer visible la hibridación de los espacios urbanos que afectan a las ciudades de hoy y proporcionan la posibilidad de nuevas e irrepetibles experiencias de juego dentro del entorno urbano.

El espacio de juego de Realidad Aumentada asigna una nueva singularidad a la clasificación de la relación del entorno real y virtual. Una nueva y específica estética se aplica a este tipo de juego debido a la combinación del entorno real y el juego digital. Mediante el uso de las técnicas de gamificación, pueden ser difundidos nuevos mensajes y propósitos a través de los juegos de la Realidad y la Virtualidad Aumentada.

Dentro del concepto de la legibilidad de la Ciudad Aumentada, el proyecto *ARecycleNOID* debido a su soporte físico representado por un componente muy común del paisaje urbano de la ciudad de Valencia, alcanza una gran cobertura del territorio geográfico, multiplicando la ubicación de su posible uso. El logotipo que utiliza como el marcador de RA está presente en todos los contenedores de vidrio, por lo tanto, la elección de la ubicación física de espacios aumentados que crea es dependiente de los factores externos y no recae ni en el usuario ni en el artista, sino que en este caso concreto está decidida por la administración municipal. Estos atributos específicos le otorgan las características del ‘barrio’ en la clasificación de la legibilidad de Ciudad Aumentada, aunque en esta ocasión el ‘barrio’ aumentado



Imagen 198. *ARecycleNOID*- clasificación dentro de legibilidad de Ciudad Aumentada.

69 <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.MB.ARecycleNOID&hl=es>

La Ciudad Aumentada.

mediante la virtualidad supera hasta los límites de la ciudad misma, pues hemos observado que los logotipos empleados como marcador RA se encuentran presentes casi en toda la extensión de la Comunidad Valenciana.

3.3. Neuro-ARt-game Robot & Robotnik. Explorando nuevas formas artísticas implementando la tecnología de Electroencefalografía (EEG).

3.3.1. Introducción.

La obra *Robot & Robotnik* fusiona la tecnología de Realidad Aumentada con la tecnología de EEG, evidenciando los nuevos conceptos de interacción hombre-máquina que pueden aplicarse a los proyectos artísticos. Las nuevas tecnologías ponen de manifiesto una nueva dimensión de la percepción del arte, tanto para los espectadores como para los creadores, ofreciendo nuevas oportunidades en la interacción del espectador con la obra de una manera completamente única y trascendental. La interactividad habitualmente depende de una acción del usuario deliberada y premeditada, y con frecuencia exige una respuesta en forma de movimiento del cuerpo. La tecnología EEG nos traslada al punto de intersección entre la interacción consciente e inconsciente. Es capaz de reflejar la percepción de la obra no sólo al nivel de conciencia o de la opinión formada en la mente del espectador, sino también como una reacción más primaria del cerebro del espectador. Mediante la utilización de un dispositivo EEG, es posible cuantificar los diferentes estados de ánimo y procesos mentales, tales como el nivel de atención, frustración o meditación. Proporciona un acceso a *neurofeedback*⁶⁹, una especie de reatrealimentación entre la observación de la obra y el espectador, concediendo el poder de convertir los impulsos neuronales en la fuerza creadora y transformadora que puede influir en el resultado final de la obra.

El espectador no siempre es consciente de las acciones que puede ocasionar mediante la interacción de sus ondas cerebrales, en la relación a la obra, este tipo de comportamiento puede asignar al espectador el papel de un simple observador o de un creador participativo. Es posible asumir un papel más decisivo en la obra, aumentando la interacción intencionada a través de una formación o entrenamiento previo.

La tecnología EEG constituye una interfaz única para la interacción y la percepción del arte a través de las reacciones cerebrales, estableciendo un nuevo canal de comunicación, una fase inicial de un posible futuro de la ‘telepatía’ tecnológica. Un canal intuitivo que nos permite superar el marco físico de la interacción empleado en el arte digital actual.

3.3.2. Fundamentos teóricos de la tecnología EEG.

La electroencefalografía es una técnica mediante cual se mide la electricidad generada por las estructuras del cerebro sobre el cuero cabelludo (Niedermeyer y Silva 2005). Nos centraremos en técnicas no invasivas (Teplan 2002), capaces de medir la superficie cortical para obtener valores específicos que reflejan la actividad eléctrica producida por la activación de las neuronas del cerebro, provocando flujos

⁶⁹ Neurofeedback - relación directa en la percepción de patrones del cerebro del usuario mediante el uso de EEG, permite a los usuarios tener el control del estado de su actividad cerebral con el fin de alcanzar estados mentales específicos (Demos 2005).



Imagen 199. Brain Machine Interface en combinación con la tecnología de Realidad Aumentada-desarrollada por Kansaku, Hata y Takano.

de corrientes eléctricas (Atwood y MacKay 1989). El EEG permite a los usuarios controlar dispositivos en su entorno y establece una comunicación directa entre el ordenador y el usuario (Kansaku et al. 2010).

Durante las últimas décadas se ha incrementado notablemente la utilización de *Brain Machine Interface (BMI)* y *Brain Computer Interface (BCI)* (Birbaumer y Cohen 2007).

- *BMI* se centra en las nuevas perspectivas visuales, generando cambios en la percepción del esquema corporal, produciendo experiencias capaces de ubicarnos en una máquina o cuerpo ajeno, provocando la ilusión de un intercambio corporal (Botvinick y Cohen 1998, Petkova y Ehrsson 2008). En el ejemplo de aplicación *BMI* que utiliza la tecnología de Realidad Aumentada, realizada por Kansaku, Hata y Takano, se propuso el control de dispositivos externos por el usuario mediante un dispositivo EEG. Mediante los datos obtenidos por EEG que reflejan la actividad cerebral, los usuarios de esta aplicación eran capaces de dirigir la posición y orientación de un robot en el espacio cerrado. El robot fue equipado con una cámara, a través de la cual los usuarios podrían observar el entorno en primera persona, adoptando la visión del robot. La aplicación ofrecía controles adicionales, como la manipulación del panel de control de las luces ubicadas físicamente en la misma habitación. Estos experimentos demostraron que el uso de las señales eléctricas generadas por el cerebro humano puede controlar los movimientos de un robot en el entorno físico. Los autores de este experimento, basándose en los resultados obtenidos, sugieren el posible uso de esta tecnología como una ayuda a las personas con discapacidades físicas.
- *Brain Computer Interface (BCI)* se puede clasificar en dos tipos (Wolpaw 2007):
 - Control de procesos: controla directamente el motor o músculo para generar una acción.

- Selección de objetivos: reconocer la intención del usuario.

Como ejemplo de *BCI* usando RA, destacamos la aplicación *Mind-Mirror* (Mercier-Ganady et al. 2014), permite a los usuarios ver en tiempo real las áreas activas de su cerebro. El modelo 3D virtual del cerebro se superpone sobre la cabeza del usuario, resaltando en color las partes activas del cerebro. Se produce una retroalimentación directa entre usuarios y EEG, así como como una extensión natural de la comprensión y el aprendizaje.

A través de la tecnología EEG es posible valorar la percepción de la ‘presencia espacial’ dentro de los entornos como la Realidad Aumentada o la Realidad Virtual. La presencia espacial puede ser entendida como “*la sensación de estar en un entorno*” (Steuer 1995, p.35). Este tipo de percepción ha sido explorado mediante el uso de los dispositivos EEG, los estudios realizados en este campo han llegado a la conclusión que la RV es capaz de generar sensación subjetiva de presencia (Keshner y Kenyon 2000). La presencia espacial se asocia con la activación de una red neuronal distribuida en el lóbulo parietal y la corteza prefrontal, que se activa de la misma manera tanto en los entornos reales como los virtuales (Baumgartner et al. 2008). La sensación de presencia está condicionada por factores internos y externos, (Usoh y Slater 1993). Los factores internos se caracterizan como la experiencia individual de usuario, mientras los factores externos están relacionados con el tipo de tecnología utilizada, como pantallas montadas en la cabeza (*HMD*), entorno tridimensional y la visión estereoscópica (Slater et al. 2009).

- **Factores internos.**

- La sensación de presencia en entornos RA y RV es proporcional al grado de inmersión. Mayor inmersión, implica mayor grado de sensación de presencia, generando comportamientos similares a los producidos en los entornos reales. RA tiene la capacidad de compartir la información del mundo físico y el mundo virtual al mismo tiempo, permitiendo que no se pierda la noción de los acontecimientos en el entorno físico. La implicación de acciones que requieren la interactividad de los usuarios, aumenta el grado de inmersión, generando experiencias mucho más convincentes, e incrementando la sensación presencial en los entornos de RA y RV (Ijsselsteijn y Riva 2003).

- **Factores externos.**

- Pantallas: En este sentido, encontramos una relación proporcional entre el tamaño de la pantalla y la percepción de inmersión, si la pantalla es más grande y cubre mayor campo de la visión de usuario, implica un mayor grado de inmersión. El ángulo de visión de los usuarios mejora la navegación exitosa de éstos, por lo que la utilización de *HMD* que ocupa toda la visión genera un grado muy alto de inmersión al no encontrar interferencias provenientes de las costuras generadas entre el espacio virtual y el espacio físico. Esto se demostró en experimentos basados en la visualización de contenido virtual utilizando diferentes tipos de displays (Kober et al. 2012, Semyon et al. 2015).



Imagen 200. Aplicación Mind Mirror - Brain Computer Interface en combinación con la tecnología de Realidad Aumentada.

- Proyección y perspectiva: En cuanto a la diferencia entre la visión estereoscópica y la visión bidimensional, la segunda causa menos comprensión de la profundidad en entornos virtuales. Esto ocurre debido al hecho de que el cerebro humano está acostumbrado a percibir el mundo en manera tridimensional, mediante la combinación de la información proveniente del ojo izquierdo y del ojo derecho. Por lo que las tecnologías estereoscópicas proporcionan mayor sensación subjetiva (Kober y Neuper, 2011), capaz de aumentar la inmersión en los entornos virtuales y el espacio de navegación (Slobounov et al. 2015). El estudio realizado en el campo de rehabilitación física efectuado por Keshner y Kenyon (2009), demuestra que la Realidad Virtual es capaz de generar la sensación subjetiva de presencia. La sensación de presencia en entornos virtuales que utilizan la visión subjetiva de los usuarios se amplía cuando la posición dentro del entorno virtual es desconocida, y donde no existe una correlatividad entre el espacio real y el virtual (Slobounov et al. 2015). El uso de interfaces visuales de alta resolución en las aplicaciones de RA refuerza la sensación de vivir estas experiencias a través de un estímulo visual. El usuario puede incluso inducir a su cuerpo para sentir sensaciones de calor o frío (Weir 2012).

3.3.3. Neuro-ART-game. La relación entre Art-Game, EEG y Realidad Aumentada.

Empleando la combinación de las tecnologías de RA y EEG como el medio de la interacción en *Art-Game* es posible fortalecer la inmersión de los usuarios. RA ayuda a invocar los procesos cerebrales capaces de unir las dimensiones reales y virtuales, influyendo en la percepción del espacio en el que nos sitúa nuestra propia mente. EEG establece un canal de comunicación de doble sentido entre la obra y el espectador. El usuario tiene influencia en el curso del juego, mientras que las acciones dentro del

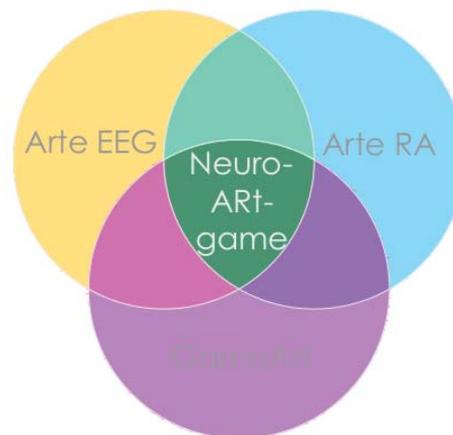


Imagen 201. “Neuro-A.R.t-game”– esquema de sus componentes.

juego desenlazan los cambios su estado cognitivo. El elemento interactivo del juego se alimenta de los datos obtenidos a través de un dispositivo de EEG, mientras que la visualización se efectúa mediante una mezcla de lo real y lo virtual utilizando la tecnología RA, por lo que definimos este género como el *'Neuro-ART-game'*.

Un juego controlado por RA EEG nos permite utilizar las ondas cerebrales como fuente de entrada de datos, desarrollando una narrativa no lineal, donde se producen los eventos del juego independientemente del orden temporal. La aplicación de EEG permite al usuario modificar el comportamiento de los personajes virtuales, dependiendo del estado mental de los usuarios/jugadores. El tiempo de juego depende de esta interacción mental de los usuarios, algunos jugadores pueden llegar al final del juego en un corto período de tiempo, otros pueden extender la duración al ser capaces de controlar los estados de meditación y atención.

Las lecturas empíricas de los datos de la actividad cerebral del usuario no siempre concordarán con el estado mental en el que usuario cree estar. Estos estados y su influencia sobre la actividad cerebral se pueden controlar mediante entrenamiento previo con un dispositivo de EEG. A través de diferentes técnicas, el usuario puede adquirir el control de los estados como la meditación y la atención. Por ejemplo, es posible aumentar niveles de atención mediante la realización de operaciones matemáticas o lectura de los textos en idiomas no nativos. En el caso de la meditación, encontramos la reacción cerebral al cierre de los ojos (Teplan 2002) o relajación mediante el sentido auditivo, escuchando sonidos o composiciones sonoras relajantes.

Los cambios realizados en la percepción visual del usuario mediante los contenidos de RA afectan a los niveles de atención y meditación de forma significativa. El sentido de la visión ejerce una influencia considerable a los procesos cerebrales, modificando la percepción espacial y sensorial de los usuarios. En este sentido los contenidos virtuales visualizados mediante técnicas de RA forman parte de la interactividad.

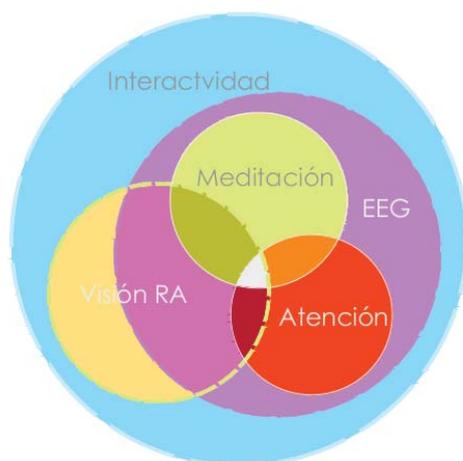


Imagen 202. Neuro-ART-game – esquema de la interactividad.

La tecnología RA se amplía a través de la implementación del dispositivo de EEG y adquiere nuevas funciones relativas a la percepción e interacción.

El uso de las técnicas *BCI* ofrece un nuevo tipo de interacción, pero también incluye una serie de desventajas, principalmente asociadas con la disminución del rendimiento del juego. EEG registra y envía una amplia gama de valores, que pueden causar la desaceleración del curso del juego. Es posible aumentar la velocidad mediante la reducción del flujo de datos de EEG, permitiendo una latencia de 5 milisegundos en la captura de datos. La implementación de interfaces neuronales en las aplicaciones de RA permite la creación de aplicaciones en las que la participación de los movimientos de las manos no es necesaria (Ascott 1998). Ocasionalmente también la interacción entre el cerebro y el ordenador, que permite la solución de problemas y la realización de las acciones, que en otro contexto no podrían ser ejecutadas. Estas acciones específicas incluso pueden resultar en acciones concretas sin la preparación previa o sin que el usuario esté consciente de su uso “*el estado del jugador se convierte en parte de la mecánica del juego*” (Hjelm 2003).

La característica específica de la RA con EEG es la de crear una retroalimentación entre las distintas entradas y salidas de la información. Las entradas de los datos que afectan la interactividad provienen de la información obtenida a través de la cámara en tiempo real y las lecturas de datos del EEG. La entrada de los datos provenientes desde el espacio circundante, complementado por los elementos virtuales introducidos mediante técnicas de RA, afecta a la actividad cerebral condicionada por el sentido de la vista y el sentido auditivo, modificando la percepción espacial y aumentando el grado de inmersión del usuario. Estos contenidos virtuales visuales y auditivos se convierten a la vez en las entradas y salidas de la información, al contribuir en gran medida a la modificación de la percepción del usuario y en consecuencia en el flujo de datos. Esta manera es única en el sentido de la interacción con la obra, al no requerir ninguna acción física para poder realizar los cambios.

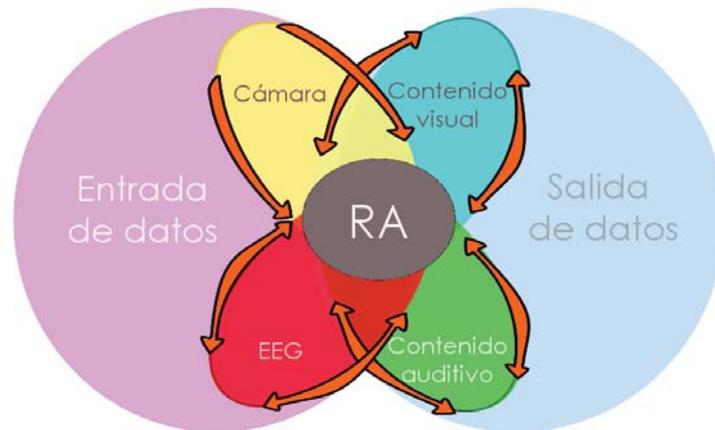


Imagen 203. Neuro-ART-game – relación entre las entradas y salidas de datos.

3.3.4. Ejemplos de utilización de la tecnología EEG en el arte.

En el campo del arte, encontrar las obras de arte que emplean la tecnología de EEG, debido a su uso poco frecuente parece ser una tarea compleja. No obstante, el auge actual de la comercialización de dispositivos de EEG y el consiguiente descenso de su precio de venta, ha permitido la implementación de estas tecnologías en diferentes campos artísticos como el arte sonoro, arte textil, videoarte y las aplicaciones artísticas de la Realidad Aumentada. Destacamos algunas de las obras de arte que incorporan datos de EEG como una parte de la experiencia y práctica artística.

- **EEG aplicado al Arte Sonoro**

Eunoia (2013) y *Eunoia II* (2014), obras de la artista Lisa Park son ejemplos interesantes de instalaciones sonoras controladas por el EEG. En la primera, se utilizó el EEG de un solo electrodo, llamado *NeuroSky*, a través de este dispositivo la artista es capaz de conectar los impulsos eléctricos de su cerebro con el software *Max/MSP* y generar sonidos. En la combinación con el software *Reaktor*, la instalación produce sonido en tiempo real en función del grado de atención y la meditación del artista/usuario. Los sonidos se reflejan mediante los movimientos de agua que se halla en los recipientes colocados encima de los altavoces. El agua adquiere formas específicas en función de las vibraciones del sonido, reaccionando al unísono a los cambios de la actividad cerebral. La superficie del agua presenta menos distorsiones cuanto más calmado está el usuario, al contrario que el fervor causado por los altos niveles de la atención, convirtiendo estas láminas de agua en el reflejo del estado mental del usuario.

Esta visualización está basada en la metáfora del cuerpo humano, compuesto principalmente de agua, y capaz de reaccionar de acuerdo con los estímulos eléctricos generados por el cerebro (Park 2013). La artista Lisa Park a continuación declara:

La Ciudad Aumentada.

“Quería crear una obra de arte que representase la parte interior de mí misma...”
(Park 2013).

En la segunda versión de esta instalación llamada *Eunoia II*, se emplea un dispositivo *Emotiv EPOC+* EEG, aplicando un sistema que permite utilizar la información relativa a la respuesta emocional del usuario. La clasificación de estos estados de ánimo se realiza conforme la base de los 48 estados emocionales, propuestos por Spinoza⁷⁰, como la tristeza, la ira, el deseo, el compromiso, la frustración, la emoción, la felicidad y otros. Gracias a un mayor número de electrodos también puede aumentar el número de emociones, que se transforman en variables y se envían a *Max / MSP*. Lo que permite la generación de una mayor variedad de sonidos y el incremento del número de altavoces a 48, estableciendo una conexión directa entre los altavoces y las emociones.

En el campo del arte sonoro encontramos otro proyecto interesante en la aplicación llamada *EEGJ (Electroencephalography Jockey)* creada por Richard Warp, Erica Warp y Chung-Hay Luk. *EEGJ* es capaz de utilizar los impulsos eléctricos producidos por el cerebro y también los movimientos de músculos de la cara. La aplicación comunica los datos obtenidos por el EEG con el software *Max / MSP* utilizando

230



Imagen 204. Instalación *Eunoia II* de Lisa Park. Arte sonoro con implementación de la tecnología EEG – utilizando el dispositivo *Emotiv EPOC+*.

⁷⁰ Baruch Spinoza- el filósofo holandés en su libro *Ética* (1677) reflexiona sobre el significado de una vida ética, y como esta se ve afectada por las emociones y comprensión humana.

el protocolo *Open Sound Control (OSC)* y permite al usuario generar música en tiempo real de acuerdo con la emoción, la frustración o la meditación. Se produce *neurofeedback* que permite escuchar diferentes estados de ánimo del usuario y convertirlos en música.

Esta aplicación ha posibilitado la creación de una instalación interactiva de música, luz y escultura con control mental, llamada *NeuroDisco*, donde el usuario/DJ es capaz de realizar las sesiones con el apoyo de un EEG. Además de ser la encargada de generar música en tiempo real, la aplicación también es capaz de seleccionar diferentes muestras en función de la situación cognitiva del usuario. Para aumentar el *neurofeedback*, la iluminación de la sala también se sincroniza de forma simultánea, según los datos provenientes de EEG. La conexión de la aplicación con las 600 bombillas LED utilizadas en la instalación, se realiza utilizando una placa *Arduino*. Las bobillas LED se hallan dentro de una escultura con forma de una neurona, representando la comunicación entre las células del cerebro. En esta instalación se utiliza un dispositivo EEG *Emotiv*, capaz de capturar tres estados cognitivos, trece expresiones faciales y movimientos de la cabeza. La aplicación *EEGJ* consiste en un



Imagen 205. Instalación Neurodisco creada por Richard Warp, Erica Warp y Chung-Hay Luk.

La Ciudad Aumentada.

software específico que ofrece la posibilidad de explotar el sonido y el entorno visual de una manera controlada.

- **EEG aplicado al Arte Textil**

En la mezcla entre el arte textil y el arte sonoro nos encontramos con el proyecto *NeuroKnitting* (2013) realizado por Varvara Guljajeva, Mar Canet y Sebastian Mealla. Este trabajo combina el proyecto *Knitic*⁷¹ y la utilización de dispositivos *Emotiv* EEG. Esta combinación de dispositivos es capaz de generar tejidos en tiempo real en función de las ondas cerebrales de los usuarios, que son activadas mediante la escucha de la obra *Variaciones Goldberg* de J.S.Bach. De esta forma, las ondas cerebrales son representados mediante patrones de punto, mientras que la música se considera como un inductor de la diferente gama de estados de ánimo.

Los estados afectivos, que en este caso se basan en la relajación, emoción y carga cognitiva. A través de esta técnica, se crean unos patrones únicos para cada usuario, llevando a la práctica la idea de construir *BTUI* (*Brain Tangible User Interface*) y haciendo tangibles los estados mentales del usuario (Mealla et al. 2011).

232



Imagen 206. Instalación NeuroKnitting realizada por Varvara Guljajeva, Mar Canet y Sebastian Mealla.

⁷¹ Knitic es un proyecto de Open Hardware diseñado para controlar las máquinas de tejer a través de Arduino.



Imagen 207. Instalación Environmental Disturbances de Anni Garza Lau.

- **EEG aplicado al Videoarte**

Como un ejemplo de videoarte interactivo que utiliza EEG, mencionamos la instalación *Environmental Disturbances*⁷², de autora Anni Garza. La instalación de videoarte muestra los paisajes urbanos que varían debido a la actividad cerebral del usuario, supervisada por el EEG. Presenta la vida cotidiana del paisaje urbano visto a través de una ventana, que se modifica en relación de la percepción de contenidos por los usuarios. Los cambios se llevan a cabo implicando los estados mentales como la atención y la meditación de los usuarios. La obra de arte reacciona a estos estados mentales con una transición entre las capas de vídeo, generando diversos efectos visuales en el clima, la iluminación y el color de la ciudad proyectada. Por lo tanto, cada usuario con su propia participación recrea la obra de arte, como una función de los patrones cerebrales producidos por los estímulos visuales. La obra encarna una metáfora de los cambios de humor ocasionados por los cambios estacionales. La tecnología que conforma esta instalación cuenta con un EEG de un solo electrodo, que envía la información a través de *Bluetooth* a un programa desarrollado por la artista, relacionado con el software *www* que gestiona las diferentes capas de vídeo en función de variables predefinidas.

- **EEG y Arte de Realidad Aumentada**

EEG AR: Things we have lost, es una inclusión de la tecnología EEG en el campo del arte de Realidad Aumentada, realizada por John Craig Freeman y Scott Kildall (2012). El proyecto muestra los contenidos de la memoria colectiva, relacionados con los elementos que han desaparecido en las últimas décadas. Los contenidos virtuales se gestionan de acuerdo con la actividad cerebral de los usuarios, mostrando objetos, animales o imperios que ya no existen. La instalación está dividida en dos partes, una parte se ubica en un espacio experimental cerrado y la otra, se lleva a cabo en

⁷² Una obra de Anni Garza Lau en colaboración con Alejandro Palomino y Francisco EME, presentada en el festival Toolkit, celebrado en Venecia en 2013.

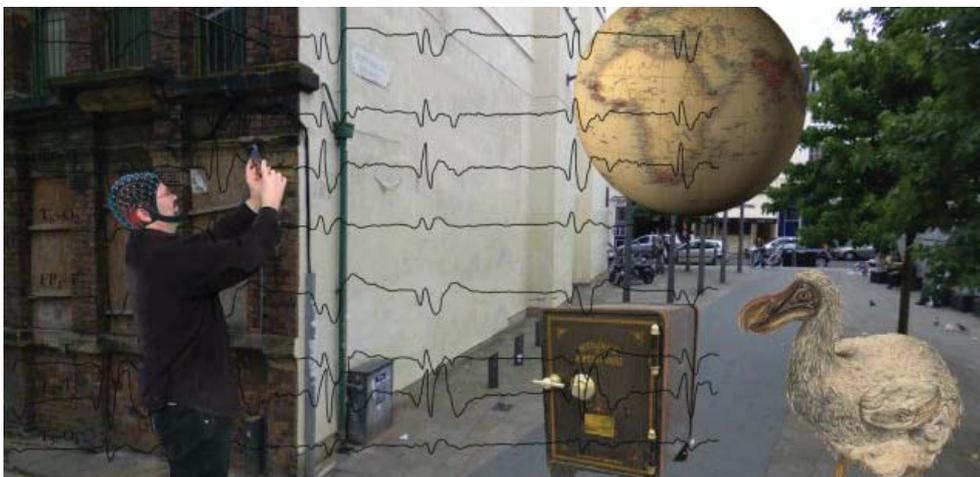


Imagen 208. Instalación Things we have Lost de John Craig Freeman y Scott Kildall.

formato de una aplicación de Realidad Aumentada, localizada en las calles de la ciudad de Liverpool. La aplicación implementa lecturas de EEG de usuarios para cargar un objeto virtual desde la base de datos, los contenidos se pueden observar a través de la pantalla del dispositivo móvil (*iOS o Android*) utilizando la RA. Para determinar la relevancia del contenido y su emplazamiento en el espacio físico, los autores de esta obra han entrevistado a los ciudadanos de Liverpool. De este modo se establece la ubicación de los contenidos virtuales para su vinculación geográfica mediante coordenadas GPS. Creando así un “retrato único de lo que la ciudad ha perdido, un imaginario colectivo de lo que es importante para Liverpool” (Freeman 2012).

El proyecto se trasladó también a otros lugares como Coimbra (Portugal, 2014), Basilea (Suiza, 2014) y Los Ángeles (EE.UU., 2015), utilizando la misma idea de crear bases de datos a partir de los recuerdos de sus ciudadanos. Como era de esperar, los elementos particulares que se perdieron en cada lugar son diferentes y específicos para cada ciudad.

La relevancia de esta aplicación consiste en la mezcla de las tecnologías de EEG y RA, aunque en el caso de la aplicación RA en el espacio público, la carga de los contenidos virtuales observados no está condicionada por el uso de EEG. Es posible percibir el *neurofeedback* en la parte de la instalación dentro del espacio experimental, pero sin poder controlar la elección de los contenidos virtuales de las bases de datos, que se muestran en un orden aleatorio.

The Future Slave, fue una propuesta para una aplicación de RA y EEG por Mark Skwarek, realizada en la ciudad de Liverpool y en el centro de arte *FACT* (2012) (*Foundation for Art and Creative Technology*). La aplicación traslada al espectador a un futuro, donde Liverpool se transforma en una ciudad de esclavos, gestionada por una compañía militar. La aplicación se divide en dos partes, una parte tiene lugar en las calles de Liverpool y la otra se colocaría dentro del centro de arte *FACT*.



Imagen 209. Proyecto The Future Slave de Mark Skwarek.

Las calles pueden ser exploradas por los usuarios con el fin de realizar diferentes tareas como esclavos, grandes partes de la ciudad están restringidas a los esclavos por barreras virtuales y el traspaso de estas barreras genera unos sonidos desagradables. En la parte de la instalación situada en el centro de arte, el usuario puede trabajar en la construcción de estos muros virtuales, colocando se delante de la pantalla, que actúa como un espejo en el que el usuario puede verse a sí mismo como un esclavo del futuro. El usuario/esclavo está siendo controlado por un sensor de EEG, de forma que, si no alcanza un grado adecuado de atención, la iluminación y el sonido en la sala se ve afectada en tiempo real y actúa como un castigo. Las dos partes de la aplicación no se encuentran conectadas entre sí, es decir el trabajo del esclavo virtual dentro de la galería, basado en la construcción de muros virtuales, no afecta la ubicación de los muros virtuales que el resto de usuarios puede visualizar en el exterior mediante la aplicación de RA. Por lo que no se trata de una aplicación de RA con EEG, sino de una instalación capaz de controlar el sonido y la iluminación del espacio físico. Destacamos el *neurofeedback* producido en los usuarios, donde ellos mismos pueden comprobar como la disminución de su atención se relaciona con el control espacial.

- **EEG aplicado a los videojuegos**

En la actualidad, las empresas y las investigaciones dirigidas a los videojuegos están buscando una forma más natural de interactuar con los usuarios y jugadores. Los videojuegos, al igual que los pensamientos, pueden ser considerados como entidades virtuales, ya que no es posible visualizarlos en el mundo real sin una interacción hombre-máquina. La capacidad de interactuar mentalmente con videojuegos aumenta el realismo de acción virtual, ya que es externo a una participación física (Plass-Oude Bos et al., 2010). Conocer el estado mental de los jugadores y poder manipularlo posibilita la correspondencia equilibrada entre la habilidad y el desafío

La Ciudad Aumentada.



Imagen 210. Entorno del juego Rome Reborn. Imagen 211. ROMA NOVA versión de Rome Reborn con control EEG.

236

(Csikszentmihalyi 1990). El campo de los videojuegos implementa rápidamente las innovaciones tecnológicas y es posible observar intentos de implementar EEG desde el primer período de desarrollo de este género. En los primeros juegos con EEG, el objetivo era prescindir de los controles tradicionales del juego como joystick, teclado o ratón.

Uno de los primeros ejemplos nos lleva al año 1977, cuando el primer videojuego controlado por BMI fue diseñado por J.Vidal. Este *BMI* era capaz de capturar los movimientos de los ojos del jugador. El juego era simple, donde el que el jugador podía mover un objeto virtual en un laberinto bidimensional (Vidal 1977).

Encontramos también juegos para varios jugadores, capaz de traducir los datos EEG en una acción física que afecta los elementos físicos del mundo real. Uno de estos juegos multi-jugador es *Brainball*, que cuenta con dos jugadores, luchando una batalla mental utilizando los valores de la meditación, extraídos a través EEG en tiempo real. El juego consiste en una bola que se mueve dentro de un tubo, acercándose al jugador que está menos relajado. El juego parece sencillo, pero esconde un truco que dificulta la victoria, cuando el jugador cree de estar cerca de ganar, sus emociones aumentan, provocando la pérdida del estado de relajación necesaria para mantener los valores de la meditación (Hjelm 2003).

Un ejemplo del videojuego presentando los contenidos de manera educativa es *ROMA NOVA*. Está basado en el videojuego en 3D *Rome Reborn* que reproduce los orígenes y la destrucción de Roma (Liarokapis et al. 2014). Esta versión elimina por completo el sistema de navegación tradicional para videojuegos, sustituyendo el uso de las manos por el uso de los datos del cerebro.

El movimiento en el espacio virtual se realiza mediante el análisis de los valores obtenidos por el EEG. Existen dos versiones del juego, una utiliza un dispositivo EEG de un solo electrodo mediante cual es más difícil lograr el movimiento correcto, mientras otra versión emplea un EEG de 16 electrodos, donde los movimientos del

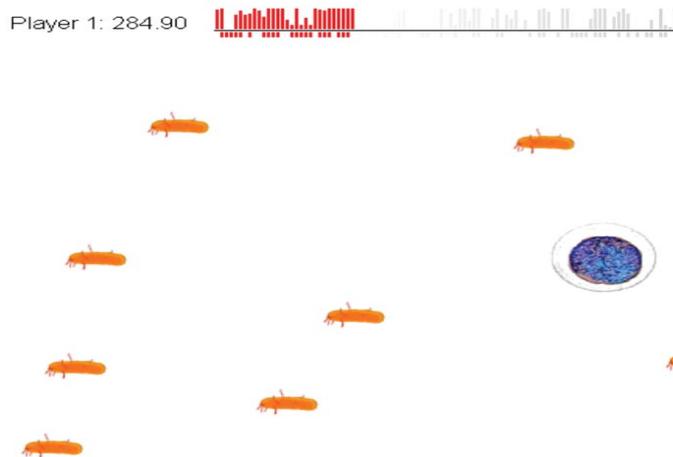


Imagen 212. Entorno del juego Bacteria Hunt.

personaje en el entorno virtual resultan más fáciles. Aunque es de destacar, que realizar el movimiento de avatares virtuales sobre la base de la información neuronal relacionada con el estado de ánimo en lugar de movimientos, puede ser una tarea muy compleja para los usuarios.

Una versión del juego tradicional de *Pacman*, que implementa las características de EEG encontramos en *Affective PacMan*, donde los movimientos del usuario están limitados tanto por los controles físicos como por el uso de EEG. La movilidad restringida y la generación de movimientos erróneos o inesperados induce a los usuarios a experimentar los estados de frustración (Reuderink 2009).

También podemos encontrar juegos que no tienen intención de abandonar por completo las interfaces de navegación tradicionales, buscando la solución en la combinación con las interfaces neurales. En el caso de *Bacteria Hunt* (2009), el teclado permite el movimiento del avatar virtual y el estado mental modula la dificultad de la caza, cambiando la distancia entre avatar y los objetivos (Muhl et al. 2010).

En un sentido similar se ha diseñado *Alpha-World of Warcraft*, una modificación del juego multijugador de *World of Warcraft*. Esta versión no pretende sustituir el modo habitual del movimiento de los avatares virtuales, porque implicaría un cambio completo de la dinámica del juego. En lugar de ello, introduce la opción de avatar virtual de incluir el estado mental de jugador, generando una mayor simbiosis entre el jugador y su avatar virtual. Cuando se producen los estados de relajación, alerta o frustración, las habilidades y la apariencia de los avatares virtuales varían de acuerdo a estos cambios (Bos et al. 2010).

Una lógica semejante emplea el videojuego *Shooting*, que utiliza los controles tradicionales para mover el avatar en un entorno tridimensional y los complementa con el uso de EEG, permitiendo vincular los estados de ánimo del jugador y su avatar virtual. De esta manera, la actividad cerebral de los usuarios representa un

La Ciudad Aumentada.



Imagen 213. Alpha-World of Warcraft – cambios en apariencia del avatar según los datos recibidos por EEG.

238

control adicional en el juego que se corresponde con el cambio del rol de otros avatares virtuales, pudiendo estos actuar como amigos o enemigos. El color rojo es asignado a los enemigos a los cuales el usuario/jugador puede atacar o destruir. Cuando los avatares son azules, su relación es amistosa o neutral. Esta distinción entre los avatares virtuales puede afectar la dificultad y el tiempo de juego. Mediante las dinámicas del juego, el usuario puede percibir el *neurofeedback* y comprender la importancia de la actividad cerebral (Liu et al. 2014).



Imagen 214. Shooting- acciones del juego condicionados a los datos recibidos por EEG.



Imagen 215. Rabbit Mind Runner- juego utilizando un dispositivo EEG creado por Manusamo&Bzika

3.3.5. Experimentación previa - Rabbit Mind Runner.

En nuestra experimentación con la tecnología EEG hemos creado nuestro propio ejemplo de *Brain Computer Interface*, a través del proyecto *Rabbit Mind Runner*⁷³, que introduce el dispositivo EEG *NeuroSky® MindWave* como sustitución de los controles habituales. El proyecto fue presentado en diciembre 2015 en la 7ª edición de *ESPACIOENTER Canarias*⁷⁴- en la sección de videojuegos.

El juego hace una reminiscencia a la paradoja propuesta por el filósofo griego Zenón, de Aquiles (o en su efecto la liebre) y la tortuga, recreando una carrera entre los contrincantes desiguales. El usuario adopta el avatar del personaje de una liebre virtual, mientras sus adversarios son animales de varias especies, que aumentan o disminuyen la dificultad del juego en función de las actividades motoras y/o mentales de dichos animales. En el primer reto, el usuario empieza la carrera contra la tortuga que se mueve a un paso lento, pero seguro. El usuario es capaz de interactuar con su avatar y avanzar en la carrera, mediante la captura de su actividad cerebral obtenida por un dispositivo EEG no invasivo, que permite conocer el grado de atención y meditación en que se encuentra el usuario en todo momento.

La carrera se efectúa relacionando el grado de atención con la velocidad, a mayor atención mayor velocidad alcanza la liebre virtual. Cuando la atención disminuye, la liebre se queda quieta, y puede ser alcanzada por la tortuga.

También hemos considerado necesario incrementar la dificultad de la tarea para superar los niveles del juego. Para ello, el avatar del adversario en el último nivel, el zorro, un animal astuto y veloz que se desplaza a una velocidad superior al avatar del usuario, de manera que empleando sólo los niveles de atención es prácticamente imposible ganar el juego. En este nivel hemos introducido la utilización de valores del EEG relacionados con la meditación, la carrera se puede ganar cumpliendo con

73 Realizado por Manusamo&Bzika.

74 Festival Internacional de Creatividad, Innovación y Cultura Digital

La Ciudad Aumentada.



Imagen 216. Rabbit Mind Runner- primer nivel: uso de valores de atención.

240



Imagen 217. Rabbit Mind Runner- usuario con dispositivo EEG NeuroSky® MindWave.



Imagen 218. Rabbit Mind Runner– último nivel: uso de valores de atención y meditación.

la condición que la meditación del usuario supere ciertos valores, causando que el adversario virtual se detenga y entre en fase de reposo.

Como la mayoría de usuarios no está familiarizada con la utilización de EEG, hemos insertado unas pruebas o acertijos mentales dentro del juego, que incitan al usuario a aumentar su grado de atención mientras se dedica a su resolución, mejorando las posibilidades de ganar el reto de *Rabbit Mind Runner*.

3.3.6. Neuro-ARt-game. Robot & Robotnik.

En el proyecto *Robot & Robotnik* hemos aplicado las características del concepto *Neuro-ARt-Game*, para producir la obra propia. El proyecto fue presentado en *Cyberworlds 2015*⁷⁵, en Visby, Gotland, Suecia y en la 7ª edición de *ESPACIOENTER Canarias*⁷⁶.

El argumento del *Robot & Robotnik* se inspira en la obra de teatro *R.U.R. - Rossum's Universal Robots* (1921), escrita por Karel Čapek, rindiendo el homenaje a la obra que acuñó la palabra 'robot'⁷⁷. En el drama de Čapek, los robots están en la guerra con la humanidad que culmina con la extinción de la raza humana. Los personajes de robots tienen una apariencia humana, muy diferente de la percepción común, de los robots como unas frías máquinas metálicas. La obra retrata el miedo a la evolución tecnológica que experimentó la sociedad de principios del siglo XX., *R.U.R.* recogió un éxito inmenso y fue traducida a más de treinta idiomas.

En el *Neuro-ARt-game Robot & Robotnik* adaptamos este escenario de guerra, para trasladar este mensaje al contexto de la sociedad actual. En el *Robot & Robotnik* planteamos la cuestión de la responsabilidad moral de la humanidad hacia sus propios

75 International Conference on Cyberworlds 2015, ACM SIGGRAPH, Visby, Gotland.

76 Festival Internacional de Creatividad, Innovación y Cultura Digital.

77 La palabra 'robot' basa su origen en la palabra checa 'robota', que significa trabajo.



Imagen 219. Robot & Robotnik – Neuro-ARt-game de Manusamo&Bzika.

inventos, intentando vencer los miedos que producen los avances tecnológicos en el imaginario social. La posible creación de la inteligencia artificial puede alentar el miedo experimentado por el hecho de que ésta pueda superar la inteligencia humana en un breve período de tiempo. El juego retrata esta situación hipotética, a través de los personajes de robots y humanos – ‘robotnik’⁷⁸. Cada uno de los personajes humanos tiene una morfología diferente, para subrayar una representación metafórica de toda la humanidad, mientras los robots están diseñados como unas entidades insensibles y metálicas, que poseen una inteligencia artificial primitiva.

Los robots y robotniks comparten el mismo espacio virtual en un escenario redondo, simulando un teatro circular, donde el usuario puede moverse libremente y observar la obra desde cualquier ángulo. La escenografía, gracias al uso de la Realidad Aumentada, cambia según la ubicación de marcador fiducial, y su elección recae al usuario.

Los personajes desempeñan su papel en función de estado mental del usuario; en sus manos, o mejor dicho en su cerebro, está el poder de mantener la paz o la guerra entre los humanos y los robots. La meditación garantiza el comportamiento pacífico y, al contrario, el alto nivel de atención induce los personajes en una persecución mutua. El estado de la guerra se ve reforzado por los efectos de sonido y luz.

En este caso la tecnología de RA y EEG conecta directamente el usuario y la obra, instaurando una influencia mutua. De esta manera se asemeja a lo que Roy Ascott define como “... un nuevo tipo de teatro, que llamaremos ‘teatro tecnoético’, que surge de la confluencia de las investigaciones sobre la vida artificial, drama interactivo y el campo de la conciencia” (Ascott 1998).

Janet H. Murray en su libro “Hamlet en la Holocubierta” analiza la estética de los medios digitales y propone algunas características, entre ellas la inmersión, la actuación y la transformación. Describe las pautas de la primera categoría: “La

78 Del checo- significa trabajador.

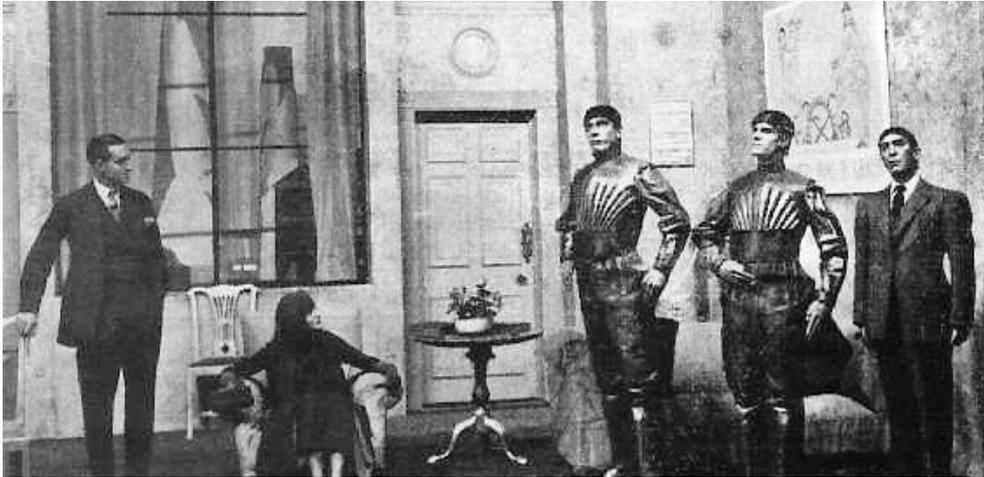


Imagen 220. R.U.R – Obra de teatro de Karel Čapek, estrenada en 1921.

experiencia de ser transportado a un lugar elaboradamente simulado es placentero en sí, independientemente del contenido de la fantasía. Nos referimos a esta experiencia como la inmersión” (Murray 1997). Para cumplir con esta primera condición, en *Robot & Robotnik* se utiliza la tecnología RA mezclando lo real y lo virtual, haciendo que la experiencia de inmersión sea más real.

La segunda categoría de Murray trata la posibilidad de actuación, que en este caso se convierte en la interacción de los usuarios: *“La actuación es el poder satisfactorio de tomar acciones significativas y ver los resultados de estas decisiones y elecciones”* (Murray 1997). La inclusión de la interacción en *Robot & Robotnik*, impulsada por los datos de EEG, tiene como resultado un escenario donde el curso del juego puede verse influido de dos maneras. Primero, en un modo consciente, donde los usuarios son capaces de controlar su nivel de atención y la meditación. El segundo modo se caracteriza como no intencional, cuando la interacción no es el resultado del esfuerzo consciente de los usuarios, cambiando el papel del ‘director’ por el de ‘observador’. En estas condiciones, entra en juego la materialización de intenciones que hasta ahora permanecían ocultas en la intimidad, incluso para la conciencia del usuario. *Robot & Robotnik*, en estos rasgos, promete al usuario la oportunidad de conocerse mejor a sí mismo.

Esta ambigüedad de los tipos diferentes de comportamientos, nos lleva a la siguiente categoría sugerida por Murray, la transformación. *“...narración puede ser un poderoso ingrediente de transformación personal (...) las narrativas digitales añaden otro poderoso elemento a este potencial, ofreciendo la posibilidad de representar las historias en lugar de simplemente ser testigo de ellas”* (Murray 1997).

Utilizamos una narrativa de naturaleza híbrida, donde la relación entre el jugador y la mecánica del juego se desarrolla y varía en tiempo real. Introducimos narrativas ambientales, basadas en la interacción del usuario con el espacio de escenario físico, donde el uso de RA permite una libertad total en el ángulo y posición de la vista de

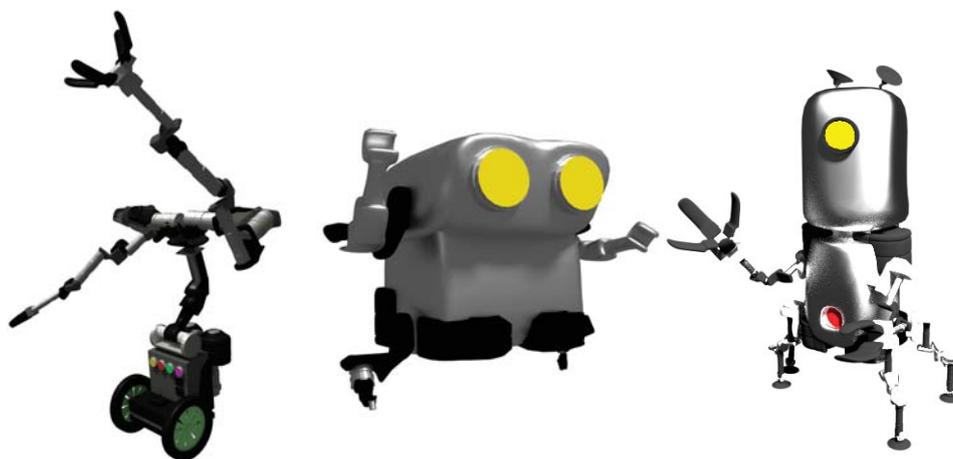


Imagen 221. Robot & Robotnik – personajes 'robots'.

los usuarios además de poder establecer una relación espacial entre contenido virtual y el espacio físico.

3.3.6.1. Metodología y proceso de desarrollo de *Robot & Robotnik*.

En el caso de *Robot & Robotnik*, la visualización de los contenidos virtuales está condicionada por el seguimiento de los marcadores RA, pero también depende de los valores de la lectura de los datos EEG. De esta forma podemos implementar una nueva característica de la RA que depende íntegramente del estado mental del usuario, que tiene que encontrarse en cierto estado mental, para poder visualizar las acciones y los contenidos virtuales. Esta característica otorga al RA una dimensión más humana, porque el usuario mismo viene a formar parte de la interfaz y “hardware” de la obra. Esto crea una fuerte correlación entre los espacios físicos y virtuales, introduciendo los aspectos biológicos en la tecnología RA.

Se consideraron los factores internos y externos de la sensación de la presencia en el ambiente de este *Neuro-ARt-game*. Uno de los factores internos más importantes es la interactividad, que en este caso se produce empleando el dispositivo EEG, haciendo que la aplicación responda a los estados mentales del usuario. Los factores externos que contribuyen a la inmersión del usuario se fortalecieron mediante la visualización de los contenidos virtuales en 3D, usando una pantalla montada en cabeza - *Oculus Rift2* en combinación con la cámara estereoscópica *OVRvision*. Este ensamble tecnológico facilita una vista dentro del entorno virtual, correspondiente a los movimientos de la cabeza del usuario.

Para el desarrollo y la visualización de *Robot & Robotnik*, era necesario el uso del siguiente software y hardware:

Software:

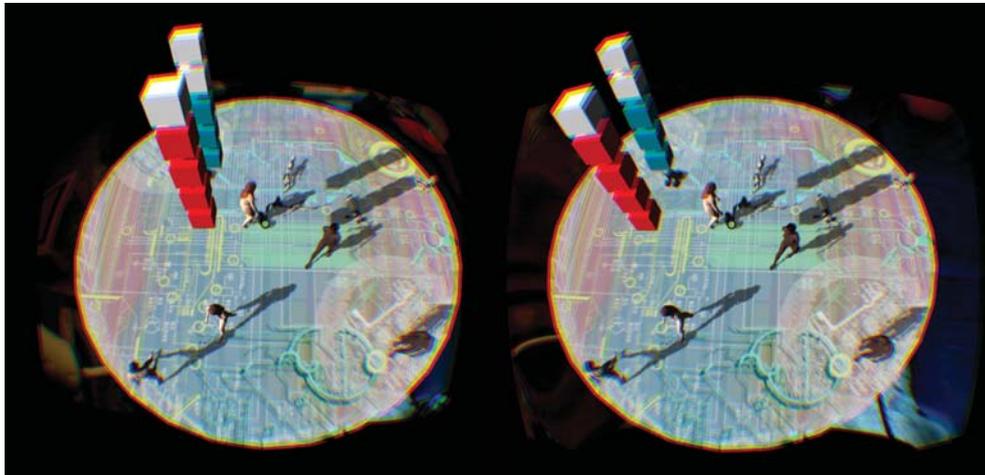


Imagen 222. Robot & Robotnik – visión del usuario utilizando el dispositivo OculusRift2.

245

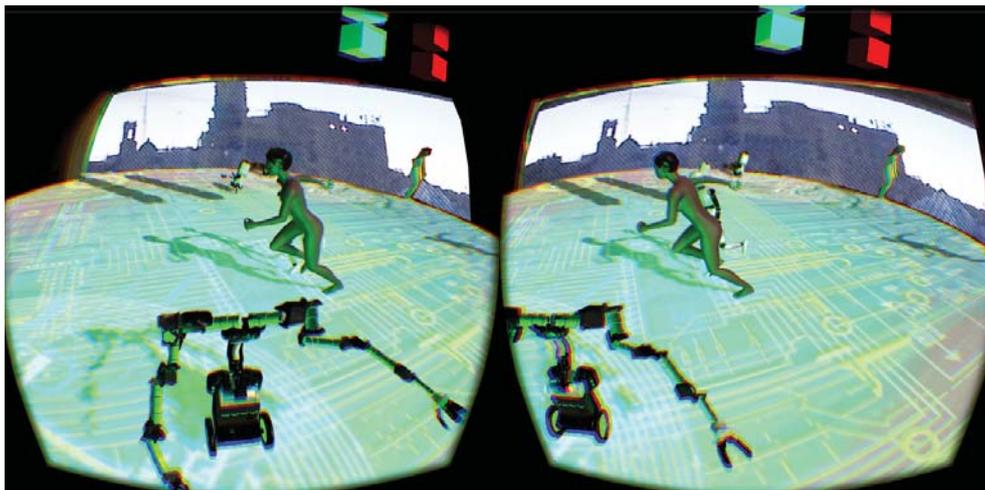


Imagen 223. Robot & Robotnik – visión del usuario utilizando el dispositivo OculusRift2.



Imagen 224. Robot & Robotnik – personajes humanos- 'robotnik'.

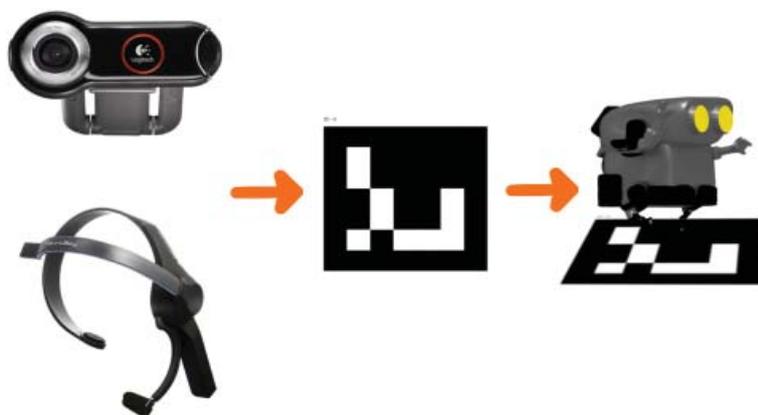


Imagen 225. Robot & Robotnik- proceso RA de visualización de contenidos virtuales condicionado por reconocimiento de marcas fiduciales y la lectura de datos mediante el dispositivo EEG .

- *MakeHuman*: software de 3D destinado a la automatización de la creación de geometrías 3D con formas humanas. En este entorno hemos diseñado todos los personajes humanos, que diferían en la edad el género y los rasgos típicos de la raza. Los modelos obtenidos con este software están optimizados en el número idóneo de vértices para su uso en los videojuegos. Cada modelo, tiene la opción de incluir automáticamente un esqueleto virtual, que se corresponde con las partes corporales de modelo, facilitando enormemente la tarea de animación. Los esqueletos asignados se componen de partes estandarizadas compatibles con las animaciones predefinidas, o es posible realizar una animación personalizada.
- *Blender*: en este caso nos permitió la modificación de las geometrías realizadas en *MakeHuman*, así como generar nuestras propias animaciones, que se correspondían a las exigencias del juego. La animación de distintos comportamientos hemos realizado a través de la opción *Acciones*, que es posible incluir al modelo tridimensional exportado en el formato compatible con varios motores de juego como *Unity3D*. En este software también hemos diseñado íntegramente los modelos de robots, con su correspondientes materialidades y animaciones requeridas en el juego.
- *Unity3D*: motor de juegos, que nos permite crear la aplicación e introducir las características y necesidades específicas de hardware y software mediante el uso de diferentes bibliotecas. Asimismo, se diseñó la escena que integra los modelos tridimensionales realizados anteriormente en *MakeHuman* y *Blender*, y se añadió la iluminación optimizada para su visualización mediante dispositivo *OculusRift2*. Se incluyó la programación que posibilita las dinámicas de juego y habilita la simulación de los comportamientos conforme las leyes físicas.



Imagen 226. Robot & Robotnik- software empleado.

En este programa, también se estableció la inteligencia artificial (AI) básica de los personajes, que relaciona el estado mental del usuario con diferentes comportamientos controlados por la AI.

Para poder realizar la aplicación *Robot & Robotnik* hemos empleado los siguientes *plug-ins* para *Unity3D*:

- *Oculus Rift*: controladores de la visualización estereoscópica de los elementos tridimensionales, incluye las cámaras virtuales que simulan la visión en primera persona en entornos de Realidad Virtual. Estas librerías también habilitan la exportación de aplicaciones destinadas a la visualización en el dispositivo *Oculus Rift2*.
- *OVRvision*: controladores de la visión estereoscópica, que crean dos cámaras virtuales en el entorno *Unity3D*, con un desplazamiento correspondiente a la visualización mediante el dispositivo *Oculus Rift2*, que en este caso se convierte en un dispositivo de visualización de los entornos de Realidad Aumentada. Este *plug-in* permite la implementación de características de Realidad Aumentada a través de la comunicación con el *plug-in ArUco*.
- *ArUco*: Software RA orientado en el reconocimiento de marcadores fiduciales, usando las librerías ARUCO, ARUCO-HRM, AprilTag, ArToolKit+, ARTAG. Permite la generación de los sistemas de coordenadas X, Y, Z virtuales, haciendo coincidir el espacio físico y con el espacio virtual. Este sistema del seguimiento no admite oclusiones parciales del marcador y puede presentar inestabilidad en las condiciones lumínicas inadecuadas. Para evitar las posibles distorsiones o interrupciones de la visualización del entorno RA, hemos optado por la

La Ciudad Aumentada.

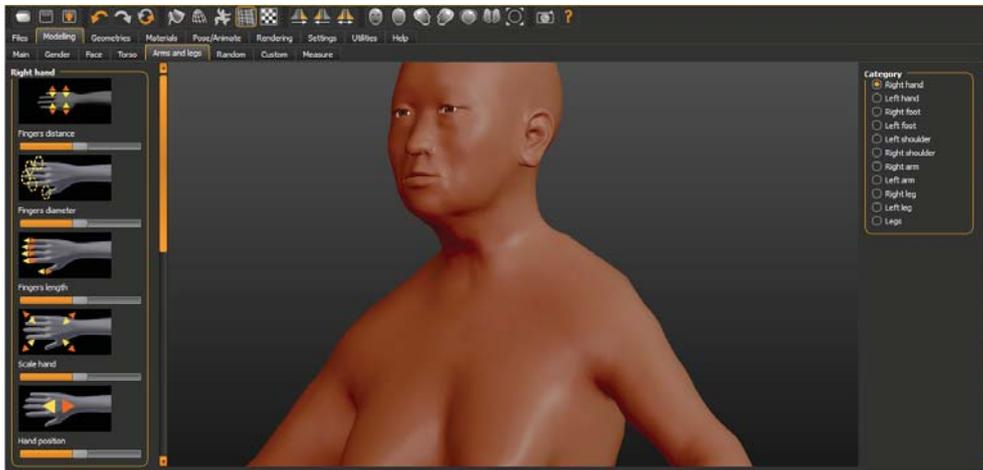


Imagen 227. Robot & Robotnik- diseño de personajes en MakeHuman.

248



Imagen 228. Robot & Robotnik- diseño de personajes en Blender.

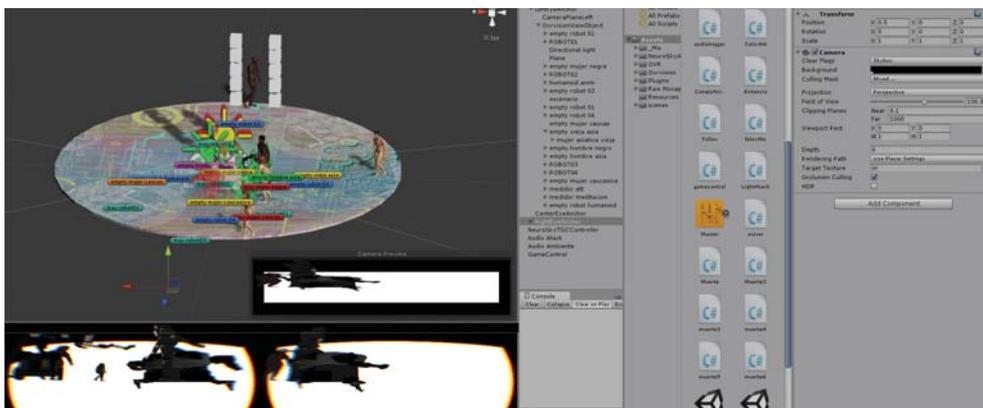


Imagen 229. Robot & Robotnik- diseño de la aplicación en el entorno Unity3D.

utilización de un marcador fiducial con características físicas concretas. La materialidad del marcador, tenía que minimizar los efectos que pueden causar los cambios de la iluminación, sobre todo los posibles reflejos de luz que dificultan la tarea del seguimiento. Por estas razones hemos empleado un marcador de etilvinilacetato (goma EVA) hecho a medida. El tamaño del marcador (40 x 40 cm), también ha influido positivamente en el proceso de seguimiento.

- *NeuroSky MindWave*: implementa los datos basados en la lectura del EEG, y permite asignar los valores obtenidos a cualquier tipo de comportamiento o interacción mediante la programación en el entorno de *Unity3D*. Estas librerías facilitan el uso de datos EEG mediante los algoritmos asignados a los estados de atención y meditación. También incluye la programación que garantiza la comunicación entre el dispositivo *NeuroSky MindWave* y el ordenador o el dispositivo móvil empleando *Bluetooth* integrado.

Hardware:

- *Ordenador* con las siguientes características: sistema operativo Windows 8.1, procesador Quad 2,5 Ghz, 16 GB de RAM, tarjeta gráfica Nvidia 2 GB 3DDR, DirectX 10 OpenGL 3 o tarjeta de vídeo compatible, Bluetooth Versión 2.1 w / EDR.
- *Oculus Rift2*: Dispositivo compuesto por dos cámaras con resolución de 960x1080 píxeles.
- *OVRvision*: cámara estereoscópica, compuesta por dos objetivos con resolución de 640 x 480 píxeles , lente correspondiente a la lente de Oculus Rift2.
- *NeuroSky® MindWave*: Un dispositivo EEG de un sólo electrodo, con los algoritmos del sistema *eSense™*, capaz de calcular diferentes estados mentales, la atención y la meditación en un rango de valores entre 0 y 100.

Prueba con usuarios:

Hemos efectuado una prueba experimental con los usuarios, con el fin de establecer una valoración que nos permitirá conocer los factores que afectan *Neuro-ARt-game Robot & Robotnik*. Los factores observados se relacionaban con la percepción de control de interacción entre el usuario y el EEG, el movimiento en el entorno real y la integración de elementos virtuales en el entorno real.

Este experimento se llevó a cabo en una clase de Máster AVM, en la Facultad de Bellas Artes UPV, donde participaron 14 usuarios con edades comprendidas entre 20 - 50 años, y ninguno había utilizado el electroencefalograma con anterioridad. Los resultados más significativos revelaron un alto grado de integración de los contenidos virtuales en el entorno real y de la inmersión del usuario mediante el uso de RA para HMD.

Otro factor importante fue el hecho de que los usuarios se sentían como directores

La Ciudad Aumentada.



Imagen 230. Robot & Robotnik- hardware empleado.

250



Imagen 231. Robot & Robotnik- prueba con usuarios.

o como los observadores del juego. En este caso, los resultados indican que había un porcentaje similar entre los directores y los observadores, lo que nos lleva a la conclusión de que casi la mitad del grupo experimentó un *neurofeedback* de control de EEG. Fue interesante el hecho de que casi la mitad de los usuarios considera el argumento de este *Neuro-ARt-game* como una situación probable en la vida real y un porcentaje bajo, prefirió un final diferente para el juego.

3.3.7. Robot & Robotnik – consideraciones finales.

La tendencia en proliferación de la tecnología EEG en la práctica artística demuestra visiblemente su potencial creativo. La característica específica de la RA con EEG es la de crear una retroalimentación entre los distintos inputs y outputs. En el caso de *Neuro-ARt-Game*, el usuario modifica el curso del juego y los eventos dentro del juego afectan a su estado mental. De esta manera, la relación entre el usuario y la creación de obras de arte adquiere el estatus de la influencia mutua, estableciendo una nueva forma de comunicacional para el arte.

El escenario de hipotético de los sucesos que relata la obra *Robot & Robotnik* podría ser cualquier ciudad, llegando a una micro-escala representada por un espacio arquitectónico concreto. El contexto físico, que define el escenario de este *Neuro-ARt-Game*, es dejado completamente a la elección efectuada por sus usuarios. De ellos depende la parte de la narrativa espacial, que cierra esta peculiar obra con la introducción del fondo, que represente una ciudad y a la consecuencia encarne a su manera también su sociedad. Por estas razones clasificamos a *Robot & Robotnik*, como un claro ejemplo de ‘nodos’, donde los contenidos virtuales tienen la capacidad de adaptarse a cualquier entorno que el usuario le asigne, dando así un nuevo trasfondo a la obra misma.

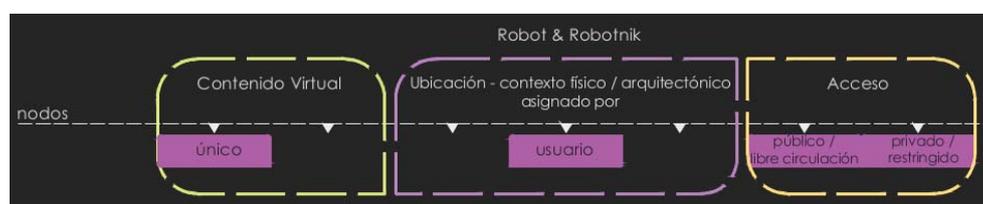


Imagen 232. Clasificación de Robot & Robotnik en el contexto de la legibilidad de Ciudad Aumentada.

3.4. AR_VR_Putney. Instalación de ‘Realidad Extendida’.

3.4.1. Introducción.

*AR_VR_Putney*⁷⁹ se presenta como un conjunto de proyectos e instalaciones que ha seguido un camino evolutivo dentro de la utilización de tecnologías de RA y RV en cada una de sus versiones, buscando establecer las maneras más adecuadas de adaptar los contenidos a distintos espacios expositivos y a distintos roles de usuarios. La idea de *AR_VR_Putney* ha surgido de la colaboración del grupo de arte e investigación Manusamo&Bzika⁸⁰ con el compositor Ricardo Climent⁸¹. Se inició como una instalación interactiva de Realidad Aumentada destinada al espacio expositivo y evolucionó hasta alcanzar el formato de un concierto interactivo, incorporando al músico Mark Pilkington⁸².

La instalación, en el trascurso de su metamorfosis, ha progresado tanto a nivel conceptual como técnico, adquiriendo una mayor complejidad en cuanto a las exigencias que conciernen a la combinación de diversos hardware y software, hasta el punto de adaptar y personalizar dispositivos de visualización, aproximándonos cada vez más a la creación de una obra o experiencia única.

AR_VR_Putney explora la extensión de la percepción de la realidad, trascendiendo las fronteras entre Realidad Virtual y Aumentada y buscando un nexo de unión entre ambas tecnologías, centrado en la utilización del espacio físico común, un espacio que comparten ambos mundos a través de la percepción auditiva.

Mientras el entorno virtual simula un espacio arquitectónico que puede ser explorado por el usuario desde la inmovilidad física, el Entorno Aumentado emplaza en el contexto de la arquitectura construida elementos virtuales. La inmersión y las derivas realizadas en ambos entornos contribuyen al unísono a la creación sonora, convirtiendo el espacio arquitectónico, tanto virtual como físico en una especie de ‘partitura navegable’, un registro espacial de la composición musical interactiva. Las partituras navegables crean una estructura sonora que puede resultar fortuita, o ser dirigida intencionadamente siguiendo las pistas visuales o las interacciones pautadas para completar este juego musical, que podemos caracterizar como *game-audio*. El concepto de *game-audio*, mezclado con las interfaces musicales, permite la navegación por ambientes visuales a través del sonido, generando una herramienta eficiente para facilitar el lenguaje complejo de música electroacústica y contemporánea (Climent 2016, p.69).

Mediante las mecánicas de juego en la experiencia lúdica propuesta, los visitantes interactúan y coexisten en un entorno inmersivo para construir el vocabulario de una experiencia sonora compartida, que oscila entre lo real, lo virtual y lo aumentado.

El nombre *AR_VR_Putney* deriva del concepto que gira en torno al sintetizador VCS3, creado en 1969 por la compañía *Electronic Music Studios (London) Ltd.* (EMS) por

79 Para consultar el material audiovisual acceder a: <http://manusamoandbzika.webs.com/>

80 Manuel Ferrer Hernández y Alena Mesarosova.

81 Codirector de Novars Research Centre, University of Manchester.

82 Novars Research Centre, University of Manchester.

Peter Zinovieff, David Cockerell y Tristram Cary. Las siglas *VCS* son una abreviación de *Voltage Controlled Studio*, mientras que el número 3 hace referencia al número de osciladores empleados. La primera versión de este sintetizador fue bautizada como *Putney VCS3*, heredando su nombre del barrio donde se encontraban los estudios *EMS*. En los proyectos *AR_VR_Putney* el sintetizador *VCS3* es un elemento recurrente e indispensable, a través de las acciones del jugador esta reproducción verosímil del *VCS3* físico está siendo virtualmente reensamblado, reencontrado o recolectado.

3.4.2. Ejemplos de instalaciones de *Game-audio*.

Los entornos virtuales, que crean los paisajes y arquitecturas sintéticas, es la principal característica explorada en las obras de *Game-audio*, que a través de recompensas sonoras introducen derivas virtuales y dinámicas de juego en la composición sonora. Generando nuevas formas de interacción con la virtualidad que trasladan el concepto



Imagen 233. Sintetizador EMS modelo VCS3 (1969).



Imagen 234. "Ho" - a Sonic Expedition to Vietnam (2009)- R. Climent.

y la percepción de la música más allá de los instrumentos tradicionales. La exploración de *Game-audio* mediante paisajes virtualmente construidos se evidencia en la obra *"Ho" - a Sonic Expedition to Vietnam* (2009), un proyecto de R. Climent, que explora un viaje virtual por los 'mares sintéticos' de este país exótico mediante el sentido auditivo y visual. El usuario puede ejercer el rol de músico, director o cualquier otro visitante, realizando un viaje a bordo de un barco virtual por un paisaje sonoro compuesto por un collage de grabaciones extraídas de distintos rincones y acontecimientos de la vida cotidiana vietnamita. La obra se conecta con el usuario mediante una interfaz física que permite cambiar el rumbo de la embarcación utilizando una especie de timón, reforzando la ilusión del viaje sobre el mar. El usuario puede elegir distintos caminos o trayectoria al azar en búsqueda de lugares y objetos de interés que lo recompensan con una sonoridad particular. Este *game-audio* transforma las reglas de juegos tradicionales empleando las dinámicas de juego, donde el jugador obtiene puntos virtuales y mejora su ranking personal en comparación con otros usuarios, con un sistema basado en la recolección de elementos virtuales con la finalidad de obtener recompensas sonoras. Según su autor, *"este diario de investigación proporciona una contextualización para el concepto de navegación a través del sonido."*, identificando nuevas líneas de investigación y prácticas creativas (Climent 2009).

En el siguiente proyecto de *game-audio* llamado *s.laag*⁸³ (2016), realizado por R. Climent con la colaboración de la clarinetista Marij Van Gorkom⁸⁴ y los artistas Manusamo & Bzika⁸⁵, se reconstruye el entorno de la arquitectura icónica del siglo pasado con propósitos de la exploración musical. Según Climent, *"la pieza emplea técnicas de 'búsqueda de trayectorias sónicas' utilizando como herramienta de*

83 Premio a la mejor composición musical europea en la 42nd International Computer Music Conference.

84 De Montfort University, Leicester.

85 Autores de los modelos tridimensionales de este entorno virtual navegable.

creación un motor de juego, para explorar el concepto de 'metáfora modular' que trasciende la materialidad del instrumento real" (Climent et al. 2016, p.2).

La obra reproduce la arquitectura de la *Expo '58* realizada en Bruselas, prestando especial interés al Pabellón *Philips* que surgió de la colaboración entre el arquitecto Le Corbusier y el ingeniero/compositor Iannis Xenakis⁸⁶, un edificio interactivo que envuelve al visitante mediante una composición audiovisual. El proyecto *s.laag* propone una recontextualización de los aspectos lúdicos que entrañan este tipo de ferias o exposiciones tecnológicas que producen experiencias muy próximas a los entornos desarrollados en los videojuegos, empleando esta ludicidad como núcleo del proceso compositivo y creativo. Durante este viaje inmersivo, el intérprete se encuentra con varias estructuras musicales en fase de construcción que resultan completadas y recompuestas a través de las interacciones dentro del juego, como por ejemplo las colisiones virtuales. Su búsqueda se centra en los objetos que en su conjunto forman un instrumento virtual, siguiendo las pistas auditivas que le ayudan a recomponerlo y aumentando la complejidad y la cantidad de sonidos accesibles con el avance del juego, como si se tratase de un instrumento fraccionado que no



Imagen 235. s.laag - (2016)- R. Climent.



Imagen 236. s.laag - (2016)- R. Climent.

⁸⁶ I.Xenakis- ingeniero de cálculos de estructura, colaborador de Le Corbusier. Compositor de música estocástica, que emplea los principios de cálculos matemáticos en la composición musical.



Imagen 237. Timbila – Interpretación de Miquel Bernat.

permite su completa sonoridad hasta no completarse en su totalidad. La experiencia está acompañada en todo momento por la actuación de la clarinetista en directo, la cual debe interpretar un tipo de partitura muy significativa que va más allá de las partituras convencionales. La partitura se compone en tiempo real mientras que el compositor experimenta y el mismo juego es la representación visual de la partitura, visible tanto para el compositor, como para el intérprete y el público mediante una proyección en gran formato. El recorrido sonoro culmina en el encuentro de los intérpretes con sus dobles virtuales, creados a partir de un escaneo 3D corporal del intérprete y el compositor. Esta ambigüedad de la identidad físico/virtual se resuelve mediante la fluidez del sonido, transgrediendo los límites entre lo físico y virtual.

3.4.3. Experimentación previa *Interactive Game-Audio: Timbila project.*

El proyecto que surgió de la colaboración de Manusamo&Bzika con Ricardo Climent y Miquel Bernat⁸⁷, explora las posibilidades de implementación en la composición sonora e interpretación musical, partiendo de la combinatoria entre dinámicas del juego, modelos virtuales y entornos de Realidad Virtual y Aumentada. El proyecto se presentó en *xCoAx*⁸⁸ 2014 en Oporto, Portugal, dividiéndose en dos partes relacionadas con el formato expositivo a utilizar: como instalación interactiva en la exposición, y en el formato de concierto en espacio escénico, donde fue interpretada por el percusionista Miquel Bernat y Ricardo Climent.

La Timbila es el nombre de un grupo de instrumentos musicales de percusión, originales de la región africana de Mozambique, arraigado fuertemente con la cultura del étnico *Chopi*. Desde el año 2005, la *Timbila* fue proclamada como patrimonio cultural intangible por la organización *UNESCO*. En la actualidad, los distintos

⁸⁷ Drumming grupo de percussão, Portugal.

⁸⁸ Conference on Computation, Communication, Aesthetics and X.

instrumentos que componen este conjunto como *Chilanzane*⁸⁹, *Sanje*⁹⁰, *Dbinda*⁹¹, y *Chikhulu Mbila*⁹², van desapareciendo a causa del menguante grupo de artesanos que se dedican a su fabricación y también a la notable escasez de la madera con la cual se elaboran.

En el proyecto *Interactive Game-Audio: Timbila*, se persiguen dos objetivos, por un lado, la exploración de las posibilidades que ofrecen los motores de juego en el entorno virtualizado para la interpretación en directo, y por otro lado comprobar la contribución a la conservación de los instrumentos *Timbila* en formato digital, incluyendo su sonoridad, perpetuada a través de las grabaciones de los sonidos de los instrumentos originales.

La aplicación de Realidad Aumentada llamada *Chikhulu Mbila*, está compuesta por una reproducción virtual del instrumento original, visualmente parecido al xilófono con tres láminas de madera y tres cajas de resonancia, formadas por unas calabazas gigantes vaciadas para este propósito y equipadas con unas membranas a través de cuales se filtra el sonido. El modelo en tres dimensiones se elaboró utilizando el programa *Blender* a partir de planos y mediciones que obtuvimos a partir de

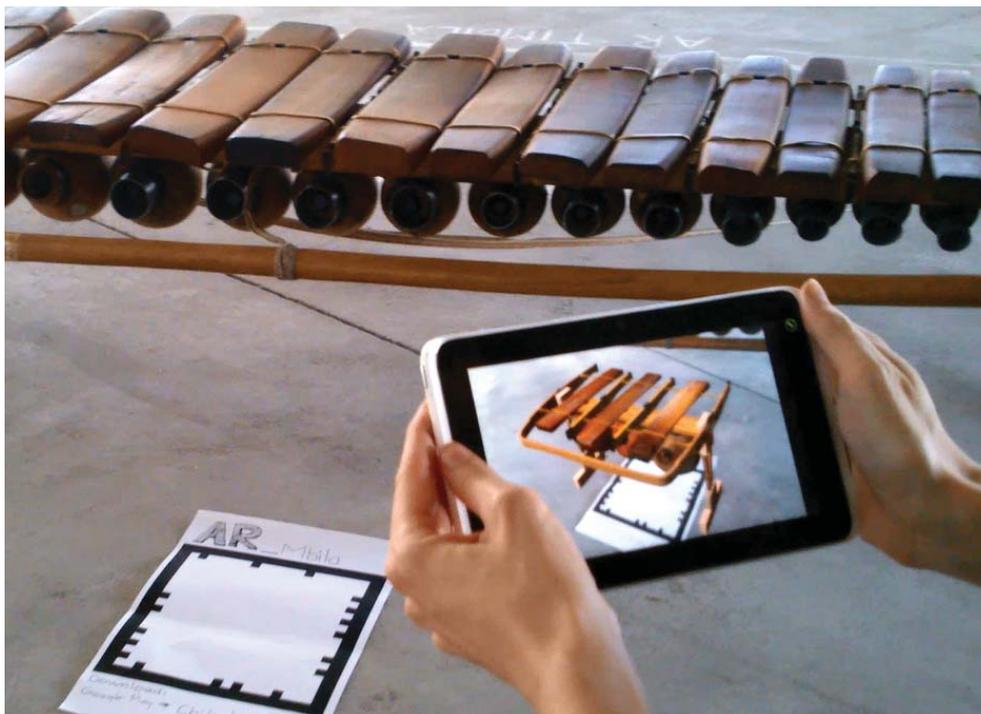


Imagen 238. Chikhulu Mbila – aplicación de Realidad Aumentada.

89 Chilanzane - instrumento de percusión Timbila con 19 láminas.

90 Sanje- instrumento de percusión Timbila con 18 láminas.

91 Dbinda- instrumento de percusión Timbila, barítono.

92 Chikhulu Mbila- instrumento de percusión Timbila, con tres láminas y sonidos graves.

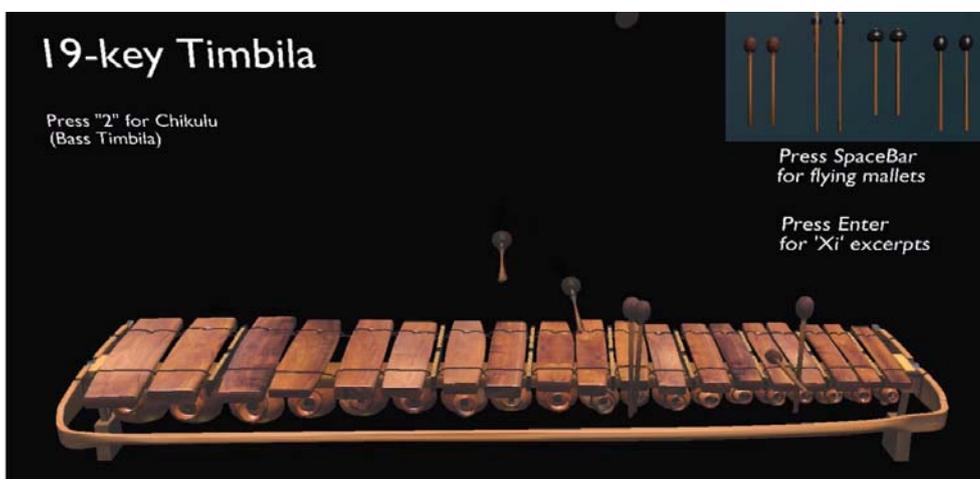


Imagen 239. Timbila – aplicación de Realidad Virtual.

los instrumentos originales, lo que nos permitió construir unas reproducciones fidedignas de dichos instrumentos, respetando tanto medidas, como texturas originales. Mediante la utilización del programa *Unity3D* conjuntamente con el plug-in *Vuforia*, producimos una aplicación de RA interactiva para dispositivos móviles *Android* donde el usuario es capaz de interactuar con el instrumento virtual. Las láminas virtuales de *Chikhulu Mbila*, al tocarlas en la pantalla del dispositivo, reproducen los sonidos originales correspondientes a cada lámina. La aplicación de RA conserva este instrumento virtualmente, con las características digitalizadas de su condición física y sonora, ayudando a conservar este patrimonio cultural en peligro de desaparición.

La aplicación de Realidad Virtual presentaba varios modelos de *timbila*: un modelo virtual de *Sanje Mbila*, compuesto por dieciocho láminas y varios tipos de baquetas que posibilitaban al intérprete la opción de reproducir los distintos tipos de sonido del repertorio de este instrumento, además de incluir varias composiciones preestablecidas, y el modelo *Chikulu Mbila* de tres láminas con características interactivas similares al *Sanje*. La aplicación se elaboró con la ayuda del motor de juego que proporciona el software *Blender*, que permitió la fusión de los elementos tridimensionales con el sonido en tiempo real y facilitó la interpretación de varias obras musicales compuestas por Ricardo Climent. La obra en su conjunto se representó en directo en forma de dúo con el intérprete Miquel Bernat, generando una fuerte unión entre el instrumento real y virtual, mediante la utilización de estímulos sonoros y virtuales.

En el entorno expositivo se empleaba la aplicación RA conjuntamente con la aplicación RV, además de una *Chilanzane Mbila* original, de modo que varios usuarios podrían tocar a la vez los instrumentos musicales con una opción de elegir el grado de virtualidad a emplear. Esta instalación permitió generar un entendimiento directo del *Continuum real-virtual* de Milgram y Kishino, al utilizar un mismo

Experiencia de la Ciudad Aumentada. Producción artística y ensayos prácticos .

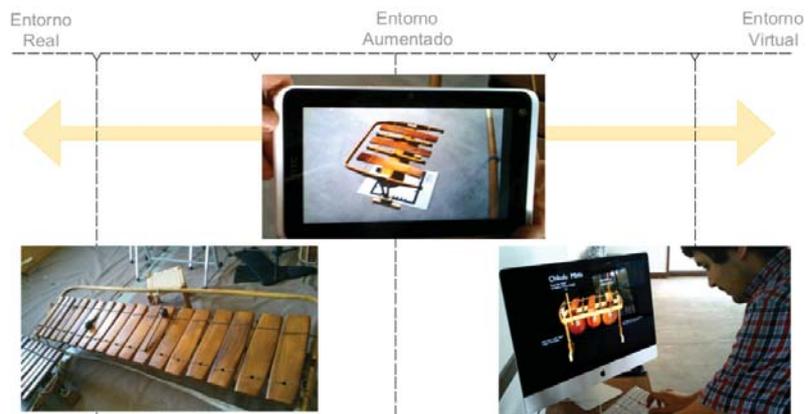


Imagen 240. Timbila – Estadios entre lo real y virtual. El instrumento físico, aumentado y virtual.

259

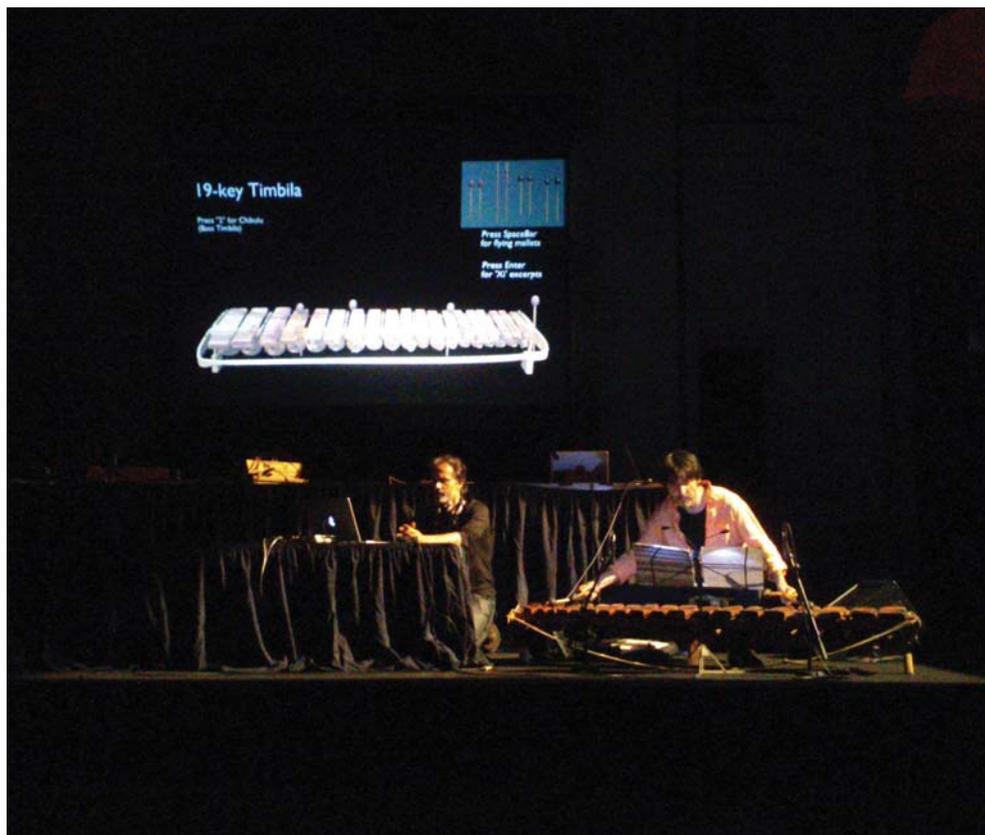


Imagen 241. Timbila – Concierto interpretado por Miquel Bernat y Ricardo Climent.

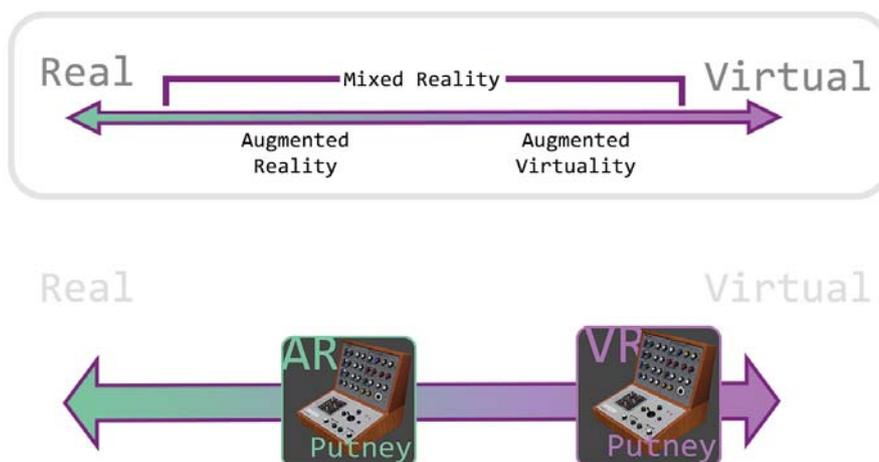


Imagen 242. AR y VR Putney en relación al Continuo real-virtual.

elemento que se puede clasificar dentro de varios grados de los que contempla esta taxonomía, evidenciando de forma visual y sonora las diferencias entre los distintos estadios que encontramos entre lo real y lo virtual.

3.4.4. Realidad Extendida. Adaptación del Continuo real-virtual.

Tras la experimentación anterior realizada en el proyecto *Timbila*, adoptamos la decisión de mezclar las instalaciones que corresponden a diversas partes del *Continuo real-virtual* en un mismo espacio expositivo. Para ello dividimos la instalación *AR_VR_Putney* en dos aplicaciones, una de Realidad Aumentada y otra de Realidad Virtual, estableciendo una unión entre ambas mediante la utilización de elementos sonoros que se complementaban en tiempo real compartiendo un mismo espacio físico.

AR_VR_Putney utiliza tanto la Realidad Aumentada como la Realidad Virtual para influir en la percepción espacial del usuario. La Realidad Aumentada permite distinguir la información digital que fluye por el espacio físico, creando una interfaz sensorial, a través de la cual se aprecia la virtualidad que de otro modo permanecería oculta. La Realidad Virtual, en este caso, constituye un entorno totalmente sintético diseñado como un escenario tridimensional, habilitando una experiencia completamente inmersiva en primera persona, donde poder recorrer e interactuar con lo virtual. Las tecnologías empleadas para aumentar el campo de la visión humana con la virtualidad superpuesta, como por ejemplo, marcadores de RA para la tecnología móvil, son raramente exploradas en combinación con la utilización de tecnologías de visión por computadora de RV en primera persona habilitada mediante un *HMD*. En *AR_VR_Putney* hemos añadido un elemento adicional, el auditivo, para lograr una experiencia completamente integrada, proponiendo una serie de ensambles sonoros que trascienden entre el mundo físico y el virtual, generando una fluidez entre la

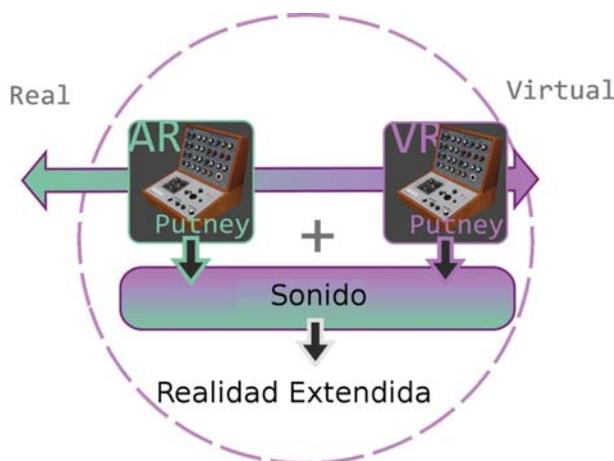


Imagen 243. AR y VR Putney – Realidad Extendida.

experiencia física, virtual y aumentada que convergen en una misma dimensión de la realidad.

El sonido, ocasionado por la interacción del usuario en el entorno virtual y aumentado, provoca una disolución de los límites entre entornos virtuales, aumentados y físicos, originando la instauración de una nueva dimensión de realidad: la *Realidad Extendida (RE)*.

Este ensamble nos adentra en una reflexión sobre un nuevo concepto de realidad, la RE, donde el *Continuum real-virtual* supera su disposición lineal para adaptarse a una circular, y donde todos sus elementos se relacionan entre sí, generando nexos de unión tan fuertes, que la obra dejaría de comprenderse e incluso de funcionar, si se eliminara cualquiera de sus partes. La RE presenta nuevas posibilidades de poner en práctica una narrativa no lineal en entornos de juego, condicionados totalmente por la interacción del usuario.

3.4.5. AR VR Putney 0.1.

AR VR Putney 0.1 fue expuesta por primera vez en el festival *Sines & Squares 2014*, en *John Thaw Studio Theatre* de la Universidad de Manchester (UK). Uno de los retos que presentaba esta propuesta reside en la adaptación de la instalación a un espacio arquitectónico con un elevado tránsito de personas. Al emplear un espacio arquitectónico predestinado a un gran flujo de personas ubicado en la entrada y salida principal del edificio nos vimos obligados a desarrollar una disposición sin generar una interferencia física en el tránsito, pero que se adapte tanto a las exigencias de la instalación como a las características arquitectónicas de este espacio.

La aplicación RA de esta instalación está destinada a dispositivos móviles utilizados al mismo tiempo para producir tanto la interacción como la visualización. Empleando los marcadores de RA con una ubicación fija en las paredes, el usuario puede visualizar

La Ciudad Aumentada.

diversos modelos tridimensionales: sintetizadores, osciladores, potenciómetros y otros componentes virtuales, además de la versión de un personaje diseñado por Ricardo Climent, para su obra *Putney-K*, un dron virtual. La tarea del usuario reside en controlar este personaje virtual que se mueve en el espacio aumentado, y realizar una serie de disparos virtuales sobre los sintetizadores digitales, los cuales reaccionan produciendo unos sonidos preestablecidos. La función principal de la aplicación es cambiar el rol del visitante por el del intérprete, marcando como objetivo principal elegir el momento adecuado en el que realizar las interacciones para producir los sonidos, que se deben de combinar con los acontecimientos sonoros provenientes de la aplicación RV, ofreciendo la oportunidad de enriquecer gradualmente la composición sonora generada por la combinación entre acciones de distintos usuarios.

La aplicación de RV emplea un dispositivo HMD *Oculus Rift2* conectado a un ordenador que visualiza un entorno tridimensional de una forma completamente inmersiva, dejando de lado lo que ocurre en el mundo físico que le rodea. Este entorno sintético permite a los usuarios experimentar el movimiento a modo de ‘deriva’

262

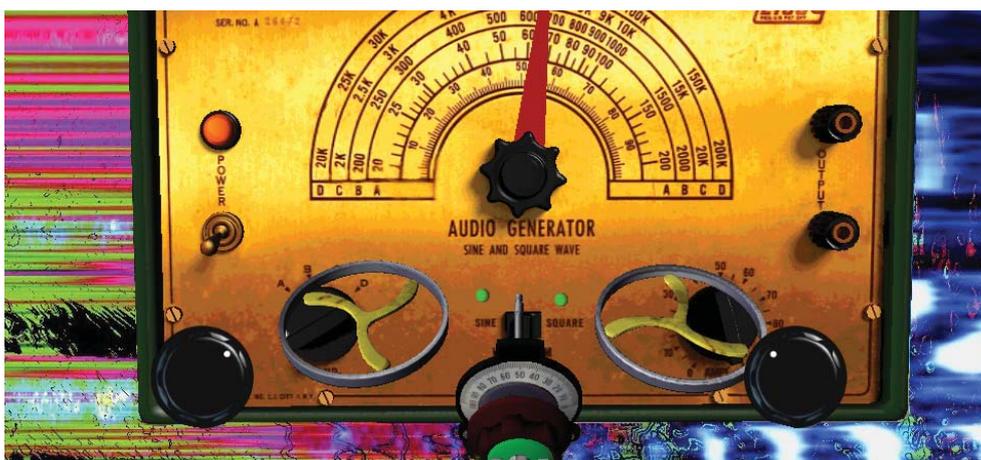


Imagen 244. AR Putney 0.1 – aplicación RA para dispositivos móviles – captura de pantalla.



Imagen 245. AR Putney 0.1 - aplicación RA para dispositivos móviles – usuario.

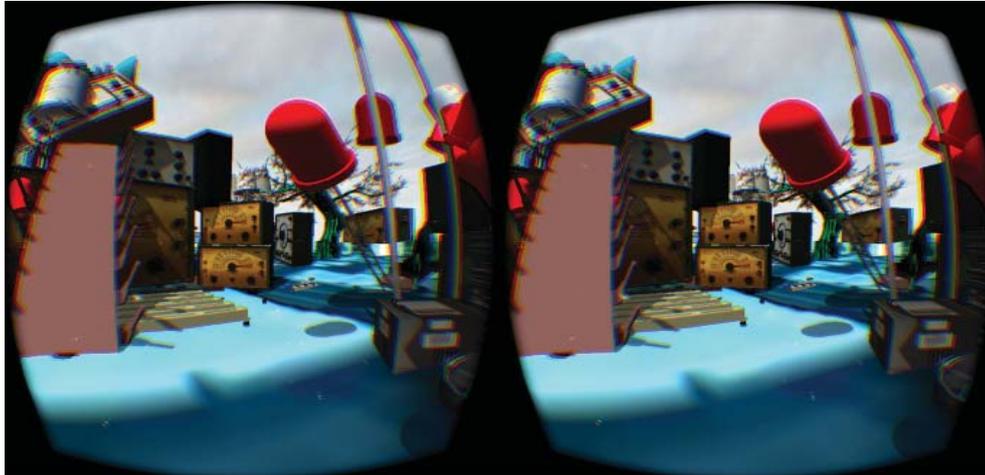


Imagen 246. VR Putney 0.1 – aplicación RV para OculusRift2 – captura de pantalla.

dentro del espacio virtual. El entorno se diseñó emulando un paisaje realista, donde los elementos electrónicos simulan la flora y la fauna, encontrando distintas zonas sonoras que incluyen rincones ocultos, donde es posible descubrir combinaciones de elementos sonoros. El usuario se sumergía en un campo soleado, donde podía pasear entre las sombras bajo los árboles, que a su vez estaban formados por elementos tales como resistencias, condensadores o LEDs de color, acompañados por el revoloteo de mariposas mecánicas, con cuerpos también formados, de potenciómetros y hélices como alas.

El paseo por el entorno virtual se desarrolla con total libertad, con la única restricción de no poder atravesar los objetos. Los componentes electrónicos se muestran presentes en todas las reconstrucciones de objetos cotidianos y los elementos que componen este paisaje idílico, incluyendo edificaciones, jardines, ríos y montañas, nos sumergen en una realidad paralela creada por un espacio construido más allá de los elementos arquitectónicos tradicionales. Cada componente de este pintoresco paisaje emana un sonido distintivo, completando una composición sonora a lo largo de este paseo casual desde la inmovilidad física, haciendo única la experiencia de cada caminante virtual.

La instalación *AR_VR_Putney 0.1* ofrece al usuario distintos tipos y grados de inmersión:

- **Usuario director:** es la forma de denominar a los usuarios que se encuentran dentro de la aplicación de RV, sus decisiones están directamente relacionadas con la composición musical que se genera. Estos usuarios alcanzan el mayor grado de inmersión que se produce en la obra, transformando por completo su percepción espacial hasta perder la noción de su ubicación dentro del espacio del mundo físico. Su desplazamiento dentro del mundo virtual se produce mediante la interacción con los dispositivos de entrada de datos y no se asocia a sus



Imagen 247. VR Putney 0.1 – aplicación RV para OculusRift2 – usuario.

correspondientes movimientos en el espacio físico. El empleo del dispositivo *Oculus Rift2* como dispositivo de entrada de datos y como dispositivo de visualización, permite la modificación total del campo de visión del usuario asociado a los movimientos de su cabeza, que supera con creces el grado de inmersión del resto de tipos de usuario, incluso llegando a sorprenderse de la ubicación final en el espacio físico que habían adquirido después de quitarse el dispositivo de visualización.

- **Usuario intérprete:** se trata de los usuarios de la aplicación de RA que pueden desplazarse dentro del espacio físico empleado por la instalación, su interacción tiene un efecto tanto en el mundo virtual como en el real. Producen una serie de composiciones sonoras, capaces de generarse en tiempo real e irreplicable. La inmersión del usuario se produce de una forma parcial, afectada tanto por los contenidos virtuales como físicos. La pantalla del dispositivo móvil se transforma en una ventana, posibilitando al usuario la ocasión de apreciar los cambios que provoca su propia interacción en la parte virtual. Por otro lado, los usuarios son capaces de percibir en el espacio físico los resultados generados por la mezcla entre el sonido producido por sus dispositivos con el sonido ocasionado por el usuario de la aplicación de RV.
- **Usuario espectador:** los usuarios que se encuentran en el ambiente físico actúan como espectadores y tan sólo son capaces de percibir las partes visuales físicas de la instalación y las partes auditivas mediante la inmersión realizada a través del sonido, careciendo por completo de interacción. Un sonido que tiene las características de generarse de forma espacial, con lo cual su comprensión puede variar en función de la ubicación en el espacio de exposición del usuario. Las interacciones de los usuarios intérpretes en el entorno aumentado y del usuario

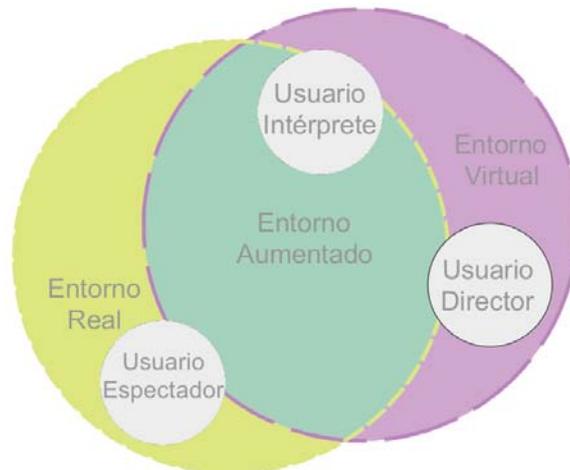


Imagen 248. AR_VR_Putney – distintos grados de inmersión de usuarios.

director dentro de la virtualidad, afectan a la experiencia del usuario espectador, generando y alterando directamente la composición del sonido que se escucha en el entorno real.

3.4.5.1. Metodología y proceso de desarrollo de *AR_VR_Putney 0.1*.

Para la realización de este proyecto decidimos conveniente realizar una división en distintas fases del proceso de trabajo para la instalación resultante:

Producción de contenidos digitales:

- **Diseño 3D:** los modelos y animaciones 3D se realizaron empleando el software Blender. La realización del modelado se basaba en la foto- documentación de distintos sintetizadores facilitados por el estudio *Novars Research Centre*⁹³, valorizando con mayor interés el modelado del sintetizador *VCS3*, así como sus correspondientes accesorios y componentes electrónicos. El proceso del texturizado se produjo de forma hiperrealista, mediante la utilización de la documentación fotográfica aportada por *Novars Research Centre*.
- **Audio:** La parte sonora se apoya en una librería de audio creada con la intención de preservar el sonido que genera el sintetizador *VCS3*. Las grabaciones fueron realizadas en los estudios de *Novars Research Centre*, donde se registraron de la manera más fidedigna posible diferentes muestras de audio, interpretadas por Mark Pilkington empleando el sintetizador *VCS3* original, intentando en todo momento no perder el aura que generan este tipo de instrumentos de síntesis analógica.

93 *Novars Research Centre* . The University of Manchester, UK– centro de investigación en áreas de composición electro-acústica, performance y arte sonoro.



Imagen 249. AR_VR_Putney 0.1- modelos y animaciones realizados con Blender.

Integración de contenidos en motores de videojuegos: tanto para la aplicación de RA como para la de RV se empleó el motor de juegos *Unity3D*.

- **Aplicación RA:** se empleó el plug-in de *Vuforia*, que en este caso nos permitió mezclar las dinámicas del juego (movimiento de personaje principal e interacción mediante mandos virtuales) con las características de RA (utilización de marcas basadas en el seguimiento de rasgos naturales). En este punto es relevante mencionar el proceso del desarrollo de marcadores RA personalizados para este proyecto. La composición visual de los marcadores, aparte de someterse al cumplimiento de unas exigencias básicas del software de RA, se relaciona de manera conceptual con el sonido que representan. Los diseños de los marcadores se crearon partiendo de representaciones gráficas de sonidos concretos del sintetizador *VCS3*, utilizando la combinación de software *Ableton Live*⁹⁴ y *Photosounder*⁹⁵ (en su versión demo). La imagen resultante muestra una fusión de dibujo de ondas con diferentes tonos y colores, pero por sí misma no era un buen prototipo de imagen capaz de servir como marcador RA. Fue necesario realizar una mezcla selectiva de los resultados de visualización de cada software, mediante su procesamiento y retoque en el editor de imágenes *Gimp*. Hemos aplicado modificaciones cromáticas de las imágenes obtenidas de cada sonido por medio de la fusión de varias capas, buscado un equilibrio entre la utilidad y la composición visual deseada, teniendo presente uno de los intereses primordiales, que la imagen final fuese la más idónea para el método de seguimiento RA empleado.

94 Ableton Live – software secuenciador de audio para la composición musical y música en directo.

95 Photosounder- software para la composición musical a partir de los patrones gráficos.

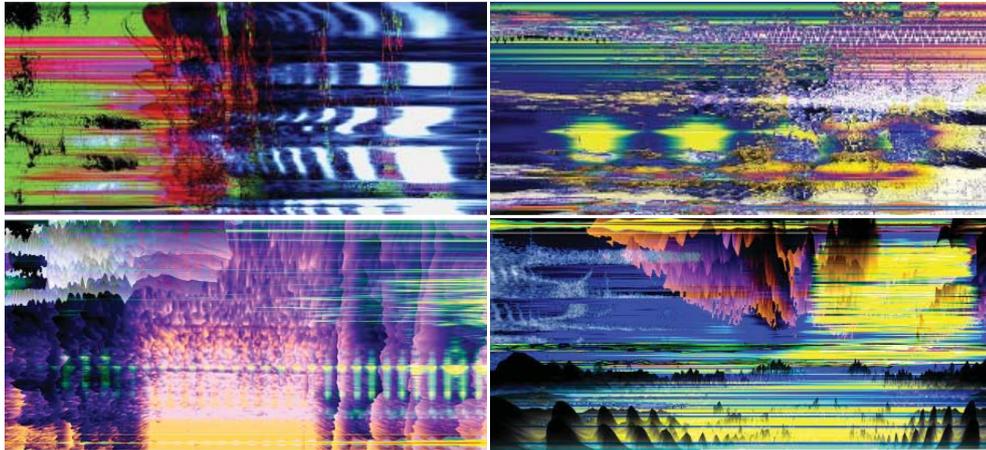


Imagen 250. AR Putney 0.1 - aplicación RA para dispositivos móviles – marcadores RA.

- **Aplicación RV:** Para la elaboración de la aplicación capaz de visualizar el escenario virtual en un modo estereoscópico, se implementó el plug-in de *OculusRift2* para *Unity3D*. Éste permite el funcionamiento de *HMD* en la ejecución de la aplicación, controlando el punto e inclinación de la vista del usuario mediante los sensores inerciales incorporados. Asimismo, se incrustaron mecánicas derivadas de las leyes físicas y otras dinámicas de juego, como el movimiento del usuario mediante la utilización de un mando inalámbrico. Al funcionamiento de esta aplicación también recaía la creación y reproducción de la parte sonora, generando el sonido en puntos específicos del escenario virtual y provocando en el usuario la sensación de explorar el espacio a través de una experiencia auditiva. Los sonidos tenían una ubicación espacial determinada, obtenida mediante tecnologías de sonorización en 3D, que permiten aumentar o disminuir la percepción del volumen del sonido en función de la cercanía o lejanía del usuario en una relación logarítmica al origen del mismo. En la puesta en escena final, se decidió que el usuario debía estar sentado en una silla giratoria, evadiéndose por completo de su ubicación espacial física y dejando fluir con total libertad el entorno virtual.
- **Reproducción del sonido:** Al tratarse de una instalación donde consideramos la parte sonora vital, la utilización de dispositivos de salida de audio era una cuestión crucial. Se empleó un sistema cuadrafónico, compuesto por cuatro altavoces *Genelec 8030s*, que reproducía el audio proveniente de la aplicación RV, con una gran calidad y respetando las propiedades del sonido 3D. La aplicación RA, al reproducirse en los dispositivos móviles, sin duda ofrecía una sonoridad de calidad y volumen inferior, lo que fue un impulso para el futuro desarrollo y mejora tecnológica de este proyecto.

La Ciudad Aumentada.

3.4.6. AR_VR_Putney 1.0.

La segunda versión del proyecto *AR_VR_Putney*, implementa mejoras en las dinámicas de juego y las tecnologías empleadas, tanto a nivel de programación, como en el desarrollo de dispositivos personalizados de RA. De esta manera nos permite ampliar el concepto de relación espacial a la hora de mezclar entornos reales, virtuales y aumentados. *AR_VR_Putney 1.0* aumenta la experiencia espacial y la percepción auditiva de los distintos tipos de usuario en comparación con la versión anterior.

La instalación *AR_VR_Putney 1.0* se estrenó en junio de 2015 en *Centre for Contemporary Arts (CCA)*, Glasgow (UK) como parte de la exposición de festival *xCoAx 2015*⁹⁶. Posteriormente la instalación fue realizada en noviembre del mismo año, dentro del festival *S_MBIOSIS 2015*⁹⁷, en la ciudad de Pachuca, Hidalgo, México, una iniciativa de la organización *FronDa*⁹⁸.

268



Imagen 251. Instalación *AR_VR_Putney 1.0* (2015) en *Centre for Contemporary Arts (CCA)*, Glasgow (UK).

96 Third Conference on Computation, Communication, Aesthetics and X.

97 Encuentro del Arte Interdisciplinar 2015.

98 Fomento de Arte Contemporáneo.



Imagen 252. Instalación AR_VR_Putney 1.0 (2015) en S_MBIOSIS 2015 (Encuentro del Arte Interdisciplinar 2015), en Pachuca, Hidalgo, México.



Imagen 253. Instalación AR_VR_Putney 1.0 (2015) en S_MBIOSIS 2015 (Encuentro del Arte Interdisciplinar 2015), en Pachuca, Hidalgo, México.

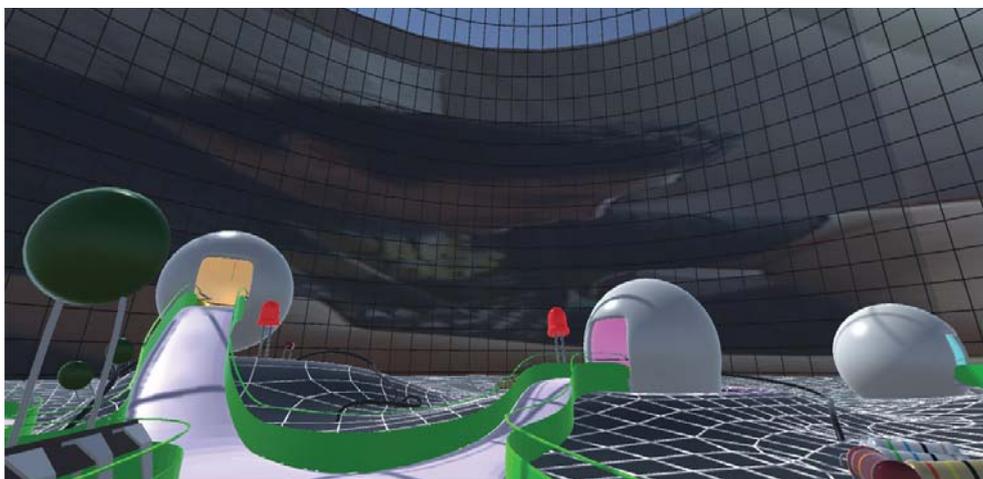


Imagen 254. Instalación AR_VR_Putney 1.0 – entorno RV.

La instalación *AR_VR_Putney 1.0*, utiliza un entorno colaborativo e interactivo, donde varios jugadores comparten el objetivo de completar el sintetizador *VCS3*. Mediante su interacción, producen una composición musical única para cada actuación, interpretada por los mismos usuarios empleando un ensamble de instrumentos virtuales inusuales. En *AR_VR_Putney 1.0* centramos las dinámicas de juego en la reconstrucción virtual del sintetizador *VCS3* que se encuentra inacabado y funcionando de manera parcial. Su funcionalidad aumenta con el avance del juego, donde los usuarios de tipo director e intérprete pueden recolectar componentes electrónicos completando así el instrumento. Cada avance en la reconstrucción del sintetizador produce una recompensa sonora capaz de insertarse en la composición musical generada en tiempo real.

La disposición espacial de la instalación fomentaba el movimiento de los usuarios dentro del espacio físico, además de cumplir el objetivo de completar un sintetizador virtual *VCS3* contribuyendo a la mejora de la composición sonora.

Llegados a este punto resulta interesante dividir las funciones de los usuarios en función del rol que ejercen, como ocurría en la versión anterior:

- **Usuario director:** la experiencia del usuario director de esta instalación se ofreció de modo semejante a la versión anterior, siendo el usuario de la aplicación de RV. Empleamos el dispositivo de visualización *OculusRift2* que permite una visión estereoscópica en primera persona para visualizar los entornos de Realidad Virtual. En este caso, el cambio se reflejaba en la elaboración de un escenario virtual diferente. Un factor fundamental en la mejora de esta parte reside en incrementar la interactividad del usuario, permitiendo que el usuario de RV participe de una manera más consciente en la composición musical. Igual que en la versión anterior, el paseo o deriva virtual resulta un concepto fundamental en este paisaje sintético, pero asimismo al introducir interacciones, fomenta y aúna los objetivos



Imagen 255. Instalación AR_VR_Putney 1.0 - entorno RV.

establecidos en la aplicación RV. Las acciones que se desenvuelven a través de las dinámicas del juego en esta parte se pueden clasificar como varios objetivos:

- **Recolección:** los elementos virtuales a recolectar se encuentran parcialmente escondidos dentro de un paisaje sintético formado por arquitecturas simples, las cuales albergan en su interior los elementos electrónicos a recolectar. De la misma forma que en el caso del usuario intérprete, la recolección de estos elementos proporciona un sonido de recompensa.
- **Transporte:** tras la recolección de los elementos, éstos aparecen en la visión del usuario, anclados al campo de su visión. Los cambios en la posición del objeto virtual generan modificaciones auditivas, produciendo cambios de la frecuencia y amplitud de la tonalidad del sonido.
- **Ensamblaje:** el ensamblaje de los componentes en el *VCS3* virtual, además de ofrecer una recompensa auditiva, hacía aparecer en el sintetizador *VCS3* los componentes recolectados que de otra manera permanecen ausentes hasta que se produce esta acción. La escena virtual cuenta con una peculiaridad bastante atípica para los entornos RV, que es la introducción de imágenes en tiempo real provenientes del espacio físico donde se desarrolla la instalación. El paisaje se cubrió por una especie de bóveda perforada, similar a la geometría de la *cúpula geodésica*⁹⁹, formada por triángulos. La cúpula acotaba los límites del espacio virtual y detrás de ella se proyectaba la imagen del espacio expositivo, capturada por una cámara web en tiempo real. De esta manera, el visitante del mundo virtual era parcialmente consciente de lo que ocurría a su alrededor, con una percepción del mundo real parcialmente distorsionada a causa de ampliar y proyectar la imagen de la cámara en un hemisferio. Esta imagen del entorno real en este caso es capaz de cambiar la percepción de la escala arquitectónica donde se ubica el

⁹⁹ Un poliedro compuesto por icosaedros, el diseño del arquitecto Buckminster Fuller.

La Ciudad Aumentada.



Imagen 256. Instalación AR_VR_Putney 1.0 – recolección de elementos RA.

272



Imagen 257. Instalación AR_VR_Putney 1.0 – ensamblaje de elementos RA.

usuario, transformando las dimensiones del espacio circundante a través de la virtualidad, generando nuevas formas de habitar un espacio.

- **Usuario intérprete:** de modo similar al caso anterior, se trata de los usuarios de la aplicación de RA cuyo cometido reside en encontrar, transportar y ensamblar los elementos electrónicos faltantes. Los componentes electrónicos se encontraban repartidos por el espacio físico y debían ser transportados físicamente para poder ensamblarse en el *VCS3* aumentado, que se hallaba en el centro del espacio expositivo.

La interfaz física de estos objetos virtuales cumplía una triple función, permitía su visualización, transporte y ensamblaje. Para ello hemos implementado marcadores RA tridimensionales, mejorando el reconocimiento y seguimiento dentro del proceso de RA. Además de estas mejoras técnicas, estos marcadores representan un avance ergonómico creando un objeto tangible y resistente al uso. Encontramos seis elementos aumentados dentro del espacio expositivo que representan las partes internas de la electrónica del *VCS3*: resistencias, pines, condensadores y varios tipos de potenciómetros. El transporte y movimiento de estos componentes aumentados afecta a la composición sonora, emitiendo sonidos característicos generados en tiempo real. Estos sonidos difieren en función de la acción del usuario, recolección, transporte y ensamblaje:

273

- **Recolección:** aplica un sonido característico que indica que el elemento ha sido recolectado.
- **Transporte:** ofrece un sonido variable en tono, onda e intensidad que cambia en función de la posición y rotación del elemento en relación a la visión del usuario.
- **Ensamblaje:** reproduce un sonido específico que da a entender que el ensamblaje se ha realizado de forma correcta, culmina con el ciclo de cada elemento.

La búsqueda e interacción con los elementos aumentados puede ser llevada a cabo por un usuario individual o por colaboración de varios usuarios. Es importante destacar que la aplicación de RA se ejecutaba en dispositivos *Android* insertados en un *HMD* personalizado, mediante la utilización de un dispositivo con capacidad de procesamiento, ofreciendo una mejora considerable en relación a los *HMD* que solo sirven en modo de visualización. Se elimina el sistema de cableado habilitando así el movimiento espacial de los usuarios. Esta incorporación permitió liberar las manos del usuario, facilitando la manipulación de los objetos tangibles, y además garantizaba un incremento del grado de inmersión para los entornos RA al modificar completamente la visión en primera persona del usuario.

- **Usuario espectador:** en este caso no se han producido cambios sustanciales en el rol de usuario espectador, únicamente contempla y escucha lo que sucede a su alrededor. Aunque cabe destacar que puede ejercer un rol colaborativo en relación al usuario intérprete, ayudándolo a resolver las dificultades en el movimiento espacial.



Imagen 258. AR_VR_Putney 1.0 – elementos virtuales modelados con Blender.

De un modo similar que la edición anterior, esta instalación explora las posibilidades de la Realidad Extendida, utilizando las tecnologías RA, RV y la sonorización del espacio físico. El hecho de mezclar las experiencias creativas en estos ambientes, en cualquiera de los roles de usuario que ofrece la instalación, hace posible que las acciones realizadas en el mundo físico, aumentado y virtual se influyan entre sí, con el fin de generar un nuevo tipo de composición sonora basada en la colaboración entre los usuarios.

3.4.6.1. Metodología y proceso de desarrollo de *AR_VR_Putney 1.0*.

En el desarrollo del proyecto *AR_VR_Putney 1.0* decidimos implementar otra aplicación capaz de gestionar todos los sonidos que se producen en esta aplicación, de forma que la calidad auditiva fuera adecuada, independientemente del dispositivo a utilizar. Esto nos llevó a la necesidad de establecer un protocolo de comunicación entre aplicaciones. Introdujimos también algunos cambios estéticos con el fin de ampliar la variedad de objetos virtuales, mejorar la calidad de la percepción sonora y la experiencia inmersiva de los usuarios.

A continuación, dividimos las distintas fases del proceso de desarrollo en función de las implementaciones de cambios en el proceso creativo y en las distintas aplicaciones que componen esta versión:

- **Diseño de contenidos:** casi la totalidad de los contenidos tridimensionales utilizados fueron los mismos que en la versión anterior. Los únicos contenidos tridimensionales adicionales eran los que hacen referencia a la escenografía de la Realidad Aumentada, que igual que en el caso anterior fue diseñada y texturizada utilizando el software *Blender*.

Experiencia de la Ciudad Aumentada. Producción artística y ensayos prácticos .

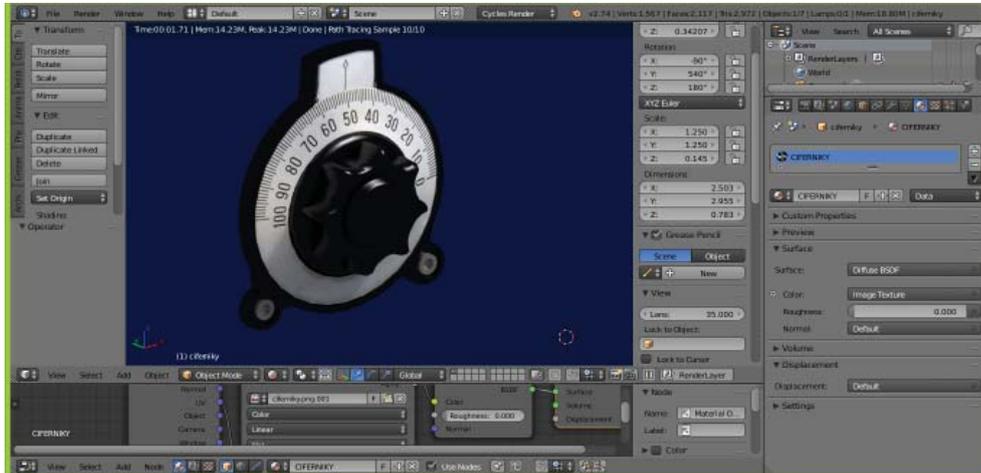


Imagen 259. AR_VR_Putney 1.0 – elementos virtuales modelados con Blender.

275

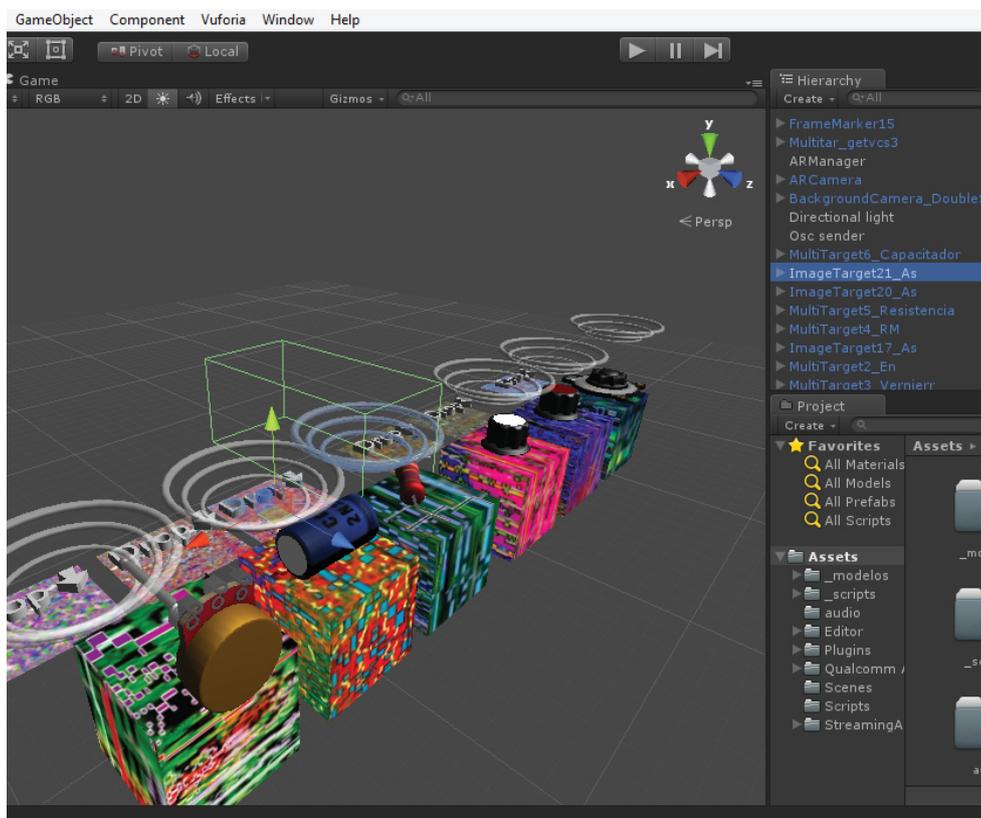


Imagen 260. AR_VR_Putney 1.0 – elaboración en Unity3D.

- **Diseño de aplicación RA:** la implementación de la interactividad y la exportación al formato final se realizaron con el software *Unity3D*. Aquí se introdujo un sistema de comunicación capaz de enviar los datos producidos por los usuarios en tiempo real mediante el protocolo de red *OSC*¹⁰⁰. También se añadieron los comportamientos de RA a través del plug-in *Vuforia*.

Esta vez la elección de los marcadores RA fue condicionada por varios factores, como la eficiencia del seguimiento y la ergonomía adecuada para este proyecto. Los marcadores RA empleados se realizaron mediante *Multi Target*, que ofrece un seguimiento más robusto y estable, al utilizar las seis caras del modelo físico. La composición visual de estos marcadores seguía la misma lógica que en la versión anterior. La dinámica de juego de esta instalación exigía que los marcadores RA fueran transportables y admitiesen su manipulación, por lo que el formato del cubo era el que mejor se adaptaba a estos condicionantes. Además de los marcadores utilizados para la visualización de los contenidos, era necesario incluir marcadores RA adicionales que permitiesen conocer la ubicación física de los marcadores principales en relación a estos marcadores secundarios, garantizando una interactividad fluida de las distintas acciones predefinidas en la instalación, en este caso centradas en recolectar y ensamblar los componentes aumentados.

La aplicación RA *AR_VR_Putney 1.0* tiene la singularidad de visualizar los contenidos en modo estereoscópico, para ello resultó necesario dividir la pantalla en dos, utilizando dos cámaras virtuales, introduciendo un ligero desplazamiento entre ellas que se correspondía con la distancia interpupilar. La aplicación RA se ejecutaba y podría ser visualizada en dispositivos móviles *Android*, cuyo manejo suele implicar la utilización de las manos. Como en este caso esta acción impediría el correcto funcionamiento de la instalación, diseñamos una alternativa basada en la utilización de un *HMD* personalizado. Los dispositivos móviles servían para la visualización y el procesamiento sin implicar sus funciones táctiles, lo que permitió situarlos en un dispositivo *HMD* diseñado a medida. El dispositivo *HMD* se acoplaba en la cabeza de los usuarios garantizando un mayor grado de inmersión mediante la visualización estereoscópica. Para la realización del *HMD* se realizó en primer lugar un modelo tridimensional en *Blender*; ajustando sus características para su posterior procesamiento en el programa *Cura*. La impresión 3D se realizó con una impresora *Prusa i3*, con material *PLA*, suficientemente resistente y ligero para este *HMD* personalizado. Posteriormente se le incorporaron lentes biconvexas de cristal con características similares a las de *OculusRift2*, que fue el dispositivo modelo del cual se partió para calcular las distancias de lentes y dimensiones de pantalla del dispositivo, estableciendo la necesidad de utilizar una pantalla con una resolución de 1920 x 1080 px (*OculusRift2*) y una distancia focal de 44 mm, que correspondía a la distancia de enfoque de las lentes adquiridas.

- **Diseño de aplicación RV:** en el caso de esta aplicación también se utilizó el software *Unity3D* para realizar el montaje de los componentes virtuales, su interacción y la exportación final de la aplicación.

¹⁰⁰ OSC- Open Sound Control- un protocolo de comunicación, capaz de comunicar los instrumentos musicales con ordenadores u otros dispositivos en tiempo real.

Experiencia de la Ciudad Aumentada. Producción artística y ensayos prácticos .



Imagen 261. AR_VR_Putney 1.0 – software empleado para la elaboración de interfaz virtual de la aplicación RA.

277

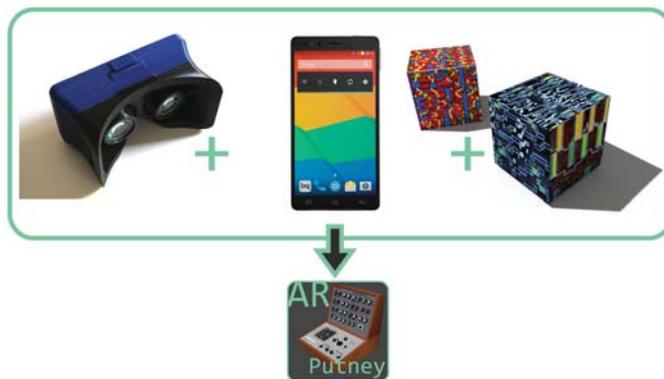


Imagen 262. AR_VR_Putney 1.0 – componentes de la interfaz física de la aplicación RA.

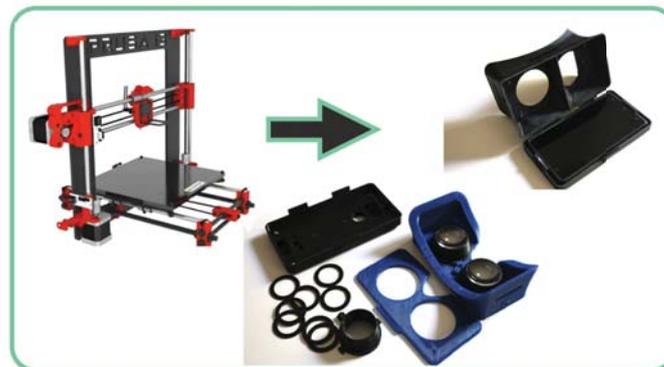


Imagen 263. AR_VR_Putney 1.0 – HMD personalizado impreso en tres dimensiones con la impresora Prusa i3.

En esta ocasión, de la misma forma que en la aplicación de RA, resultaba necesario comunicarse con la aplicación encargada de gestionar el sonido, para lo que se empleó un sistema de envío de datos en tiempo real basado en el protocolo *OSC*. Para la experiencia inmersiva del usuario de RV hemos recurrido otra vez a la utilización del dispositivo *OculusRift2*, al cual se le añadió un mando, en esta ocasión inalámbrico, que permitió mejorar la ergonomía de la experiencia de juego. En esta ocasión, además decidimos introducir la imagen del espacio físico en el mundo virtual, para ello utilizamos una cámara Web *Logitech QuickCamPro 9000* que facilitó la utilización de la imagen de cámara como una textura animada.

- **Diseño de aplicación MAX/MSP:** una de las mejoras considerables respecto a la versión anterior fue el modo en el que se generaba y reproducía el sonido. Esta vez el audio se procesaba en un ordenador *MacMini* independiente,

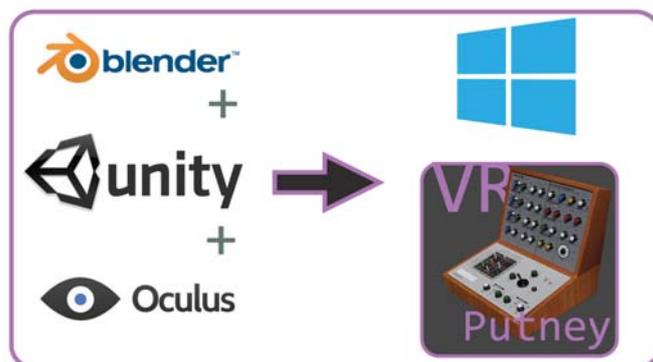


Imagen 264. AR_VR_Putney 1.0 – software empleado para la elaboración de interfaz virtual de la aplicación RV.



Imagen 265. AR_VR_Putney 1.0 – componentes de la interfaz física de la aplicación RV.

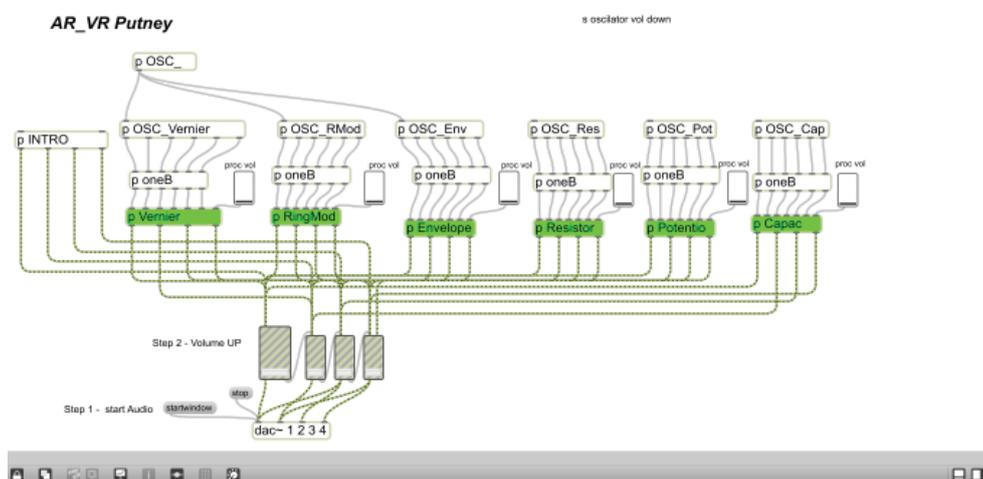


Imagen 266. AR_VR_Putney 1.0 -aplicación de generación audio en Max/MSP.

utilizando el software *Max / MSP*, que nos permitía reproducir las muestras y composiciones pre-grabadas del *VCS3* y añadir efectos en la intensidad, timbre y frecuencia en tiempo real, directamente relacionados con los valores obtenidos de las interacciones de los usuarios. Para ello, resultó necesario facilitar la comunicación entre todos los dispositivos de la instalación en tiempo real, esto se consiguió creando una red inalámbrica propia, empleando para ello un *router wifi*. La tarea de conectar elementos de hardware y software tan dispares, como un ordenador *Mac*, un *PC* y diferentes smartphones, con sus sistemas operativos correspondientes de *iOS*, *Windows* y *Android*, se consiguió a través del protocolo *Open Sound Control (OSC)*. Este protocolo de comunicación de red inalámbrica, garantizó la conexión de las aplicaciones RA y RV y el programa *Max/MSP*, y en su efecto final la reproducción del audio mediante un sistema cuadrafónico formado por cuatro altavoces *Genelec*.

3.4.7. AR_VR_Putney Ponozky cislo II.

En su última versión, la instalación *AR_VR_Putney* de Realidad Extendida, trascendió al espacio escénico en formato de concierto interactivo. Aparte de su ya establecida convergencia de las Realidades Virtual y Aumentada, en esta ocasión, se ha contado con el músico profesional Mark Pilkington, que tocaba en directo un sintetizador *VCS3* original para este evento. *AR_VR_Putney Ponozky cislo II* se presentó en la *12. Mostra Sonora "Assonàncies"*, en Sueca, Valencia, en Mayo de 2016, y posteriormente en *Sines & Squares Festival*, Manchester (UK) en Noviembre de 2016.

La utilización del formato de concierto como puesta en escena final de la obra nos llevó a replantear una serie de cuestiones relacionadas con la interactividad que podía producirse mediante la colaboración del público. También nos condujo a nuevas



Imagen 267. AR_VR_Putney Ponozky císlo II- entorno RV.

formas de mostrar los contenidos virtuales, partiendo como premisa de que estos contenidos fuesen perceptibles para todo el público que acudiese al concierto.

El desarrollo de la obra *Ponozky císlo II*, cuya representación depende tanto del espacio virtual, como del espacio aumentado y del espacio físico, obliga a los intérpretes e incluso al director a sumergirse en cada uno de estos estados. Es decir, para interpretar esta pieza hay una partitura, un director y varios intérpretes, cuyos instrumentos abarcan atributos que van desde la materialidad hasta la virtualidad. En este formato partimos de la utilización de un sistema con el formato de las ‘partituras ambientales’, que van más allá de las partituras convencionales. Este formato se centra en la utilización de entornos de Realidad Virtual sensible a las interacciones del director y el intérprete. En este caso hemos introducido la colaboración del público mediante unas aplicaciones destinadas a dispositivos móviles. El entorno de RV se visualiza mediante una proyección en gran formato, resultando visible tanto para los intérpretes como para los espectadores, permitiendo contemplar los cambios que realice el director en tiempo real y que sirvan además como una referencia espacio temporal.

La escenografía utilizada como partitura simula un paisaje realista por la que el director de la obra puede realizar distintos recorridos en busca de los elementos a recolectar. Si prestamos atención podemos observar como esta escenografía compuesta de plantas y árboles que a simple vista tienen un aspecto realista en realidad esconden morfologías compuestas de elementos electrónicos.

Incluir al público dentro de la interpretación, nos obligó a la realización de un pequeño taller que precediera al evento, en el que sus participantes aprendieran el funcionamiento de la obra, familiarizándose con la utilización de una aplicación de Realidad Aumentada, que en este caso actúa directamente como un instrumento más. De esta manera evitamos el riesgo de no conocer el funcionamiento de la aplicación, que podría resultar en una composición demasiado dependiente de la aleatoriedad, llegando a generar partes musicales que no fuesen capaces de adaptarse de una forma



Imagen 268. AR_VR_Putney Ponozky císlo II- esquema de la disposición espacial.

fluida a la composición musical.

Esta versión mantiene parcialmente las dinámicas de juego establecidas en la versión anterior, donde presentamos un instrumento incompleto que va materializándose con el avance del juego.

En la obra *Ponozky císlo II*, la colaboración y coordinación entre los usuarios es imprescindible y por esta razón es la versión menos inmersiva en el sentido visual, haciendo un fuerte énfasis en el sentido e inmersión auditiva. En este espacio de la Realidad Extendida, donde el sonido une todas las ‘realidades’, está también presente el músico profesional, tocando el sintetizador *VCS3* en directo enriqueciendo la improvisación musical y la experiencia de los espectadores. “*La fluidez entre el instrumento y su simulación virtual permite que el límite de lo físico y lo virtual coexista en las mentes del intérprete y del oyente*” (Climent et al., 2016:3).

Llegados a este punto resulta interesante profundizar en los distintos tipos de rol que pueden adoptar los usuarios:

- **Usuario Director:** el usuario de la aplicación de RV adopta el rol del ‘director’ de esta ‘orquesta’ poco convencional, sus acciones dentro del entorno RV afectan de manera directa a los usuarios de RA. La partitura se desarrolla a lo largo de un recorrido por un paisaje virtual, donde la naturaleza se hibrida con la electrónica. El camino lo elige el ‘director’, quien decide cómo completar la partitura y la composición, desplazándose por zonas predefinidas y recolectando objetos virtuales. Cada uno de estos objetos representa una pieza electrónica que encaja en los instrumentos que hacen sonar los usuarios de RA. Contra más piezas reúne el ‘director’, más complejos se hacen los instrumentos de RA, todo ello se hace posible a través de una conexión directa entre las aplicaciones RV y RA. Los componentes electrónicos tales como pines, resistencias o potenciómetros se ubican en este paisaje sonoro, su búsqueda por sí sola lleva al director a través

La Ciudad Aumentada.

de varios ambientes musicales. El orden en el cual se recogen los objetos es importante, pues cada componente virtual simula el funcionamiento real de su verosímil físico. Estos elementos se repiten y aparecen en la aplicación de los usuarios RA, completando una versión simplificada del sintetizador virtual que imita su funcionamiento real.

- **Usuario intérprete:** encontramos dos tipos de usuario dentro de esta categoría, el intérprete profesional y el intérprete voluntario:
 - **Intérprete profesional:** es el encargado de tocar el instrumento real que hay en la sala, el sintetizador *VCS3*. Por la complejidad y dificultad de hacer sonar este instrumento, se decidió que fuese tocado por un músico profesional, Mark Pilkington, especializado en síntesis analógica.
 - **Intérpretes voluntarios:** Antes de la interpretación con el público, los intérpretes participantes han experimentado los entornos de *AR_VR_*

282



Imagen 269. AR_VR_Putney Ponozyk císlo II- usuario director de RV.

Putney Ponozky císlo II, y se han familiarizado con el esquema de la ‘partitura ambiental’ mediante el ensayo previo. A la actuación se unió la improvisación del músico con un sintetizador *VCS3*, dirigido también por la misma ‘partitura ambiental’. Los intérpretes voluntarios son los encargados de utilizar el instrumento de RA, donde pueden regular el movimiento ondulatorio controlando la amplitud, la frecuencia y la forma de la onda y producir los sonidos en tiempo real. La complejidad del instrumento es susceptible a los objetos recolectados por el ‘director’, y por lo tanto se aplica lo mismo a su sonoridad. Los usuarios RA apuntan sus dispositivos a las tablets ubicadas en los atriles, donde se visualizan diferentes marcadores RA que cambian al unísono con las acciones del usuario RV. La distribución espacial de los atriles y tablets sobre el escenario se aproxima a una distribución tradicional de orquesta.

- **Usuario espectador:** con el fin de hacer partícipe a todo el público, y no solo a un número reducido de colaboradores, se decidió utilizar un dispositivo móvil

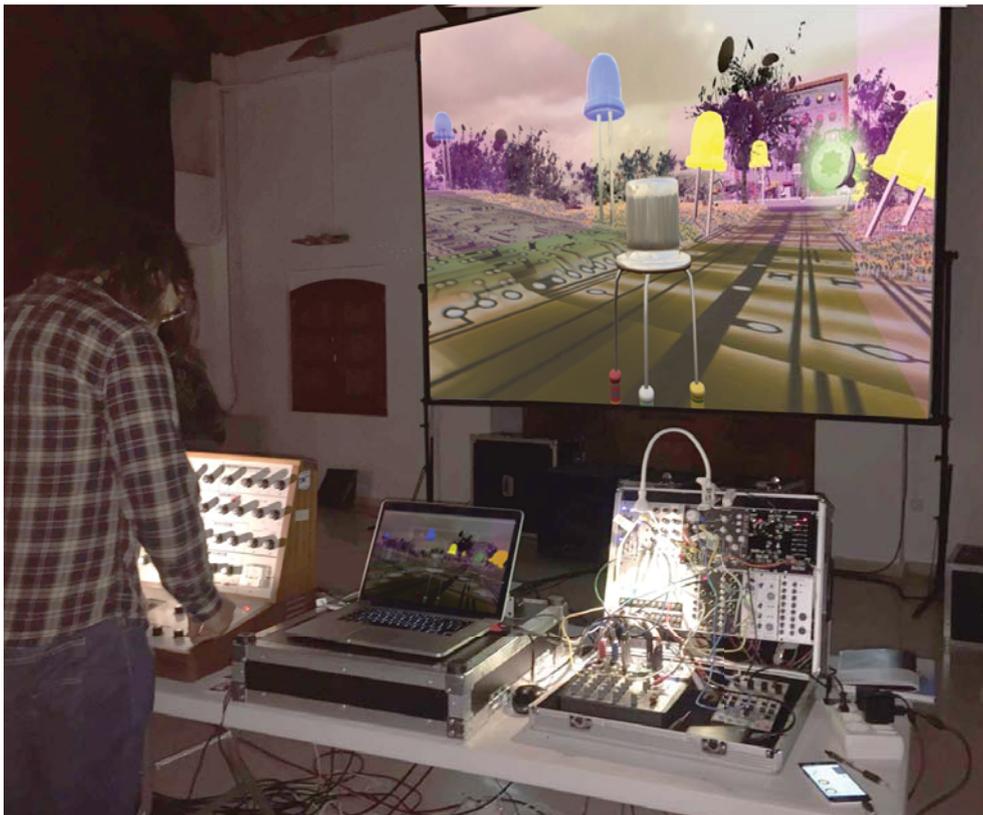


Imagen 270. AR_VR_Putney Ponozky císlo II- usuario intérprete profesional utilizando el sintetizador VCS3 original.

La Ciudad Aumentada.



Imagen 271. AR_VR_Putney Ponozky číslo II- usuario intérprete voluntario de RA.

284



Imagen 272. AR_VR_Putney Ponozky číslo II- instalación en Sines & Squares Festival, Manchester, UK.

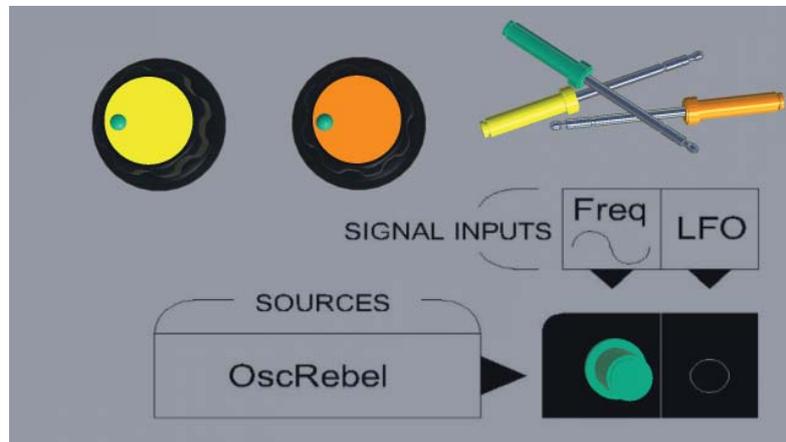


Imagen 273. AR_VR_Putney Ponozky císlo II- aplicación en circulación por el público- interfaz interactiva.

que circula entre los espectadores, de asistente en asistente, dando la oportunidad a cualquier espectador que así lo desee de participar en la obra. Este dispositivo móvil ofrece la posibilidad de realizar cambios auditivos relacionados con la ambientación espacial, generando el canto de distintos tipos de pájaros que pueden ser modificados en tiempo real, produciendo pequeños matices en la obra.

3.4.7.1. Metodología y proceso de desarrollo de *AR_VR_Putney Ponozky císlo II*.

Los pasos que ha seguido el desarrollo de esta última versión se asemejaban mucho a la elaboración de las ediciones anteriores, con la diferencia de ampliar la complejidad y el número de aplicaciones empleadas.

- **Creación de contenidos:** se aprovecharon los modelos virtuales de los instrumentos electrónicos y se añadieron los modelos del ‘paisaje electrónico’ realizados en *Blender*. En esta ocasión también se empleó el software *Unity3D* para la creación de un terreno virtual y los elementos que componen el mismo (plantas y árboles). Decidimos realizar esta parte dentro de *Unity3D* en lugar de *Blender*, porque permite la optimización del escenario virtual, evitando así la utilización de unos archivos con demasiada información para ser ejecutados en tiempo real. El generador de terrenos de *Unity3D* permite utilizar y modificar sistemas de generación de árboles, los cuales hemos empleado en la creación de todas las plantas utilizadas. Este sistema, además, hace posible la animación de los modelos, utilizando la simulación de leyes físicas realistas que facilitan la animación de los contenidos.
- **Síntesis analógicas:** en esta ocasión decidimos utilizar además del *VCS3*, un sintetizador personalizado realizado por Ricardo Climent. Este sintetizador

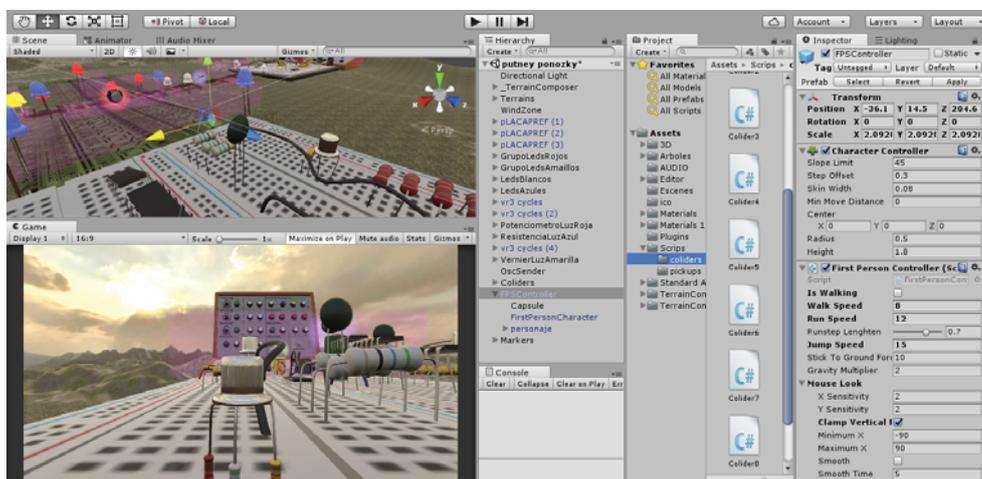


Imagen 274. AR_VR_Putney Ponzoký císló II- entorno RV- realizado con Unity3D.

modular facilitaba la comunicación mediante cableado con el sintetizador *VCS3* y a su vez la comunicación mediante *OSC* con la aplicación *MAX/MSP* encargada de controlar el sonido. Cabe destacar la utilización del Módulo de *Rebel OSC*, que recibe los datos capaces de controlar el módulo encargado de generar los sonidos ambientales correspondientes a la emulación de pájaros virtuales. Este módulo se basa en unas fórmulas matemáticas capaces de calcular el tamaño del diafragma y pico de las aves, reproduciendo e imitando de manera digital los sonidos realizados por cualquier tipo de ave, una especie de piar digital que llega a resultar inteligible para un gran número de aves.

- **Aplicación encargada de controlar el sonido:** esta aplicación igual que en el caso anterior se realizó con el software *Max/MSP*. Era la encargada de controlar todos los sonidos digitales que suceden en la obra y a su vez producía pequeñas modificaciones en los sonidos que se generaban de forma analógica en el sintetizador *VCS3*. Para gestionar el flujo de audio resultó necesario construir un servidor interno que fuese capaz de procesar todos los datos entrantes y salientes en tiempo real mediante la utilización del protocolo *OSC*.
- **Aplicación de RV:** esta aplicación funcionaba íntegramente en *Unity3D*, donde además de ensamblar la escenografía pertinente, se programaron las interacciones que debían de suceder en tiempo real, relacionadas no solo con la recolección de objetos, sino también con la creación de áreas específicas de sonido tridimensional. La aplicación mediante el uso de *OSC* se comunicaba en tiempo real tanto con la aplicación encargada de controlar el sonido como con la aplicación encargada de cambiar las marcas de Realidad Aumentada empleadas. Esta aplicación se visualizaba para el público mediante una proyección en gran formato. Elegir este tipo de visualización nos llevó a reflexionar sobre

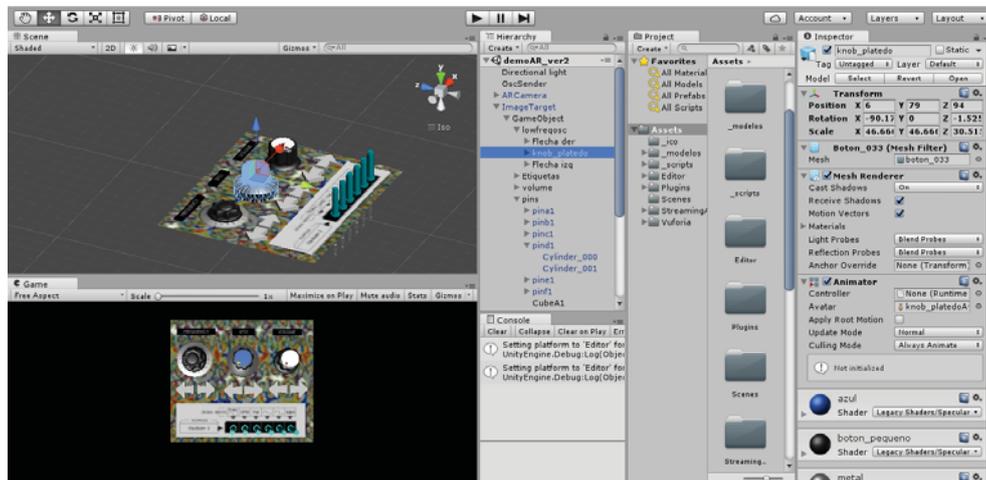


Imagen 275. AR_VR_Putney Ponozky císló II- instrumento RA- realizado con Unity3D.

la modificación de la visión del jugador/player que, en la versión anterior, se realizaba en primera persona. En este caso, hemos supuesto que para el público no sería suficientemente intuitivo entender lo que estaba sucediendo, por lo que decidimos introducir una visión subjetiva en tercera persona que permitía ver al jugados/player en todo momento. Para encajar con el carácter electrónico de esta obra, diseñamos el avatar del personaje utilizado como jugador/player con una forma deshumanizada, sustituyendo la clásica figura humanoide por una especie de engendro electrónico compuesto por un transistor y resistencias. El personaje durante sus desplazamientos simula, mediante animaciones, los movimientos característicos de un humano al andar.

- **Aplicación de RA:** para el control del entorno de RA se habilitaron dos tipos de aplicaciones, una que gestionaba los marcadores y otra destinada al instrumento de RA para la interacción con el público.
- **Gestión de marcadores/ RA partitura:** se realizó una aplicación en *Unity3D* para dispositivos móviles que se comunicaba directamente con la aplicación de RV, de forma que las imágenes empleadas como marcadores se cambian en función del avance del juego. En esta aplicación, cada marcador corresponde con una parte concreta del juego y afecta directamente al instrumento de RA.
- **Instrumento de RA:** está basado en una aplicación para dispositivos móviles *Android* que se realizó mediante la utilización de *Unity3D* en combinación con el plug-in *Vuforia*. Se encarga de visualizar los contenidos aumentados, gestionar la interacción de sus usuarios y comunicarse con el servidor. Esta aplicación se comunica tanto con la aplicación encargada del sonido como con la aplicación de gestión de los marcadores. Esta doble comunicación sigue distintas vías para



Imagen 276. AR_VR_Putney Ponozky císló II- personaje principal.

Llegar a su cometido, por un lado, utiliza el protocolo *OSC* para la comunicación con la aplicación del sonido y, por otro, a través del reconocimiento de marcadores RA se relaciona de manera visual con la aplicación de gestión de marcadores. La aplicación permite la interacción del usuario ‘intérprete voluntario’ mediante la pantalla del dispositivo, la cual muestra una serie de mandos que pueden modificar las características del sonido, en relación con la frecuencia, el tipo de onda empleado y su amplitud.

Esta aplicación utiliza seis marcadores RA basados en rasgos naturales, estos marcadores están relacionados con partes específicas del instrumento, de manera que con cada marcador nuevo aparecen más componentes con los que interactuar haciendo así el instrumento más complejo.

- **Aplicación en circulación por el público:** se trata de una aplicación creada con *Unity3D* para dispositivos móviles *Android*. La aplicación utiliza una interfaz gráfica en dos dimensiones que, mediante *OSC*, se comunica con el sintetizador analógico encargado de producir sonidos ambientales, en concreto los sonidos de aves.

3.4.8. AR_VR_Putney. Consideraciones finales.

El concepto de Realidad Extendida se reafirma en *AR_VR_Putney*, donde las distintas materializaciones del espacio, oscilando entre los entornos virtuales, aumentados y reales, son capaces de unirse en una dimensión enfatizada por el sonido. Los espacios arquitectónicos, tanto virtuales como construidos demuestran su valía como herramienta de composición sonora, mediante el concepto de partituras navegables. En grandes rasgos concluimos que la evolución de la obra en sí, mediante sus distintas versiones, permite apreciar de manera práctica el concepto de Realidad

Extendida, evidenciando que la unión entre lo real, lo aumentado y lo virtual va quebrando la relación lineal entre la virtualidad y la materialidad, insertando nuevas pautas de percepción del espacio.

Empleando la clasificación de obras de Realidad Aumentada en relación a su contexto físico, representado por la ciudad o el entorno arquitectónico, consideramos que *AR_VR_Putney* se sitúa aproximadamente en el entorno de las características atribuidas a las 'sendas'.

AR_VR_Putney implica distintos estadios entre lo real y lo virtual, y nos hemos visto obligados a salirnos de la nomenclatura y caracterización que ofrece el *Continuo real-virtual*, acuñando el término propio de 'Realidad Extendida'. A pesar de esta peculiaridad de la obra, es posible encontrar las nociones implícitas en la categoría de sendas, mediante los recorridos que realizan los usuarios en el entorno de Realidad Aumentada o en los que experimentan el entorno de Realidad Virtual.



Imagen 277. Clasificación de *AR_VR_Putney* en el contexto de la legibilidad de Ciudad Aumentada.

3.5. DanzaAR. Aumentando la virtualidad del espacio escénico.

3.5.1. Introducción.

La idea subyacente del proyecto *DanzAR*¹⁰¹ radica en explorar las posibilidades de los entornos inmersivos aplicados a las artes escénicas, concretamente a la danza contemporánea. El proyecto se desarrolló durante la residencia artística en el *Centro de Creación Contemporánea Las Naves*, dentro del programa “*Estiu en obras*” 2016, en colaboración con el grupo de danza contemporánea *La Coja Dansa*.

DanzAR aplica tecnologías de Realidad Aumentada como medio con el que establecer nexos entre el espacio físico y el espacio virtual, generando relaciones que afectan a la percepción corporal y al movimiento dentro del espacio híbrido. La tecnología RA, en el caso de *DanzAR*, facilita estas sensaciones desde dos puntos de vista, las experimentadas por los espectadores y por los protagonistas de la obra.

En la actualidad, la utilización de la tecnología en la danza es cada vez más frecuente y forma parte de forma cotidiana de los espectáculos, en esta ocasión nos centraremos en la tecnología digital, que contribuye a la narrativa o el desarrollo de los espectáculos como un componente coherente del contexto de la obra. Lo digital se adentró en las artes escénicas hace ya varias décadas, estableciendo una relación y papel cambiantes, copiando la trayectoria del desarrollo tecnológico actual, desde las proyecciones de vídeo, pasando por sus múltiples variaciones, hasta la tendencia actual de incluir las interacciones digitales que se desarrollan al mismo tiempo que el espectáculo.

En relación con las artes escénicas es importante mencionar la ambigüedad que entraña la palabra ‘virtual’ en este contexto. Mientras en la percepción de la sociedad actual la palabra virtual es un término que conlleva las nociones tecnológicas, y en muchos casos puede ser empleado como sinónimo de la palabra ‘digital’, las artes escénicas utilizan el concepto de la virtualidad como un medio fundamental desde sus inicios.

La palabra virtual, tal como la define la Real Academia Española, deriva del término en latín *virtus*, con el significado de “*poder, facultad, fuerza o virtud para producir un efecto, aunque no lo produce de presente, frecuentemente en oposición a efectivo o real*”, incluyendo también una segunda interpretación como algo “*que tiene existencia aparente y no real*”.

Esta apariencia ilusoria e imaginaria del mundo, es un pretexto que acompaña las artes escénicas en sus representaciones simbólicas de distintos lugares o situaciones, incluyendo el espacio escénico en la narrativa de mitos, leyendas u obras literarias. El espacio ocupado por los intérpretes, habitualmente encerrado físicamente por tres paredes, dibuja un mundo ficticio visible a través de la ‘cuarta pared’ virtual que lo separa del público, según el concepto sugerido por el filósofo francés Denis Diderot. Desde la invención de la perspectiva, los mundos virtuales representados en la escena son cada vez más inmersivos para el espectador, hasta alcanzar el nivel actual, facilitado por la tecnología digital.

La actualización tecnológica sugiere de un modo irremediable la re-interpretación de la virtualidad, en su contexto artístico, cultural, social o político. Podemos encontrar referencias a este paradigma en la reflexión que hace Pier Lévy sobre el termino de

101 Para consultar el material audiovisual acceder a: <http://manusamoandbzika.webs.com/>

actualización “*En la filosofía escolástica, lo virtual es aquello que existe en potencia, pero no en el acto. Lo virtual tiende a actualizarse, aunque no se concretiza de un modo efectivo o formal*” (Lévy 1995, p.10).

Las interpretaciones de la virtualidad engloban distintas explicaciones en el ámbito de la danza. La filósofa estadounidense Langer (1953) comprende la virtualidad identificándola con ‘la fuerza virtual’, como el medio primario de la creación del simbolismo en la danza, otros autores más recientes como Burt (2009) y Boucher (2011), investigadores en el campo de la danza y realidad virtual, se refieren a lo ‘virtual’ como a una potencialidad de lo que podría suceder (Vincs et al. 2014).

La danza posee un lenguaje particular con el cuál transmite distintas sensaciones y experiencias y cuyo vocabulario se basa en los movimientos. Erin Manning (2008), la directora del laboratorio *SenseLab* donde se explora la relación entre las prácticas artísticas y filosofía, argumenta que el origen de estos movimientos se halla en la virtualidad, “*la transición entre el plano de la sensación y el plano de la articulación, es un movimiento hacia lo real partiendo del estrato virtual y depende de la capacidad del pensamiento para extraer el despliegue potencial de la experiencia, desde el caos virtual*” (Manning 2008, p.4).

En una reflexión posterior sobre la naturaleza virtual del movimiento, Manning (2009) desarrolla esta idea más profundamente en un concepto del movimiento como ‘el devenir’, donde su inicio contiene virtualmente una infinidad de posibilidades, mientras al acabar el movimiento en una posición determinada, éstas se destruyen. (Vincs et al. 2014)

El grupo de investigación de *Deakin Motio.Lab* que aplica a la danza tecnologías tales como la Realidad Virtual, RA, y la inteligencia artificial, dirigido por Kim Vincs, aporta al concepto de lo virtual relativo a la danza, su propia teoría. Asimilando la síntesis de la virtualidad en la danza Vincs et al. determinan que este concepto puede englobar ambos elementos, el digital y el físico, la cuestión es su relación, ¿en qué medida son coherentes o, al contrario, compiten entre ellos? Asimismo, hacen referencia a la relación virtual – real, cuya percepción a través de la tecnología en la sociedad actual se está transformando y abandonando la yuxtaposición tradicional (Vincs et al. 2014), apelando que el concepto de la dualidad virtual y real ya no encaja con la tecnología digital actual, difuminando por completo esta dicotomía, según el sociólogo Jurgenson (2011).

La percepción de estas nociones experimentadas por los espectadores se ve afectada de un modo determinado. En el espacio escénico, lo real y lo digital convergen y llegan a formar parte de una misma narrativa.

“Desde la perspectiva del espectador, en ausencia de la capacidad de saborear, tocar u oler las entidades digitales, tanto lo biológico como lo digital es percibido visualmente. Ambos son “reales”, y ambos pretenden desempeñar un papel performativo integral en la obra” (Vincs et al. 2014, p.165).



Imagen 278. Expressive control of indirect augmented reality during live music performances.

3.5.2. Ejemplos de aplicaciones RA en el espacio escénico.

Dentro del campo de la RA y la utilización del espacio escénico, encontramos ejemplos tanto en ámbitos teatrales como de danza contemporánea:

- **Danza**

Expressive control of indirect augmented reality during live music performances de Lode Hoste y Beat Signer, es un espectáculo en directo que incluye la actuación de un grupo de música acompañado por una bailarina. La obra fue presentada en Seúl (2013) en el *13th International Conference on New Interfaces for Musical Expression*. En esta propuesta, la danza actúa como desencadenante de los acontecimientos virtuales, que se proyectan en una pantalla de gran formato ubicada detrás de los intérpretes. Mediante el reconocimiento gestual, la proyección aumentada muestra un fuego virtual, que se activa cuando la bailarina sostiene los brazos levantados en el aire durante unos segundos. El fuego, proyectado en la pantalla detrás, sigue los movimientos de las manos y posteriormente también de los pies de la bailarina.

The Crack Up (2013) de *Deakin Motion Lab*, es una obra que utiliza como base digital partes de cuerpo humano escaneadas, concretamente la textura de la piel, centrándose en peculiaridades tales como son los diferentes motivos de los tatuajes. Estas imágenes se proyectan detrás de la bailarina y se distorsionan, basando el cambio sobre los movimientos de la danza. La obra utiliza una captura del movimiento de la bailarina en tiempo real, empleando un dispositivo *Kinect*, que crea un mapa de la profundidad. Las texturas de la piel se procesan y amoldan a este mapa, afectando la composición visual de la imagen digital.

Emergence (2013) es el siguiente proyecto de John McCormick y Steph Hutchison de *Deakin Motion Lab*. También emplea el sistema de captura de movimiento de la bailarina, pero esta vez el concepto de proyección digital cambia evolutivamente. El



Imagen 279. Emergence :Recognition.

Imagen 280. Emergence :Grevillea Crystalis Incarnadine.

espectáculo está dividido en varias partes, una de ellas con el nombre de *Recognition*, utiliza la parte digital para formar una serie de estas esferas, cuya morfología es alterable, pudiendo fusionarse o dividirse en una gran variedad de formas. La materialidad de la esfera humaniza este ente digital mediante la aplicación de la textura del iris del autor. Los cambios de forma en este caso no solamente dependen de los gestos de la bailarina, sino también de un ‘agente’ de inteligencia artificial. Éste tiene la capacidad de copiar sus movimientos, pero también aprende de ellos, y es capaz de reconocer cuando se encuentra ‘solo’ en la escena, y producir sus propias coreografías.

En el otro acto de la obra *Emergence* con el nombre *Grevillea Crystalis Incarnadine*, el ‘agente’ acompaña a la bailarina con movimientos más próximos, aprovechando el vocabulario del movimiento aprendido de la bailarina real. Su apariencia digital puede tener forma humana, pero también convertirse en una flor, cuyos pétalos reaccionan a los gestos de la bailarina, con un crecimiento interrumpido.

• Teatro

Half Real de Michael R. Marner, Sam Haren, Matthew Gardiner y Bruce H. Thomas, es una obra de teatro que emplea la Realidad Aumentada Espacial. En esta obra particular, los espectadores pueden elegir la secuencia de la narrativa, usando el sistema *Zigzag Controller*, que permite la interacción del público a través de un sistema de votación inalámbrico. De esta manera son los espectadores quienes toman las decisiones sobre el desarrollo de la historia, empleando la dinámica al estilo ‘elige tu propia aventura’ que encontramos en numerosas obras literarias. Esta aleatoriedad representa un problema en la escenografía desde el sentido tradicional, para resolverlo los autores aprovechan las posibilidades que ofrece la tecnología RA. El escenario está compuesto por una arquitectura genérica sin ninguna característica particular, formada por dos paredes y un suelo de color blanco. Durante el espectáculo,

la escena está intervenida en tiempo real mediante un sistema de proyección capaz de mapear estas superficies, que se encarga en todo momento de dibujar la escena correspondiente a la elección del público. La posición de los personajes se rastrea utilizando un dispositivo *Kinect*, que repercute en la realización de cambios en la proyección, impidiendo que los intérpretes causen sombras arrojadas que interfieran en la escenografía virtual.

En el futuro, la tecnología promete llevar el nivel de la experiencia inmersiva del usuario aún más lejos. En el proyecto *Augmented Reality Theater Experience* de *Human Computer Interaction Research Lab, Indiana University* presentado en *SIGGRAPH* (2014), sus autores prometen una mejora considerable en un horizonte de diez años. Pronostican una tecnología de Realidad Aumentada capaz de involucrar casi todos los sentidos humanos, con el fin de conseguir una experiencia de inmersión completa del público en espectáculos como el cine o teatro. En su visión de futuro, la experiencia de la obra de teatro implica acciones como ver, oír, tocar, e interactuar. Esto incluye tecnologías tales como *AIREAL*, capaz de reproducir las sensaciones táctiles en el aire y *REVEL (Reverse Electrovibration)*, que facilita



Imagen 281. Half Real – modelo 3D virtual y escenografía con proyecciones.

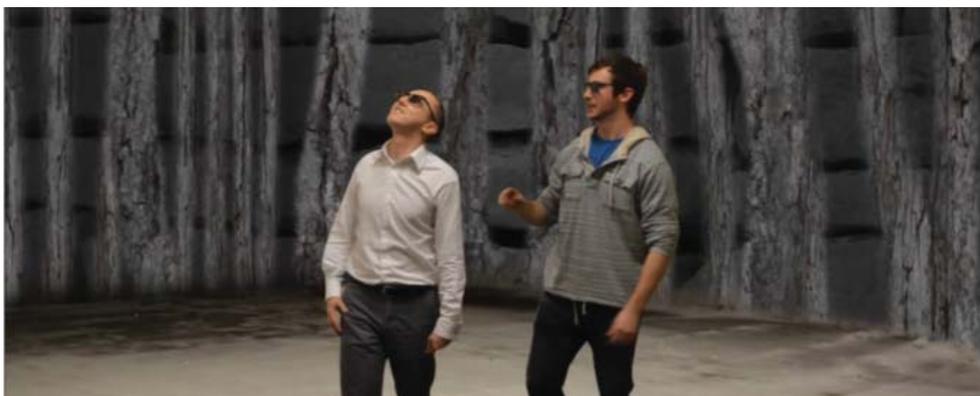


Imagen 282. Proyecto Augmented Reality Theater Experience.



Imagen 283. DanzAR – primer acto- Arquitecturas Maleables.

diversas sensaciones táctiles sobre una misma superficie, como por ejemplo las paredes, muebles o las pantallas táctiles. Adentrando al espectador en una ‘sala de experiencia’, donde es posible la interacción entre el mismo y avatares virtuales.

3.5.3. DanzAR. Un ensayo en dos Actos.

El proyecto *DanzaAR* escenifica un juego arquitectónico realizado a través de la danza y expresión corporal, y mediado a través de la Realidad Aumentada, que rompe con los principios establecidos dentro de la creación coreográfica y arquitectónica. Este ensayo apunta al amplio abanico de líneas de investigación que se abren en el campo de la producción artística y el desarrollo tecnológico. El proyecto *DanzAR*, desarrollado en el ámbito de la danza contemporánea, incluye dos actos en un formato de ensayos espaciales diferentes. El pretexto conceptual que rodea ambos actos es la exploración del espacio híbrido, experimentada a través de los movimientos y la percepción corporal. Para cumplir con este objetivo, resulta importante la inmersión en el entorno de Realidad Aumentada mediante la interacción en primera persona, donde tanto los bailarines como los miembros del público pueden compartir la experiencia virtual, gracias a un ensamble tecnológico de carácter un tanto complejo. La visión en primera persona de los intérpretes se modifica mediante la utilización de dispositivos móviles, utilizados como un visor HMD de Realidad Aumentada, creado específicamente para esta obra.

La visión RA del público, se realiza mediante un sistema de proyección, utilizando un telón gobelino (pantalla de tul micro-perforada), situado delante del escenario, permitiendo generar una concordancia entre la perspectiva de las imágenes proyectadas y el punto de vista del público.

En el primer acto llamado *Arquitecturas Maleables*, se presentaba un espacio arquitectónico híbrido y efímero, con la capacidad de reconfiguración espacial en

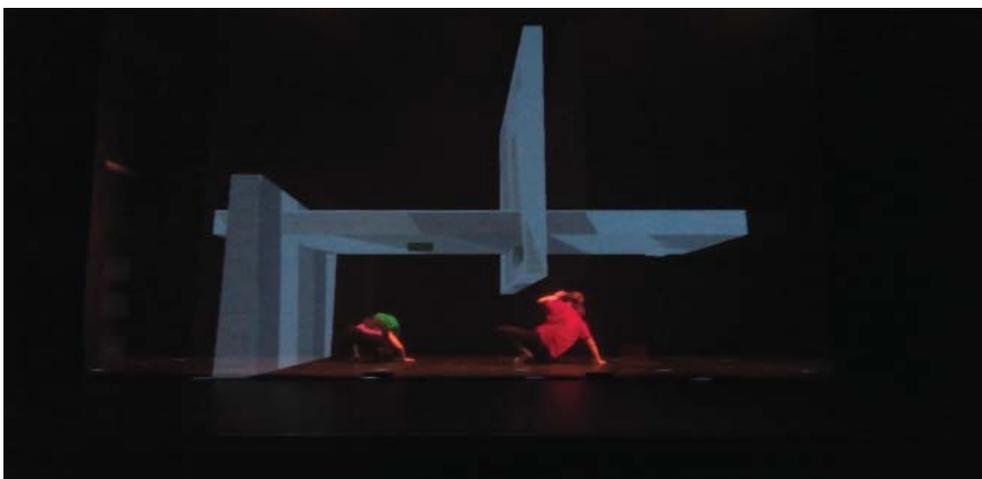


Imagen 284. DanzAR – primer acto- Arquitecturas Maleables.

tiempo real hacia unas formas sin predefinir. Esta transformación es orquestada a través de la interacción de un voluntario del público y ejecutada mediante una aplicación orientada a dispositivos móviles. La escena se compone de tres simples volúmenes cúbicos, tomando la apariencia de muros realizados con diferentes materiales que facilitan la distinción de los mismos. La aplicación para dispositivos móviles permite la generación de composiciones arquitectónicas por parte del público, que mediante la manipulación de elementos virtuales puede introducir posibles modificaciones espaciales, afectando directamente al comportamiento de los intérpretes. Incluye acciones tales como los cambios relacionados con la rotación, escalado y posición espacial, creando con pocos objetos la posibilidad de conseguir una amplia variedad de configuraciones espaciales. La reacción corporal, que estos cambios arquitectónicos entrañan, es intensamente reforzada por el grado de la inmersión que provee la experiencia en primera persona que ocupa todo el campo de la visión del intérprete. Durante el ensayo la interacción de los bailarines dentro del espacio aumentado fue visible de una forma inmediata y derivaba de su percepción subjetiva del espacio. En muchas ocasiones la expresión corporal de los bailarines reflejaba diferentes sensaciones espaciales, como por ejemplo la sorpresa, cuando sus movimientos se congelaban en una advertencia; la clausura o cerramiento, palpable en las posturas encorvadas; o la sensación de apertura y libertad que manifestaban con movimientos dinámicos. Las coreografías resultantes no eran premeditadas, sino que representaban un registro del espacio arquitectónico a través del movimiento. Las *Arquitecturas Maleables* implican el paradigma de ‘la ruptura de la cuarta pared’, que ocurre cuando los actores toman conciencia del público, dirigiéndose a los espectadores de manera directa a través de una mirada, una pregunta o una petición, que en muchas ocasiones compromete la continuidad del espectáculo. En el caso de las *Arquitecturas Maleables*, la ‘cuarta pared’ se rompe con la estrecha cohesión de las arquitecturas escenificadas y la interacción del público mediada

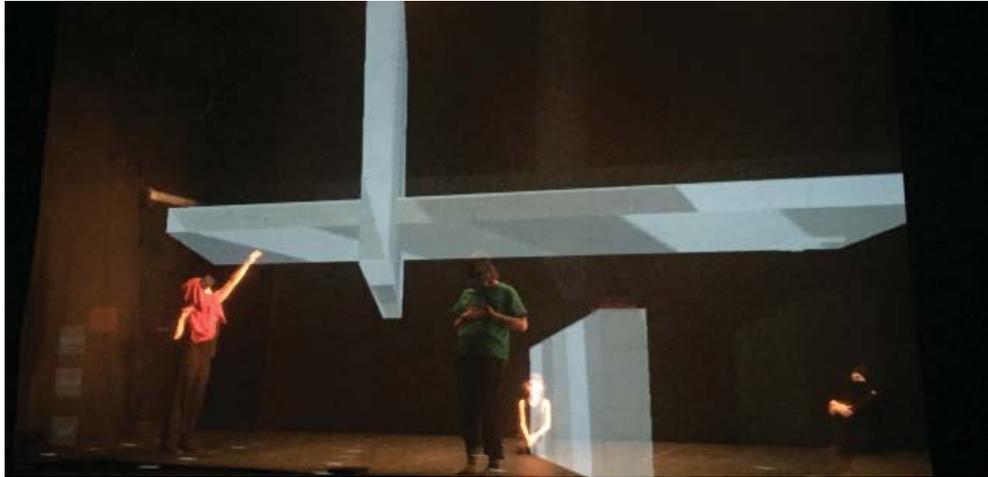


Imagen 285. DanzAR – primer acto- Arquitecturas Maleables.

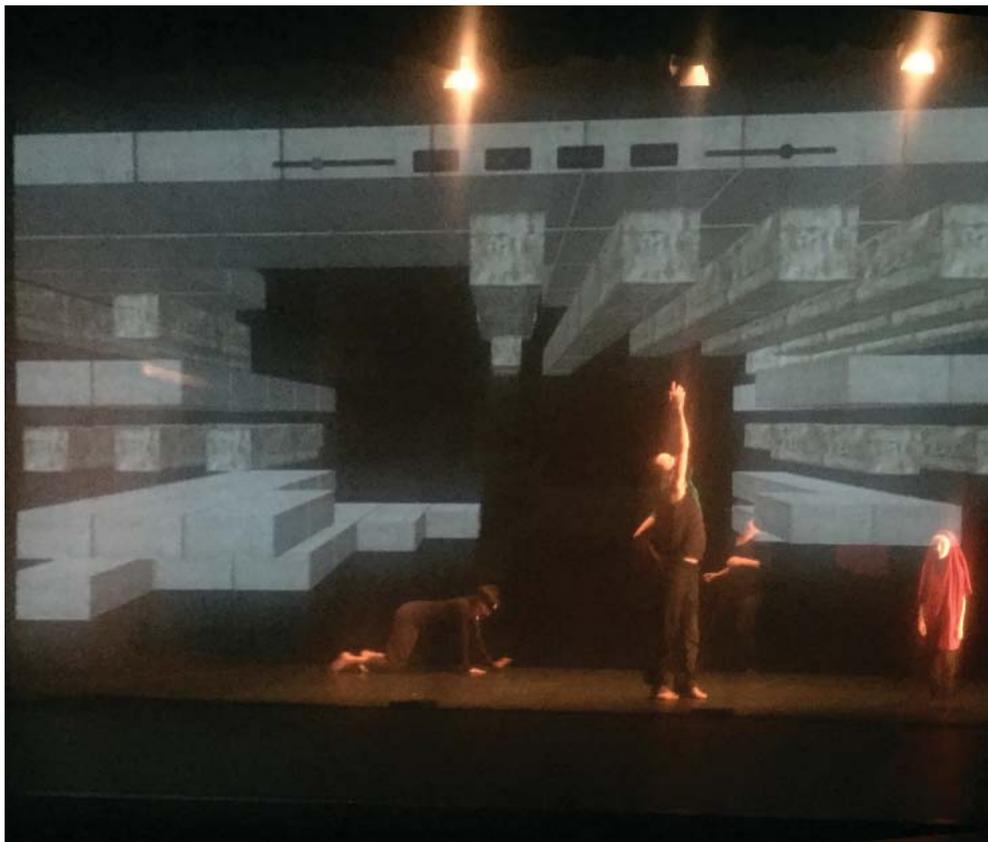


Imagen 286. DanzAR – segundo acto- Arquitecturas Vaciadas.



Imagen 287. DanzAR – segundo acto- Arquitecturas Vaciadas.

con la ayuda de la tecnología. De esta manera, hacemos al público partícipe del espectáculo, yendo más allá de unas simples decisiones y dejando el desarrollo escenográfico completamente a su cargo.

El segundo acto, *Arquitecturas Vaciadas*, se centra en la creación del espacio arquitectónico mediante la expresión corporal y el movimiento. El principio es escenificado con una alta densidad de ‘material virtual’, donde los protagonistas están atrapados en un espacio diminuto que apenas ocupa lo mismo que sus cuerpos. A través del movimiento se pueden liberar de este cerramiento y vaciar el espacio virtual. La actuación de dos intérpretes/bailarines de RA en la escena, genera relaciones entre ellos, que pueden ser caracterizadas como el anhelo de encontrarse uno con el otro, o por el contrario, la búsqueda de la intimidad en un espacio personal. La escena se compone de 840 bloques virtuales que ocupan todo el escenario, para facilitar la orientación espacial de los protagonistas sus entes virtuales eran provistos de una luz virtual. De esta manera, con la proliferación de la luz a través de las rendijas virtuales que rompe con su densidad, los bailarines pueden intuir la ubicación del otro, cuando sus cuerpos físicos resultan totalmente ocultados mediante los elementos virtuales. A partir de estas sensaciones podían trazar su movimiento y generar los vacíos, rompiendo los bloques virtuales a su paso, utilizando el vacío como una herramienta que participa en la creación arquitectónica de la escenografía. El final de la actuación puede resultar en un espacio completamente vacío, donde los protagonistas han ocupado con su presencia cada centímetro de la escena, o desembocar en una configuración espacial, que expresa mejor las sensaciones experimentadas por sus participantes creando diversas composiciones arquitectónicas.

En este caso, la arquitectura resultante es el registro de las coreografías y movimientos ideados por la percepción subjetiva del espacio de cada protagonista. La percepción de las arquitecturas por parte del público coincide con el punto de la visión y perspectiva desde el patio de butacas. No obstante, la aplicación de la proyección



Imagen 288. DanzAR – segundo acto- Arquitecturas Vaciadas.

permite romper con esta relación espacial, incluyendo la opción de visualizar la visión subjetiva de cada bailarín.

3.5.3.1. Metodología y desarrollo de *DanzAR*.

Al tratarse de un proyecto técnicamente complejo nos pareció importante dividir el proceso en varias fases del desarrollo, que se centraron primero en la elección del software y hardware, y dieron paso a una fase de experimentación que resultó en la generación de cinco aplicaciones capaces de comunicarse entre sí, que permitieran el desarrollo completo de la obra.

- **Aplicación de control escenográfico:**

En el proyecto *DanzAR*, era imprescindible interpolar las dimensiones del espacio virtual a un espacio escénico concreto, en este caso era el teatro de *Las Naves, Centro de Creación Contemporánea*, en Valencia. Primero realizamos las mediciones *in situ* para poder reproducir el espacio con exactitud, una condición muy importante para poder desarrollar una actividad tan dinámica como es la danza.

Esta aplicación en concreto se destinó a la tarea de cambiar la configuración de la escenografía en tiempo real durante el espectáculo, permitiendo el control de la misma por el ‘director’, que podía ser un miembro de la compañía de danza o cualquier voluntario del público. La aplicación, mediante un sistema de proyección, visualizaba la escena en un espacio virtual acotado y facilitaba los cambios de los elementos arquitectónicos. Esos bloques básicos, podrían ser desplazados con un simple arrastre del dedo en la pantalla táctil, permitiendo ubicarlos en la posición deseada. La interfaz gráfica contenía varios tiradores que posibilitaban las opciones de rotar, escalar o desplazar en eje vertical los volúmenes arquitectónicos de manera individual. Además, esta aplicación se comunicaba con el resto de aplicaciones para

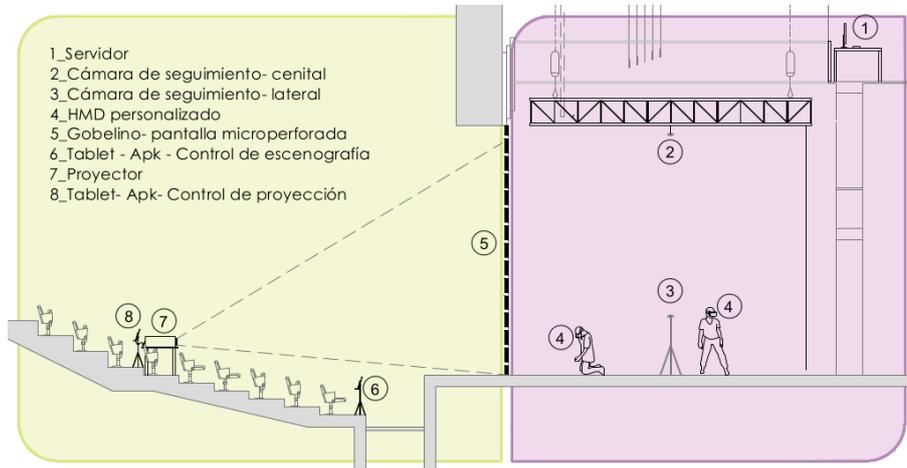


Imagen 289. Esquema DanzAR- disposición espacial.

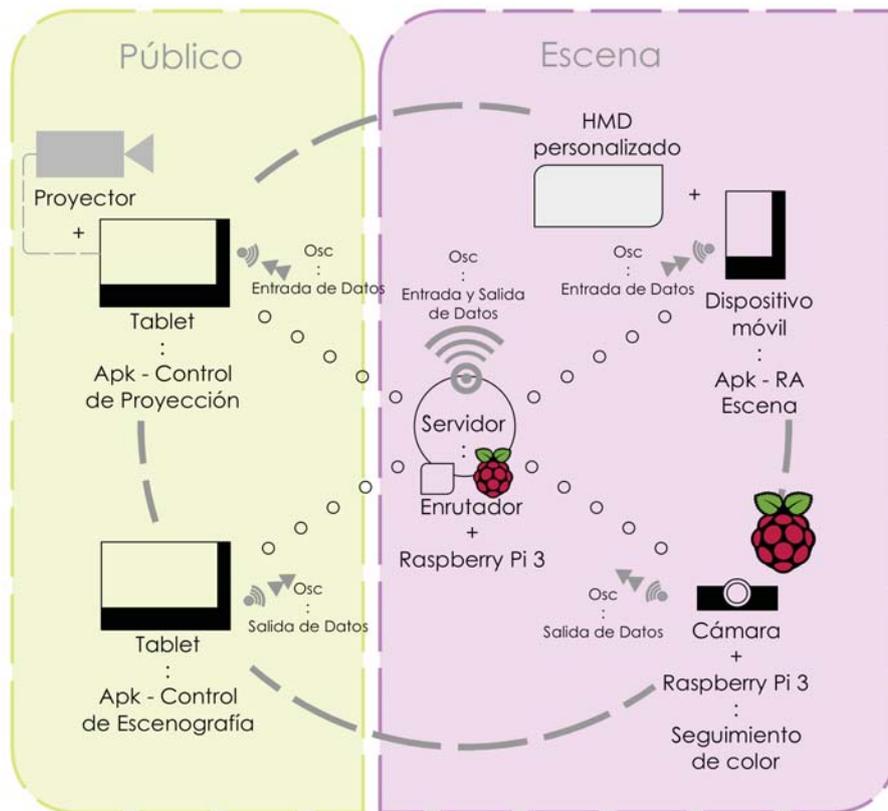


Imagen 290. Esquema DanzAR – hardware y software.

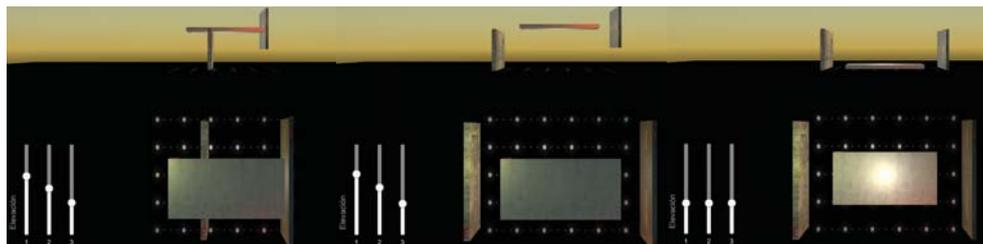


Imagen 291. Apk control escenográfico- estado inicial.

Imagen 292. Apk control escenográfico- desplazamiento vertical.

Imagen 293. Apk control escenográfico- desplazamiento horizontal y vertical.

poder hacer perceptible cualquiera de los cambios realizados en la percepción visual de los intérpretes.

- **Software empleado:** los contenidos tridimensionales se modelaron y texturizaron utilizando el programa *Blender* y posteriormente fueron ensamblados en un entorno virtual, empleando el programa *Unity3D*. Aquí se añadió la programación que facilitaba el comportamiento interactivo correspondiente, como la posibilidad de desplazar, escalar o rotar objetos y también se diseñó la interfaz gráfica. La comunicación con otras aplicaciones se consiguió implementando el plug-in de protocolo de red *OSC (Open Sound Control)*.
- **Hardware empleado:** la aplicación se podría ejecutar en cualquier dispositivo móvil con el sistema operativo *Android*. Para facilitar la interacción del usuario se decidió emplear una Tablet con pantalla de diez pulgadas. La elección de este dispositivo estaba condicionada a su vez por la necesidad de soportar un alto grado de procesamiento de datos en tiempo real, lo que obligó a buscar un dispositivo con un alto rendimiento. En este caso utilizamos una Tablet *BQ E10*, pues sus ocho procesadores y 2 GB de memoria *RAM* garantizaban las necesidades de la aplicación, permitiendo una óptima gestión de datos con una latencia imperceptible para el ojo humano.

- **Aplicación para el control del sistema de proyección**

El escenario virtual se proyectaba sobre una pantalla micro-perforada de color negro, ubicada entre el proscenio y el escenario, de manera que cubría completamente la boca de la escena. Esta pantalla dejaba ver los bailarines que se hallaban detrás cuando estaban iluminados, las partes negras del escenario o no iluminadas,

La Ciudad Aumentada

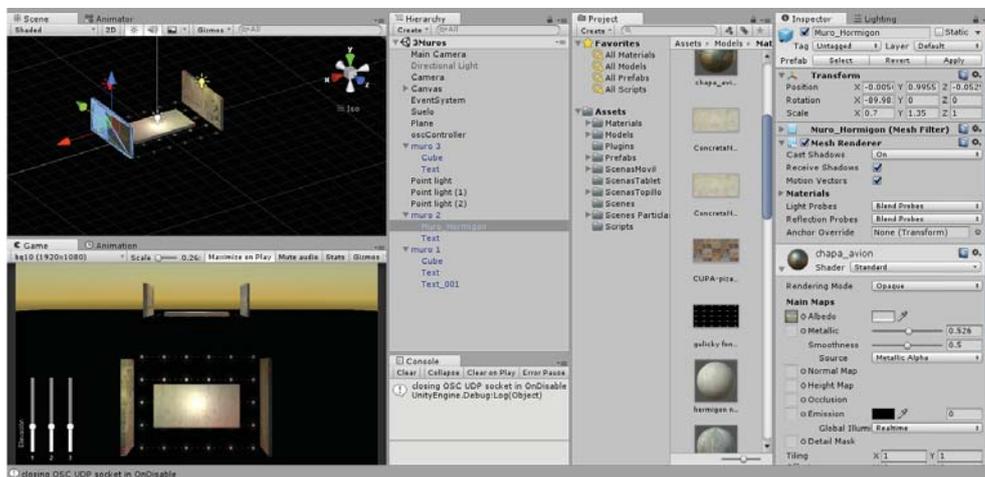


Imagen 294. Apk control escenográfico – desarrollo en Unity3D.

302

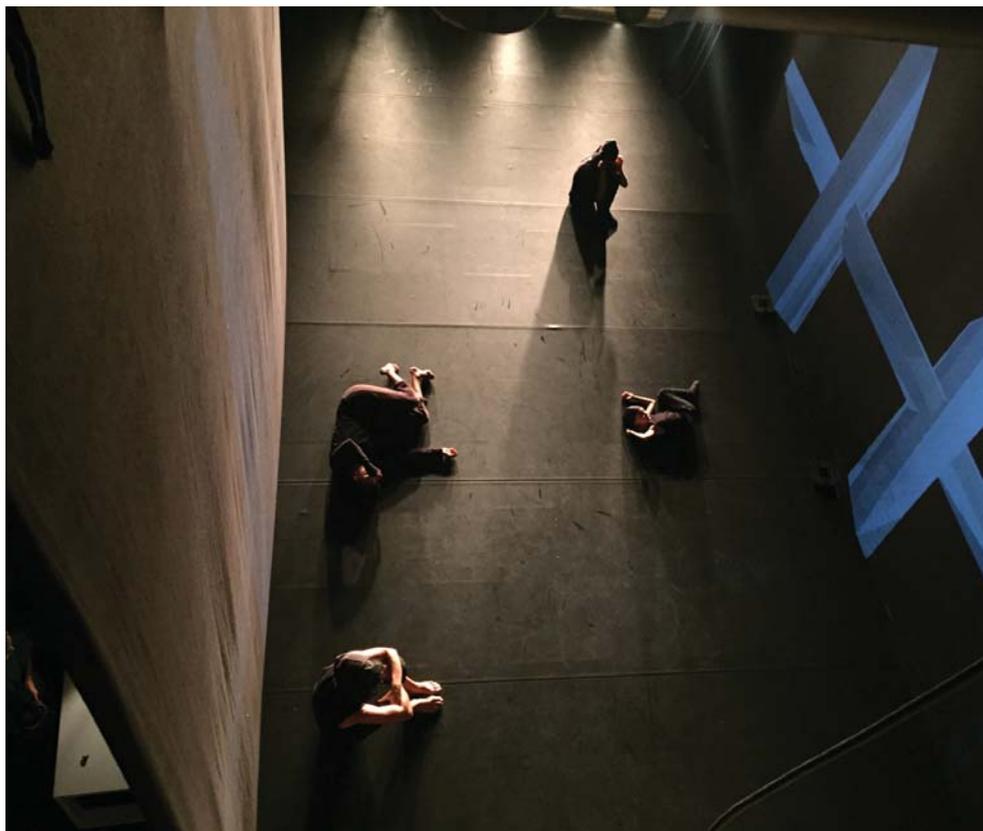


Imagen 295. Proyección vista desde el escenario.

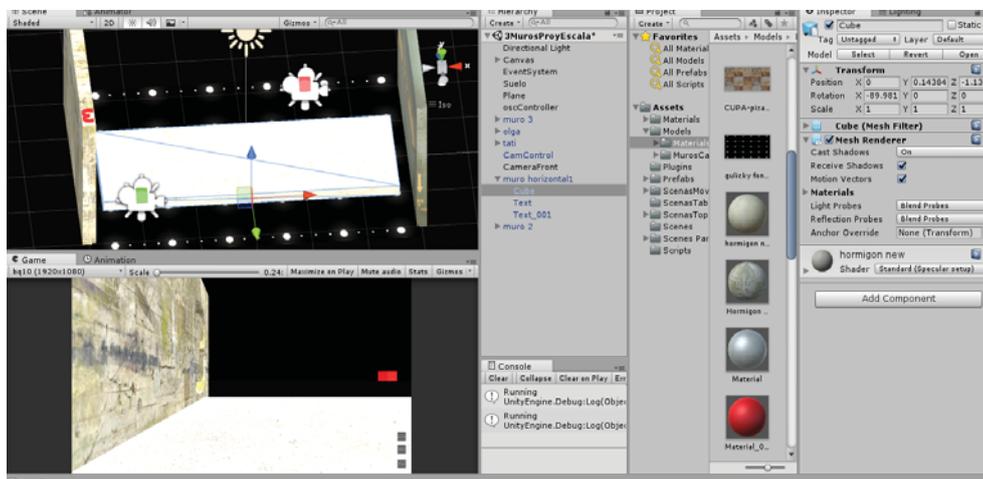


Imagen 296. Apk control de proyección – desarrollo en Unity3D.

eran difícilmente perceptibles, lo que favorecía el efecto de superposición de la proyección. La aplicación mostraba el escenario virtual a través de una cámara virtual cuyo punto de vista, abertura focal y perspectiva se ajustaron creando una concordancia con el escenario físico existente. El movimiento de los bailarines y la proyección sobre la pantalla se fusionaban visualmente, generando un macro-dispositivo de visualización de Realidad Aumentada de escala arquitectónica, esto ofrecía a los espectadores una percepción visual fluida entre los elementos virtuales y reales en la escena. La aplicación también contaba con la opción de cambiar la vista desde una cámara fija al punto de visión personal de cada uno de los bailarines. Mientras la visualización desde el patio de butacas era correcta, adecuándose a la profundidad espacial, la proyección vista desde dentro del escenario resultaba en una perspectiva plana e inversa, como si se tratase de un espacio bidimensional, rompiendo con la percepción correcta del espacio arquitectónico virtual. Esta aplicación sólo sirvió con el propósito de dibujar la escenografía de manera coherente para los espectadores del público.

- **Software empleado:** los modelos virtuales que formaban la escena coincidían con los de la aplicación anterior aprovechando los mismos contenidos elaborados en el programa *Blender*. La apariencia de la escena virtual se finalizó en el programa *Unity3D*, donde se introdujeron los elementos de interacción y las opciones de elegir entre varias cámaras virtuales. El fondo de esta escena virtual era de color negro y la iluminación más fuerte, comparado con las escenas utilizadas para los PC o dispositivos móviles, condicionado por las características necesarias para la proyección sobre la pantalla micro-perforada. Para la comunicación en tiempo real se empleó el protocolo de red *OSC*.

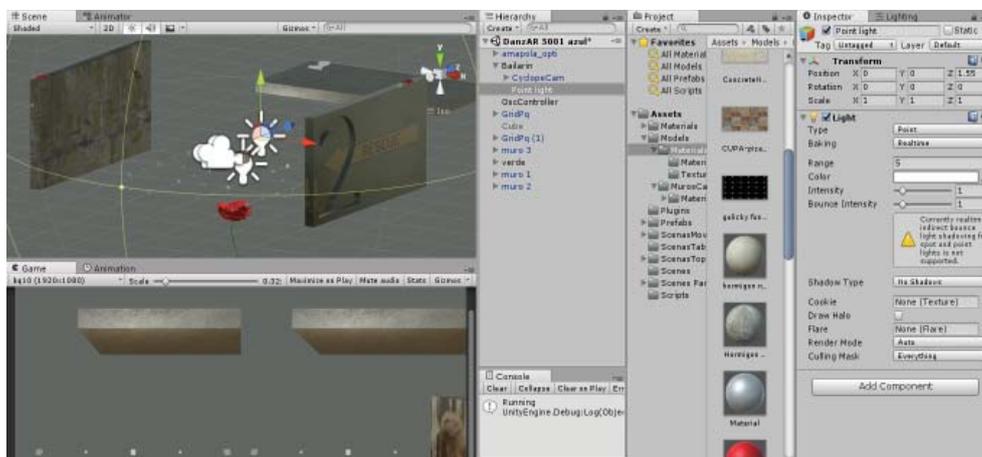


Imagen 297. Aplicación de RA estereoscópica Arquitecturas Maleables empleada por los bailarines- desarrollo en Unity3D.

- **Hardware empleado:** esta aplicación se destinó a dispositivos con el sistema operativo *Android*. En el caso que nos ocupa hemos empleado una *Tablet BQ Edison II*, pues aunque se trate de un dispositivo sin mucha capacidad de procesamiento (cuatro núcleos y 1GB de *RAM*) dispone de salida de mini *HDMI*, permitiendo una conexión estable con el proyector de la sala que tenía una luminosidad de 15.000 lm.

• **Aplicación de Realidad Aumentada**

Esta aplicación se realizó con el fin de modificar la visión en primera persona de los intérpretes, facilitando la visualización del escenario virtual superpuesto sobre la escena real. No solo visualiza distintas arquitecturas virtuales sino también permite localizar el resto de intérpretes que se sitúan en la escena, mediante una representación virtual de los mismos. Esta opción evita las posibles interrupciones físicas inesperadas entre los bailarines, que pueden ocurrir debido a una oclusión evidente de la parte física producida por los contenidos virtuales.

Además, esta aplicación es capaz de reflejar en tiempo real los cambios introducidos en la aplicación controlada por el ‘director’. El punto de vista de los intérpretes dentro del espacio aumentado era el resultado de la mezcla de los datos obtenidos del seguimiento de la posición de los usuarios con los datos obtenidos de los sensores inerciales del dispositivo móvil, que quedan asociados con el movimiento de la cabeza de los usuarios.

- **Software empleado:** los contenidos virtuales escenifican el mismo entorno que se proyectaba sobre la pantalla micro-perforada, por lo tanto, se componía por los mismos modelos realizados anteriormente con el software *Blender*, mezclados en la escena generada con el programa *Unity3D*. Para el desarrollo de esta aplicación hemos usado nuestro propio plug-in de Realidad



Imagen 298. HMD personalizado.

Aumentada para *Unity3D*, llamado *KOAR*¹⁰². La aplicación ofrece una visión estereoscópica mediante la división virtual de la pantalla en dos imágenes más pequeñas, una para cada ojo. Los contenidos se visualizan con un ligero desplazamiento lateral entre las dos pantallas, emulando de manera digital la distancia interpupilar y produciendo la percepción tridimensional de los elementos virtuales.

En este caso, la utilización de la tecnología *GPS* sería poco efectiva, al tratarse de un espacio interior donde no es posible obtener unos datos fiables de dicho sensor, a lo que debemos sumar otros factores y problemas relacionados con la reducida dimensión del espacio escénico y con la velocidad de movimiento de los intérpretes dentro de este espacio.

Por estas razones, solamente empleamos algunos atributos del plug-in *KOAR*, como la capacidad de visualizar los contenidos aumentados mediante la pantalla de un dispositivo móvil y la correcta orientación y alineación de los contenidos virtuales respecto al mundo físico. El punto de vista correspondiente se consiguió con el seguimiento de los movimientos de cabeza mediante los propios sensores inerciales incorporados en los dispositivos móviles, que permiten obtener los datos necesarios para la rotación de la cámara virtual (asociada al movimiento de la cabeza).

El posicionamiento dentro de un sistema de ejes *X, Y, Z*, que ofrece *KOAR*, permite la correlación de estos ejes con latitud, longitud y altura terrestre mediante la extracción de esta información del sensor *GPS*. En este caso, esta información se sustituyó por el posicionamiento de *X, Y, Z*, extraído de una aplicación externa basada en el seguimiento de colores. Estos datos se recibían mediante la conexión inalámbrica por medio del protocolo *OSC*.

¹⁰² Plug-in que permite el seguimiento espacial mediante GPS.

- **Hardware empleado:** la aplicación se ejecutaba en un *Smartphone BQ Aquaris E6* con una pantalla de seis pulgadas y una resolución de 1920 x 1080 *px*, garantizando una alta calidad de imagen, con el fin de aumentar la inmersión mediante la modificación total de la percepción visual. El dispositivo móvil se ubicó en el interior de un *HMD* de Realidad Aumentada personalizado para esta ocasión, compuesto por dos lentes acrílicas y una carcasa de plástico *PLA*, impresa mediante una impresora 3D *Prusa i3*, a partir de un modelo 3D realizado en *Blender*. El *HMD* personalizado se realizó adaptándose a las características físicas del dispositivo móvil empleado, teniendo especialmente en cuenta la ubicación de la cámara del dispositivo y la distancia entre las lentes empleadas y la pantalla (lentes biconvexas con una distancia de enfoque de 45 mm), que permiten la visión completa del usuario, excluyendo las zonas periféricas que abarcan tanto los bordes del dispositivo móvil como los del propio dispositivo *HMD*.

- **Aplicación del seguimiento de los bailarines**

306

Aparte de las aplicaciones anteriores orientadas a dispositivos móviles se emplearon otros sistemas que permitían completar el proceso de seguimiento de los intérpretes. Resulta necesario conocer la posición de cada uno de los usuarios dentro del espacio escénico para poder trasladar esta información al espacio virtual, generando una concordancia entre el espacio físico y el espacio virtual. Decidimos que una de las posibles soluciones era mediante la realización de un seguimiento basado en colores. Para ello, los intérpretes utilizan una prenda de un color distintivo e inconfundible con cualquier otro color que se visualizase dentro de la escena, facilitando el proceso de identificación de cada uno de ellos. Fueron necesarias varias pruebas con diferentes colores, para determinar qué colores ofrecían un rendimiento óptimo. Finalmente, los colores verde, azul y rojo fueron elegidos por su mejor comportamiento al cambio de las condiciones lumínicas, causadas por el movimiento de los bailarines.

- **Software empleado:** con el propósito de realizar el seguimiento basado en colores, empleamos la librería *OpenCV*¹⁰³ y el lenguaje de programación *Python*¹⁰⁴, que facilita el seguimiento basándose en la escala de colores *HSV* y permite su identificación adecuada en la imagen obtenida con la captura de la cámara. El espacio bidimensional de la imagen ofrece como resultados los valores *X* e *Y* de la posición de cada color que, a través de unos algoritmos, convertimos en las coordenadas espaciales correspondientes al escenario. Para poder obtener una información espacial más completa era necesario emplear otra cámara adicional y un programa con algoritmos distintos, capaces de extraer las coordenadas en el eje *Z*. Empleando dos versiones del programa diferentes y dos cámaras, resulta posible combinar esta información y determinar la posición del color deseado dentro del espacio cartesiano en los tres ejes *X*, *Y*, *Z*.

103 Librería Open Source de visión artificial por ordenador.

104 Lenguaje de programación multiplataforma.

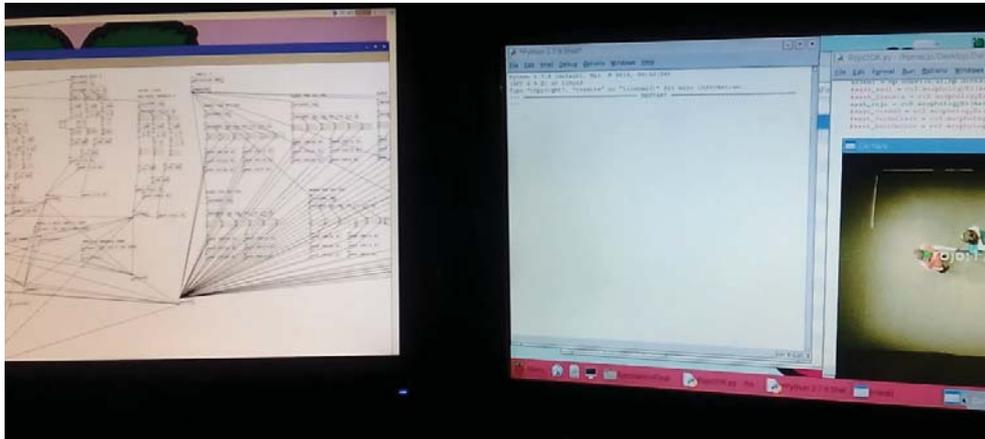


Imagen 299. Aplicaciones Servidor (izquierda) y seguimiento de color (derecha).

- **Hardware empleado:** el seguimiento se realizó mediante un conjunto de dos cámaras *EyeToy3*, conectadas respectivamente a dos *RaspberriPi3b*. Para las cámaras se eligieron dos ubicaciones fundamentales, una cenital que efectuaba el seguimiento en los ejes horizontales *X e Y*, y otra cámara en posición lateral, para cubrir el eje vertical *Z*. La cámara cenital se suspendió a una altura de 6 metros en el centro del escenario de manera que cubría casi la totalidad de la superficie de la escena, permitiéndonos establecer una relación entre los *pixeles* de la imagen y la distancia empleada, llegando a una relación de 1 *px* por cada cm. Realizamos el seguimiento en un área de 6,4 metros por 4,8 metros correspondiente a la calidad de la imagen en *px* de la cámara empleada (640x480 *px*). La cámara lateral se fijó a una altura de 1,5 m en una de las paredes laterales, donde el margen del error de los valores captados por cámara que se produce al acercarse y alejarse resultaba mínimo. En el planteamiento inicial se propusieron dos cámaras para el seguimiento vertical, una en cada lado de la escena garantizando un margen de error menor, pero por la posición de los focos que iluminaban la escena lateralmente, esta opción fue imposible llevarla a cabo.

El sistema de seguimiento basado en el color resulta muy sensible a la iluminación de sala, después de una serie de pruebas encontramos que la iluminación más eficiente era con luz difusa y con una temperatura alrededor de 6000K (luz fría), lo que no era idóneo para una luz escénica. Se probó con las luces focales, con la temperatura de 2700 K (luz cálida), con una intención de conseguir una luz neutra, el técnico de iluminación decidió utilizar filtros verdes en dichos focos con el fin de restar ambos colores. La sensación que proporcionaba podría engañar al ojo del observador, pero no ocurría lo mismo con la lente de la cámara, que desplazó todos los colores hacia unas tonalidades verdosas. La configuración de la iluminación final,

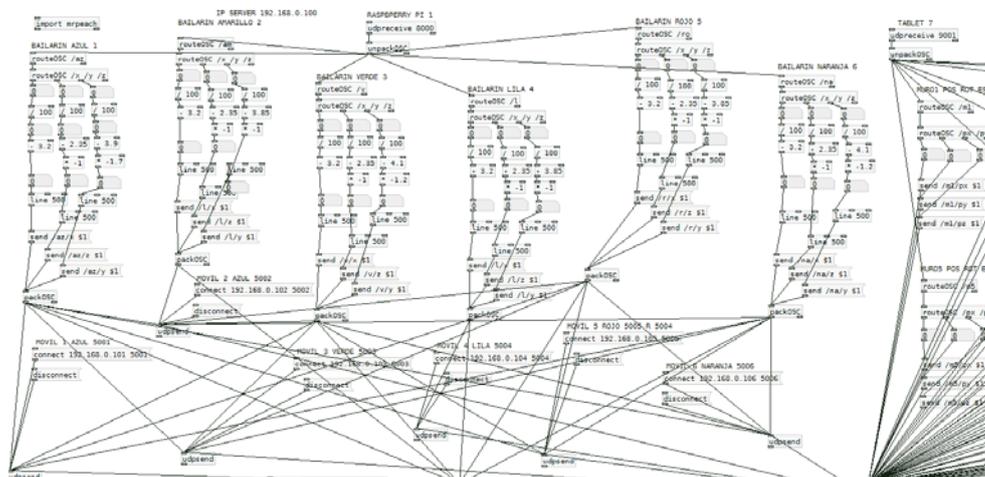


Imagen 300. Pure Data- patch de servidor (vista incompleta).

a base de prueba y error, ocupó el tiempo de casi dos semanas y dificultó el desarrollo mismo del proyecto, hasta llegar a la conclusión de no filtrar la luz, utilizando el mismo color de luz tanto en los focos cenitales como en los laterales.

Cabe mencionar que, para la realización del seguimiento, los dispositivos de procesamiento utilizados resultaban un poco limitados, llegando a colapsar los dispositivos, por lo que se decidió utilizar un dispositivo por color, cada dos ejes de seguimiento. El hecho de dividir el procesamiento en distintos dispositivos generó una gran estabilidad en la aplicación, permitiendo su funcionamiento de forma continua en largos periodos de tiempo, de entre ocho y doce horas.

• **El servidor de intercomunicación**

El proyecto estaba dividido en varias aplicaciones, lo cual nos obligó a generar otra aplicación que fuese la encargada de gestionar y distribuir los datos obtenidos por cada una de las aplicaciones anteriores. Para que todos los cambios de posiciones, tanto de los elementos virtuales como de las personas en la escena, se ejecutasen a la vez, era imprescindible una comunicación inmediata. Todas las aplicaciones se comunicaban mediante una conexión inalámbrica basada en el protocolo de red *OSC*, mediada a través de un servidor. Se programó una aplicación específica que cumpliera con nuestras expectativas en lo que hace referencia al envío y recepción de datos.

- **Software empleado:** la interacción simultánea se consiguió implementando la comunicación a través del protocolo *OSC (Open Sound Control)* en todas las aplicaciones, debido a su adaptabilidad a diversos sistemas y lenguajes de programación, era posible la compatibilidad con el software empleado: *Unity3D, OpenCV y Pure Data*.



Imagen 301. Clasificación de DanzAR- Arquitecturas Maleables en el contexto de la legibilidad de Ciudad Aumentada.



Imagen 302. Clasificación de DanzAR- Arquitecturas Vacías en el contexto de la legibilidad de Ciudad Aumentada.

El servidor virtual se creó con el software *Pure Data* y permitía la intercomunicación entre los distintos dispositivos inalámbricos utilizados. La aplicación no solo era la encargada de la comunicación, sino que también realizaba la conversión de los datos, mediante fórmulas matemáticas, adaptando estos datos a los valores con los que resultaba más fácil trabajar.

- **Hardware empleado:** el servidor virtual se ejecutaba en un *RaspberryPi3b*, con una velocidad de datos de 100 *Mbps*. La conexión inalámbrica entre dispositivos se mediaba a través de un *Nano router wifi TP-LINK* con una velocidad de 300 *Mbps*. Accedimos a la lista de clientes del router y asignamos a cada dispositivo una dirección IP estática, que facilitaba la identificación y transmisión de datos hacia y desde cada uno de los dispositivos.

3.5.4. DanzAR. Consideraciones finales.

Hemos desarrollado una herramienta de Realidad Aumentada que sirve tanto para la creación como para la visualización de contenidos. Su uso trasciende al campo de la danza contemporánea, resultando posible su empleo en proyectos similares destinados al espacio escénico, actualizando este espacio mediante la tecnología digital a las exigencias y prácticas artísticas contemporáneas.

Para la implementación del proyecto *DanzAR* en la clasificación de legibilidad de la Ciudad Aumentada, lo más adecuado es analizar los dos actos de este proyecto independientemente. El funcionamiento de ambos actos se sirve de la misma base tecnológica, aun así, cada una de las partes se puede efectuar de forma independiente. Las *Arquitecturas Maleables* y las *Arquitecturas Vacías* presentan espacios virtuales diferentes, creando un espacio escénico aumentado único en cada caso. La obra *DanzAR*, no es un espectáculo con una narrativa preestablecida y cerrada, más bien representa juegos experimentales de escenificación arquitectónica en diálogo

La Ciudad Aumentada

con la danza contemporánea. Tanto *Arquitecturas Maleables* como *Arquitecturas Vacías*, se pueden desarrollar en cualquier espacio escénico que cumple con ciertas exigencias técnicas. El lugar donde se ejecutan los contenidos está sujeto a la elección de la ubicación por parte de los usuarios, en este caso, son encarnados por las compañías de danza y sus espectadores. Ambas partes de DanZAR, por lo tanto, presentan características de legibilidad típicas en los 'nodos'. Por la independencia de cada acto y los contenidos virtuales únicos, permite aplicar la clasificación de 'nodos', tanto en las *Arquitecturas Maleables* como en las *Arquitecturas Vacías*.

Conclusiones.

En el siguiente apartado aglutinamos las conclusiones y reflexiones, obtenidas durante nuestra investigación, y las exponemos de manera transversal, recogiendo las principales aportaciones que relacionan el arte y la arquitectura en la ciudad contemporánea, mediante la utilización y aplicación de las tecnologías de Realidad Aumentada.

Para cumplir con el primero de los objetivos generales, planteados en esta investigación *“Revisar las teorías y técnicas relacionadas con el campo de la Realidad Aumentada.”*, hemos realizado una revisión de las distintas teorías y definiciones del concepto de la Realidad Aumentada, desde que se acuñó este término por primera vez, hasta las teorías más recientes. Hemos presentado un recorrido histórico por los principales logros relacionados con esta tecnología, tanto en el ámbito del hardware como del software, evidenciando que la hibridación entre lo real y lo virtual surge mucho antes incluso, de que se defina el concepto de Realidad Aumentada. Incluyendo en esta parte los inventos analógicos relacionados con la tecnología estereoscópica, holográfica o los sistemas capaces de abordar varios sentidos a la vez. Al igual que en la Realidad Virtual, en la tecnología de Realidad Aumentada, ha sido de gran relevancia la construcción de las primeras interfaces digitales visuales e interactivas. El avance tecnológico ha permitido la reducción del tamaño y el peso de los dispositivos digitales, dando lugar a la inserción ubicua de la tecnología en todos los estratos sociales.

Hemos analizado las características principales de la Realidad Aumentada, desde un punto de vista técnico, describiendo el flujo de entrada y salida de datos que permite la combinación entre lo real y lo virtual.

Para *“recopilar los conceptos técnicos surgidos del avance en hardware y software de Realidad Aumentada”*, el primero de los objetivos específicos, nos hemos centrado en los distintos tipos de hardware que facilitan los métodos de seguimiento necesarios para completar la experiencia de la Realidad Aumentada, y como estos han avanzado

desde sus orígenes hasta la actualidad. Podemos observar como en la última década los dispositivos periféricos capaces de captar la posición y el movimiento del usuario en el espacio físico han migrado de su utilización meramente investigativa al uso comercial en las industrias del entretenimiento, generando así oportunidades para la realización de proyectos incluso de bajo presupuesto, introduciendo su uso en cualquier disciplina. El software de Realidad Aumentada ha seguido una trayectoria similar, incrementando su accesibilidad a un público cada vez más creciente, aunque en los últimos años se han producido cambios al nivel de las políticas de distribución y privatización (como con el software *Vuforia*), lo que causó la desaparición de algunos de los software más importantes (como sucedió con *Metaio*).

Tras haber aclarado los aspectos técnicos, que conciernen a la hibridación de las diferentes dimensiones que componen la Realidad Aumentada, hemos creído conveniente explicar cómo han afectado las nuevas tecnologías a las ciudades actuales y los acontecimientos que iniciaron este proceso, respondiendo al cumplimiento del objetivo general dos: “*Recopilar la información necesaria para fundamentar las teorías que definen la transformación de la ciudad actual en la Ciudad Aumentada.*”

En este bloque hemos empezado esclareciendo las características rizomáticas del ciberespacio, y como este es capaz de propagarse a través de las redes, creando una constelación espacial, en su esencia indestructible. En este punto hemos considerado importante incluir los datos históricos relativos a la aparición de las redes informáticas de la época ‘pre-Internet’, que propiciaron los primeros encuentros en el ciberespacio, dando el origen a la aparición de las primeras comunidades de científicos e investigadores interconectados a través de comunicaciones mediadas por la tecnología digital.

Destacamos el año 1991 por el surgimiento de la *World Wide Web*, que da pie a una amplia utilización de Internet por la sociedad en general, abriéndose camino fuera de los entornos puramente investigativos. Obtiene una amplia acogida entre los aficionados a la informática, germinado en los entornos colaborativos, transformándose en un bien común, donde la inteligencia colectiva se muestra en su máximo esplendor. Estos entornos fomentan una evolución tecnológica de una magnitud sin precedentes, cumpliendo con el sueño de la ‘ética hacker’ donde la colaboración voluntaria permite crear, modificar y buscar nuevos usos de la informática, como demuestra el caso del sistema operativo *Linux*.

Con el asentamiento de la *WWW*, las comunidades virtuales conectadas a través de la red, ganan, tanto en el número de miembros, como en la importancia de la vida cotidiana, gracias al modelo de comunicación ‘*many-to-many*’, rompiendo con el concepto de la difusión de información centralizada ‘*one-to-many*’, como ocurre con los medios de comunicación de masas. A través de las comunidades virtuales sus miembros adquieren una identidad virtual, generando una multiplicidad de ‘yos’, como una nueva condición humana facilitada por las redes mediante un anonimato digitalizado.

Al abandonar el terreno institucional, las comunidades se forman mediante la convergencia de intereses, adentrándose en un proceso de democratización, poblando el ciberespacio y dando lugar al nacimiento de las primeras ciudades digitales. Estas urbes, poseen un entorno tridimensional y sus arquitecturas son creadas por sus propios

habitantes. Los mundos virtuales, mediante la desterritorialización, se desvinculan de una geografía concreta, dando lugar a una versión electrónica del nomadismo, y propagando la 'bitosfera' por todo el planeta. Dentro de los mundos virtuales destacamos el ejemplo de *AlphaWorld*, con una longevidad que supera dos décadas y que ha alcanzado una extensión de superficie construida que supera en tamaño el estado de California. Desde el punto de vista del urbanismo, la Ciudad Digital, sigue una morfología basada en la generación de patrones matemáticos, dado que el material constructivo que utiliza son bits representados por 0 y 1. En la actualidad, las ciudades construidas virtualmente afrontan los mismos problemas que la ciudad física, como el abandono de los edificios, migración de sus ciudadanos, generación de vacíos en núcleos urbanos virtuales y la obsolescencia de infraestructuras. Las Ciudades Digitales poseen también una economía virtual muy desarrollada, capaz de la creación de empleos con efecto en la vida 'real', y con un gran volumen de operaciones financieras.

Habitar por completo los mundos virtuales, está restringido por la fisicidad de nuestro cuerpo, pero en la sociedad actual la virtualidad se ha arraigado de una manera tan natural, que resultaría imposible prescindir de ella. La posible solución se presenta en la convergencia de la materialidad de la ciudad física y la virtualidad de la Ciudad Digital, abriendo paso al concepto de la Ciudad Aumentada. Esta mezcla entre lo físico y lo virtual permite concebir la ciudad de una manera dinámica, cambiante y personalizable, capaz de estructurarse en capas que se pueden constreñir o expandir en función de las necesidades de sus habitantes.

Los intentos de implantar las nuevas tecnologías a la ciudad física, se llevaron a cabo a través del concepto de la Ciudad Inteligente, con la idea de crear una ciudad auto-gestionable que pueda mejorar los distintos servicios que ofrecen las ciudades. Aunque pueden representar una gestión ecológica y económicamente sostenible, no contemplan la importancia del papel de la sociedad en la vitalidad de la ciudad.

La Ciudad Aumentada, mediante las capas digitales, suman a la ciudad física dimensiones adicionales, es capaz de incluir las relaciones sociales virtualizadas a la dinámica de la ciudad actual. Ahora, la ciudadanía puede formar parte de la creación y modificación de la ciudad. La sostenibilidad de la Ciudad Aumentada radica en incluir lo social, lo económico y lo político en la implantación del tejido urbano.

En la Ciudad Aumentada, un espacio físico puede adquirir distintas capas de información, llegando a transformar un lugar conocido, en un lugar completamente nuevo, renovando o cambiando los usos de los espacios urbanos de manera virtual. Las funciones de un entorno urbano, asignadas por el planeamiento central, se pueden cambiar a través de una intervención virtual, que puede ser llevada a cabo por los ciudadanos mismos, comprimiendo en un mismo espacio distintas funcionalidades que pueden variar en relación a la interacción tecnológica. Cada capa virtual puede contener una función urbana concreta, que puede asimismo renovarse, actualizarse, o incluso, borrarse, según la necesidad de la sociedad. La Ciudad Aumentada está completamente abierta a la participación ciudadana en el proceso de su construcción, utilizando como una herramienta básica los modelos de urbanismo surgidos recientemente como *Urbanismo participativo*, *Urbanismo P-2-P*, *Urbanismo Open Source* y otras variantes que incluyen a los ciudadanos en estos procesos. Estos

tipos de urbanismo también buscan nuevos usos de espacios urbanos para los que originalmente no fueron destinados, lo que se puede entender como ‘hackear la ciudad’, introduciendo la ‘ética hacker’ en el desarrollo del planteamiento urbano.

Para describir la relación de la ciudad con las capas virtuales en términos urbanistas, hemos adaptado la teoría de Kevin Lynch sobre la ‘legibilidad’ de la ciudad. Su teoría divide la ciudad en pautas coherentes organizadas según la percepción subjetiva, en busca de una imagen pública de la ciudad, compartida por la mayoría de sus habitantes. Aplicar esta teoría a la ‘capa de arte público’ nos permitió clasificar las obras e intervenciones artísticas que emplean las tecnologías de Realidad Aumentada en el entorno urbano. Cumpliendo con el objetivo específico de “realizar una clasificación de las obras y proyectos artísticos relacionados con los nuevos entornos urbanos generados por la mezcla entre lo físico y lo virtual”, hemos efectuado una clasificación en cinco categorías mediante un análisis de más de cuarenta obras de artistas relevantes como John Craig Freeman, Lily & Honglei, Mark Skwarek, Tamiko Thiel, Sander Venhoof y otros.

Esta clasificación se ha dividido en las siguientes categorías:

- ‘Sendas’ – recorridos que implican la necesidad del desplazamiento dentro del espacio físico, para poder contemplar la totalidad de la obra. Normalmente este tipo de obra se divide en función de una narrativa que se relaciona con lugares concretos elegidos por el artista.
- ‘Bordes’ - representados por barreras o límites que impiden la libre circulación, en este tipo de obra el artista evidencia los lugares fronterizos tanto existentes como históricos.
- ‘Barrios’ – las obras que encajan con esta característica, utilizan los elementos urbanos repetitivos, como el punto de conexión entre lo físico y lo virtual, pudiendo abarcar un área extensa. Genera una multiplicidad de ubicaciones para una misma obra, en este caso el emplazamiento de la obra viene condicionado por los elementos empleados.
- ‘Nodos’ – este tipo de obra no necesita de una ubicación predefinida, basándose en evidenciar un concepto o idea concreta, la ubicación física es elegida por los propios usuarios.
- ‘Mojones’ – las obras de este tipo tienen una estrecha relación con su ubicación geográfica única y no podrían entenderse fuera de contexto físico en cuál lo sitúa el artista.

Para satisfacer el objetivo general, “producción de obra artística empleando tecnologías de Realidad Aumentada que permita experimentar la hibridación de los entornos reales y virtuales”, hemos realizado cinco ensayos diferentes.

En el primer ensayo *Ciudad Paralela*, trabajamos con la creación de Espacios Urbanos Aumentados, con distintas funcionalidades. Subdividimos este proyecto en

tres aplicaciones independientes: *VISIONA(AR)Y CITY*, *RA_AGORA* y *ARQanoid*. En la primera de ellas, *VISIONA(AR)Y CITY*, generamos el Espacio Aumentado con propósitos educativos. El escenario físico elegido, donde hemos situado esta aplicación, encaja en un contexto educativo a la perfección, pues hemos ubicado los contenidos virtuales en el recinto de la UPV. La aplicación presenta de manera didáctica, las representaciones virtuales tridimensionales de proyectos arquitectónicos y urbanistas históricamente importantes, pero que nunca se llegaron a construir, facilitando a los futuros arquitectos el entendimiento de esta materia.

En la aplicación *RA_AGORA*, el Espacio Aumentado que se crea, se caracteriza como sonoro. Ubicado en la ágora de la UPV, este espacio se vincula con la arquitectura existente, añadiendo una capa virtual adicional a las fachadas de los edificios que conforman la plaza. Creamos diferentes ambientes sonoros interactivos, transformando la función del espacio físico, donde los usuarios pueden generar sus propias composiciones sonoras convirtiendo la arquitectura en un instrumento musical.

En la aplicación *ARQanoid*, la arquitectura existente también desempeña un papel fundamental, en este caso implementamos elementos virtuales en la fachada del edificio 4P. Transformamos el entorno circundante en un Espacio Aumentado Lúdico, introduciendo *arkanoid*, uno de los juegos clásicos de *Arcade* sobre el lienzo arquitectónico. Integrando las geometrías virtuales a la composición arquitectónica de la fachada construida e introduciendo la dinámica del juego a la tectónica inerte del propio edificio.

Con el segundo ensayo, *AreecycleNOID*, profundizamos en el concepto del Espacio aumentado Lúdico, añadiendo un mensaje ecologista, al emplear técnicas de gamificación. Buscamos la manera de alcanzar una mayor extensión geográfica y un mayor número de posibles usuarios. La solución la encontramos en el soporte físico que empleamos en la aplicación como marcador RA, que en este caso fue representado por el logotipo de los contenedores de reciclaje, situados y dispersos por las calles de la ciudad. Esta estrategia fomenta la toma de conciencia por parte de la ciudadanía en relación a la existencia de una red de reciclaje al usar la ubicación de puntos del mismo, a través del refuerzo positivo en forma de juego.

En el tercer ensayo *Robot & Robotnik*, utilizamos la mezcla de las tecnologías de electroencefalografía y Realidad Aumentada para crear una aplicación que podemos inscribir dentro del concepto de *Neuro-AR-Game*, donde planteamos un escenario hipotético que sugiere cuestiones acerca de la responsabilidad de la humanidad hacia sus inventos. En *Robot & Robotnik*, enfrentamos a la inteligencia artificial y la inteligencia humana a través de los personajes de juego, controlados por el usuario mediante la lectura de su actividad cerebral. Imágenes reales de fragmentos familiares de la ciudad son utilizadas como escenografías, reforzando la posible realidad de este escenario hipotético y situándola en un contexto físico conocido por los usuarios.

En el ensayo *AR_VR_Putney* presentamos un conjunto de proyectos desarrollados gradualmente tanto a nivel conceptual como técnico, *AR_VR_Putney 0.1*, *AR_VR_Putney 1.0* y *Putney Ponozky c.2*. Encontramos en esta etapa que el continuo real-virtual no contempla la posibilidad de que varios grados de virtualidad converjan

en un mismo espacio híbrido. Para resolver este caso especial, que rompe con el carácter lineal del continuo, introducimos el término *Realidad Extendida*. Este estadio que engloba la co-existencia de lo real, lo virtual y lo aumentado al unísono, tiene carácter circular. Estableciendo una relación de equilibrio e igual importancia de cada uno de sus componentes. Para completar estas instalaciones interactivas, utilizamos la *Realidad Extendida*, que en este caso combina en un mismo espacio físico los elementos característicos de la Realidad Aumentada, la Realidad Virtual y la composición sonora. Creamos un entorno lúdico con dinámicas del juego que implican distintas interacciones y tareas, construyendo un instrumento musical, cuyos componentes pertenecen a los entornos físicos, aumentados y virtuales, aunando todas estas dimensiones. Para ello los usuarios realizan derivas entre los entornos de la arquitectura sintética del mundo virtual y en los entornos arquitectónicos reales y físicos existentes. La interacción de los distintos usuarios converge en el mundo físico, generando una composición musical única.

En el último ensayo llamado *DanzAR*, exploramos las posibilidades de la Realidad Aumentada en el espacio escénico. Creamos espacios aumentados donde se fusionan la composición arquitectónica con la expresión corpórea de la danza contemporánea. En los dos actos que componen este ensayo, *Arquitecturas Maleables* y *Arquitecturas Vaciadas*, se generan escenografías virtuales en tiempo real. En el caso de *Arquitecturas Maleables*, utilizamos el paradigma de la ruptura de la cuarta pared, incluyendo la interacción del público, permitiendo que modifiquen la composición arquitectónica de los elementos virtuales que forman la escena, afectado la coreografía improvisada por los intérpretes. En *Arquitecturas Vaciadas*, son los mismos bailarines quienes modifican la escena, creando las composiciones arquitectónicas irrepetibles, en función de los movimientos de su cuerpo en el espacio escénico, rompiendo con la densidad de los elementos virtuales que desaparecen a su paso.

Para cumplir con el objetivo específico de “*demostrar el concepto de la Ciudad Aumentada mediante la experimentación práctica*” podemos resumir los resultados de los ensayos en una serie de pautas características de la Ciudad Aumentada:

- **La multiplicidad de una función específica extendida a un área de grandes dimensiones**, queda demostrada en el ensayo de *AREcycleNOID*, donde empleamos la técnica de ‘logo-hacking’, aprovechando un motivo urbano repetitivo, para extender el espacio aumentado lúdico a un territorio que supera los límites de la ciudad de Valencia.
- **La compresión de varias funcionalidades dentro de un mismo espacio físico**, se evidencia en el caso del ensayo *Ciudad Paralela*, donde concentramos los espacios aumentados educativos, lúdicos y sonoros sobre la misma geolocalización. Revelando la versatilidad de la Ciudad Aumentada capaz de satisfacer distintas necesidades sin realizar una intervención física en el espacio construido.
- **La modificación de las funciones de las arquitecturas concretas, añadiendo elementos virtuales**, queda patente en las aplicaciones *RA_AGORA*, donde

convertimos la fachada en un instrumento musical y *ARQanoid*, donde empleamos la fachada como un soporte para el juego. Así como en el caso de *DanzAR*, en donde la arquitectura del edificio se convierte en un macro-dispositivo de Realidad Aumentada.

- **La transformación de las formas de habitar**, ha alcanzado la dimensión arquitectónica más pequeña, modificando los espacios personales en relación a la virtualidad. Como en el caso de *Robot&Robotnik*, donde se inserta el espacio físico circundante en la escena virtual, o en el caso de *AR_VR_Putney 1.0*, donde los distintos grados de inmersión de lo virtual modifica la escala de la percepción espacial contenida en un espacio construido.

En los primeros ensayos *Ciudad Paralela* y *ARecycleNOID*, nos hemos familiarizado con las tecnologías más convencionales de Realidad Aumentada, utilizando los softwares *Vuforia* y *Metaio* en dispositivos móviles. Esta experimentación nos ha preparado para el cumplimiento del siguiente objetivo específico: “*implementar diversas combinaciones entre hardware y software para crear nuevas herramientas de expresión artísticas*”, que resumimos en los siguientes puntos:

- **Implementación de las funciones cerebrales dentro de la Realidad Aumentada**, condicionando el seguimiento RA y la interactividad con la lectura de EEG. En el ensayo *Robot & Robotnik*, utilizamos esta técnica mediante la combinación de los siguientes dispositivos: EEG (*NeuroSky MindWave*), HMD (*OculusRift2*) y la cámara de visión estereoscópica (*OVRvision*). Para conseguir el funcionamiento de estos dispositivos al unísono utilizamos varias librerías para *Unity3D* (*OculusRift2*, *Ovrvision*, *Aruco*, *MindWave*).
- **Interacción sincronizada entre lo real, lo virtual y lo aumentado, en tiempo real mediante la comunicación inalámbrica**. En el ensayo *AR_VR_Putney*, establecemos un sistema capaz de comunicarse con aplicaciones creadas por distinto software (*Vuforia*, *Max MSP*, *Unity3D*, *OSC*) que se ejecutan en diferentes sistemas operativos (*iOS*, *Windows*, *Android*) y en varios tipos de hardware (*PC*, *OculusRift2*, dispositivos móviles, router).
- **Adecuar la experiencia inmersiva de RA compartida a un espacio arquitectónico de grandes dimensiones**, donde el edificio se transforma en un dispositivo de RA que mantiene la interactividad. En el ensayo *DanzAR* combinamos la interacción del público con la percepción espacial del intérprete. Los elementos escenográficos virtuales pueden ser modificados por el público, cambiando la configuración de la escena, que es reflejada tanto en la vista de primera persona (intérprete) como la visión general desde el punto de vista del público. Para llegar a este resultado hemos incluido el seguimiento de color en RA utilizando el software *OpenCV* en conjunto con *KOAR*, *Unity3D*, *OSC* y *PureData*, empleando hardware *Raspberrypi3*, *PC*, dispositivos móviles, cámara web, router y un proyector de alta luminosidad.

La Ciudad Aumentada.

El punto de vista de la investigación realizada, abre varias líneas de creación y desarrollo del concepto de Realidad Aumentada. Nuestras futuras indagaciones e investigaciones se pueden nutrir de estos resultados, en el desempeño de la búsqueda de interfaces digitales y físicas que conducen a la comprensión de la naciente Ciudad Aumentada como un fenómeno evolutivo de las urbes actuales.

La Ciudad Aumentada evidencia la hibridación de los espacios urbanos actuales revelada a través de la tecnología de Realidad Aumentada, situándose al alcance de arquitectos, urbanistas, artistas, profesionales o aficionados, inquietos por los futuros caminos de la ciudad. La virtualidad, liberada del yugo de la gravedad o leyes de la física, pone en duda los razonamientos empleados hasta ahora en el diseño de las urbes. Los límites se difuminan cada vez más entre profesionales y aficionados, público y privado, virtual y real. El último límite a superar es el de nuestra imaginación, 'la ciudad se puede convertir en un lugar inédito, que será posible experimentar de múltiples formas, reafirmandose no como una infraestructura inerte, sino como lo que siempre ha sido, una arquitectura viviente.

Anexo 1.

Listado de publicaciones:

319

- Climent, R., Pilkington, M., & Mesarosova, A. (2016). Exploring Real, Virtual and Augmented Worlds Through “Putney”, an Extended Reality. *eContact!*, 17.4. Retrieved from http://econtact.ca/17_4/climent-et-al_putney.html
- Mesaros, P., Mesarosova, A., & Ferrer Hernández. (2016). Use of Augmented Reality and Gamification techniques in tourism. *e-Review of Tourism Research (eRTR)*, 13(1/2). <http://ertr.tamu.edu/volume-13-issue-12-s-special-issue-march-2016/volume-13-issue-12-march-2016-applied-research-notes-3/>
- Mesarosova, A., & Hernandez, M. F. (2015). Art Behind the Mind: Exploring New Art Forms by Implementation of the Electroencephalography. In *2015 International Conference on Cyberworlds (CW)* (pp. 259–266). <http://doi.org/10.1109/CW.2015.24>
- Mesarosova, A., & Ferrer Hernandez, M. (2015). Augmented Reality Game in the Hybrid Urban Environment. In G. Mura (Ed.), *Analyzing Art, Culture and Design in the Digital Age*. Hershey, PA: IGI Global. Doi:10.4018/978-1-4666-8679-3.ch008
- Mesarosova, A., & Climent, R. (2015). AR/VR_Putney 1.0. Interactive media composition as the language and grammar for Extended Realities. In *xCoAx 2015, Proceedings of the Third Conference on Computation, Communication, Aesthetics and X*. Glasgow, UK.
- Mesarosova, A., Hernandez, M. F., & Mesároš, P. (2014). Augmented reality as an educational tool of M-learning focused on architecture and urban planning. In *2014 IEEE 12th International Conference on Emerging eLearning Technologies and Applications (ICETA)* (pp. 325–330). <http://doi.org/10.1109/ICETA.2014.7107605>

- Mesarosova, A., & Hernandez, M. F. (2014). ARecycle NOID ARt Game: The Augmented Reality Game in Public Space. In *2014 International Conference on Cyberworlds (CW)* (pp. 421–424). <http://doi.org/10.1109/CW.2014.66>
- Mesaros, P., Mesarosova, A., & Hernandez, F. M. (2014). Augmented reality in architecture and design: case study of the district cabanyal in Valencia, Spain. In *International Multidisciplinary Scientific Conference on Social Sciences and Arts SGEM2014 Conference Proceedings* (Vol. 1, pp. 541–548). <http://doi.org/10.5593/sgemsocial2014/B41/S15.066>
- Bernat, M., Climent, R., Mesarosova, A., & Ferrer Hernandez, M. (2014). Interactive game-audio models:the Timbila of Mozambique. In *xCoAx 2014 Proceedings of the Second Conference on Computation Communication Aesthetics and X Porto, Portugal* (pp. 440–443). Porto, Portugal.
- Mesaros, P., Soltés, T., & Mesarosova, A. (2014). Augmented reality and reverse engineering as innovative approaches for planning and modelling the sustainable reconstruction of buildings. In *SGEM2014 Conference Proceedings* (Vol. 1, pp. 465–472). <http://doi.org/10.5593/SGEM2014/B21/S8.059>
- Mesarosova, A., Ferrer Hernandez, M., & Mesároš, P. (2013). Augmented reality as a part of architectural projects. *Ekonomika a Manažment Podniku / Economics and Business Management, Vol. 11*(1-2), 43–54.
- Mesarosova, A., Ferrer Hernandez, M., & Mesároš, P. (2013). Augmented reality as a part of integrated designing and modeling the parameters of construction projects. In *Multi-dimensional approaches supporting integrated design and management of construction projects : Proceedings of scientific papers.* (pp. 22–32). Košice: TUKE.
- Mesaros, P., Mesarosova, A., & Ferrer Hernandez, M. (2013). Augmented reality as a part of integrated designing and modeling the parameters of reconstruction projects. In *Integrated approaches to the design and management of buildings reconstruction: International university textbook* (pp. 25–35). Brussels, Belgium: EuroScientia vzw.
- Ferrer Hernandez, M., & Mesarosova, A. (2013). Realidad aumentada geolocalizada en Archivo Vivo Cabanyal. In *El Arte Necesario. Actas del I. Congreso de Investigadores en Arte.* Valencia, Spain: Sendema.

Bibliografía:

321

- 4gentlemen. (2011a). Great Firewall of China at Great Wall. Recuperado 26 de abril de 2017, a partir de <http://lilyhonglei.com/ar/>
- 4gentlemen. (2011b). Three Wise Monkeys: 'Hear no evil, see no evil, and speak no evil'. Recuperado 26 de abril de 2017, a partir de <http://lilyhonglei.com/ar/>
- Abouyahya, A., Fkihi, S. E., Thami, R. O. H., & Aboutajdine, D. (2016). Features extraction for facial expressions recognition. En *2016 5th International Conference on Multimedia Computing and Systems (ICMCS)* (pp. 46-49). <https://doi.org/10.1109/ICMCS.2016.7905642>
- Aguado, J. M. (2015). *Emerging Perspectives on the Mobile Content Evolution*. IGI Global.
- Anderson, C. (2014). *Makers: The New Industrial Revolution*. Crown Pub Inc.
- Appadurai, A. (1996). *Modernity At Large: Cultural Dimensions of Globalization* (1 edition). Minneapolis, Minn: University of Minnesota Press.
- Archigram (Group). (1999). *Archigram*. Princeton Architectural Press.
- Ardenne, P. (2006). *Un arte contextual: creación artística en medio urbano, en situación, de intervención, de participación* (Edición: 1). Murcia: Azarbe.
- Ascott, R. (1998a). Enactement and Emergence in the Dramaturgy of Artificial Life. En *Proceedings of the Sixth ACM International Conference on Multimedia: Technologies for Interactive Movies* (pp. 30–34). New York, NY, USA: ACM. <https://doi.org/10.1145/306774.306784>
- Ascott, R. (1998b). La arquitectura de la cibercepción. En C. Gianetti (Ed.), *Ars*

telemática: telecomunicación, internet y ciberespacio. Associació de Cultura Contemporània l'Angelot.

Aspera, A. L. G., & Hernández, G. C. (2011). La realidad virtual inmersiva en ambientes inteligentes de aprendizaje. Un caso en la educación superior. *Revista ICONO14. Revista científica de Comunicación y Tecnologías emergentes*, 9(2), 122-137. <https://doi.org/10.7195/ri14.v9i2.42>

Atwood, H. L., & MacKay, W. A. (1989). *Essentials of Neurophysiology*. Decker.

Auerbach, A. (2006). Interpreting urban screens. *First Monday*, 0(0). <https://doi.org/10.5210/fm.v0i0.1546>

August, B. (2011). 110stories. Recuperado 26 de abril de 2017, a partir de <http://www.110stories.com/>

Azuma, R., Bailiot, Y., Behringer, R., Feiner, S., Julier, S., & MacIntyre, B. (2001). Recent advances in augmented reality. *IEEE Computer Graphics and Applications*, 21(6), 34-47. <https://doi.org/10.1109/38.963459>

Azuma, R. T. (1997). A Survey of Augmented Reality. *Presence: Teleoper. Virtual Environ.*, 6(4), 355-385. <https://doi.org/10.1162/pres.1997.6.4.355>

Azuma, R. T., Hoff, B. R., Neely, H. E., III, Sarfaty, R., Daily, M. J., Bishop, G., Cannon, J. (1999). Making Augmented Reality Work Outdoors Requires Hybrid Tracking. En *Proceedings of the International Workshop on Augmented Reality : Placing Artificial Objects in Real Scenes: Placing Artificial Objects in Real Scenes* (pp. 219-224). Natick, MA, USA: A. K. Peters, Ltd. Recuperado a partir de <http://dl.acm.org/citation.cfm?id=322690.322709>

Barfield, W. (2015). *Cyber-Humans - Our Future with Machines*. Springer International Publishing Switzerland. Recuperado a partir de <http://www.springer.com/us/book/9783319250489>

Barfield, W., & Caudell, T. (2001). *Fundamentals of Wearable Computers and Augmented Reality*. CRC Press.

Barfield, W., & Furness, T. A. (1995). *Virtual Environments and Advanced Interface Design*. Oxford University Press, USA.

Barfield, W., Rosenberg, C., & Lotens, W. A. (1995). Augmented-Reality Displays. En W. Barfield & T. A. Furness (Eds.), *Virtual Environments and Advanced Interface Design* (1 edition, pp. 542-575). New York: Oxford University Press.

Basogain, X., Olabe, M., Espinosa, K., Rouèche, C., & Olabe, J.C. (2007). Realidad Aumentada en la Educación: Una tecnología emergente. En Conferencia Internacional de la Educación y de la Formación basada en las Tecnologías (Ed.). Presentado en Online Educa Madrid 2007: 7ª Conferencia Internacional de la Educación y la Formación basada en las Tecnologías, Madrid: ICEF.

- Baudel, T., & Beaudouin-Lafon, M. (1993). Charade: Remote Control of Objects Using Free-hand Gestures. *Commun. ACM*, 36(7), 28–35. <https://doi.org/10.1145/159544.159562>
- Beaudouin-Lafon, M. (1994). Beyond the Workstation: Mediaspaces and Augmented Reality. En *Proceedings of the Conference on People and Computers IX* (pp. 9–18). New York, NY, USA: Cambridge University Press. Recuperado a partir de <http://dl.acm.org/citation.cfm?id=211382.211384>
- Behringer, R., Park, J., & Sundareswaran, V. (2002). Model-based visual tracking for outdoor augmented reality applications. En *Proceedings. International Symposium on Mixed and Augmented Reality* (pp. 277-322). <https://doi.org/10.1109/ISMAR.2002.1115111>
- Beiguelman, G. (2006). For an aesthetics of transmission. *First Monday*, 0(0). <https://doi.org/10.5210/fm.v0i0.1553>
- Bentham, J. (1791). *Panopticon Or the Inspection House*.
- Bernat, M., Zango, M., & Van Dam, G. (2013). timbila.org A collaboration Project. Recuperado 28 de abril de 2017, a partir de <http://timbila.org/>
- Billinghurst, M. (1999). Shared Space: Collaborative Augmented Reality. En *ACM SIGGRAPH 99 Conference Abstracts and Applications* (p. 178–). New York, NY, USA: ACM. <https://doi.org/10.1145/311625.311982>
- Billinghurst, M., Clark, A., & Lee, G. (2015). A Survey of Augmented Reality. *Found. Trends Hum.-Comput. Interact.*, 8(2-3), 73–272. <https://doi.org/10.1561/11000000049>
- Billinghurst, M., & Kato, H. (2002). Collaborative Augmented Reality. *Commun. ACM*, 45(7), 64–70. <https://doi.org/10.1145/514236.514265>
- Billinghurst, M., Kato, H., & Poupyrev, I. (2001a). MagicBook: Transitioning Between Reality and Virtuality. En *CHI '01 Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems* (pp. 25–26). New York, NY, USA: ACM. <https://doi.org/10.1145/634067.634087>
- Billinghurst, M., Kato, H., & Poupyrev, I. (2001b). The MagicBook: a transitional AR interface. *Computers & Graphics*, 25(5), 745-753. [https://doi.org/10.1016/S0097-8493\(01\)00117-0](https://doi.org/10.1016/S0097-8493(01)00117-0)
- Billinghurst, M., Poupyrev, I., Kato, H., & May, R. (2000). Mixing realities in Shared Space: an augmented reality interface for collaborative computing. En *2000 IEEE International Conference on Multimedia and Expo. ICME2000. Proceedings. Latest Advances in the Fast Changing World of Multimedia (Cat. No.00TH8532)* (Vol. 3, pp. 1641-1644 vol.3). <https://doi.org/10.1109/ICME.2000.871085>

- Billinghamst, M., & Thomas, B. H. (2011). Mobile Collaborative Augmented Reality. En *Recent Trends of Mobile Collaborative Augmented Reality Systems* (pp. 1-19). Springer, New York, NY. Recuperado a partir de https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-1-4419-9845-3_1
- Bimber, O., Coriand, F., Kleppe, A., Bruns, E., Zollmann, S., & Langlotz, T. (2005). Superimposing pictorial artwork with projected imagery. *IEEE MultiMedia*, 12(1), 16-26. <https://doi.org/10.1109/MMUL.2005.9>
- Bimber, O., Frohlich, B., Schmalsteig, D., & Encarnacao, L. M. (2001). The Virtual Showcase. *IEEE Computer Graphics and Applications*, 21(6), 48-55. <https://doi.org/10.1109/38.963460>
- Bimber, O., & Raskar, R. (2005). *Spatial Augmented Reality: Merging Real and Virtual Worlds* (Edición: 1). A K Peters/CRC Press.
- Birbaumer, N., & Cohen, L. G. (2007). Brain-computer interfaces: communication and restoration of movement in paralysis. *The Journal of Physiology*, 579(Pt 3), 621-636. <https://doi.org/10.1113/jphysiol.2006.125633>
- Bittani, M. (2008). Game Art: (This is not) a Manifesto (this is) a Disclaimer. En *Gamescenes: Art in the Age of Videogames*. Milano: Johan & Levi.
- Bittani, M., & Quaranta, D. (2008). *Gamescenes: Art in the Age of Videogames*. Milano: Johan & Levi.
- Blast Theory. (2003). Can You See Me Now? Recuperado 28 de abril de 2017, a partir de <http://www.blasttheory.co.uk/projects/can-you-see-me-now/>
- Blundell, R. (2011). Making it Real: Developing Cosmosis1 The Cosmic Background Radiation Explorer App. *International Journal of Immersive Education*. Recuperado a partir de http://www.academia.edu/5579053/Making_it_Real_Developing_Cosmosis1_The_Cosmic_Background_Radiation_Explorer_App
- Borden, I. (2007). TACTICS FOR A PLAYFUL CITY. En D. Davidson (Ed.), *Space Time Play: Computer Games, Architecture and Urbanism - the Next Level* (Edición: 1). Basel; Boston: Birkhäuser.
- Bos, D. P.-O., Reuderink, B., Laar, B. van de, Gürkök, H., Mühl, C., Poel, M., ... Heylen, D. (2010). Brain-Computer Interfacing and Games. En D. S. Tan & A. Nijholt (Eds.), *Brain-Computer Interfaces* (pp. 149-178). Springer London. Recuperado a partir de http://link.springer.com/chapter/10.1007/978-1-84996-272-8_10
- Boucher, M. (2011). Virtual Dance and Motion-Capture. Recuperado 12 de marzo de 2017, a partir de <http://www.contempaesthetics.org/newvolume/pages/article.php?articleID=614>
- Bradley, K. (2015). Open-Source Urbanism: Creating, Multiplying and Managing Urban Commons. *FOOTPRINT*, 9(1), 91-107.

- Bredl, K., & Bösche, W. (2013). *Serious Games and Virtual Worlds in Education, Professional Development, and Healthcare*. Idea Group Inc (IGI).
- Brooks, F. P., Jr., Ouh-Young, M., Batter, J. J., & Jerome Kilpatrick, P. (1990). Project GROPEHaptic Displays for Scientific Visualization. En *Proceedings of the 17th Annual Conference on Computer Graphics and Interactive Techniques* (pp. 177–185). New York, NY, USA: ACM. <https://doi.org/10.1145/97879.97899>
- Bühlmann, V. (2006). Intelligent skin: Real virtual. *First Monday*, 0(0). <https://doi.org/10.5210/fm.v0i0.1554>
- Cabañes, E. (2013, abril 17). Audiogame 3.0: La realidad aumentada llega al audiojuego. Recuperado 28 de abril de 2017, a partir de <http://omniumgames.com/audiogame-3-0-la-realidad-aumentada-llega-al-audiojuego/>
- Cabriny, O. (2012, octubre 14). Totum Revolutum: Utópicos y Visionarios: La Arquitectura de Boullée, Ledoux y Lequeu (II). Recuperado 28 de abril de 2017, a partir de <http://olga-totumrevolutum.blogspot.com.es/2012/10/utopicos-y-visionarios-la-arquitectura.html>
- Cámara-Menoyo, C. (2014). Las iniciativas de participación ciudadana en el urbanismo. El urbanismo participativo, una nueva forma de entender la ciudad y la ciudadanía en la configuración de espacios públicos. *URBS: Revista de Estudios Urbanos y Ciencias Sociales*. Recuperado a partir de http://www.academia.edu/1532278/Las_iniciativas_de_participaci%C3%B3n_ciudadana_en_el_urbanismo._El_urbanismo_participativo_una_nueva_forma_de_entender_la_ciudad_y_la_ciudadan%C3%ADa_en_la_configuraci%C3%B3n_de_espacios_p%C3%ABlicos
- Carta, M. (2016). AUGMENTED CITY IS WHERE THE IDEAS HAVE SEX: URBANISM AS CONNECTION. En C. Nava (Ed.), *THE LABORATORY CITY: SUSTAINABLE RECYCLE AND KEY ENABLING TECHNOLOGIES* (1st edition). Canterano, Italia: Gioacchino Onorati editore S.r.l.
- Castells, M. (1995). *La ciudad informacional: tecnologías de la información, reestructuración económica y el proceso urbano-regional*. Alianza.
- Castronova, E., Cummings, J. J., Emigh, W., Fatten, M., Misher, N., Ross, T., & Ryan, W. (2007). WHAT IS A SYNTETIC WORLD? En D. Davidson (Ed.), *Space Time Play: Computer Games, Architecture and Urbanism - the Next Level* (Edición: 1). Basel; Boston: Birkhäuser.
- Caudell, T. P., & Mizell, D. W. (1992). Augmented reality: an application of heads-up display technology to manual manufacturing processes. En *Proceedings of the Twenty-Fifth Hawaii International Conference on System Sciences* (Vol. ii, pp. 659-669 vol.2). <https://doi.org/10.1109/HICSS.1992.183317>
- Cawood, S., & Fiala, M. (2007). *Augmented Reality: A Practical Guide*. Pragmatic Bookshelf.

- Cerf, V. G., & Kahn, R. E. (1974). A protocol for packet network interconnection. En *IEEE Trans. Comm. Tech.* (Vol. COM-22, pp. 627-641).
- Cindio, F. D., & Aurigi, A. (2008). *Augmented Urban Spaces: Articulating the Physical and Electronic City*. Routledge.
- Clair, J. S. (2011). *Project Arcade: Build Your Own Arcade Machine*. John Wiley and Sons.
- Climent, R. (2009). Ho- a Sonic Expedition to Viet nam. Recuperado 28 de abril de 2017, a partir de <http://game-audio.org/>
- Climent, R. (2016). Bass Clarinet: s.laag. Recuperado 28 de abril de 2017, a partir de <http://game-audio.org/>
- Climent, R., Bernat, M., & Manusamo&Bzika. (2014). INTERACTIVE GAME-AUDIO MODELS:THE TIMBILA OF MOZAMBIQUE. En *Proceedings of the Second Conference on Computation Communication Aesthetics and X* (pp. 440-443). Porto, Portugal. Recuperado a partir de <http://2014.xcoax.org/>
- Climent, R., Pilkington, M., & Mesárošová, A. (2016, marzo). Exploring Real, Virtual and Augmented Worlds Through «Putney», an Extended Reality. *CEC — eContact!*, 17.4. Recuperado a partir de http://econtact.ca/17_4/climent-et-al_putney.html
- Codeluppi, V. (2007). *La vetrinizzazione sociale: il processo di spettacolarizzazione degli individui e della società*. Bollati Boringhieri.
- Colombero, C., Hunsucker, A., Mo, P., & Rouse, M. (2014). Augmented Reality Theater Experience. En *ACM SIGGRAPH 2014 Posters* (p. 26:1–26:1). New York, NY, USA: ACM. <https://doi.org/10.1145/2614217.2614247>
- Cook, P. (1964). *Archigram: Zoom*. Archigram.
- Cooper, D. M. (2011). *User and Design Perspectives of Mobile Augmented Reality*. Ball State University.
- Corbusier, L. (2013). *The City of Tomorrow and Its Planning*. Courier Corporation.
- Coyne, R. (2001). *Technoromanticism: Digital Narrative, Holism and the Romance of the Real*. Cambridge, Mass.: Mit Press Ltd.
- Csikszentmihalyi, M. (2008). *Flow: The Psychology of Optimal Experience*. New York: P.S.
- Das, H., & Engineers, S. of P. I. (1994). *Telemanipulator and telepresence technologies: 31 October-1 November 1994, Boston, Massachusetts*. SPIE.
- Davidson, D. (2007). *Space Time Play: Computer Games, Architecture and Urbanism - the Next Level* (Edición: 1). Basel; Boston: Birkhäuser.

- De la Torre Cantero, J., Martín-Dorta, N., Saorín Pérez, J. L., Carbonell Carrera, C., & Contero González, M. (2013). Entorno de aprendizaje ubicuo con realidad aumentada y tabletas para estimular la comprensión del espacio tridimensional. *RED. Revista de Educación a Distancia*, 37. Recuperado a partir de <http://www.um.es/ead/red/37/>
- Deleuze, G. (1992). Postscript on the Societies of Control. *October*, 59, 3-7.
- Deleuze, G., & Guattari, F. (1987). *Thousand Plateaus: Capitalism and Schizophrenia*. University of Minnesota press Minneapolis London.
- Demos, J. N. (2005). *Getting Started with Neurofeedback*. New York: W. W. Norton & Company.
- Díaz, D., & Boj, C. (2008a). Hybrid Playground: Incorporating Videogame Tools and Strategies into Children's Playgrounds. *Artnodes. Revista de arte, ciencia y tecnología*, 8, 41-50.
- Díaz, D., & Boj, C. (2008b, marzo 29). Hybrid Playground - > CLARA BOJ + DIEGO DÍAZ. Recuperado 26 de abril de 2017, a partir de <http://www.lalalab.org/hybrid-playground/>
- DiSienna, D. (2011, noviembre 24). Hacia un Urbanismo Open Source. Recuperado 8 de noviembre de 2016, a partir de <http://urbanohumano.org/urbanismo-tactico/hacia-un-urbanismo-open-source/>
- EDICIONES PLAZAS.L. (2016). Las Naves juega con gafas de realidad aumentada y escenarios virtuales. Recuperado 11 de septiembre de 2016, a partir de <http://valenciaplaza.com/las-naves-juega-con-gafas-de-realidad-aumentada-y-escenarios-virtuales>
- Eduweb. (2011). MoonWalking: Explore the first Apollo moon landing on your iPhone or iPad with this augmented-reality app. Recuperado 28 de abril de 2017, a partir de <http://www.moon-walking.com/>
- eldiariocv. (2016). Un laboratorio de danza sobre el escenario. Recuperado 11 de septiembre de 2016, a partir de http://www.eldiario.es/cv/las_naves-cultural-danza_0_553294951.html
- Fahmi, W. S. (2006). The urban incubator: (De)constructive (re)presentation of heterotopian spatiality and virtual image(ries). *First Monday*, 0(0). <https://doi.org/10.5210/fm.v0i0.1548>
- Feng, Z., Xu, T., Lv, N., Tang, H., & Jiang, Y. (2015). Behavioral Model Tracking of Hand Gestures. En *2015 International Conference on Virtual Reality and Visualization (ICVRV)* (pp. 101-108). <https://doi.org/10.1109/ICVRV.2015.11>
- Fernández-Sora, A., Serrano-Tierz, A., Rojas-Sola, J. I., & Hernández-Díaz, D. (2011). DIBUJOS ANAGLÍFICOS: SU OPTIMIZACIÓN Y APLICACIÓN A

LA ENSEÑANZA TÉCNICA UNIVERSITARIA. *DYNA*, 78(167), 7-16.

- Ferrer Hernández, M. (2016). *Virtualidad geolocalizada, proyectos de Realidad Aumentada en el espacio público, propuestas experimentales*. Universitat Politècnica de València, Valencia.
- Ferrer Torregrosa, J. (2013). Libros AR-Books.com, Principios Básicos en Anatomía de la Pierna y el Pie. Recuperado 28 de abril de 2017, a partir de <http://www.ar-books.com/interior.php?contenido=libro.php&id=5>
- Ferri, A. J. (2007). *Willing Suspension of Disbelief: Poetic Faith in Film*. Lexington Books.
- Fiori, M., & Ribera-Fumaz, R. (2016). Smart Cities. Realidades y utopías de un nuevo imaginario urbano. *URBS. Revista de Estudios Urbanos y Ciencias Sociales*, 6(2), 9-12.
- Fishman, R. (1994). Megalopolis unbound. En P. Kasinitz (Ed.), *Metropolis: Center and Symbol of our Times*. London: Macmillan.
- 328
- Flanagan, M. (2007). THE SIMS. Suburban Utopia. En D. Davidson (Ed.), *Space Time Play: Computer Games, Architecture and Urbanism - the Next Level* (Edición: 1). Basel; Boston: Birkhäuser.
- Foucault, M. (1998). *Vigilar y Castigar. Nacimiento de la prisión*. México: Siglo XXI editores.
- Foxlin, E., Harrington, M., & Pfeifer, G. (1998). Constellation: A Wide-range Wireless Motion-tracking System for Augmented Reality and Virtual Set Applications. En *Proceedings of the 25th Annual Conference on Computer Graphics and Interactive Techniques* (pp. 371–378). New York, NY, USA: ACM. <https://doi.org/10.1145/280814.280937>
- Freeman, J. C. (2011, febrero 6). Peace Doors. Recuperado 26 de abril de 2017, a partir de <https://peacedoors.wordpress.com/peace-doors/>
- Freeman, J. C. (2012a). Border Memorial: Frontera de los Muertos. Recuperado 26 de abril de 2017, a partir de <https://johncraigfreeman.wordpress.com/border-memorial-frontera-de-los-muertos/>
- Freeman, J. C. (2012b, marzo 7). LACMA: Artists Respond. Recuperado 26 de abril de 2017, a partir de <https://johncraigfreeman.wordpress.com/lacma-artists-respond/>
- Freeman, J. C. (2013a, mayo 2). Hans RichtAR @ Hans Richter: Encounters, LACMA. Recuperado 26 de abril de 2017, a partir de <https://johncraigfreeman.wordpress.com/2013/05/02/hans-richtar-lacma/>
- Freeman, J. C. (2013b, agosto 12). School Shootings eMorial @ Manifest: AR. Recuperado 26 de abril de 2017, a partir de <https://johncraigfreeman.wordpress.com/>

com/2013/08/12/school-shootings-emoial-manifest-ar/

- Freeman, J. C. (2013c, septiembre 5). Flotsam & Jetsam, Hong Kong. Recuperado 26 de abril de 2017, a partir de <https://johncraigfreeman.wordpress.com/flotsam-jetsam-hong-kong/>
- Freeman, J. C. (2014, julio 26). EEG AR: Things We Have Lost. Recuperado 26 de abril de 2017, a partir de <https://johncraigfreeman.wordpress.com/lacma-art-technology/>
- Freeman, J. C., & Ulmer, G. L. (2014). Beyond the Virtual Public Square: Ubiquitous Computing and the New Politics of Well-Being. En V. Geroimenko (Ed.), *Augmented Reality Art: From an Emerging Technology to a Novel Creative Medium* (pp. 61-80). Springer.
- Freire, J. (2009). Urbanismo emergente: ciudad, tecnología e innovación social – Emerging urban planning: city, technology and social innovation. *Paisajes Domésticos / Domestic Landscapes*, 4, 18-27.
- Friedman, Y. (1979). *La arquitectura móvil: hacia una ciudad concebida por sus habitantes...* Poseidón.
- Friedman, Y. (2000). *Utopies réalisables*. éditions de l'éclat.
- Gabor, D. (1963). *Inventing the Future* (First printing edition). Secker & Warburg.
- Galloway, A. R. (2004). *Protocol: How Control Exists After Decentralization*. MIT Press.
- Garza Lau, A. (2013). Environmental Disturbances. Recuperado 26 de abril de 2017, a partir de <http://www.annigarzalau.com/anni-garza-lau--environmental-disturbances.html>
- Geroimenko, V. (2014). *Augmented Reality Art: From an Emerging Technology to a Novel Creative Medium*. Springer.
- Gesa, R. F. (2012). Combinando la realidad aumentada con las plataformas de e-learning adaptativas. *Enl@ce: revista Venezolana de Información, Tecnología y Conocimiento*, 9(2), 69-78.
- Giannetti, C., Ascott, R., & Associació de Cultura Contemporània l'Angelot. (1998). *Ars telematica: telecomunicación, Internet y ciberespacio*. Barcelona: Associació de Cultura Contemporània l'Angelot.
- Gibson, W. (1984). *Neuromancer*. New York: Ace Books.
- Giddens, A. (1991). *Modernity and Self-identity*. Polity Press.
- Giddens, A. (1994). Living in a post traditional society. En U. Beck & S. Lash (Eds.), *Reflexive Modernization: Politics, Tradition and Aesthetics in the Modern Social Order*. Stanford University Press.

- Gifreu, A. (2014). *Pioneros de la tecnología digital: Ideas visionarias del mundo tecnológico actual*. Editorial UOC.
- Goetz, A. (2011). Infiltr.AR Invades the White House and Pentagon. Recuperado 26 de abril de 2017, a partir de <https://www.layar.com/news/blog/2011/03/04/infiltrar-invades-the-white-house-and-pentagon/>
- Goldberg, D. H., Vogelstein, R. J., Socolinsky, D. A., & Wolff, L. B. (2011). Toward a Wearable, Neurally-Enhanced Augmented Reality System. En D. D. Schmorrow & C. M. Fidopiastis (Eds.), *Foundations of Augmented Cognition. Directing the Future* (pp. 493-499). Berlin: Springer. Recuperado a partir de <http://www.springer.com/la/book/9783642218514>
- Gregory, F. D., & Dai, L. (2015). Multisensory Information Processing for Enhanced Human-Machine Symbiosis. En *Human Interface and the Management of Information. Information and Knowledge Design* (pp. 354-365). Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-319-20612-7_34
- 330 Grimm, P., Haller, M., Paelke, V., Reinhold, S., Reimann, C., & Zauner, R. (2002). AMIRE - authoring mixed reality. En *The First IEEE International Workshop Augmented Reality Toolkit*, (p. 2 pp.-pp.). <https://doi.org/10.1109/ART.2002.1107008>
- Grubert, J., & Grasset, D. R. (2013). *Augmented Reality for Android Application Development*. Packt Publishing Ltd.
- Gu, Q., Noman, A. A., Aoyama, T., Takaki, T., & Ishii, I. (2013). A fast color tracking system with automatic exposure control. En *2013 IEEE International Conference on Information and Automation (ICIA)* (pp. 1302-1307). <https://doi.org/10.1109/ICInfA.2013.6720495>
- Guljajeva, V., Canet, M., & Mealla, S. (2013, junio 7). NeuroKnitting. Recuperado 26 de abril de 2017, a partir de <http://www.varvarag.info/neuroknitting/>
- Hainich, R. R., & Bimber, O. (2016). *Displays: Fundamentals & Applications, Second Edition*. CRC Press.
- Hampshire, Stuart. (1982). *Spinoza*.
- Hansen, M. B. N. (2012). *Bodies in Code: Interfaces with Digital Media*. Routledge.
- Heilig, M. L. (1962, agosto 28). Sensorama Patent. New York, NY. Recuperado a partir de <http://www.mortonheilig.com/>
- Henrysson, A., Billinghurst, M., & Ollila, M. (2005). Virtual Object Manipulation Using a Mobile Phone. En *Proceedings of the 2005 International Conference on Augmented Tele-existence* (pp. 164-171). New York, NY, USA: ACM. <https://doi.org/10.1145/1152399.1152430>
- Henrysson, A., Ollila, M., & Billinghurst, M. (2005). Mobile Phone Based AR Scene

- Assembly. En *Proceedings of the 4th International Conference on Mobile and Ubiquitous Multimedia* (pp. 95–102). New York, NY, USA: ACM. <https://doi.org/10.1145/1149488.1149504>
- Hernández Gómez, C. A. (2011). *Ra en dispositivos móviles para despliegue de redes wlan: el concepto de la realidad aumentada aplicado al mundo de las TIC, específicamente en el diseño de redes WLAN*. Saarbrücken: Académica Española.
- Herring, S. C. (1996). *Computer-Mediated Communication: Linguistic, social, and cross-cultural perspectives*. John Benjamins Publishing.
- Hiltz, S. R. (1985). *Online Communities: A Case Study of the Office of the Future*. Intellect Books.
- Hiltz, S. R., & Wellman, B. (1997). Asynchronous Learning Networks As a Virtual Classroom. *Commun. ACM*, 40(9), 44–49. <https://doi.org/10.1145/260750.260764>
- Hjelm, S. I. (2003). The Making of Brainball. *Interactions*, 10, 26-34.
- Huizinga, J. (1971). *Homo Ludens: A Study of the Play-Element in Culture*. Boston: Beacon Press.
- Ijsselsteijn, W., & Riva, G. (2003). Being There: The experience of presence in mediated environments. En G. Riva, F. Davide, & W. Ijsselsteijn (Eds.), *Being there: concepts, effects and measurements of user presence in synthetic environments* (pp. 3-16). IOS Press. Recuperado a partir de http://books.google.de/books?id=gRjC2IWJ_qYC&hl=en
- Jakobsson, M. (2007). Environment Design in Active Worlds ans EverQuest. En D. Davidson (Ed.), *Space Time Play: Computer Games, Architecture and Urbanism - the Next Level* (Edición: 1). Basel; Boston: Birkhäuser.
- Jin, G. (2007). CHINESE GOLD FARMERS Immigrant Workers in the Game Land. En D. Davidson (Ed.), *Space Time Play: Computer Games, Architecture and Urbanism - the Next Level* (Edición: 1). Basel; Boston: Birkhäuser.
- Johansson, T. D. (2007). SUPERCITY Visualizing Values in a Virtual World. En D. Davidson (Ed.), *Space Time Play: Computer Games, Architecture and Urbanism - the Next Level* (Edición: 1). Basel; Boston: Birkhäuser.
- Johnson, L., Smith, R., Willis, H., Levine, A., & Haywood, K. (2011). *The 2011 Horizon Report*. Austin, Texas: The New Media Consortium.
- Johnston, S. (2006). *Holographic Visions: A History of New Science*. OUP Oxford.
- Jurgenson, N. (2011, febrero 24). Digital Dualism versus Augmented Reality. Recuperado 27 de abril de 2017, a partir de <https://thesocietypages.org/cyborgology/2011/02/24/digital-dualism-versus-augmented-reality/>

- Jurgenson, N. (2012). When Atoms Meet Bits: Social Media, the Mobile Web and Augmented Revolution. *Future Internet*, 4(1), 83-91. <https://doi.org/10.3390/fi4010083>
- Juul, J. (2011). *Half-Real: Video Games Between Real Rules and Fictional Worlds*. MIT Press.
- Kamaraj, M., & Balakrishnan. (2013). An improved motion detection and tracking of active blob for video surveillance. En *2013 Fourth International Conference on Computing, Communications and Networking Technologies (ICCCNT)* (pp. 1-7). <https://doi.org/10.1109/ICCCNT.2013.6726520>
- Kaplan, A. M. (2010). Users of the world, unite! The challenges and opportunities of Social Media. *Business Horizons*, 53, 59—68. <https://doi.org/10.1016/j.bushor.2009.09.003>
- Karlsson, N., Li, G., Genc, Y., Huenerfauth, A., & Bononno, E. (2012). iAR: An Exploratory Augmented Reality System for Mobile Devices. En *Proceedings of the 18th ACM Symposium on Virtual Reality Software and Technology* (pp. 33–40). New York, NY, USA: ACM. <https://doi.org/10.1145/2407336.2407343>
- Kato, H., & Billinghurst, M. (1999). Marker tracking and HMD calibration for a video-based augmented reality conferencing system. En *2nd IEEE and ACM International Workshop on Augmented Reality, 1999. (IWAR '99) Proceedings* (pp. 85-94). <https://doi.org/10.1109/IWAR.1999.803809>
- Kent, S. L. (2010). *The Ultimate History of Video Games: from Pong to Pokemon and beyond...the story behind the craze that touched our lives and changed the world*. Crown/Archetype.
- Kerlow, I. V. (2004). *The Art of 3D: Computer Animation and Effects*. John Wiley & Sons.
- Keshner, E. A., & Kenyon, R. V. (2009). Postural and spatial orientation driven by virtual reality. *Studies in Health Technology and Informatics*, 145, 209-228.
- King, L. (2008). *Game on: The History and Culture of Video Games*. Laurence King Pub.
- King, L., & Zimmermann, E. (Eds.). (2008). Do Independent Games Exist? En *Game on: The History and Culture of Video Games* (pp. 120–129). Laurence King Pub.
- Kipper, G., & Rampolla, J. (2012). *Augmented Reality : An Emerging Technologies Guide to AR*. Saint Louis, US: Syngress. Recuperado a partir de <http://site.ebrary.com/lib/alltitles/docDetail.action?docID=10626276>
- Klein, G., & Drummond, T. (2003). Robust Visual Tracking for Non-Instrumented Augmented Reality. En *Proceedings of the 2Nd IEEE/ACM International*

- Symposium on Mixed and Augmented Reality* (p. 113–). Washington, DC, USA: IEEE Computer Society. Recuperado a partir de <http://dl.acm.org/citation.cfm?id=946248.946805>
- Klein, G., & Murray, D. (2007). Parallel Tracking and Mapping for Small AR Workspaces. En *2007 6th IEEE and ACM International Symposium on Mixed and Augmented Reality* (pp. 225-234). <https://doi.org/10.1109/ISMAR.2007.4538852>
- Kleinrock, L. (1996). Nomadicity: Anytime, Anywhere in a Disconnected World. *Mob. Netw. Appl.*, 1(4), 351–357.
- Kober, S. E., Kurzmann, J., & Neuper, C. (2012). Cortical correlate of spatial presence in 2D and 3D interactive virtual reality: an EEG study. *International Journal of Psychophysiology: Official Journal of the International Organization of Psychophysiology*, 83(3), 365-374. <https://doi.org/10.1016/j.ijpsycho.2011.12.003>
- Kohl, M. (2016). Estereoscopio de Wheatstone. *Werkstätten für Präzisionsmechanik und Elektrotechnik*. Recuperado a partir de <http://hdl.handle.net/10915/51674>
- Koolhaas, R. (2006). *La ciudad genérica*. (J. S. Avia, Trad.) (Edición: 1). Barcelona: Editorial Gustavo Gili, S.L.
- Krivý, M., & Kaminer, T. (2013). Introduction: The Participatory Turn in Urbanism. *FOOTPRINT*, 7(2), 1-6.
- Krueger, M. K. (1991). *Artificial Reality 2* (2 edition). Reading, Mass: Addison-Wesley Professional.
- Kwinter, S. (2002). *Architectures of Time: Toward a Theory of the Event in Modernist Culture*. MIT Press.
- Langer, S. K. K. (1953). *Feeling and form: a theory of art* Scribner.
- Lash, S. (2002). *Critique of Information*. SAGE.
- Leigh, J., & Johnson, A. E. (1996). Supporting transcontinental collaborative work in persistent virtual environments. *IEEE Computer Graphics and Applications*, 16(4), 47-51. <https://doi.org/10.1109/38.511853>
- Leiner, B. M., Cerf, V. G., Clark, D. D., Kahn, R. E., Kleinrock, L., Lynch, D. C., ... Wolff, S. (2009). A Brief History of the Internet. *SIGCOMM Comput. Commun. Rev.*, 39(5), 22–31. <https://doi.org/10.1145/1629607.1629613>
- Lerner, L. R. (1997). *Canadian Film and Video: A Bibliography and Guide to the Literature*. University of Toronto Press.
- Les liens invisibles. (2011a). Monument to the Invisible Pink Unicorn. Recuperado 26 de abril de 2017, a partir de <http://www.lesliensinvisibles.org/2011/04/>

monumento-to-the-invisible-pink-unicorn/

Les liens invisibles. (2011b, abril 23). The Invisible Pink Unicorn: Art overtakes Faith in imagination. Recuperado 26 de abril de 2017, a partir de <http://www.lesliensinvisibles.org/2011/04/the-invisible-pink-unicorn-art-overtakes-faith-in-imagination/>

Lester, P. M. (2006). Urban Screens: the beginning of a universal visual culture. *First Monday*. <https://doi.org/10.5210/fm.v0i0.1543>

Levante-EMV. (2016). El laboratorio de Las Naves aumenta la realidad artística de la escena valenciana. Recuperado 11 de septiembre de 2016, a partir de <http://www.levante-emv.com/cultura/2016/08/27/laboratorio-naves-aumenta-realidad-artistica/1460025.html>

Lévy, P. (1999). *¿Qué es lo virtual?* Paidós Iberica.

Levy, S. (1994). *HACKERS Heroes of the Computer Revolution*. New York: Dell Publishing a division of Bantam Doubleday Dell Publishing Group, Inc.

Li, J., Slembrouck, M., Deboeverie, F., Bernardos, A. M., Besada, J. A., Veelaert, P., ... Casar, J. R. (2015). A Hybrid Pose Tracking Approach for Handheld Augmented Reality. En *Proceedings of the 9th International Conference on Distributed Smart Cameras* (pp. 7–12). New York, NY, USA: ACM. <https://doi.org/10.1145/2789116.2789128>

Li, P., Liu, M., & Guo, L. (2015). Camera security network design and realization based on PCA facial recognition algorithms. En *2015 International Conference on Control, Instrumentation, Communication and Computational Technologies (ICCICCT)* (pp. 727-730). <https://doi.org/10.1109/ICCICCT.2015.7475375>

Liarokapis, F., Debattista, K., Vourvopoulos, A., Petridis, P., & Ene, A. (2014). Comparing interaction techniques for serious games through brain-computer interfaces: a user perception evaluation study [Contribution to journal]. Recuperado 27 de abril de 2017, a partir de [https://research.aston.ac.uk/portal/en/researchoutput/comparing-interaction-techniques-for-serious-games-through-braincomputer-interfaces\(ac0aaef6-f479-4706-8a89-81e4b26c0111\)/export.html](https://research.aston.ac.uk/portal/en/researchoutput/comparing-interaction-techniques-for-serious-games-through-braincomputer-interfaces(ac0aaef6-f479-4706-8a89-81e4b26c0111)/export.html)

Lily, & Honglei. (2009). Butterfly Lovers at Times Square. Recuperado 26 de abril de 2017, a partir de <http://lilyhonglei.com/ar/>

Lily, & Honglei. (2011a). Crystal Coffin - Virtual China Pavilion at Giardini, 54th. Venice Biennale. Recuperado 26 de abril de 2017, a partir de <http://lilyhonglei.com/ar/>

Lily, & Honglei. (2011b). Southeast Flies the Peacock at Chinatown, Los Angeles. Recuperado 26 de abril de 2017, a partir de <http://lilyhonglei.com/ar/>

- Lily, & Honglei. (2014). Shadow Play: Tales of Urbanization of China. Recuperado 26 de abril de 2017, a partir de <http://lilyhonglei.com/ar/>
- Linturi, R., Koivunen, M.-R., & Sulkanen, J. (2000). Helsinki Arena 2000 - Augmenting a Real City to a Virtual One. Recuperado 13 de septiembre de 2016, a partir de <http://www.linturi.fi/HelsinkiArena2000/>
- Liu, Y., Sourina, O., & Hou, X. (2014). Neurofeedback Games to Improve Cognitive Abilities. En *Proceedings of the 2014 International Conference on Cyberworlds* (pp. 161–168). Washington, DC, USA: IEEE Computer Society. <https://doi.org/10.1109/CW.2014.30>
- Lodi, S. (2013). Spatial Art: An Eruption of the Digital into the Physical + Interview. *Leonardo Electronic Almanac*, 19(2). Recuperado a partir de <http://www.leoalmanac.org/vol19-no2-spatial-art/>
- Lodi, S. (2014). Spatial Narratives in Art. En V. Geroimenko (Ed.), *Augmented Reality Art: From an Emerging Technology to a Novel Creative Medium*. Springer.
- Lukosch, S., Billingham, M., Alem, L., & Kiyokawa, K. (2015). Collaboration in Augmented Reality. *Computer Supported Cooperative Work (CSCW)*, 24(6), 515-525. <https://doi.org/10.1007/s10606-015-9239-0>
- Lynch, K. (1959). *La Imagen de la Ciudad*. Buenos Aires: Infinito.
- Maidi, M., Ababsa, F., Mallem, M., & Preda, M. (2015). Hybrid tracking system for robust fiducials registration in augmented reality. *Signal, Image and Video Processing*, 9(4), 831-849. <https://doi.org/10.1007/s11760-013-0508-4>
- Malaby, T. M. (2009). *These Great Urbanist Games: New Babylon and Second Life* (SSRN Scholarly Paper No. ID 1333103). Rochester, NY: Social Science Research Network. Recuperado a partir de <http://papers.ssrn.com/abstract=1333103>
- Manning, E. (2012). *Relationscapes: Movement, Art, Philosophy* (Reprint edition). Cambridge, Mass.: The MIT Press.
- Manovich, L. (2001). *The Language of New Media*. MIT Press.
- Manovich, L. (2006a). The poetics of augmented space. *Visual Communication*, 5(2), 219-240. <https://doi.org/10.1177/1470357206065527>
- Manovich, L. (2006b). The poetics of urban media surfaces. *First Monday*. <https://doi.org/10.5210/fm.v0i0.1545>
- Manovich, L. (2007). THE POETICS OF AUGMENTED SPACE The art of Our Time. En D. Davidson (Ed.), *Space Time Play: Computer Games, Architecture and Urbanism - the Next Level* (Edición: 1). Basel; Boston: Birkhäuser.

La Ciudad Aumentada.

Marchand, P. (1998). *Marshall McLuhan: The Medium and the Messenger : a Biography*. MIT Press.

Margolis, T. (2011, octubre 7). Money Grab. Recuperado 26 de abril de 2017, a partir de <http://toddmargolis.net/>

Marner, M. R., Haren, S., Gardiner, M., & Thomas, B. H. (2012). Exploring interactivity and augmented reality in theater: A case study of Half Real. En *2012 IEEE International Symposium on Mixed and Augmented Reality - Arts, Media, and Humanities (ISMAR-AMH)* (pp. 81-86). <https://doi.org/10.1109/ISMAR-AMH.2012.6483993>

McCormick, J. (2014a). Emergence : Recognition. Deakin Motion Lab. Recuperado 28 de abril de 2017, a partir de <http://www.johnmccormick.info/recognition-performance/>

McCormick, J. (2014b). Grevillea Crystalis Incarnadine .Deakin Motion Lab. Recuperado 28 de abril de 2017, a partir de <http://www.johnmccormick.info/grevillea-crystalis-incarnadine-performance/>

336

McGarrigle, C. (2010a, 2012). NAMALand. Recuperado 26 de abril de 2017, a partir de <http://www.conormcgarrigle.com/namaland.html>

McGarrigle, C. (2010b). Semacode City. Recuperado 26 de abril de 2017, a partir de <http://www.conormcgarrigle.com/semacode.htm>

McGarrigle, C. (2011). Walking Stories. Recuperado 26 de abril de 2017, a partir de http://www.conormcgarrigle.com/walking_stories.html

McGarrigle, C. (2014). Augmented Interventions: Re-defining Urban Interventions with AR and Open Data. En V. Geroimenko (Ed.), *Augmented Reality Art: From an Emerging Technology to a Novel Creative Medium* (pp. 81-98). Springer.

McGonigal, J. (2011). *Reality Is Broken: Why Games Make Us Better and How They Can Change the World*. Penguin.

McLuhan, M. (1964). *Understanding media: the extensions of man*. McGraw-Hill.

McLuhan, M., & Powers, B. R. (1990). *La aldea global: transformaciones en la vida y los medios de comunicación mundiales en el siglo XXI*. Gedisa.

McQuire, S. (2006). The politics of public space in the media city. *First Monday*, 0(0). <https://doi.org/10.5210/fm.v0i0.1544>

McQuire, S. (2008). *The Media City: Media, Architecture and Urban Space*. Los Angeles, Calif: SAGE Publications Ltd.

Mealla, S., Vääljamäe, A., Bosi, M., & Jordà, S. (2011). Listening to Your Brain : Implicit Interaction in Collaborative Music Performances. En *Proceedings of the International Conference on New Interfaces for Musical Expression*. Oslo,

Norway.

- Mercier-Ganady, J., Lotte, F., Loup-Escande, E., Marchal, M., & Lécuyer, A. (2014). The Mind-Mirror: See Your Brain in Action in Your Head Using EEG and Augmented Reality. Presentado en IEEE Virtual Reality (VR), IEEE. Recuperado a partir de <https://hal.inria.fr/hal-01052681/document>
- Mésárošová, A., & Climent, R. (2015). AR/VR_Putney 1.0 Interactive media composition as the language and grammar for Extended Realities. En *xCoAx 2015: Proceedings of the Third Conference on Computation, Communication, Aesthetics and X*. Glasgow, UK. Recuperado a partir de <http://2015.xcoax.org/>
- Mesarosova, A., & Hernandez, M. F. (2014). ARecycle NOID ARt Game: The Augmented Reality Game in Public Space. En *2014 International Conference on Cyberworlds* (pp. 421-424). <https://doi.org/10.1109/CW.2014.66>
- Mésárošová, A., & Hernández, M. F. (2015). Art Behind the Mind: Exploring New Art Forms by Implementation of the Electroencephalography. En *2015 International Conference on Cyberworlds (CW)* (pp. 259-266). <https://doi.org/10.1109/CW.2015.24>
- Mésárošová, A., & Hernández, M. F. (2015). Augmented Reality Game in the Hybrid Urban Environment. En G. Mura (Ed.), *Analyzing Art, Culture, and Design in the Digital Age* (pp. 79-90). IGI Global. Recuperado a partir de <http://www.igi-global.com/chapter/augmented-reality-game-in-the-hybrid-urban-environment/138531>
- Mésárošová, A., Hernandez, M. F., & Mesároš, P. (2014). Augmented reality as an educational tool of M-learning focused on architecture and urban planning. En *2014 IEEE 12th IEEE International Conference on Emerging eLearning Technologies and Applications (ICETA)* (pp. 325-330). <https://doi.org/10.1109/ICETA.2014.7107605>
- Milgram, P., Takemura, H., Utsumi, A., & Kishino, F. (1994a). Augmented Reality: A class of displays on the reality-virtuality continuum. En *Telem manipulator and telepresence technologies: (Vol. 2351)*. Boston, Massachusetts: SPIE.
- Milgram, P., Takemura, H., Utsumi, A., & Kishino, F. (1994b). Augmented Reality: A Class of Displays on the Reality-Virtuality Continuum (pp. 282-292).
- Minsky, R. (2007). The Art World market of Second Life. Presentado en Second Life Community Conference, Chicago.
- MIT Teacher Educational Program. (2003). Environmental Detectives. Recuperado 28 de abril de 2017, a partir de <http://web.mit.edu/mitstep/ar/ed.html>
- Mitchell, W. J. (1996). *City of Bits: Space, Place, and the Infobahn* (Edición: Revised ed.). The MIT Press.

- Mitchell, W. J. (2001). *E-topía.: Vida urbana, Jim, pero no la que nosotros conocemos*. Barcelona: Editorial Gustavo Gili, S.L.
- Mitchell, W. J. (2004). *Me++: The Cyborg Self and the Networked City* (Edición: New Ed). Cambridge, Mass.: Mit Pr.
- Morgan, E., Gunes, H., & Bryan-Kinns, N. (2015). Using Affective and Behavioural Sensors to Explore Aspects of Collaborative Music Making. *Int. J. Hum.-Comput. Stud.*, 82(C), 31–47. <https://doi.org/10.1016/j.ijhcs.2015.05.002>
- Mühl, C., Gürkök, H., Bos, D. P.-O., Thurlings, M. E., Scherffig, L., Duvinage, M., ... Heylen, D. (2010). Bacteria Hunt. *Journal on Multimodal User Interfaces*, 4(1), 11-25. <https://doi.org/10.1007/s12193-010-0046-0>
- Mumford, L. (1973). *The City in History*. Harmondsworth: Penguin.
- Mumford, L. (1979). *La ciudad en la historia: sus orígenes, transformaciones y perspectivas*. Ediciones Infinito.
- 338 Muniz, J., Albert M., & O'Guinn, T. C. (2001). Brand Community. *Journal of Consumer Research*, 27(4), 412-432. <https://doi.org/10.1086/319618>
- Mura, G. (2015). *Analyzing Art, Culture, and Design in the Digital Age*. IGI Global.
- Murray, J. H. (1998). *Hamlet on the Holodeck: The Future of Narrative in Cyberspace*. Cambridge, Mass: MIT Press.
- Murthy, R. (2006). Story space: A theoretical grounding for the new urban annotation. *First Monday*, 0(0). <https://doi.org/10.5210/fm.v0i0.1547>
- Myers, D. (2005). The aesthetics of the anti-aesthetics. En *Aesthetics of Play: Online Proceedings*. Bergen, Norway. Recuperado a partir de <http://www.aestheticsofplay.org/myers.php>
- Naimark, L., & Foxlin, E. (2002). Circular data matrix fiducial system and robust image processing for a wearable vision-inertial self-tracker. En *Mixed and Augmented Reality, 2002. ISMAR 2002. Proceedings. International Symposium on* (pp. 27–36). IEEE. Recuperado a partir de <http://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/1115065/>
- Negroponte, N. (1999). *El mundo digital. El futuro que ya ha llegado*. Barcelona: B. Edición especial para TICAP.
- Neumann, U., & Majoros, A. (1998). Cognitive, performance, and systems issues for augmented reality applications in manufacturing and maintenance. En *Proceedings. IEEE 1998 Virtual Reality Annual International Symposium (Cat. No.98CB36180)* (pp. 4-11). <https://doi.org/10.1109/VRAIS.1998.658416>
- Nevárez, J. (2006). Art and social displays in the branding of the city: Token screens or opportunities for difference? *First Monday*, 0(0). <https://doi.org/10.5210/>

fm.v0i0.1551

- Newell, P. (2017). *Recording Studio Design*. Taylor & Francis.
- Niantic Inc. (2012). Ingress. Recuperado 28 de abril de 2017, a partir de <https://www.ingress.com/>
- Niantic Inc. (2016). Pokémon GO. Recuperado 28 de abril de 2017, a partir de <http://pokemongolive.com/es/>
- Niedenthal, S. (2009). What We Talk About When We Talk About Game Aesthetics. En *DiGRA '09 - Proceedings of the 2009 DiGRA International Conference: Breaking New Ground: Innovation in Games, Play, Practice and Theory* (Vol. 5). Brunel University. Recuperado a partir de <http://www.digra.org/wp-content/uploads/digital-library/09287.17350.pdf>
- Niedermeyer, E., & Silva, F. H. L. da. (2005). *Electroencephalography: Basic Principles, Clinical Applications, and Related Fields*. Lippincott Williams & Wilkins.
- Nijholt, A., Plass-Oude Bos, D., & Reuderink, B. (2009). Turning shortcomings into challenges: Brain–computer interfaces for games. *Entertainment Computing, 1*, 85–94. <https://doi.org/10.1016/j.entcom.2009.09.007>
- Norberg-Schulz, C. (1980). *Genius Loci: Towards a Phenomenology of Architecture* (Edición: New edition). New York: Rizzoli International Publications.
- Nowotny, H. (2015). *Time: The Modern and Postmodern Experience*. John Wiley & Sons.
- Oliver, J., Stewart, D., & Castro, A. (2008). The Artvertiser. Recuperado 26 de abril de 2017, a partir de <http://theartvertiser.com/>
- Pachler, N., Bachmair, B., & Cook, J. (2010). *Mobile Learning - Structures, Agency, Practices*. (G. Kress, Ed.). New York: Springer. Recuperado a partir de <http://www.springer.com/la/book/9781441905840>
- Pandolfini, E. (2012). Architettura e spazio urbano. En *Communication strategies lab* (Ed.), *Realtà aumentate: Esperienze, strategie e contenuti per l'Augmented Reality* (Communication strategies lab). Apogeo Editore.
- Paolis, L. T. D., & Mongelli, A. (2016). *Augmented Reality, Virtual Reality, and Computer Graphics: Third International Conference, AVR 2016, Lecce, Italy, June 15-18, 2016. Proceedings*. Springer.
- Pappenheimer, W., & Brady, Z. (2013). Sky Petition City. Recuperado 26 de abril de 2017, a partir de http://www.willpap-projects.com/Docus/Projects_List/MainProjectsFrameset.html
- Park, L. (2013). Eunoia. Recuperado 26 de abril de 2017, a partir de <http://www.>

thelisapark.com/

Park, L. (2014). Eunoia II. Recuperado 26 de abril de 2017, a partir de <http://www.thelisapark.com/>

Peddie, J. (2017). *Augmented Reality: Where We Will All Live*. Springer.

Pérez, C., Carlos, J., García, C., Manuel, F., Monsalve Piqueras, B., Velasco Collado, A., ... Pérez Martín, J. (2011). *Gamificación y docencia: lo que la universidad tiene que aprender de los videojuegos*. Universidad Europea de Madrid. Recuperado a partir de <http://abacus.universidadeuropea.es/handle/11268/1750>

Peréz de Lama, J. (2007). Espacio público y flujos electrónicos. Acerca de ciertos recursos urbanos intangibles. *Neutra Revista Ciudad ReRecursos y potenciales*, 15, 52-57.

Peréz de Lama, J. (2009). Arquitectura FLOS [Free / Libre Open Source Architecture] Del DIY [Do It Yourself] al DIWO [Do It With Others].

Pérez de Lama Halcón, J. (2006). *Devenires ciborg: arquitectura, urbanismo y redes de comunicación*. Universidad de Sevilla.

Petkova, V. I., & Ehrsson, H. H. (2008). If I Were You: Perceptual Illusion of Body Swapping. *PLOS ONE*, 3(12), e3832. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0003832>

Pineda, J. A., Silverman, D. S., Vankov, A., & Hestenes, J. (2003). Learning to control brain rhythms: making a brain-computer interface possible. *IEEE Transactions on Neural Systems and Rehabilitation Engineering*, 11(2), 181-184. <https://doi.org/10.1109/TNSRE.2003.814445>

Polvi, J., Taketomi, T., Yamamoto, G., Dey, A., Sandor, C., & Kato, H. (2016). SlidAR: A 3D positioning method for SLAM-based handheld augmented reality. *Computers & Graphics*, 55, 33-43. <https://doi.org/10.1016/j.cag.2015.10.013>

Portales, C., Vinals, M. J., Alonso-Monasterio, P., & Morant, M. (2010). AR-Immersive Cinema at the Aula Natura Visitors Center. *IEEE MultiMedia*, 17(4), 8-15. <https://doi.org/10.1109/MMUL.2010.72>

Portalés Ricart, C. (2008, mayo). *ENTORNOS MULTIMEDIA DE REALIDAD AUMENTADA EN EL CAMPO DEL ARTE*. Universidad Politécnica de Valencia, Valencia.

Poupyrev, I. (2012). Infusing the Physical World into User Interfaces. En *Proceedings of the 14th ACM International Conference on Multimodal Interaction* (pp. 229–230). New York, NY, USA: ACM. <https://doi.org/10.1145/2388676.2388723>

Press, E. (2010, julio 26). La UPV y AIJU presentan el proyecto «APRENDRA» para “aprender jugando con la realidad aumentada. Recuperado 28 de abril de 2017, a partir de <http://www.europapress.es/comunitat-valenciana/>

noticia-upv-aiju-presentan-proyecto-aprendra-aprender-jugando-realidad-aumentada-20100726194217.html

- Press, E. (2016, mayo 27). Las Naves selecciona los proyectos «DanzAR» y «Carmen» para sus residencias escénicas. Recuperado 11 de septiembre de 2016, a partir de <http://www.europapress.es/comunitat-valenciana/noticia-naves-selecciona-proyectos-danzar-carmen-residencias-escenicas-20160527123645.html>
- Q42, & Design, F. C. en. (s. f.). artours app - Stedelijk Museum Amsterdam. Recuperado 28 de abril de 2017, a partir de <http://www.stedelijk.nl/en/artours/artours-app>
- Rafael, V. L. (2006). The Cell Phone and the Crowd: Messianic Politics in Recent Philippine History. En B. T. Morrill, J. E. Ziegler, & S. Rodgers (Eds.), *Practicing Catholic* (pp. 185-201). Palgrave Macmillan US. Recuperado a partir de http://link.springer.com/chapter/10.1057/9781403982964_12
- Ratti, C., & Claudel, M. (2015). *Open Source Architecture*. Thames & Hudson.
- Rebar, M. (2005). Park(ing) Day | PARK(ing) Day is the third Friday in September! Recuperado 23 de abril de 2017, a partir de <http://parkingday.org/>
- Reuderink, B., Nijholt, A., & Poel, M. (2009). Affective Pacman: A Frustrating Game for Brain-Computer Interface Experiments. En *Intelligent Technologies for Interactive Entertainment* (pp. 221-227). Springer, Berlin, Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-642-02315-6_23
- Rheingold, H. (1993). *The Virtual Community: Homesteading on the Electronic Frontier by Howard Rheingold*. Reading, MA: ADDISON-WESLEY PUBLISHING COMPANY.
- Rheingold, H. (1996). *La comunidad virtual. Una sociedad sin fronteras*. Barcelona: GEDISA.
- Rheingold, H. (2004). *Multitudes inteligentes/ Smart Mobs: La Próxima Revolución Social/ the Next Social Revolution* (1st. edition). Gedisa Editorial S a.
- Rheingold, H. (2007). *The Virtual Community: Homesteading on the Electronic Frontier by Howard Rheingold*. Perseus Books.
- Rheingold, H. (2013). *Realidad virtual*. Barcelona: GEDISA.
- Ridings, C. M., & Gefen, D. (2004). Virtual Community Attraction: Why People Hang Out Online. *Journal of Computer-Mediated Communication*, 10(1), 00-00. <https://doi.org/10.1111/j.1083-6101.2004.tb00229.x>
- Riva, G. (2006). *From Communication to Presence: Cognition, Emotions, and Culture Towards the Ultimate Communicative Experience: Festschrift in Honor of Luigi Anolli*. IOS Press.

- Rolland, J. P., Davis, L. D., & Baillot, Y. (2001). A Survey of Tracking Technology for Virtual Environments. En W. Barfield & T. Caudell (Eds.), *Fundamentals of Wearable Computers and Augmented Reality*. CRC Press.
- Rudofsky, B. (1965). *Architecture without architects. A Short Introduction to Non-Pedigreed Architecture*. New York, NY, USA: The Museum of Modern Art, New York.
- Sadler, S. (2005). *Archigram: Architecture Without Architecture*. MIT Press.
- Salen, K., & Zimmerman, E. (2004). *Rules of Play: Game Design Fundamentals*. MIT Press.
- Salingaros, N. A. (1998). Theory of the urban web. *Journal of Urban Design*, 3(1), 53–71.
- Salingaros, N. A. (2005). *Principles of urban structure*. Techne Press. Recuperado a partir de <http://scholar.google.com/scholar?cluster=10833013973186853163&hl=en&oi=scholar>
- Salingaros, N. A. (2010). *Twelve Lectures on Architecture: algorithmic sustainable design*. Umbau-Verlag/BoD-Books on Demand. Recuperado a partir de <http://scholar.google.com/scholar?cluster=8519383776392331848&hl=en&oi=scholar>
- Sassen, S. (2011, junio 29). Open Source Urbanism - Op-ed - Domus. Recuperado 10 de enero de 2017, a partir de <http://www.domusweb.it/en/op-ed/2011/06/29/open-source-urbanism.html>
- Schieck, A. F. gen. (2006). Towards an integrated architectural media space. *First Monday*, 0(0). <https://doi.org/10.5210/fm.v0i0.1550>
- Schmandt, C. (1983). Spatial Input/Display Correspondence in a Stereoscopic Computer Graphic Work Station. En *Proceedings of the 10th Annual Conference on Computer Graphics and Interactive Techniques* (pp. 253–261). New York, NY, USA: ACM. <https://doi.org/10.1145/800059.801156>
- Schmidt, F. (2007a). SECOND LIFE. Lego on Acid. En D. Davidson (Ed.), *Space Time Play: Computer Games, Architecture and Urbanism - the Next Level* (Edición: 1). Basel; Boston: Birkhäuser.
- Schmidt, F. (2007b). THERE. Been There, done That. En D. Davidson (Ed.), *Space Time Play: Computer Games, Architecture and Urbanism - the Next Level* (Edición: 1). Basel; Boston: Birkhäuser.
- Schmidt, F. (2007c). USE YOUR ILLUSION. Immersion in Parallel Worlds. En D. Davidson (Ed.), *Space Time Play: Computer Games, Architecture and Urbanism - the Next Level* (Edición: 1). Basel; Boston: Birkhäuser.
- Schmorrow, D. D., & Fidopiastis, C. M. (2011). *Foundations of Augmented*

- Cognition. Directing the Future*. Berlin: Springer. Recuperado a partir de <http://www.springer.com/la/book/9783642218514>
- Schomer, D. L., & Silva, F. L. da. (2011). *Niedermeyer's Electroencephalography: Basic Principles, Clinical Applications, and Related Fields* (Edición: 6th Revised edition.). Philadelphia: Lippincott Williams and Wilkins.
- Sharples, M. (2000). The Design of Personal Mobile Technologies for Lifelong Learning. *Comput. Educ.*, 34(3-4), 177–193. [https://doi.org/10.1016/S0360-1315\(99\)00044-5](https://doi.org/10.1016/S0360-1315(99)00044-5)
- Signer, B., & Hoste, L. (2013). Expressive Control of Indirect Augmented Reality During Live Music Performances. Recuperado a partir de http://www.academia.edu/3408497/Expressive_Control_of_Indirect_Augmented_Reality_During_Live_Music_Performances
- Sigrid, K. (2008). *Handbook of Research on Computer Mediated Communication*. IGI Global.
- Skwarek, M. (2011a). AR Occupy Wall Street. Recuperado 26 de abril de 2017, a partir de <https://aroccupywallstreet.wordpress.com/>
- Skwarek, M. (2011b, julio 31). The Augmented Reality Korean Unification Project -- Uniting Korea with Augmented Reality. Recuperado 26 de abril de 2017, a partir de <http://markskwarek.blogspot.com.es/2011/07/augmented-reality-korean-unification.html>
- Skwarek, M. (2011c, noviembre 13). mark skwarek's blog: AR Flash Mob Protest @ Wall St!!! Recuperado 26 de abril de 2017, a partir de <http://markskwarek.blogspot.com.es/2011/11/ar-flash-mob-wall-st.html>
- Skwarek, M. (2012, abril 15). FACT / The Future Slave. Recuperado 26 de abril de 2017, a partir de <https://manifestarblog.wordpress.com/manifest-ar-fact/fact-project-page/fact-exhibition-proposal-v2/fact-english-landscape-skwarek/>
- Skwarek, M. (2013). Play AR. Recuperado 28 de abril de 2017, a partir de <http://www.markskwarek.com/>
- Skwarek, M. (2014). Augmented Reality Activism. En V. Geroimenko (Ed.), *Augmented Reality Art: From an Emerging Technology to a Novel Creative Medium* (pp. 3-30). Springer.
- Skwarek, M. (s. f.). The leak in your home town. Recuperado 26 de abril de 2017, a partir de <https://theleakinyourhometown.wordpress.com/>
- Skwarek, M., Chandler, D., & Bannoura, G. H. (2011). Erase the separation barrier. Recuperado 26 de abril de 2017, a partir de <https://erasetheseparationbarrier.wordpress.com/>
- Skwarek, M., Veenhof, S., & Thiel, T. (2011, enero 24). The AR Art Manifesto.

Recuperado 26 de abril de 2017, a partir de <https://armanifesto.wordpress.com/>

Slaatta, T. (2006). Urban screens: Towards the convergence of architecture and audiovisual media. *First Monday*, 0(0). <https://doi.org/10.5210/fm.v0i0.1549>

Slater, M., Khanna, P., Mortensen, J., & Yu, I. (2009). Visual realism enhances realistic response in an immersive virtual environment. *IEEE Computer Graphics and Applications*, 29(3), 76-84.

Slater, M., & Usoh, M. (2013). An Experimental Exploration of Presence in Virtual Environments. Recuperado a partir de <http://qmro.qmul.ac.uk/xmlui/handle/123456789/4705>

Slobounov, S. M., Ray, W., Johnson, B., Slobounov, E., & Newell, K. M. (2015). Modulation of cortical activity in 2D versus 3D virtual reality environments: an EEG study. *International Journal of Psychophysiology: Official Journal of the International Organization of Psychophysiology*, 95(3), 254-260. <https://doi.org/10.1016/j.ijpsycho.2014.11.003>

Sodhi, R., Glisson, M., & Poupyrev, I. (2013). AIREAL: Tactile Gaming Experiences in Free Air. En *ACM SIGGRAPH 2013 Emerging Technologies* (p. 2:1-2:1). New York, NY, USA: ACM. <https://doi.org/10.1145/2503368.2503370>

Spinoza, B. de. (1977). *Ética: Tratado teológico-político*. Porrúa.

Spuybroek, L. (2004). *NOX: Machining Architecture*. Thames & Hudson.

Sterling, B. (2009). Augmented Reality: head-mounted displays. *WIRED*. Recuperado a partir de <https://www.wired.com/2009/10/augmented-reality-head-mounted-displays/>

Steuer, J. (1995). Defining virtual reality: dimensions determining telepresence. En F. Biocca & M. R. Levy (Eds.), *Communication in the Age of Virtual Reality* (Lawrence Erlbaum, pp. 33- 56). Hillsdale, NJ.

Sturman, D. J., & Zeltzer, D. (1994). A survey of glove-based input. *IEEE Computer Graphics and Applications*, 14(1), 30-39. <https://doi.org/10.1109/38.250916>

Sutherland, I. E. (1964). Sketchpad a Man-Machine Graphical Communication System. *Transactions of the Society for Computer Simulation*, 2(5), R-3. <https://doi.org/10.1177/003754976400200514>

Sutherland, I. E. (1965). The Ultimate Display. En *Proceedings of the IFIP Congress* (pp. 506-508).

Sutherland, I. E. (1968). A Head-mounted Three Dimensional Display. En *Proceedings of the December 9-11, 1968, Fall Joint Computer Conference, Part I* (pp. 757-764). New York, NY, USA: ACM. <https://doi.org/10.1145/1476589.1476686>

Takano, K., Hata, N., & Kansaku, K. (2011). Towards Intelligent Environments: An

- Augmented Reality–Brain–Machine Interface Operated with a See-Through Head-Mount Display. *Frontiers in Neuroscience*, 5. <https://doi.org/10.3389/fnins.2011.00060>
- Tan, D. S., & Nijholt, A. (2010). *Brain-Computer Interfaces: Applying our Minds to Human-Computer Interaction*. Springer Science & Business Media.
- Tavinor, G. (2009). *The Art of Videogames* (Edición: 1). Malden, MA: John Wiley & Sons.
- Taylor, K. (2006). Programming video art for urban screens in public space. *First Monday*, 0(0). <https://doi.org/10.5210/fm.v0i0.1555>
- Teplan, M. (2002). FUNDAMENTALS OF EEG MEASUREMENT. *MEASUREMENT SCIENCE REVIEW*, 2(2).
- Terminal Eleven. (2011). SkyView - Explore the Universe. Recuperado 28 de abril de 2017, a partir de <http://www.terminaleven.com/skyview/iphone/>
- Thiel, T. (2010). Seven Portraits for Maria Hernandez. Recuperado 26 de abril de 2017, a partir de <http://www.tamikothiel.com/AR/bushwick.html#SevenPortraitsMH>
- Thiel, T. (2011a). Carnation Rain (Largo do Carmo) Augmented Reality art Lisbon Portugal. Recuperado 26 de abril de 2017, a partir de <http://www.tamikothiel.com/AR/carnation-rain.html>
- Thiel, T. (2011b). Jasmine Rain (birdcage) Augmented Reality art revolution. Recuperado 26 de abril de 2017, a partir de <http://www.tamikothiel.com/AR/jasmine-rain.html>
- Thiel, T. (2011c). Reign of Gold - AR Occupy Wall Street Augmented Reality art. Recuperado 26 de abril de 2017, a partir de <http://www.tamikothiel.com/AR/reign-of-gold.html>
- Thiel, T. (2011d, mayo 13). Tamiko Thiel @ Venice Biennial 2011: Shades of Absence. Recuperado 26 de abril de 2017, a partir de https://manifestarblog.wordpress.com/thiel_venice-2011/
- Thiel, T. (2012a). Clouding Green - Zero1 Biennial 2012 - Augmented Reality Art Greenpeace «How Clean is Your Cloud». Recuperado 26 de abril de 2017, a partir de <http://www.tamikothiel.com/AR/clouding-green.html>
- Thiel, T. (2012b). «When I Dream» augmented reality art, The Art Syn Projects, Art Gwangju, 2012. Recuperado 26 de abril de 2017, a partir de <http://www.tamikothiel.com/AR/when-i-dream.html>
- Thiel, T. (2014). Critical Interventions into Canonical Spaces: Augmented Reality at the 2011 Venice and Istanbul Biennials. En V. Geroimenko (Ed.), *Augmented Reality Art: From an Emerging Technology to a Novel Creative Medium* (pp. 31-60). Springer.

- Thiel, T. (2016). «Gardens of the Anthropocene» augmented reality public art installation, Seattle Art Museum Olympic Sculpture Park commission. Recuperado 26 de abril de 2017, a partir de <http://tamikothiel.com/gota/index.html>
- Thomas, B., Close, B., Donoghue, J., Squires, J., Bondi, P. D., & Piekarski, W. (2002). First Person Indoor/Outdoor Augmented Reality Application: ARQuake. *Personal and Ubiquitous Computing*, 6(1), 75-86. <https://doi.org/10.1007/s007790200007>
- Tost, G., & Boira, O. (2015). *Vida extra*. Penguin Random House Grupo Editorial España.
- Tuzkapan, E. (2012). Vogelsafari. Recuperado 28 de abril de 2017, a partir de <http://www.hearushereapp.com/vogelsafari/>
- Ulmer, G. (2005). *Electronic Monuments* (1 edition). Minneapolis: Univ Of Minnesota Press.
- Upton, B. (2015). *The Aesthetic of Play* (1 edition). Cambridge, Mass: The MIT Press.
- Ursyn, A. (2001). *Computational Solutions for Knowledge, Art, and Entertainment: Information Exchange Beyond Text*. IGI Global. Recuperado a partir de <http://www.igi-global.com/book/computational-solutions-knowledge-art-entertainment/77386>
- VanDijk, J. A. G. M. (1997). The Reality of Virtual Communities. En J. Groebel (Ed.), *Trends in Communication I* (pp. 39-63). Amsterdam: Boom Publishers.
- Veenhof, S. (2010). Augmented Reality art exhibition MoMA NYC (guerrilla intervention). Recuperado 26 de abril de 2017, a partir de <http://www.sndrv.nl/moma/>
- Ventura, J., Arth, C., Reitmayr, G., & Schmalstieg, D. (2014). Global Localization from Monocular SLAM on a Mobile Phone. *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics*, 20(4), 531-539. <https://doi.org/10.1109/TVCG.2014.27>
- Vidal, J. J. (1977). Real-time detection of brain events in EEG. *Proceedings of the IEEE*, 65(5), 633-641. <https://doi.org/10.1109/PROC.1977.10542>
- Vincs, K. (2015). The Crack-Up - Deakin Motion.Lab. Recuperado 27 de abril de 2017, a partir de <http://motionlab.deakin.edu.au/portfolio/the-crack-up/>
- Vincs, K., Bennett, A., McCormick, J., Vincent, J. B., & Hutchison, S. (2014). Skin to Skin: Performing Augmented Reality. En V. Geroimenko (Ed.), *Augmented Reality Art: From an Emerging Technology to a Novel Creative Medium* (pp. 161-174). Springer.
- Violi, P. (2009). Espacio público y espacio privado en la era de internet. El caso

- de los blogs. *CIC Cuadernos de Información y Comunicación*, 13(0), 39-59. <https://doi.org/10.5209/CIYC.8082>
- Violi, P., & Demaria, C. (2008). *Tecnologie di genere: teoria, usi e pratiche di donne nella rete*. Bononia University Press.
- Virilio, P. (1994). *The Vision Machine*. Indiana University Press.
- Virilio, P. (1995). *The Art of the Motor*. U of Minnesota Press.
- Virilio, P. (1999). *La bomba informática* (Edición: edición). Madrid: Cátedra.
- Virilio, P. (2012). *Lost Dimension*. MIT Press.
- Virilio, P., & Petit, P. (1997). *El ciber mundo, la política de lo peor: entrevista con Philippe Petit*. Cátedra.
- Wang, X. (2007). Experiential mixed reality learning environments for design education. En *Proceedings of the 41st Australia and New Zealand Annual Conference of the Architectural Science Association (ANZAScA)* (pp. 272-277). Deadkin University, Geelong, Australia.
- Ward, M. (2010, octubre 12). William Gibson says the future is right here, right now. *BBC News*. Recuperado a partir de <http://www.bbc.com/news/technology-11502715>
- Warp, E., Warp, R., & Hay Luk, C. (2014). NeuroDisco. Recuperado 26 de abril de 2017, a partir de <http://ericawarp.com/?projects=neurodisco>
- Wearable Computer Lab, & University of South Australia. (2003). ARQuake: Interactive Outdoor Augmented Reality Collaboration System – Wearable Computer Lab. Recuperado 28 de abril de 2017, a partir de <http://wearables.unisa.edu.au/projects/arquake/>
- Webber, M. M. (1968). *The Post-city Age*. Institute of Urban and Regional Development.
- Welch, G., & Foxlin, E. (2002). Motion tracking: No silver bullet, but a respectable arsenal. *IEEE Computer graphics and Applications*, 22(6), 24–38.
- Wiener, N. (1985). *Cibernética*. Barcelona: Tusquets Editores S.A.
- Wigley, M. (2001). Paper, Scissors, Blur. En *The Activist Drawing: Retracing Situationist Architectures from Constant's New Babylon to Beyond*. New York : Cambridge, Mass: The MIT Press.
- Wigley, M., & Constant. (1998). *Constant's New Babylon: The Hyper-architecture of Desire*. 010 Publishers.
- Wolf, M. J. P. (2008). *The Video Game Explosion: A History from PONG to Playstation and Beyond*. ABC-CLIO.

- Wolpaw, J. R. (2007). Brain-computer interfaces as new brain output pathways. *The Journal of Physiology*, 579(Pt 3), 613-619. <https://doi.org/10.1113/jphysiol.2006.125948>
- Yang, H. S., Cho, K., Soh, J., Jung, J., & Lee, J. (2008). Hybrid Visual Tracking for Augmented Books. En *Entertainment Computing - ICEC 2008* (pp. 161-166). Springer, Berlin, Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-540-89222-9_18
- Yu, D., Jin, J. S., Luo, S., Lai, W., & Huang, Q. (2009). A Useful Visualization Technique: A Literature Review for Augmented Reality and its Application, limitation & future direction. En *Visual Information Communication* (pp. 311-337). Springer, Boston, MA. Recuperado a partir de https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-1-4419-0312-9_21
- Zapata-Ros, M. (2012). Calidad en entornos ubicuos de aprendizaje. *RED. Revista de Educación a Distancia*, 31. Recuperado a partir de <http://www.um.es/ead/red/31/>
- 348 Zaragoza, J. L. (2016). *Marketing del turismo cultural*. ESIC.
- Zegher, C. de, & Wigley, M. (Eds.). (2001). *The Activist Drawing: Retracing Situationist Architectures from Constant's New Babylon to Beyond*. New York : Cambridge, Mass: The MIT Press.
- Zhou, F., Duh, H. B.-L., & Billinghurst, M. (2008). Trends in Augmented Reality Tracking, Interaction and Display: A Review of Ten Years of ISMAR. En *Proceedings of the 7th IEEE/ACM International Symposium on Mixed and Augmented Reality* (pp. 193-202). Washington, DC, USA: IEEE Computer Society. <https://doi.org/10.1109/ISMAR.2008.4637362>
- Zhou, S., Fei, F., Zhang, G., Mai, J. D., Liu, Y., Liou, J. Y. J., & Li, W. J. (2014). 2D Human Gesture Tracking and Recognition by the Fusion of MEMS Inertial and Vision Sensors. *IEEE Sensors Journal*, 14(4), 1160-1170. <https://doi.org/10.1109/JSEN.2013.2288094>
- Zichermann, G., & Cunningham, C. (2011). *Gamification by Design: Implementing Game Mechanics in Web and Mobile Apps* (1 edition). Sebastopol, Calif: O'Reilly Media.
- Zichermann, G., & Linder, J. (2010). *Game-Based Marketing: Inspire Customer Loyalty Through Rewards, Challenges, and Contests*. John Wiley & Sons.

Índice de imágenes

349

Imagen 1. Continuo Realidad-Virtualidad (a partir de Milgram, Kishino, 1994). Fuente :Autor (a partir de Milgram et.al.1994)	11
Imagen 2. Estereoscopio de de C. Wheatstone. Fuente: http://elblogdelcoleccionistaeclectico.com/2013/03/24/estereoscopios-la-ilusion-de-la-imagen-tridimensional/	14
Imagen 3. Primeras proyecciones en anaglifo. Fuente: https://kinofilmsmagazine.wordpress.com/2012/10/03/historia-de-la-estereoscopia-parte-2-los-pioneros/	14
Imagen 4. Primer HMD de B. Pratt. Fuente: http://www.weirduniverse.net/blog/comments/albert_bacon_pratts_helmet_gun/	14
Imagen 5. Sistema Holográfico de D. Gabor. Fuente: http://blogs.ua.es/fisicateleco/2015/04/dennis-gabor-1971/ ...	14
Imagen 6. Cinerama F. Waller. Fuente: http://www.elcinedesdelacuna.com/como-el-cine-conquistó-el-panoramico/	14
Imagen 7. Sensorama M. Heilig. Fuente: http://proyectoidis.org/sensorama/	14
Imagen 8. Smell-o-vision , H. Laube. Fuente: http://proyectoidis.org/olor-vision/	14
Imagen 9. Primer HMD de Video Cameau & Brian. Fuente: https://www.google.co.uk/patents/US2955156	16
Imagen 10. Sketchpad, Light Pen, I. Sutherland.	

	Fuente: https://es.wikipedia.org/wiki/Sketchpad	16
Imagen 11.	The Ultimate Display I. Sutherland. Fuente: https://www.virtual-reality-shop.co.uk/the-ultimate-display/ .	16
Imagen 12.	Espada de Damocles I. Sutherland. Fuente: https://xombitgames.com/2014/03/5-maquinas-realidad-virtual-desconoces	16
Imagen 13.	GlowFlow M. Krueger. Fuente: http://dada.compart-bremen.de/item/artwork/1347	16
Imagen 14.	Simulador de vuelo con display gráfico. Fuente: http://voicesofvr.com/245-50-years-of-vr-with-tom-furness-the-super-cockpit-virtual-retinal-display-hit-lab-virtual-world-society/	16
Imagen 15.	GROPE F. Brooks. Fuente: http://excelsior.biosci.ohio-state.edu/~carlson/history/lesson17.html	16
Imagen 16.	Sistema Holofónico. Fuente: http://holocenter.org/what-is-holography	18
Imagen 17.	Super Cockpit. Fuente: http://voicesofvr.com/245-50-years-of-vr-with-tom-furness-the-super-cockpit-virtual-retinal-display-hit-lab-virtual-world-society/	18
Imagen 18.	Primer espacio de trabajo basado en RA. Fuente: http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.90.2222&rep=rep1&type=pdf	18
Imagen 19.	DataGlove. Fuente: http://www.chilton-computing.org.uk/inf/se/mmi/p005.htm ..	18
Imagen 20.	CAVE (Cave Automatic Visual Environment). Fuente: http://archive.ncsa.illinois.edu/Cyberia/VETopLevels/VR.Systems.html	18
Imagen 21.	Wii. Fuente: https://juegosadn.economista.es/podras-jugar-con-el-wii-remote-normal-a-pikmin-3-no-68980/	20
Imagen 22.	Kinect. Fuente: https://developer.microsoft.com/es-es/windows/kinect/develop	20
Imagen 23.	LEAP Motion. Fuente: http://dulce.com/blog/leap-motion-orion-dulce-dotcom/	20
Imagen 24.	OVRvision. Fuente: https://www.youtube.com/watch?v=lwSm9MrX_Bg	20
Imagen 25.	GoogleGlass. Fuente: https://www.tecnologia.net/los-aspectos-negativos-de	

	las-google-glass/	20
Imagen 26.	Google Cardboard. Fuente: http://you.stonybrook.edu/innovationlab/2015/05/29/google-cardboard-the-future-of-vr/	20
Imagen 27.	Hololens HMD. Fuente: https://developer.microsoft.com/en-us/windows/mixed-reality/hololens_hardware_details#sensors	21
Imagen 28.	UnlimitedHand. Fuente: http://unlimitedhand.com/en/	21
Imagen 29.	Fases del proceso RA. Fuente: Autor	22
Imagen 30.	Tipos de seguimiento RA. Fuente: Autor	24
Imagen 31.	Seguimiento basado en marcas fiduciales. Fuente: Autor	25
Imagen 32.	6 DOF (6 grados de libertad). Fuente: Autor	28
Imagen 33.	Geometría epipolar.. Fuente: Autor	29
Imagen 34.	Leap Motion. Fuente: http://www.metaio.com/	30
Imagen 35.	Esquema del sistema CONSTALLATION de seguimiento ultrasónico (a partir de Foxlin 1998). Fuente: Autor	31
Imagen 36.	Esquema del sensor inercial. Fuente: Autor	32
Imagen 37.	Sensor inercial. InertiaCube3 de Intersense. Fuente: http://www.intersense.com	32
Imagen 38.	AR Floor. Proyecto Frozen Pond. Fuente: http://srl.mcgill.ca/	33
Imagen 40.	Estación de base local. Baseline HD de CLAAS. Fuente: www.orcam.eu	34
Imagen 39.	GPS02F OEM-GPS receptor. Fuente: http://app.claas.com	34
Imagen 41.	Mapa de profundidad de <i>Kinect</i> y dispositivo <i>Kinect</i> . Fuente: Autor	35
Imagen 42.	Ejemplo del uso de <i>Kinect</i> , realizado por <i>Labsid. Interactive AR</i> . Fuente: http://labsid.com/	35
Imagen 43.	<i>IS-900 System</i> de <i>Intersense</i> . Fuente: http://www.intersense.com	36
Imagen 44.	<i>Frame Marker</i> .	

	Fuente: https://developer.vuforia.com/	44
Imagen 45.	<i>Image Target</i> .	
	Fuente: https://developer.vuforia.com/	44
Imagen 46.	<i>VuMarker</i> .	
	Fuente: https://developer.vuforia.com/	46
Imagen 47.	<i>Multi Target</i> .	
	Fuente: https://developer.vuforia.com/	47
Imagen 48.	<i>Object Recognition</i> .	
	Fuente: https://developer.vuforia.com/	48
Imagen 49.	<i>Smart Terrain</i> -escaneando.	
	Fuente: https://developer.vuforia.com/	48
Imagen 50.	<i>Smart Terrain</i> -modo juego.	
	Fuente: https://developer.vuforia.com/	48
Imagen 51.	Entorno de <i>Junaio</i> .	
	Fuente: http://www.metaio.com/	49
Imagen 52.	Entorno de <i>Layar</i> .	
	Fuente: https://www.layar.com/	51
Imagen 53.	Visualización tipo ‘magic mirror’ visto a través de la pantalla.	
	Fuente: Autor	52
Imagen 54.	Visualización tipo ‘magic mirror’ -usuario.	
	Fuente: Autor	52
Imagen 55.	Tipos de pantallas de RA. (a partir de Bimber et al., 2005).	
	Fuente: Autor	55
Imagen 56.	Dispositivo óptico Vuzix Star 1200XLD.	
	Fuente: https://www.vuzix.com	56
Imagen 57.	Esquema de la pantalla óptica (Optical see-through). (a partir de Bimber et al., 2005)	
	Fuente: Autor	56
Imagen 58.	Dispositivo de video Vuzix Wrap 1200DX.	
	Fuente: https://www.vuzix.com	56
Imagen 59.	Esquema de la pantalla de vídeo (Video see-through) (a partir de Bimber et al., 2005).	
	Fuente: Autor	56
Imagen 60.	Tecnología iOptik™ de Innovega.	
	Fuente: http://newatlas.com/ioptik-ar-contact-lens-ces	56
Imagen 61.	Esquema Pantalla Retinal. Innovega.	
	Fuente: http://newatlas.com/ioptik-ar-contact-lens-ces	56
Imagen 62.	La pantalla transparente, flexible y táctil de Samsung (Pendiente de patente).	
	Fuente: https://news.samsung.com/	58
Imagen 63.	Esquema pantalla transparente activa. (a partir de Bimber et al., 2005).	

	Fuente: Autor	59
Imagen 64.	Pantalla holográfica <i>HoloVue</i> de <i>Vueinti</i> . Fuente: http://vueinti.com/	60
Imagen 65.	Esquema de la pantalla transparente curva. (a partir de Bimber et al., 2005). Fuente: Autor	60
Imagen 66.	Pantalla de vapor. <i>Fogscreen</i> . Fuente: http://www.fogscreen.com/	60
Imagen 67.	<i>AR-Media-plug-in</i> en el entorno del software <i>3DMax</i> . Fuente: http://www.armedia.it/	62
Imagen 68.	<i>AR-Media-plug-in</i> visualización de lo modelos 3D en el entorno real. Fuente: http://www.armedia.it/	62
Imagen 69.	<i>AR-Media-plug-in</i> visualización de lo modelos 3D en el entorno real utilizando un dispositivo móvil. Fuente: https://i.ytimg.com/vi/g031Odlm5zI/maxresdefault.jpg	63
Imagen 70.	<i>3D Tracker</i> visualización de las infraestructuras del edificio utilizando un dispositivo móvil. Fuente: https://i.ytimg.com/vi/g031Odlm5zI/maxresdefault.jpg	63
Imagen 71.	<i>3D Tracker</i> visualización de las infraestructuras del edificio utilizando un dispositivo móvil. Fuente: https://i.ytimg.com/vi/g031Odlm5zI/maxresdefault.jpg	63
Imagen 72.	Edificio <i>N-building</i> con la fachada diseñada como un QR código. Fuente: https://www.e-architect.co.uk/images/jpgs/tokyo/n_building_tokyo_t120310_yo2.jpg	64
Imagen 73.	<i>Rossi Construction Company</i> - edificio de Realidad Aumentada a escala real. Fuente: http://www.designboom.com/technology/konigsberger-vannucchi-architects-augmented-reality-architecture/ ..	65
Imagen 74.	Arquitectura panóptica- prisión estatal de Illinois. Fuente: http://foucault.info/doc/documents/disciplineandpunish/foucault-disciplineandpunish-panopticism-html	89
Imagen 75.	Esquema de la arquitectura panóptica. Fuente: http://1.bp.blogspot.com/-2J8wIHr58IM/VWh0q9EDRXI/AAAAAAAAAB5M/WxhNLkBzKM4/s1600/panopticon%2B%2Bpointsdactu-dot-org.jpg	89
Imagen 76.	Campaña contra la instauración de 'Clipper chip'. Fuente: https://upload.wikimedia.org/wikipedia/en/4/46/Sink_Clipper_campaign.gif	91
Imagen 77.	Tour virtual de la casa Batlló accesible online. https://www.casabatllo.es/tour-virtual/	93
Imagen 78.	Nueva Babylon un proyecto de Constant Nieuwenhuys.	

	Fuente: https://lebbeuswoods.files.wordpress.com/2009/10/newbab-31a1.jpg	95
Imagen 79.	La villa espacial proyecto del arquitecto Yona Friedmann. Fuente: http://www.frac-centre.fr/auteurs/rub/rubinventaire-detaille-90.html?authID=72&ensembleID=164	96
Imagen 80.	Alphaworld en 1997, ‘vista área’- visible patrón de estrella de 8 puntas. Fuente: http://www.digitalspace.com/avatars/book/chaw/bigal.gif	97
Imagen 82.	Entorno virtual de Second Life. Fuente: Autor	99
Imagen 81.	Mapa de Second Life. Fuente: Autor	99
Imagen 83.	SimCity (1989) de Maxis – simulador de crecimiento urbano. Fuente: http://games.gamepressure.com/view_screen.asp?ID=25517	101
Imagen 84.	Edificio Lasipalatsi – diseño original del edificio icónico en Helsinki. Fuente: http://static.stadissa.fi/places/7e48fcd05e52d2d9d4ac314ab709e34b.jpg	102
Imagen 85.	Proyecto online- Helsinki arena. Fuente: http://www.linturi.fi/HelsinkiArena2000/	102
Imagen 86.	Proyecto Karskrona2 – ciudad física y su gemela virtual. Fuente: http://host.activeworlds.com/mauz/public/download/splash/universes/karlskrona2.bmp	103
Imagen 87.	Juego Getaway reproduce las calles de Londres. Fuente: https://static.giantbomb.com/uploads/original/0/1992/1102440-the_getaway_ps3_3.jpg	104
Imagen 88.	Park(ing) Day en San Francisco. Fuente: http://www.smithsonianmag.com/arts-culture/parking-days-roadside-attraction-78730864/	122
Imagen 89.	Parklet Manual imagen del manual. Fuente: http://pavementtoparks.org/parklets/	122
Imagen 90.	Iniciativa- Adopta un alcorque. Fuente: https://redhuertosurbanosmadrid.wordpress.com/tag/alcorques/	123
Imagen 91.	Proyecto ECObox. Fuente: http://www.foodurbanism.org/ecobox-2/1065-ecobox/	124
Imagen 92.	Proyecto WikiPlaza. Fuente: http://ciberestetica.blogspot.com.es/2013/09/wikiplaza.html	125
Imagen 93.	Aplicación <i>Firefigter Log</i> para <i>Google Glass</i> .	

	Fuente: https://www.youtube.com/watch?v=cOKSQLoINWA	126
Imagen 94.	Clasificación de obras de RA en el concepto de la legibilidad de Ciudad Aumentada. Fuente: Autor	131
Imagen 95.	Clasificación de obras de RA como ‘sendas’ en el concepto de la legibilidad de Ciudad Aumentada. Fuente: Autor	132
Imagen 96.	Semacode City (2010) de Conor McGarrigle. Fuente: http://www.conormcgarrigle.com	133
Imagen 97.	NAMALand (2010) de Conor McGarrigle. Fuente: http://www.conormcgarrigle.com	133
Imagen 98.	Walking Stories (2011) de Conor McGarrigle. Fuente: http://www.conormcgarrigle.com	135
Imagen 99.	Shades of Absence: Outside Inside, Public Voids, Schlingensief Gilded (2011) de Tamiko Thiel. Fuente: http://www.tamikothiel.com/	135
Imagen 100.	Gardens of Antropocene (2016) de Tamiko Thiel. Fuente: http://www.tamikothiel.com/	136
Imagen 101.	Flotsam & Jetsam (2013) de John Craig Freeman. Fuente: https://johncraigfreeman.wordpress.com/	137
Imagen 102.	Butterfly Lovers (2009-2011) de Lily & Honglei y John Craig Freeman. Fuente: http://lilyhonglei.com/ar/	138
Imagen 103.	Southeast Flies the Peacock (2011) de Lily & Honglei. Fuente: http://lilyhonglei.com/ar/	139
Imagen 104.	Southeast Flies the Peacock (2011) de Lily & Honglei. Fuente: http://lilyhonglei.com/ar/	139
Imagen 105.	Shadow Play: Tales of Urbanization of China (2014) de Lily & Honglei. Fuente: http://lilyhonglei.com/ar/	139
Imagen 106.	Three Wise Monkeys: ‘Hear no evil, see no evil, and speak no evil, Sichuan (2011) del grupo de arte 4gentlemen. Fuente: http://lilyhonglei.com/ar/	140
Imagen 107.	Clasificación de obras de RA como ‘bordes’ en el concepto de la legibilidad de Ciudad Aumentada. Fuente: Autor	141
Imagen 108.	Great Firewall of China (2011) de 4gentleman. Fuente: http://lilyhonglei.com/ar/	141
Imagen 109.	Korean Unification Project (2011) de Mark Skwarek. Fuente: https://manifestarblog.files.wordpress.com/2011/04/panmunjom_7erased-copy.jpg	142

Imagen 110. Erase the Separation Barrier (2011) de M. Skwarek, D. Chandler y G. H.Bannoura. Fuente: https://erasetheseperationbarrier.wordpress.com/	143
Imagen 111. Peace Doors (2011) de John Craig Freeman. Fuente: https://peacedoors.files.wordpress.com	144
Imagen 112. Border Memorial: Frontera de los Muertos (2012) de John Craig Freeman. Fuente: https://johncraigfreeman.wordpress.com/	145
Imagen 113. Border Memorial: Frontera de los Muertos (2012) de John Craig Freeman. Fuente: https://johncraigfreeman.wordpress.com/	145
Imagen 114. Clasificación de obras de RA como ‘barrios’ en el concepto de la legibilidad de Ciudad Aumentada. Fuente: Autor	146
Imagen 115. The advertiser: improved reality (2010) de J. Oliver, D. Stewart y A. Castro. Fuente: http://theartvertiser.com/	146
Imagen 116. Pirate Banker (2011) de The Heavy Project. Fuente: https://theheavyprojects.com	147
Imagen 117. The leak in your home town (2010), de los artistas Mark Skwarek y Joseph Hocking. Fuente: https://theleakinyourhometown.files.wordpress.com	148
Imagen 118. arOCCUPY app (2011) de Mark Skwarek. Fuente: https://aroccupywallstreet.wordpress.com/	148
Imagen 119. Clasificación de obras de RA como ‘nodos’ en el concepto de la legibilidad de Ciudad Aumentada. Fuente: Autor	149
Imagen 120. Money Grab (2011) de Todd Margolis visualizado en Wall st. NY y UCLA. Fuente: http://toddmargolis.net/project.php?cat=10&id=18	150
Imagen 121. Reign of Gold (2011) de Tamiko Thiel visualizado en Wall st. NY y UCLA. Fuente: http://www.tamikothiel.com/	151
Imagen 122. #arOCCUPY May Day (2012)– intervención de Patrick Lichty. Fuente: http://3.bp.blogspot.com/-cg47b7h4jTs/T5-MP6h0Zfi/AAASAAAAEDw/eIEzfgkCpgk/s640/youichi.jpeg	152
Imagen 123. Jasmine rain (birdcage) (2011) de Tamiko Thiel -visualizado en Melbourne. Fuente: http://www.tamikothiel.com/	152
Imagen 125. Sunflowers (2012) de Tamiko Thiel- visualizado en Valencia. Fuente: Autor	152

Imagen 124. Jasmine rain (birdcage) (2011) de Tamiko Thiel – visualizado en Boston. Fuente: http://www.tamikothiel.com/	152
Imagen 126. Clouding Green -multiple cloud demo (2012) de Tamiko Thiel- visualizado en Singapore. Fuente: http://www.tamikothiel.com/	152
Imagen 127. La obra When I Dream (2012) de Tamiko Thiel – visualizado en Valencia. Fuente: Autor	153
Imagen 128. Orators, Rostrums, and Propaganda Stands (2012) de John Craig Freeman en Los Angeles. Fuente: https://johncraigfreeman.wordpress.com/	154
Imagen 129. Clasificación de obras de RA como ‘mojones’ en el concepto de la legibilidad de la Ciudad Aumentada. Fuente: Autor	155
Imagen 130. 110 Stories (2011) de Brian August. Fuente: http://www.i-novation.de/110stories.html	156
Imagen 131. Tiananmen SquARed (2011) Goddess of Democracy- de 4gentleman. Fuente: http://lilyhonglei.com/ar/	157
Imagen 132. School Shootings eMorial (2013)de John Craig Freeman. Fuente: https://johncraigfreeman.wordpress.com/	158
Imagen 133. Seven Portraits for Maria Hernandez (2010), de Tamiko Thiel. Fuente: http://www.tamikothiel.com/	159
Imagen 134. Carnation Rain (Largo do Carmo)(2011) de Tamiko Thiel. Fuente: http://www.tamikothiel.com/	159
Imagen 135. ProtestAR app (2011) de Mark Skwarek. Fuente: http://markskwarek.blogspot.com.es/2011/10/protestar-wall-street-and-global-call.html	160
Imagen 136. InfiltrAR (2012) de Sander Veenhof y Mark Skwarek. Fuente: https://www.layar.com/news/blog/2011/03/04/infiltrar-invades-the-white-house-and-pentagon/	161
Imagen 137. Sky Petition City (2013) de Will Pappenheimer y Zachary Brady. Fuente: http://www.willpap-projects.com/Sky_Petition_City/Sky_Petition_City.html	162
Imagen 139. The Invisible Pink Unicorn (2011) del grupo de artistas Les Liens Invisible. Fuente: http://www.lesliensinvisibles.org/2011/04/the-invisible-pink-unicorn-art-overtakes-faith-in-imagination/	163
Imagen 138. The Invisible Pink Unicorn (2011) del grupo de artistas Les Liens Invisible.	

	Fuente: http://www.lesliensinvisibles.org/2011/04/the-invisible-pink-unicorn-art-overtakes-faith-in-imagination/	163
Imagen 140.	Convocatoria We AR in MoMA (2010). Fuente: http://www.sndrv.nl/moma/	164
Imagen 141.	The Invisible Pavilion (2011). Fuente: http://www.theinvisiblepavilion.com/	165
Imagen 142.	The Crystal Coffin (2011) de Lily & Honglei. Fuente: http://lilyhonglei.com/ar	166
Imagen 143.	Hans RichtAR @ Hans Richter: Encounters, LACMA (2013) de Freeman y Will Pappenheimer. Fuente: https://johncraigfreeman.wordpress.com/	167
Imagen 144.	Esquema educación fuera del aula – comparación de las características de E-learning y M-learning Fuente: Autor	172
Imagen 145.	Esquema entornos educativos de Realidad Mixta (Mixed Reality Learning Environment – MRLE) Fuente: Autor	174
Imagen 146.	Aplicación Environmetal Detectives desarrollada por MIT. Fuente: http://web.mit.edu/mitstep/ar/ed.html	175
Imagen 147.	Aplicación APRENDRA desarrollada por UPV y AIJU. Fuente: http://www.aprendra.es/aprendra.html	176
Imagen 148.	Aplicación Skyview desarrollada por Terminal Eleven. Fuente: https://skyview.uptodown.com/android	176
Imagen 149.	Aplicación Cosmosis 1 desarrollada por Rich Blundell. Fuente: http://www.academia.edu/5579053/Making_it_Real_Developing_Cosmosis1_The_Cosmic_Background_Radiation_Explorer_App	177
Imagen 150.	Aplicación Moonwalking desarrollada por Eduweb. Fuente: http://www.moon-walking.com/	177
Imagen 151.	Aplicación Magic Book desarrollada por Human Interface Technology Laboratory. Fuente: http://hitl.washington.edu/people/TFurness/courses/inde543/READINGS-03/BILLINGHURST/MagicBook.pdf	178
Imagen 152.	Principios Básicos en Anatomía de la Pierna y el Pie desarrollada por AR-Books. Fuente: http://www.ar-books.com/interior.php?contenido=libro.php&id=5	179
Imagen 153.	Aplicación ARtours desarrollada por design bureau Fabrique. Fuente: http://www.stedelijk.nu/en/now-at-the-stedelijk/spotlight/artours	180
Imagen 154.	Aplicación Museum of London: Streetmuseum desarrollada	

	por iTF Interactiva. Fuente: http://www.museumoflondon.org.uk/Resources/app/you-are-here-app/home.html	180
Imagen 155.	Aplicación Giovanna desarrollada por iTF Interactiva. Fuente: http://www.tfinteractiva.com/giovanna-finalista-en-la-bid-2014	181
Imagen 156.	Aplicación VISION(AR)Y CITY pantalla de inicio. Fuente: Autor	182
Imagen 157.	VISION(AR)Y CITY ubicación en el recinto de la UPV. Fuente: Autor	183
Imagen 158.	VISION(AR)Y CITY -Maison des Gardes Agrícolas- visión del usuario. Fuente: Autor	183
Imagen 159.	Aplicación VISION(AR)Y CITY -Walking City- visión del usuario. Fuente: Autor	184
Imagen 160.	VISION(AR)Y CITY – captura de pantalla: descripción y test de conocimientos. Fuente: Autor	185
Imagen 161.	Maison des Gardes Agrícolas (1804)- proyecto original de Claude-Nicolas Ledoux. Fuente: https://es.wikipedia.org/wiki/Claude-Nicolas_Ledoux#/media/File:Ledoux_-_Projet_de_maison_de_gardes_agricoles.jpg ..	187
Imagen 162.	Maison des Gardes Agrícolas modelo 3D realizado en Blender. Fuente: Autor	187
Imagen 163.	Maison des Gardes Agrícolas en el entorno de Unity3D. Fuente: Autor	187
Imagen 164.	Aplicación Inception, mostrando la localización del usuario via imágenes del satélite. Fuente: https://www.todoiphone.net/inception-the-app-una-nueva-experiencia-en-nuestro-iphone/	189
Imagen 165.	Vogelsafari de Emine Tuzkapan. Fuente: http://www.hearushereapp.com/vogelsafari/	190
Imagen 166.	Instalación interactiva Audiogame 3.0 de los autores Cabañes, Carruba y Padial. Fuente: https://vimeo.com/40665809	190
Imagen 167.	RA_AGORA ubicación en el recinto de la UPV. Fuente: Autor	191
Imagen 168.	RA_AGORA- usuarios situados delante de la fachada intervenida. Fuente: Autor	191
Imagen 169.	RA_AGORA- visión mediante el dispositivo móvil.	

	Fuente: Autor	192
Imagen 170.	RA_AGORA- captura de pantalla del dispositivo móvil- Menu. Fuente: Autor	193
Imagen 171.	X-Rift Augmented reality game. Fuente: https://www.youtube.com/watch?v=oKnmBsmJ5IE	196
Imagen 172.	ARQuake (2002) uno de los primeros juegos RA de exterior. Fuente: http://terran.byethost18.com/imagenes/ARQuake.jpg?i=1 ..	196
Imagen 173.	SuperMario Through An Augmented World realizado por Espadaysantacruz Studio. Fuente: https://www.youtube.com/watch?v=lxOvCFHGw6M	197
Imagen 174.	Wreck It Ralph. Augmented Reality de Disney ,juego RA ubicado en Brick Lane, London. Fuente: http://fold7.com/blog/work/8-bit-takeover-of-brick-lane-for-disneys-wreck-it-ralph	198
Imagen 175.	ARQanoid capturas de pantalla del dispositivo móvil. Fuente: Autor	200
Imagen 176.	ARQanoid usuarios jugando ‘in situ’. Fuente: Autor	200
Imagen 177.	ARQanoid ubicación en el recinto de la UPV. Fuente: Autor	201
Imagen 178.	ARQanoid entorno de Unity3D. Fuente: Autor	202
Imagen 179.	ARQanoid programación de los elementos interactivos en el lenguaje C#. Fuente: Autor	202
Imagen 180.	Clasificación de VISION(AR)Y CITY en el contexto de la legibilidad de Ciudad Aumentada. Fuente: Autor	204
Imagen 181.	Clasificación de RA_AGORA en el contexto de la legibilidad de Ciudad Aumentada. Fuente: Autor	204
Imagen 182.	Clasificación de ARQanoid en el contexto de la legibilidad de Ciudad Aumentada. Fuente: Autor	204
Imagen 183.	La hibridación del espacio urbano en la Ciudad Aumentada. Fuente: Autor	206
Imagen 184.	La hibridación de los espacios públicos y privados mediada por la tecnología ubicua. Fuente: Autor	206
Imagen 185.	Adaptación del Continuo real-virtual al espacio de juego. Fuente: Autor	210

Imagen 186. Can you see me now? creado por Blast Theory. Fuente: http://www.blasttheory.co.uk/projects/can-you-see-me-now/	211
Imagen 187. Hybrid Playground obra de Diego Díaz y Clara Boj. Fuente: http://www.lalalab.org/hybrid-playground/	212
Imagen 188. PlayAR obra de Mark Skwarek. Fuente: https://www.kickstarter.com/projects/1153369046/play-ar ..	212
Imagen 189. Juego Ingress de Niantic Inc. Fuente: http://aetherforce.com/wp-content/uploads/2013/09/ingress-google-3.jpg	213
Imagen 190. Juego Pokemon Go de Niantic Inc. Fuente: http://www.pokemongo.com	214
Imagen 191. Componentes del ‘círculo mágico’ de ARecycleNOID. Fuente: Autor	215
Imagen 192. ARecycleNOID- capturas de pantalla del dispositivo móvil. Fuente: Autor	216
Imagen 193. ARecycleNOID- usuario. Fuente: Autor	217
Imagen 194. ARecycleNOID- ubicación múltiple dentro de la ciudad de Valencia. Fuente: Autor	217
Imagen 195. ARecycleNOID- desarrollo de modelos 3D en Blender. Fuente: Autor	219
Imagen 196. ARecycleNOID- ficha de Google Play. Fuente: Autor	220
Imagen 197. ARecycleNOID- marcador RA creado con Vuforia Target Manager. Fuente: Autor	220
Imagen 198. ARecycleNOID- clasificación dentro de legibilidad de Ciudad Aumentada. Fuente: Autor	221
Imagen 199. Brain Machine Interface en combinación con la tecnología de Realidad Aumentada- desarrollada por Kansaku, Hata y Takano. Fuente: https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3082767/ ..	224
Imagen 200. Aplicación Mind Mirror – Brain Computer Interface en combinación con la tecnología de Realidad Aumentada. Fuente: https://hal.inria.fr/hal-01052681/file/mindmirror.pdf	226
Imagen 201. “Neuro-A.R.t-game”– esquema de sus componentes. Fuente: Autor	227
Imagen 202. Neuro-ARt-game – esquema de la interactividad. Fuente: Autor	228
Imagen 203. Neuro-ARt-game – relación entre las entradas y salidas de datos.	

	Fuente: Autor	229
Imagen 204.	Instalación Eunoia II de Lisa Park. Arte sonoro con implementación de la tecnología EEG – utilizando el dispositivo Emotiv EPOC+	
	Fuente: http://www.thelisapark.com/eunoia-ii/	230
Imagen 205.	Instalación Neurodisco creada por Richard Warp, Erica Warp y Chung-Hay Luk.	
	Fuente: http://ericawarp.com/?projects=neurodisco	231
Imagen 206.	Instalación NeuroKnitting realizada por Varvara Guljajeva, Mar Canet y Sebastian Mealla.	
	Fuente: http://ericawarp.com/?projects=neurodisco	232
Imagen 207.	Instalación Environmental Disturbances de Anni Garza Lau.	
	Fuente: http://annigarzalau.com/anni-garza-lau--environmental-disturbances.html	233
Imagen 208.	Instalación Things we have Lost de John Craig Freeman y Scott Kildall.	
	Fuente: https://johncraigfreeman.wordpress.com/lacma-art-technology/	234
Imagen 209.	Proyecto The Future Slave de Mark Skwarek.	
	Fuente: http://markskwarek.blogspot.com.es/2012/10/future-slave.html	235
Imagen 210.	Entorno del juego Rome Reborn.	
	Fuente: https://pdfs.semanticscholar.org/70a2/dbe36e771c948e6f1b354cf1d260c437633f.pdf	236
Imagen 211.	ROMA NOVA versión de Rome Reborn con control EEG.	
	Fuente: https://pdfs.semanticscholar.org/70a2/dbe36e771c948e6f1b354cf1d260c437633f.pdf	236
Imagen 212.	Entorno del juego Bacteria Hunt.	
	Fuente: http://tcts.fpms.ac.be/publications/papers/2009/bacteriahunt_interface09project5.pdf	237
Imagen 213.	Alpha-World of Warcraft – cambios en apariencia del avatar según los datos recibidos por EEG.	
	Fuente: http://hmi.ewi.utwente.nl/img/bci/ict_delta_2009_poster.pdf	238
Imagen 214.	Shooting– acciones del juego condicionados a los datos recibidos por EEG.	
	Fuente https://www.youtube.com/watch?v=_LRdRHIL4OQ	238
Imagen 215.	Rabbit Mind Runner– juego utilizando un dispositivo EEG creado por Manusamo&Bzika	239
Imagen 216.	Rabbit Mind Runner– primer nivel: uso de valores de atención.	
	Fuente: Autor	240
Imagen 217.	Rabbit Mind Runner– usuario con dispositivo EEG	

NeuroSky® MindWave. Fuente: Entheo Graphics	240
Imagen 218. Rabbit Mind Runner– último nivel: uso de valores de atención y meditación. Fuente: Autor	241
Imagen 219. Robot & Robotnik – Neuro-ARt-game de Manusamo&Bzika. Fuente: Autor	242
Imagen 220. R.U.R – Obra de teatro de Karel Čapek, estrenada en 1921. Fuente: https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/8/87/ Capek_play.jpg	243
Imagen 221. Robot & Robotnik – personajes ‘robots’. Fuente: Autor	244
Imagen 222. Robot & Robotnik – visión del usuario utilizando el dispositivo OculusRift2. Fuente: Autor	245
Imagen 223. Robot & Robotnik – visión del usuario utilizando el dispositivo OculusRift2. Fuente: Autor	245
Imagen 224. Robot & Robotnik – personajes humanos- ‘robotnik’. Fuente: Autor	245
Imagen 225. Robot & Robotnik– proceso RA de visualización de contenidos virtuales condicionado por reconocimiento de marcas fiduciales y la lectura de datos mediante el dispositivo EEG . Fuente: Autor	246
Imagen 226. Robot & Robotnik– software empleado. Fuente: Autor	247
Imagen 227. Robot & Robotnik– diseño de personajes en MakeHuman. Fuente: Autor	248
Imagen 228. Robot & Robotnik– diseño de personajes en Blender. Fuente: Autor	248
Imagen 229. Robot & Robotnik– diseño de la aplicación en el entorno Unity3D. Fuente: Autor	248
Imagen 230. Robot & Robotnik– hardware empleado. Fuente: Autor	250
Imagen 231. Robot & Robotnik– prueba con usuarios. Fuente: Autor	250
Imagen 232. Clasificación de Robot & Robotnik en el contexto de la legibilidad de Ciudad Aumentada. Fuente: Autor	251
Imagen 233. Sintetizador EMS modelo VCS3 (1969). Fuente: http://www.rlmusic.co.uk/rlm3/wp-content/uploads/2014	

/10/EMS_VCS3_GD_01.jpg	253
Imagen 234. “Ho” - a Sonic Expedition to Vietnam (2009)- R. Climent. Fuente: http://game-audio.org/	254
Imagen 235. s.laag - (2016)- R. Climent. Fuente: http://game-audio.org/	255
Imagen 236. s.laag - (2016)- R. Climent. Fuente: http://game-audio.org/	255
Imagen 237. Timbila – Interpretación de Miquel Bernat. Fuente: http://timbila.org/	256
Imagen 238. Chikulu Mbila – aplicación de Realidad Aumentada. Fuente: Autor	257
Imagen 239. Timbila – aplicación de Realidad Virtual. Fuente: Autor	258
Imagen 240. Timbila – Estadios entre lo real y virtual. El instrumento físico, aumentado y virtual. Fuente: Autor	259
Imagen 241. Timbila – Concierto interpretado por Miquel Bernat y Ricardo Climent. Fuente: Autor	259
Imagen 242. AR y VR Putney en relación al Continuo real-virtual. Fuente: Autor	260
Imagen 243. AR y VR Putney – Realidad Extendida. Fuente: Autor	261
Imagen 244. AR Putney 0.1 – aplicación RA para dispositivos móviles – captura de pantalla. Fuente: Autor	262
Imagen 245. AR Putney 0.1 - aplicación RA para dispositivos móviles – usuario. Fuente: Autor	262
Imagen 246. VR Putney 0.1 – aplicación RV para OculusRift2 – captura de pantalla. Fuente: Autor	263
Imagen 247. VR Putney 0.1 – aplicación RV para OculusRift2 – usuario. Fuente: Autor	264
Imagen 248. AR_VR_Putney – distintos grados de inmersión de usuarios. Fuente: Autor	265
Imagen 249. AR_VR_Putney 0.1– modelos y animaciones realizados con Blender..... Fuente: Autor	266
Imagen 250. AR Putney 0.1 - aplicación RA para dispositivos móviles – marcadores RA.	

Fuente: Autor	267
Imagen 251. Instalación AR_VR_Putney 1.0 (2015) en Centre for Contemporary Arts (CCA), Glasgow (UK).	
Fuente: Autor	268
Imagen 252. Instalación AR_VR_Putney 1.0 (2015) en S_MBIOSIS 2015 (Encuentro del Arte Interdisciplinar 2015), en Pachuca, Hidalgo, México.	
Fuente: FRONDA.....	269
Imagen 253. Instalación AR_VR_Putney 1.0 (2015) en S_MBIOSIS 2015 (Encuentro del Arte Interdisciplinar 2015), en Pachuca, Hidalgo, México.	
Fuente: FRONDA.....	269
Imagen 254. Instalación AR_VR_Putney 1.0 – entorno RV.	
Fuente: Autor	270
Imagen 255. Instalación AR_VR_Putney 1.0 – entorno RV.	
Fuente: Autor	271
Imagen 256. Instalación AR_VR_Putney 1.0 – recolección de elementos RA.	
Fuente: Autor	272
Imagen 257. Instalación AR_VR_Putney 1.0 – ensamblaje de elementos RA.	
Fuente: Autor	272
Imagen 258. AR_VR_Putney 1.0 – elementos virtuales modelados con Blender.	
Fuente: Autor	274
Imagen 259. AR_VR_Putney 1.0 – elementos virtuales modelados con Blender.	
Fuente: Autor	275
Imagen 260. AR_VR_Putney 1.0 – elaboración en Unity3D.	
Fuente: Autor	275
Imagen 261. AR_VR_Putney 1.0 – software empleado para la elaboración de interfaz virtual de la aplicación RA.	
Fuente: Autor	277
Imagen 262. AR_VR_Putney 1.0 – componentes de la interfaz física de la aplicación RA.	
Fuente: Autor	277
Imagen 263. AR_VR_Putney 1.0 – HMD personalizado impreso en tres dimensiones con la impresora Prusa i3.	
Fuente: Autor	277
Imagen 264. AR_VR_Putney 1.0 – software empleado para la elaboración de interfaz virtual de la aplicación RV.	
Fuente: Autor	278
Imagen 265. AR_VR_Putney 1.0 – componentes de la interfaz física de la aplicación RV.	
Fuente: Autor	278

La Ciudad Aumentada.

Imagen 266. AR_VR_Putney 1.0 -aplicación de generación audio en Max/MSP. Fuente: Autor	279
Imagen 267. AR_VR_Putney Ponozky císlo II- entorno RV. Fuente: Autor	280
Imagen 268. AR_VR_Putney Ponozky císlo II- esquema de la disposición espacial. Fuente: Autor	281
Imagen 269. AR_VR_Putney Ponozky císlo II- usuario director de RV. Fuente: Autor	282
Imagen 270. AR_VR_Putney Ponozky císlo II- usuario intérprete profesional utilizando el sintetizador VCS3 original. Fuente: Autor	283
Imagen 271. AR_VR_Putney Ponozky císlo II- usuario intérprete voluntario de RA. Fuente: Autor	284
Imagen 272. AR_VR_Putney Ponozky císlo II- instalación en Sines & Squares Festival, Manchester, UK. Fuente: Autor	284
Imagen 273. AR_VR_Putney Ponozky císlo II- aplicación en circulación por el público- interfaz interactiva. Fuente: Autor	285
Imagen 274. AR_VR_Putney Ponozky císlo II- entorno RV- realizado con Unity3D. Fuente: Autor	286
Imagen 275. AR_VR_Putney Ponozky císlo II- instrumento RA- realizado con Unity3D. Fuente: Autor	287
Imagen 276. AR_VR_Putney Ponozky císlo II- personaje principal. Fuente: Autor	288
Imagen 277. Clasificación de AR_VR_Putney en el contexto de la legibilidad de Ciudad Aumentada. Fuente: Autor	289
Imagen 278. Expressive control of indirect augmented reality during live music performances. Fuente: http://www.academia.edu/3408497/Expressive_Control_of_Indirect_Augmented_Reality_During_Live_Music_Performances ..	292
Imagen 279. Emergence :Recognition. Fuente: http://www.johnmccormick.info/recognition-performance/ ..	293
Imagen 280. Emergence :Grevillea Crystallis Incarnadine. Fuente: http://www.johnmccormick.info/grevillea-crystallis-incarnadine-performance/	293

Imagen 281. Half Real – modelo 3D virtual y escenografía con proyecciones. Fuente: https://www.youtube.com/watch?v=mfmNQcGNZ94	294
Imagen 282. Proyecto Augmented Reality Theater Experience. Fuente: https://www.youtube.com/watch?v=2VPKFELAVNI	294
Imagen 283. DanzAR – primer acto- Arquitecturas Maleables. Fuente: Autor	295
Imagen 284. DanzAR – primer acto- Arquitecturas Maleables. Fuente: Autor	296
Imagen 285. DanzAR – primer acto- Arquitecturas Maleables. Fuente: Autor	297
Imagen 286. DanzAR – segundo acto- Arquitecturas Vaciadas. Fuente: Autor	297
Imagen 287. DanzAR – segundo acto- Arquitecturas Vaciadas. Fuente: Autor	298
Imagen 288. DanzAR – segundo acto- Arquitecturas Vaciadas. Fuente: Autor	299
Imagen 289. Esquema DanzAR- disposición espacial. Fuente: Autor	300
Imagen 290. Esquema DanzAR – hardware y software. Fuente: Autor	300
Imagen 291. Apk control escenográfico- estado inicial. Fuente: Autor	301
Imagen 292. Apk control escenográfico- desplazamiento vertical. Fuente: Autor	301
Imagen 293. Apk control escenográfico- desplazamiento horizontal y vertical. Fuente: Autor	301
Imagen 294. Apk control escenográfico – desarrollo en Unity3D. Fuente: Autor	302
Imagen 295. Proyección vista desde el escenario. Fuente: Autor	302
Imagen 296. Apk control de proyección – desarrollo en Unity3D. Fuente: Autor	303
Imagen 297. Aplicación de RA estereoscópica Arquitecturas Maleables empleada por los bailarines– desarrollo en Unity3D. Fuente: Autor	304
Imagen 298. HMD personalizado. Fuente: Autor	305
Imagen 299. Aplicaciones Servidor (izquierda) y seguimiento de color (derecha). Fuente: Autor	307
Imagen 300. Pure Data- patch de servidor (vista incompleta). Fuente: Autor	308

La Ciudad Aumentada.

Imagen 301. Clasificación de DanzAR- Arquitecturas Maleables en el contexto de la legibilidad de Ciudad Aumentada.	
Fuente: Autor	309
Imagen 302. Clasificación de DanzAR- Arquitecturas Vaciadas en el contexto de la legibilidad de Ciudad Aumentada.	
Fuente: Autor	309



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA