

TESIS DOCTORAL

El papel de la realidad aumentada en el ámbito
artístico-cultural: la virtualidad al servicio de la
exhibición y la difusión

por

David Ruiz Torres

Dirigida por la Dra. M^a Luisa Bellido Gant

Departamento de Historia del Arte



Universidad de Granada

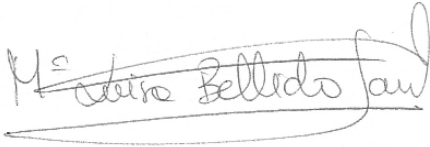
2013

Editor: Editorial de la Universidad de Granada
Autor: David Ruiz Torres
D.L.: GR 205-2014
ISBN: 978-84-9028-725-5

El doctorando David Ruiz Torres y la directora de la tesis Dra. M^a Luisa Bellido Gant, garantizamos, al firmar esta tesis doctoral, que el trabajo ha sido realizado por el doctorando bajo la dirección de la directora de la tesis y hasta donde nuestro conocimiento alcanza, en la realización del trabajo, se han respetado los derechos de otros autores a ser citados, cuando se han utilizado sus resultados o publicaciones.

Granada, 13 de mayo de 2013

Director/es de la Tesis

Handwritten signature of M.ª Luisa Bellido Gant in black ink, written in a cursive style.

Fdo.: M^a Luisa Bellido Gant

Doctorando

Handwritten signature of David Ruiz Torres in black ink, written in a cursive style.

Fdo.: David Ruiz Torres

ÍNDICE

| | |
|--|----|
| 1. Introducción | 11 |
| 2. Objetivos | 17 |
| 3. Metodología | 21 |
| 4. Marco teórico de la realidad aumentada | 33 |
| • Conceptos teóricos | 33 |
| - El continuo de la virtualidad y la realidad mezclada | 33 |
| - ¿Qué es realidad aumentada? | 36 |
| • Cronología histórica | 39 |
| Bibliografía | 51 |
| 5. Tecnología y características | 57 |
| • Planteamientos tecnológicos | 58 |
| • Dispositivos de realidad aumentada | 63 |
| - Visuales | 63 |
| ▪ <i>Head Mounted Display</i> | 64 |
| ▪ De mano o portátiles | 68 |
| ▪ <i>Displays</i> espaciales | 73 |
| - Otros <i>displays</i> | 76 |
| ▪ Audio | 76 |
| ▪ Hápticos | 80 |
| ▪ Olfativos | 81 |

| | | |
|----|---|-----|
| ▪ | Gustativos | 84 |
| • | Software | 85 |
| • | Modos de interacción | 91 |
| | Bibliografía | 97 |
| 6. | Aplicaciones de realidad aumentada en humanidades | 103 |
| • | Educación | 104 |
| • | Turismo cultural | 121 |
| • | Cine | 125 |
| • | Artes escénicas | 128 |
| • | Música | 132 |
| | Bibliografía | 136 |
| 7. | Realidad aumentada en espacios expositivos | 143 |
| • | Guías personales y realidad aumentada | 145 |
| • | Aplicaciones basadas en el uso de marcas | 188 |
| • | Museos virtuales | 256 |
| • | Recreaciones virtuales aumentadas | 265 |
| | Bibliografía | 293 |
| 8. | Realidad aumentada en espacios patrimoniales | 303 |
| • | Realidad aumentada en yacimientos arqueológicos | 303 |
| - | ARCHEOGUIDE | 305 |
| - | LIFEPLUS | 319 |
| - | Ename 974 | 325 |

| | |
|---|-----|
| - Augurscope..... | 328 |
| - Proyecto Yacimiento Els Vilars | 330 |
| - Visor estereoscópico yacimiento de Numancia | 337 |
| • Miradores turísticos y realidad aumentada | 344 |
| - Proyecto PRISMA..... | 346 |
| - Innoview AR | 350 |
| - Virtual Sightseeing | 353 |
| • Realidad aumentada y patrimonio histórico | 357 |
| - iTACITUS | 358 |
| - 20 Years since the Fall of the Berlin Wall | 361 |
| - Capilla mayor de la catedral de valencia | 363 |
| - UrbanMix | 374 |
| - PortableAR | 380 |
| - Patrimonio histórico molinar andaluz..... | 386 |
| - Plataforma RASMAP..... | 390 |
| Bibliografía | 393 |
| | |
| 9. Realidad aumentada y creación artística | 405 |
| • Realidad aumentada en el arte de los nuevos medios | 406 |
| • Realidad mixta en el campo del arte | 410 |
| • Realidad aumentada espacial: el trampantojo en el s. XXI..... | 417 |
| • La obra aumentada..... | 425 |
| - Marco teórico-artístico..... | 425 |
| - El colectivo <i>ManifestAR</i> y el <i>AR Art Manifesto</i> | 430 |
| - Experimentación y conceptualización para el arte | 460 |
| Bibliografía | 487 |

| | |
|--|-----|
| 10. Empresas y centros de realidad aumentada | 495 |
| • Metaio | 495 |
| • MindSpace..... | 499 |
| • Total Immersion | 503 |
| • YDreams..... | 505 |
| • Arpa-Solutions..... | 512 |
| • Grupo GIGA | 519 |
| • FutureLab | 525 |
| • VirtualWare Group | 527 |
| • VicomTech | 535 |
| • Vilau Media..... | 541 |
| • Tecnalia | 543 |
| | |
| Bibliografía | 545 |
| | |
| 11. Conclusiones | 549 |
| | |
| Bibliografía general | 581 |
| | |
| Anexos | 593 |
| | |
| Agradecimientos | 609 |

1. INTRODUCCIÓN

Actualmente, la realidad aumentada se ha expandido por múltiples áreas de conocimiento entre las que podemos citar la medicina, la arquitectura, la psicología y la educación, presentando nuevos planteamientos y funcionalidades gracias a las investigaciones que se han realizado desde cada campo, alentados por las posibilidades y nuevos recursos que ofrece. El campo artístico-cultural ha sido uno de ellos, especialmente durante los últimos años, gracias a la potencialidad que esta tecnología tiene en diferentes aplicaciones culturales.

La realidad aumentada es una tecnología derivada de la realidad virtual que a diferencia de ésta, no consiste en generar un entorno virtual separado de la realidad, sino que se caracteriza por insertar objetos o gráficos virtuales en un entorno real. Aquí el individuo no queda inmerso en un mundo virtual, sino que mejora o "aumenta" el espacio que le rodea con elementos generados por ordenador que complementan la realidad.

Las posibilidades que ofrece la tecnología de realidad aumentada en los espacios expositivos han crecido exponencialmente en los últimos años debido a su gran atractivo para el público en general, constituyendo un importante recurso en los museos, centros de interpretación y exposiciones temporales que utilizan aplicaciones basadas en esta tecnología dentro de sus programas museográficos más vanguardistas.

De este hecho se han derivado numerosas experiencias realizadas en entornos museísticos donde la realidad aumentada ha tenido un papel protagonista para la difusión y el

conocimiento del objeto cultural, que nos muestran la intrínseca relación que existe actualmente entre este tipo de espacios y esta nueva tecnología.

Por otra parte, la realidad aumentada en su dimensión de generar espacios en los que se combina el mundo real con el virtual, ha dado lugar a nuevas perspectivas dentro de la creación artística de vanguardia, con nuevas visiones e interpretaciones. Frente a otros ámbitos del conocimiento, el campo del arte representa uno de los más fructíferos en cuanto al tratamiento de la realidad aumentada, que no sólo se plantea desde un punto de vista tecnológico, sino que además ha realizado nuevas experiencias en las que se juega con la concepción de interconectar dos mundos en los que lo ficticio y lo real conviven en un mismo espacio.

Esta relación entre realidad aumentada y el área artístico-cultural queda avalada por otro gran referente como es la introducción dentro del International Symposium on Mixed and Augmented Reality, el congreso más importante sobre realidad aumentada a nivel internacional, de una sección dedicada a «Arte, Media y Humanidades», en todas las ediciones con carácter anual celebradas desde el años 2009.

También encontramos interesantes propuestas en certámenes artísticos de carácter internacional como la Bienal de Venecia de 2011, donde el grupo internacional de ciberartistas *ManifestAR* experimentaron con esta nueva tecnología convirtiéndola en el *leitmotiv* de sus obras. Al igual que varios artistas españoles que han hecho uso de esta tecnología para presentar sus propuestas artísticas más vanguardistas, especialmente el

tándem Clara Boj y Diego Díaz, y el artista Pablo Valbuena que han creado un nuevo concepto de «obra aumentada». Esta nueva percepción de la obra digital, que se inserta en escenarios reales, ofrece nuevas posibilidades para el artista que, tras varios años donde la obra digital se encontraba separada del mundo real (como el denominado NET.Art), ahora es capaz de saltar los límites de los dispositivos hardware y crear, no para el mundo virtual, sino ya para el mundo real.

Podemos afirmar que dentro del ámbito artístico-cultural las posibilidades que encontramos en la realidad aumentada son múltiples, algunas de ellas aún por descubrir, como múltiples son las necesidades que este campo presenta y que a través de la tecnología se pueden codificar y presentar de forma coherente, aludiendo al binomio arte-ciencia recurrente a lo largo de la historia.

Todos estos planteamientos pretenden ser analizados y razonados a lo largo del trabajo de investigación de esta tesis doctoral, con el fin de evaluar la significación que la realidad aumentada posee dentro del campo artístico y cultural.

La estructura que se ha seguido para el mismo parte de este capítulo introductorio que presenta una breve descripción a nivel general. El segundo capítulo recoge aquellos objetivos que se han planteado previamente al desarrollo de la investigación a fin de conseguir unos resultados concretos. Seguidamente, el siguiente capítulo explica la metodología empleada en el proceso de trabajo y las tareas realizadas para la elaboración de esta tesis doctoral.

El capítulo cuarto plantea el concepto de realidad aumentada a través de las definiciones de los autores más significativos, para continuar con una línea cronológica que sigue los pasos dados por esta tecnología desde su aparición hasta la actualidad.

El siguiente apartado se centra en estudiar la realidad aumentada desde su punto de vista más técnico, comenzando por la configuración que constituye sus principios básicos, para pasar a describir aquellos dispositivos *hardware* y *software* necesarios para su funcionamiento, así como las diferentes interfaces que se crean en la interacción persona-ordenador.

Adentrándonos en el campo de las humanidades, el capítulo sexto abarca las aplicaciones que la realidad aumentada ha tenido en diferentes áreas de conocimiento, destacando especialmente aquellas que se relacionan más directamente con la labor cultural.

Los capítulos séptimo y octavo, se centran respectivamente en los espacios expositivos que atañen a museos, centros de interpretación y exposiciones temporales, y en los espacios patrimoniales. Aquí se realiza una labor de prospección y análisis de los casos concretos en entornos culturales de las experiencias con realidad aumentada que se han realizado en nuestro país hasta el momento presente.

El siguiente epígrafe está dedicado a la creación artística y el uso de realidad aumentada como recurso de experimentación y producción de nuevas plásticas relacionadas con el denominado arte de los nuevos medios.

Por otra parte, el capítulo décimo versa sobre aquellas empresas y centros de investigación que de una manera u otra facilitan la implantación de la realidad aumentada en este ámbito que nos ocupa, mediante los estudios, recursos y proyectos que han permitido incluir esta tecnología en contextos cotidianos, que se refieren al patrimonio cultural.

Finalmente se presenta un último apartado dedicado a las conclusiones obtenidas, planteando progresivamente cada una de ellas mediante las reflexiones y razonamientos obtenidos como resultado del análisis de la implantación de la realidad aumentada en entornos artístico-culturales, ejemplificando aquellos casos que han sido más relevantes y que han arrojado unos resultados más prometedores en este área de conocimiento, y aportando una visión desde la perspectiva del campo de las humanidades acerca de las posibilidades que esta nueva tecnología puede proporcionar para el ejercicio de la disciplina.

Finalizando esta tesis doctoral también se incluye una relación bibliográfica de carácter general con aquellos estudios tangenciales al tema de esta investigación y que son complementarios al mismo. También se aportan una serie de anexos que contiene unas tablas-resumen con la relación de aquellas aplicaciones de realidad aumentada y obras artísticas en cuanto a su configuración y características, que permiten tener una visión más concreta de las mismas.

2. OBJETIVOS

Para el desarrollo de esta tesis doctoral se han de establecer una serie de objetivos previos con el fin de analizar y estudiar la materia sobre la que versa la labor investigadora, y obtener unas conclusiones derivadas del trabajo llevado a cabo. Por ello a continuación pasamos a enumerar cada uno de esos objetivos:

- A grandes rasgos se plantea la aplicación de un nuevo recurso dentro de las Tecnologías de la Información y Comunicación (TICs), como es la realidad aumentada, dentro del campo artístico-cultural.
- Para ello se habrá de realizar una aproximación al concepto y evolución del término a través de su definición y vinculación con otras tecnologías como la realidad virtual, que se encuentran desarrolladas y relacionadas dentro del mismo marco teórico.
- También será necesario describir los dispositivos de realidad aumentada utilizados en dichas aplicaciones artístico-culturales, analizando su funcionalidad para una mejor interpretación y comunicación de los contenidos en espacios expositivos.
- Igualmente, habrá que estudiar los diferentes modos de interacción en aplicaciones de realidad aumentada que se desarrollan a través de las interfaces persona-ordenador.

- Sería conveniente considerar la aplicación que la realidad aumentada tiene en diferentes áreas de conocimiento, especialmente aquellas próximas a las humanidades (como el teatro, el cine y la música), y comparar su implantación respecto a las mismas.
- Por otra parte, se valorará el grado de implantación de esta tecnología en el ámbito internacional con respecto a otros países, centrándose en las experiencias realizadas dentro de espacios culturales y artísticos de vanguardia.
- Dentro del área investigadora, se pretende realizar un análisis de qué puntos han sido los más interesantes a través del análisis de la gestación de los diferentes proyectos artístico-culturales, y las publicaciones derivadas de los mismos, con el fin de realizar esa evaluación a través de los centros investigadores que se dedican a ello.
- Respecto a lo anterior, se estudiará el grueso de publicaciones que se producen a nivel internacional, y especialmente en nuestro país, que versan sobre temas relacionados con la realidad aumentada.
- También se evaluará en qué grado la realidad aumentada facilita la comprensión y difusión del objeto artístico-cultural, teniendo en cuenta las aplicaciones y proyectos realizados, y los resultados obtenidos de los mismos
- Finalmente se pretende obtener un dictamen que considere la idoneidad de este nuevo recurso dentro de las Tecnologías de la Información y la Comunicación

(TICs), para las actividades de los profesionales de la historia del arte, la historia, la arqueología, y en general de las áreas de humanidades.

3. METODOLOGÍA

En esta tesis doctoral se ha seguido un trabajo secuencial en el que se ha desarrollado una metodología que permita estudiar todos aquellos ámbitos que se relacionan con el tema central de esta tesis dedicado al uso de la realidad aumentada en espacios expositivos, abarcando varias parcelas de investigación que se corresponden con el ámbito de las humanidades y más específicamente con el campo museístico, el patrimonial o la creación artística de vanguardia.

En relación a este ámbito de estudio se ha contado con todas aquellas experiencias que se han sucedido desde que esta tecnología hace su aparición en los campos de estudio mencionados a partir de la década de dos mil, hasta los últimos ensayos a cierre de esta tesis doctoral que avanzan y ponen el punto de partida del especial protagonismo que la realidad aumentada tendrá en un futuro próximo.

También se ha establecido una cartografía de análisis y seguimiento que ha abarcado varios países a nivel mundial contando con especial interés aquellos que han desarrollado una labor más destacada en diferentes vertientes, entre los que podemos avanzar el ejemplo de Nueva Zelanda por su carácter pionero en muchas de las aplicaciones con la tecnología de realidad aumentada, el caso español por su proximidad y análisis comparativo con otros países europeos, o el ejemplo de Latinoamérica que ha sabido ver

en la realidad aumentada un recurso con gran potencial y que recientemente presenta un fructífero escenario de ensayo.

Dentro de la labor investigadora a la que queda expuesta esta tesis, ha habido que referirse a un panorama multidisciplinar puesto que es un campo en el que se dan cita especialistas que pertenecen a diferentes ámbitos de conocimiento (tecnología, informática, educación, cultura, arte, etc.). Para ello ha habido un planteamiento que intenta ir de lo general a lo particular, realizando un estudio de la realidad aumentada desde el punto de vista de la tecnología en sí, a través de las investigaciones y ensayos sobre la misma a nivel pionero e internacional, para analizar posteriormente el grado de aplicabilidad y desarrollo que han tenido en diferentes áreas de conocimiento, centrándonos de una forma pormenorizada en el área artística y patrimonial.

Como uno de los pasos previos en el acercamiento a la dimensión de la tecnología de la realidad aumentada se ha procedido a la búsqueda y consulta de las fuentes bibliográficas y hemerográficas publicadas hasta la fecha. Entre ellas podemos destacar las monografías de referencia sobre la temática que han servido para comprender el funcionamiento y desarrollo de la realidad aumentada, tales como W. Barfield, (2000), O. Bimler (2005), M. Billinghurst (2001), S. Cawood (2008), M. Haller (2007) o T. Muller (2012), citadas a lo largo de los capítulos de esta tesis doctoral, y que nos ofrecen una visión del estado de la cuestión de la realidad aumentada desde la fecha de su aparición como una tecnología con entidad propia hasta nuestros días.

Las fuentes hemerográficas han tenido también un especial protagonismo puesto que la mayoría de artículos referidos a esta nueva tecnología gozan de gran actualidad en los diferentes campos de investigación y las publicaciones periódicas constituyen una fuente de difusión de gran proyección. Cabría señalar de forma destacada el caso de las publicaciones electrónicas, que nos ofrecen una amplia gama de recursos bibliográficos que no quedan limitados por las circunstancias físicas de las instituciones de consulta y que dado el carácter internacional de esta investigación donde la mayoría de textos se encuentran en el idioma anglosajón, adquieren una mayor notoriedad. Entre ellas citaremos aquellas que tienen mayor relevancia por la cantidad e importancia de resultados encontrados respecto a la temática que nos ocupa, como son *ACM Digital Library*, *IEEE/IET Electronic Library (IEL)*, *Springer Book Series*, o, por mencionar un recurso español, *Dialnet*.

En un intento de seleccionar las publicaciones o trabajos referidos al tema de mayor relevancia y escalar su impacto en cada campo, se han utilizado varias bases de datos como son *Web Of Knowledge*, *Scopus*, *Proquest Dissertations and Thesis*, *Teseo*, etc., que facilitan tener una visión del volumen de publicaciones al respecto, y han permitido elaborar un estado de la cuestión previo al desarrollo de la investigación.

Habiendo realizado un acercamiento a la tecnología de realidad aumentada desde su punto de vista más teórico atendiendo a su concepto y funcionamiento, el siguiente paso ha sido el de adquirir los conocimientos necesarios para llevar a cabo la consecución de una

aplicación de realidad aumentada desde el punto de vista práctico (programación e implementación), formando parte del curso *Desarrollo de aplicaciones con realidad aumentada* impartido por la Universidad Internacional de Andalucía durante 2011.

Continuando con un grado de aproximación mayor al tema central de esta tesis se ha procedido al estudio de las aplicaciones de dicha tecnología dentro de los diferentes campos de conocimiento y especialmente de las humanidades abarcando el cine, la música, o las artes escénicas, que constituyen una primera línea a seguir antes de centrarnos en el campo artístico-cultural.

Esta profundización en el mencionado ámbito artístico-cultural se ha materializado con una aproximación a los ensayos y experiencias que han tenido lugar mediante la realización de visitas de campo a los lugares en que se están llevando a cabo las investigaciones, ya sean instituciones públicas como universidades (Málaga, Jaén, Valencia...) o empresas privadas dedicadas a ello, y también aquellos centros expositivos que cuentan actualmente con instalaciones de realidad aumentada dentro de su discurso museográfico (Sevilla, Alcaudete, Cartagena...), al igual que un número importante de exposiciones temporales que han tenido lugar durante los últimos años y que igualmente participaban de esta tecnología para comunicar los contenidos de las mismas (Madrid, Valencia, Santiago de Compostela...).

En todos los casos estudiados referentes a los espacios expositivos, se contactó con el personal correspondiente que en este caso se trataba de directores o técnicos de

museología que atendieron a las necesidades que esta investigación presenta por parte de la documentación y en su caso, el análisis *in situ* de la instalación. A esto también se añadió la entrevista personal de los responsables mencionados que ofrecieron una visión desde su perspectiva sobre lo que supone la implantación de las nuevas tecnologías en este tipo de espacios y concretamente de la realidad aumentada entre los que podemos mencionar a modo de ejemplo las aportaciones de Santiago Campuzano Guerrero, Técnico de Museología del Museo de la Autonomía de Andalucía, o Xavier Díaz Silvestre, Director de BTEK.

Referente a las exposiciones temporales, igualmente ha sido otro de los ítems a los que hemos dedicado especial importancia, al constituir un elemento dinámico que se adapta a las nuevas concepciones expositivas vanguardistas, que se corresponden con la sociedad demandante actual. Aquí, los respectivos comisarios constituyen un punto de enlace entre la visita a la muestra y la explicación sobre los contenidos que se pretenden transmitir a través del uso de las nuevas tecnologías como bien han expresado algunos de ellos como Isidro Moreno Sánchez (UCM) o Francisco Prado Vilar (UCM).

De otra parte, se ha recabado información de algunos de los ensayos que actualmente no tienen una continuidad y que de forma general se corresponde con aquellos que han tenido lugar en entornos patrimoniales. En estos casos también se han buscado nuevos recursos que complementen el conocimiento de los mismos tomando contacto con los responsables e investigadores, y aumentando los contenidos que a través de las publicaciones existentes

no eran suficientes para llevar a cabo las exigencias investigadoras de esta tesis doctoral. Entre ellos podemos citar el proyecto de binoculares para el yacimiento arqueológico de Numancia o el caso de aplicación de la realidad aumentada en el patrimonio histórico molinar eólico de Andalucía.

Como una de las actuaciones en relación a la elaboración de esta tesis doctoral, se participa como miembro integrante dentro del proyecto I+D+I *Conocimiento aumentado y accesibilidad. La representación museográfica de contenidos culturales complejos*, concedido por el Ministerio de Economía y Competitividad en la convocatoria de 2011, en el que se ha podido tener acceso a los ensayos que se están realizando, así como realizar las colaboraciones oportunas aportando los conocimientos y contribuciones propios de nuestra disciplina.

Igualmente, se ha prestado atención a las empresas que trabajan con realidad aumentada, que son las encargadas de llevar a la práctica aquellas experiencias y proyectos que surgen dentro de ámbitos académicos e investigadores y que asesoran a las mismas para su incursión en el mercado y en definitiva, hacen llegar los nuevos avances tecnológicos al gran público. Se ha evaluado especialmente aquellas que tienen una relación con el ámbito artístico-cultural, bien a través de proyectos museográficos, propuestas de turismo cultural, o de marketing que han encontrado en la realidad aumentada un recurso más para sus propuestas en esos sectores. En estos casos se ha establecido contacto con los responsables de las mismas abarcando desde la empresa pionera en España sobre realidad

aumentada, *Arpa-Solutions*, a la portuguesa *YDreams* o la neozelandesa *MindSpace Solutions*, fundada por el investigador Eric Woods, lo que ha supuesto en muchos casos un trabajo colaborativo dentro de esta investigación, con el objetivo de obtener un grado mayor de conocimiento acerca de las nuevas aplicaciones de realidad aumentada que se gestan en estas empresas.

De la misma manera, en el momento de la consecución de entrevistas con los responsables de los proyectos realizados dentro del ámbito académico, o que han realizado o realizan las investigaciones para la aplicación de esta tecnología dentro del campo artístico-cultural, se ha tenido en cuenta la perspectiva que existe entre los diferentes ámbitos de conocimiento ya que como aludíamos anteriormente, se trata de un trabajo interdisciplinar y que afecta a sectores diferentes, como el proyecto SIAMA (Sistema de Información Aumentada de Monumentos Andaluces), desarrollado dentro de la Universidad de Málaga, conformado por personal perteneciente a varias disciplinas, dentro del Departamento de Tecnología Electrónica de la Escuela Técnica Superior, y el Departamento de Historia del Arte.

Este mismo motivo de multidisciplinaridad, ha sido tenido en cuenta para otorgar especial importancia a la opinión de aquellas personas dedicadas a proyectos con realidad aumentada que pasan por arqueólogos, técnicos de museología, directores de centros de interpretación y museos, historiadores del arte, ingenieros informáticos, comisarios de exposiciones, y miembros de empresas pioneras o centros de investigación que trabajan con realidad aumentada aplicada al ámbito artístico-cultural. Entre todos ellos podemos

citar algunos como Francisca Torres Aguilar (UMA), José Luís Castillo Armenteros (arqueólogo en el CIOMC de Alcaudete) o Jesús Gimeno (Instituto de Robótica de la UV), que han aportado una valoración sobre este tema en concreto y sus expectativas de futuro, además de mostrar la motivación que se encuentra detrás de cada proyecto o instalación de realidad aumentada.

La participación en varios congresos o simposios como el *II Congreso Internacional Sociedad Digital* (Madrid, 2011), el *II Congreso Internacional Ciudades Creativas* (Madrid, 2011), el *Simposio Internacional Arte y Patrimonio en España y América. Memorias y Percepciones* (Sevilla, 2011), o el *Congreso electrónico El Patrimonio de culto al servicio de la difusión de las creencias* (Rosario - Argentina, 2012), se encuentra en relación con esta tarea multidisciplinar, ya que han sido un medio en el que la difusión de varias de las ideas de esta tesis han sido presentadas, difundidas y tomadas en consideración por otro tipo de especialistas, de la misma forma que se ha tenido contacto con investigadores de otras disciplinas.

Como un importante medio de difusión, se han tenido en cuenta los contenidos que tanto investigadores, instituciones, centros de investigación o artistas presentan en canales de *Youtube* o *Vimeo*, al igual que las web de tipo personal que se convierten en una memoria de las actividades llevadas a cabo; y en otros casos las redes sociales como *Twitter* o *Facebook* que permiten realizar un seguimiento actualizado de los avances en las investigaciones o proyectos que han sido tomados en consideración en esta tesis doctoral

como por ejemplo el Museo de la Evolución Humana o el proyecto *PortableAR*, así como una forma de contacto con los respectivos miembros de los proyectos.

También ha sido objeto de estudio la opinión del público visitante, a través de la observación y análisis directos durante las estancias a los respectivos centros expositivos, o mediante los resultados obtenidos dentro de los diferentes proyectos, que han evaluado las respuestas de grupos hipotéticos de público, que han aportado otra visión a las experiencias de realidad aumentada que han sido objeto de estudio pormenorizado.

De igual forma, una parte importante dentro de la investigación realizada en esta tesis doctoral, ha sido la aplicación de la realidad aumentada en el ámbito artístico siendo objeto de estudio aquellos artistas que han participado en obras de experimentación para la aplicación de esta tecnología en el arte.

Para una mayor toma de conciencia de lo que representa la presencia de las nuevas tecnologías en éste ámbito se ha querido ampliar la formación de una forma más específica obteniendo el certificado de aptitud en *Arte y nuevas tecnologías: el nuevo paradigma del siglo XXI* en la Universidad de Granada en 2010, el cual ha supuesto una toma de contacto con el denominado arte de los nuevos medios en el cual se inserta la realidad aumentada.

Por otra parte, también se han realizado entrevistas y/o encuentros con el objeto de contextualizar su obra y analizar qué motivaciones han hecho de esta reciente tecnología elemento constitutivo e integrante del proceso creativo, utilizando el medio virtual como medio de comunicación en aquellos casos en los que las distancias territoriales lo han

requerido, como por ejemplo con el artista suizo Jan Torpus o la artista estadounidense Tamiko Thiel.

Al tratarse de una tecnología cuyo desarrollo dentro del campo artístico-cultural es eminentemente visual, se ha realizado la recopilación de una serie de vídeos, algunos realizados durante las visitas de campo a los diferentes lugares, que recogen las experiencias de realidad aumentada, y que constituyen un documento audiovisual complementario de gran importancia sobre cada uno de los ejemplos que se han mencionado en la presente tesis doctoral. Éste se adjunta en formato DVD con menús contextuales referidos a cada uno de los capítulos de esta tesis, ofreciendo un recurso añadido al texto y documentación aportados.

4. MARCO TEÓRICO DE REALIDAD AUMENTADA

El término realidad aumentada es un concepto que ha surgido a partir de la década de los noventa, y frente a otros conceptos como el de realidad virtual, esta tecnología aún es una gran desconocida, sin embargo desde el campo académico han aparecido varias definiciones y experiencias con esta tecnología que han permitido tener una definición coherente de la misma.

- CONCEPTOS TEÓRICOS

Aunque actualmente el concepto de realidad aumentada está adentrándose en los distintos ámbitos del conocimiento, bien es verdad que aún sigue estando ligada a otro concepto con mayor difusión que es el de realidad virtual puesto que ambos presentan ciertas características similares aunque, como veremos, son consideradas como dos tecnologías diferentes.

- El «continuo de la virtualidad» y la realidad mezclada

En 1994, Paul Milgram y Fumio Kishino establecieron una clasificación del nivel de virtualidad que el usuario puede encontrar según su capacidad de inmersión en un medio digital a través de un determinado *display* o dispositivo de pantalla (Milgram et al., 1994).

Esta clasificación fue expresada en el denominado «continuo de la virtualidad» (*virtuality continuum*). En éste se situaba en uno de los extremos los entornos reales y en el extremo opuesto los entornos virtuales. Los primeros, como su nombre indica, son aquellos que presentan solamente objetos reales mientras que los entornos virtuales están constituidos solamente con elementos virtuales. Entre uno y otro existe una transición donde se encuentran los entornos de realidad mezclada (*mixed reality*), que serían aquellos en los que los objetos reales y los objetos virtuales se presentan combinados en un mismo espacio mediante el uso de un *display*. Se establece así una subclasificación de las tecnologías relacionadas con la realidad virtual que implican la fusión entre el mundo virtual y el mundo real, constituyendo un paso intermedio entre un extremo y otro del continuo.

Según el grado de virtualidad o realidad que presenten los entornos enmarcados en esta sección intermedia denominada realidad mezclada, podemos encontrar entornos de virtualidad aumentada (*augmented virtuality*) y entornos de realidad aumentada (*augmented reality*). En cuanto a los primeros, éstos estarían más cercanos a la realidad virtual ya que se trata de escenarios generados virtualmente en los que se añaden elementos del mundo real mediante la inclusión de gráficos de vídeo de un entorno real o texturas de objetos reales que se aplican al escenario virtual. Por otra parte, los entornos de realidad aumentada son aquellos en los que se aumenta el mundo real mediante gráficos generados por ordenador.



FIGURA 1. «CONTINUO DE LA VIRTUALIDAD» (MILGRAM ET AL., 1994).

Por tanto el continuo de la virtualidad describe la transición que existe entre los entornos reales y los virtuales, donde la realidad aumentada formaría parte de este área intermedia denominada como realidad mezclada. En los entornos virtuales y los de virtualidad aumentada, el espacio circundante es total o predominantemente virtual, mientras que en los entornos de realidad aumentada el espacio que nos rodea está constituido principalmente por objetos reales a los que se añaden elementos virtuales.

- ¿Qué es realidad aumentada?

Aunque actualmente encontramos varias definiciones de realidad aumentada en la bibliografía especializada, todas las aportaciones parten de los postulados teóricos que se establecieron en los trabajos de Ronald Azuma (Azuma, 1997; Azuma et al., 2001), que han persistido hasta la actualidad y que aportaron una primera definición precisa y elaborada del término.

Azuma (1997) define realidad aumentada (*AR* en su siglas en inglés), como una variación de los entornos virtuales o de realidad virtual como se conoce comúnmente. En la tecnología de realidad virtual el usuario se encuentra inmerso en entornos sintéticos, y queda aislado del mundo real que le rodea. Por el contrario, la realidad aumentada permite al usuario ver en todo momento el mundo real al que se le superponen objetos virtuales coexistiendo ambos en el mismo espacio. Así, la realidad aumentada complementa la realidad y en ningún caso la reemplaza completamente como ocurre con la realidad virtual. Además afirma que la realidad aumentada complementa la percepción del usuario interactuando con el mundo real. Los objetos virtuales muestran información que el usuario no puede detectar directamente con sus propios sentidos, de modo que, la información ofrecida por los objetos virtuales ayuda a un usuario a desempeñar las tareas del mundo real.

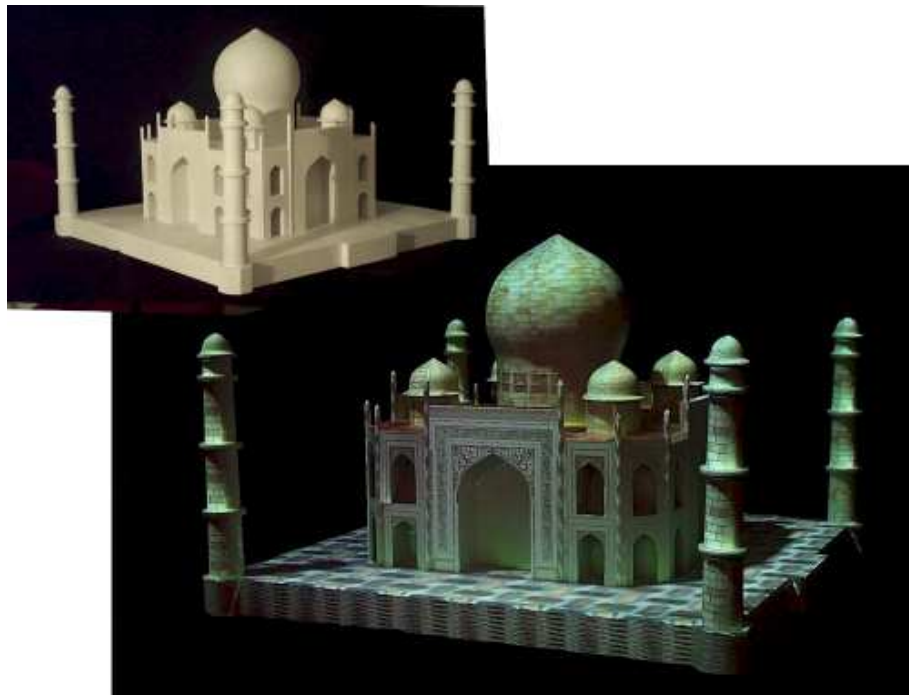
También en este trabajo, se codificarán una serie de propiedades que permiten diferenciar la tecnología de realidad aumentada de otras similares. Según esto, los entornos aumentados se caracterizan por combinar lo real y lo virtual en un entorno real,

interactividad en tiempo real, y registro tridimensional o en 3D. El registro se refiere al correcto alineamiento de los objetos virtuales y reales, ya que si no se diera esta circunstancia resultaría un escenario aumentado poco realista. Además, añade que esta definición no restringe la tecnología de realidad aumentada solamente a lo visual sino que tiene el potencial de aplicarse a todos los sentidos, incluido el tacto, el oído, etc.

Hemos de señalar que en muchas de las definiciones de realidad aumentada que encontramos en la bibliografía, únicamente se refieren a sistemas visuales, que aunque se trata de una tecnología eminentemente visual y donde tiene un gran desarrollo, actualmente existe un gran interés en las investigaciones sobre la materia en la posibilidad de crear sistemas de realidad aumentada de tipo sonoro, háptico o multimodal.

Por otra parte, se ha desarrollado otro concepto derivado de esta tecnología y que se denomina como realidad aumentada espacial o en su término en inglés *spacial augmented reality* (Raskar et al., 1999; Bimber et al., 2005). Aquí, el entorno físico del usuario es aumentado con imágenes que son integradas directamente en el entorno del usuario, no solamente en su campo visual. Las imágenes son proyectadas sobre los objetos reales usando proyectores digitales, creando la ilusión de objetos virtuales coexistiendo con el mundo real. Estas imágenes pueden aparecer en 2D, alineadas en una superficie plana, o en tres dimensiones proyectando texturas o imágenes sobre superficies irregulares u objetos reales.

Frente a los entornos de realidad aumentada, éstos no necesitan de un dispositivo de pantalla o *display* a través del cual el usuario vea los gráficos aumentados, sino que puede apreciarlos directamente dentro de su campo visual, y permite la posibilidad de que participen varios usuarios. Sin embargo, son sistemas estáticos que no requieren movilidad, y que sólo pueden desarrollarse en interiores o escenarios nocturnos para una correcta visualización de las proyecciones.



.....
FIGURA 2. EJEMPLO DE REALIDAD AUMENTADA ESPACIAL EN EL CUAL SE APLICA A UN OBJETO
REAL DIFERENTES TEXTURAS DE FORMA VIRTUAL A TRAVÉS DE VARIOS PROYECTORES
(RASKAR ET AL. 2001: 89).

En la última década el uso de la realidad aumentada espacial ha tenido un gran desarrollo en su aplicación en actividades relacionadas con el campo de la creación artística y ámbito cultural que tendremos en consideración en los capítulos siguientes.

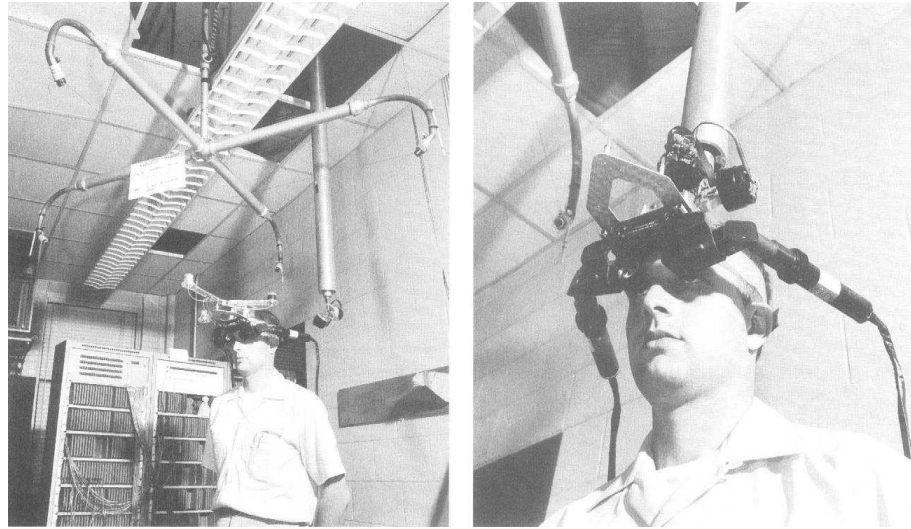
Por nuestra parte haremos también una aproximación a la definición de realidad aumentada basándonos en las existentes, y teniendo en cuenta el punto de vista y las experiencias dentro del campo patrimonial. Así, la realidad aumentada se define como una tecnología que combina el mundo real con información generada por ordenador, obteniendo una percepción mejorada o aumentada del mismo. Esa información debe tener un registro tridimensional e insertarse en el entorno real del usuario de forma que ofrezca una impresión realista en la fusión de ambos mundos, de modo que puede interactuar como si se tratase de elementos físicos reales.

- CRONOLOGÍA HISTÓRICA

Podemos atribuir a Ivan Sutherland en la década de los sesenta del siglo XX, como el primer artífice de un sistema de realidad aumentada que, salvando las diferencias de nuestra tecnología actual, constaba de un dispositivo que permitía sobreponer una imagen generada por ordenador a nuestra visión del mundo real. Sin embargo, hemos de citar algunos precedentes que supusieron los primeros pasos en la consecución y aparición de la

tecnología de realidad aumentada como la invención de *Sensorama*, un simulador capaz de producir una experiencia multimodal a través de sensaciones visuales, sonidos, vibraciones y olores. Fue desarrollado a finales de la década de los 50 y patentado en 1961 por Morton Heiling, un cinematógrafo, que se inspiró en *Cinerama* (una pantalla hemisférica que permitía una visión periférica por el público), para crear un sistema inmersivo que intentaba reproducir situaciones cotidianas pre-grabadas tales como la de conducir un ciclomotor atravesando la ciudad de Manhattan, que el usuario percibía mediante una visión estereoscópica, sonido estereofónico, olores, vibración de la silla y viento. Sólo podía experimentarse individualmente y además el usuario no podía interactuar con el sistema (Sherman et al., 2003).

También durante la década de los sesenta destacaron los estudios realizados por Ivan Sutherland, que dieron como resultado que en 1965 presentara el trabajo denominado *The ultimate display* en el congreso de la *International Federation for Information Processing* (IFIP). Aquí Sutherland explicó su concepto de un *display* en el cual el usuario puede interactuar con objetos en un entorno que no necesariamente sigue las leyes del mundo físico. En la descripción de este *display* se incluían tanto estímulos de tipo visual como háptico (Sutherland, 1965; Sherman et al., 2003).



.....
FIGURA 3. PRIMER SISTEMA DE REALIDAD AUMENTADA CREADO POR IVAN SUTHERLAND EN
1968. (SHERMAN ET AL., 2003: 27).

Tras estos primeros ensayos, en 1968 Sutherland presentó *A head-mounted three-dimensional display*, que se centraba en la idea de que a partir de un dispositivo visual, un usuario era capaz de observar una imagen en perspectiva que cambiaba según los movimientos que éste realizara con la cabeza a través de un sistema de seguimiento basado en sensores mecánicos y ultrasónicos. Este sistema que estaba constituido por un visor o *Head Mounted Display* estereoscópico, aunque debido a las limitaciones de procesamiento de los ordenadores de ese momento solo se mostraban dibujos

esquemáticos que fueran aptos para ser mostrados en tiempo real (Sutherland, 1968; Sherman et al., 2003; Craig et al., 2009).

Ya en la década de los 70, y siguiendo la experiencia de Sutherland, el investigador Myron Krueger de la Universidad de Wisconsin diseñó *Videoplace*, cuyo prototipo fue completado en 1976, que permitía a los usuarios interactuar con objetos virtuales por primera vez. *Videoplace* usaba cámara y otros sistemas de entrada para crear un mundo virtual controlado por los libres movimientos del usuario (Sherman et al., 2003; Craig et al., 2009). En el año 1981 aparece el sistema *Super Cockpit* que incluyó un *display* de visión transparente o «a través de» (*see-through*) montado en el casco del piloto. La visión que se tiene a través de este casco es una visión aumentada sobre la imagen del entorno real circundante donde se superponen gráficos con información adicional. Así, por ejemplo, al mirar sobre el ala de un avión, el piloto obtenía información sobre el número de misiles disponibles (Sherman et al., 2003).

Posteriormente, en 1992, aparece el trabajo *Augmented Reality: An Application of Heads-Up Display Technology to Manual Manufacturing Processes*, en el cual, Tom Caudell y David Mizell acuñaban el término de «realidad aumentada» para referirse a los gráficos generados por ordenador que se superponían al mundo real. Según los autores, esta tecnología servía para aumentar el campo visual del usuario con la información necesaria para una determinada tarea. Este sistema primitivo de realidad aumentada fue aplicado a un caso de industria manufacturera y consistía en una serie de gráficos virtuales que se

superponían a un tablero de ensamblajes a través de la visión de un HMD denominado *Private Eye*, un sistema monocular que abarcaba sólo una pequeña porción del campo visual del usuario. Además discutían sobre las ventajas de la realidad aumentada sobre la realidad virtual tales como que requería procesos computacionales de menor envergadura permitiendo ser usada en ordenadores estándar y baratos, y el presentar gráficos de menor complejidad en el *display* (Caudell et al., 1992).

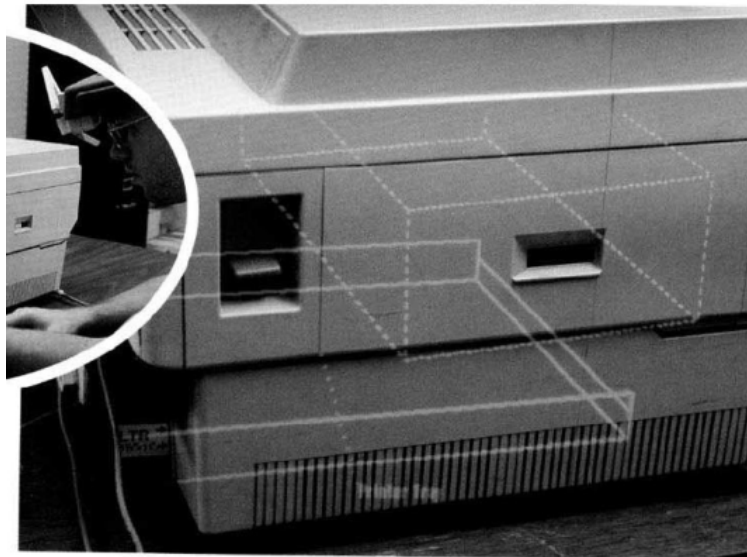
También en 1992, Steven Feiner, Blair MacIntyre y Doree Seligmann realizan la primera aplicación importante de un sistema de realidad aumentada en un prototipo al que denominaron *KARMA*. Éste fue presentado en la conferencia de la interfaz gráfica y fue ampliamente difundida en la publicación *Communications of the ACM* del año siguiente (Feiner et al., 1993).

Paul Milgram y Fumio Kishino presentaron en 1994 *A Taxonomy of Mixed Reality Visual Display* donde establecieron una línea transitoria entre los entornos reales y los entornos virtuales, al que denominaron «continuo de la virtualidad» (*virtuality continuum*). Según el grado de virtualidad o de elementos generados por ordenador que tuviera un determinado entorno se acercaba más a un extremo u otro del continuo. En este ámbito intermedio, denominado como realidad mezclada, se encontraban la virtualidad aumentada y la realidad aumentada conformado por entornos híbridos (Milgram et al., 1994).

En este mismo año vio la luz el trabajo *Augmented Reality: A class of displays on the Reality-Virtuality Continuum* por Paul Migram y otros, en el que se prestaba especial atención a la

caracterización de entornos de realidad aumentada en el que el mundo real se combinaba con elementos virtuales o generados por ordenador (Milgram et al., 1994b).

Durante estos años destaca la figura del Ronald Azuma que en 1997 daría la definición canónica del concepto de «realidad aumentada» en la publicación *A Survey of Augmented Reality*, que especificaba las características de esta nueva tecnología considerándose como aquella que permite combinar lo real con lo virtual, interactuar en tiempo real y tiene un registro tridimensional, valores que se mantienen en la actualidad para la definición de realidad aumentada (Azuma, 1997).



.....
FIGURA 4. VISIÓN A TRAVÉS DE UN HMD DE LA APLICACIÓN KARMA
(FEINER ET AL., 1993: 56).

En 1998, Hirokazu Kato and Mark Billinghurst presentaron *ARToolKit* (Kato et al., 1999), una amplia librería-software creada especialmente para desarrollar aplicaciones de realidad aumentada usando unas marcas fiduciales cuadradas y un sistema de reconocimiento basado en plantillas. *ARToolKit* está disponible como libre software bajo una licencia GPL (*General Public License*) y es el resultado de una colaboración entre las Universidades de Washington y de Seattle, el *Human Interfaces Technology Laboratory* (HITLab) y el *ATR Media Integration & Communication* de Kyoto (Japón). Este software diseñado para aplicaciones de realidad aumentada, proporciona un método de seguimiento de vídeo que hace posible, mediante una forma fácil y económica, crear interfaces con la presencia de un ordenador convencional y una cámara que capture los datos (Sherman et al., 2003).



.....
FIGURA 5. IMAGEN QUE ILUSTRA LA UTILIZACIÓN DE LAS LIBRERÍAS ARTOOLKIT POR UN
USUARIO (KATO ET AL., 1999: 3).

Es en este momento final de la década de los 90 cuando se suceden los congresos dedicados a los avances científicos y tecnológicos sobre realidad aumentada. Así, en noviembre de 1998 se celebra en San Francisco el *IEEE International Workshop on Augmented Reality (IWAR)*, mientras que en marzo de 1999 la ciudad de Yokohama en Japón acoge el *International Symposium on Mixed Reality (ISMR)*. En Munich (Alemania) se

celebra en octubre de 2000, el *IEEE, ACM, and Eurographics International Symposium on Augmented Reality (ISAR)* y dos años después en la ciudad de Darmstadt durante los meses de septiembre y octubre, el *International Symposium on Mixed and Augmented Reality (ISMAR)* que vino a unificar los congresos sobre realidad aumentada de ISMR e ISAR. A partir de este momento los avances que se producen en relación a esta tecnología serán presentados en este congreso que se viene sucediendo de forma anual.

En 2000 aparece el primer juego de realidad aumentada desarrollado por Bruce Thomas y otros para una aplicación en exteriores con el nombre de *ARQuake*. Los usuarios eran equipados con un sistema portátil que contenía un sistema basado en GPS y brújula digital que permitía detectar la posición y orientación de los jugadores. Además la aplicación se basó en el uso de marcas que eran reconocidas por el sistema y que el jugador encontraba repartidas por el escenario real (Thomas et al., 2000).

Al año siguiente, Jürgen Freund y otros presentarán *AR-PDA*, un sistema de realidad aumentada inalámbrico (*wireless*) junto a un prototipo especial de hardware de tamaño reducido que sería un precedente de un PDA. La idea básica era aumentar la imagen real capturada por una cámara con objetos virtuales adicionales, ilustrando por ejemplo las funciones e interactividad con los electrodomésticos usados normalmente (Freund et al., 2001).

Debido a la implantación de los móviles de última generación, que poseían una calidad de imagen superior y un procesamiento de datos mucho mayor y más rápido, en 2004

encontramos algunas aplicaciones de realidad aumentada para teléfonos móviles. Mathias Möhring y otros desarrollaron un sistema de reconocimiento de marcas en 3D para teléfonos móviles constituyendo la primera aplicación de realidad aumentada de vídeo en tiempo real en un teléfono móvil. El sistema soportaba la detección y diferenciación de varias marcas en 3D, y la correcta integración y renderizado de los gráficos virtuales tridimensionales junto a la señal de vídeo en tiempo real (Möhring et al., 2004).

Por otra parte, en la edición de 2004 del SIGGRAPH (*Group on Graphics and Interactive Techniques*) se presentó *The Invisible Train*, siendo la primera aplicación de realidad aumentada multiusuario desarrollada para dispositivos de mano (Wagner et al., 2005).

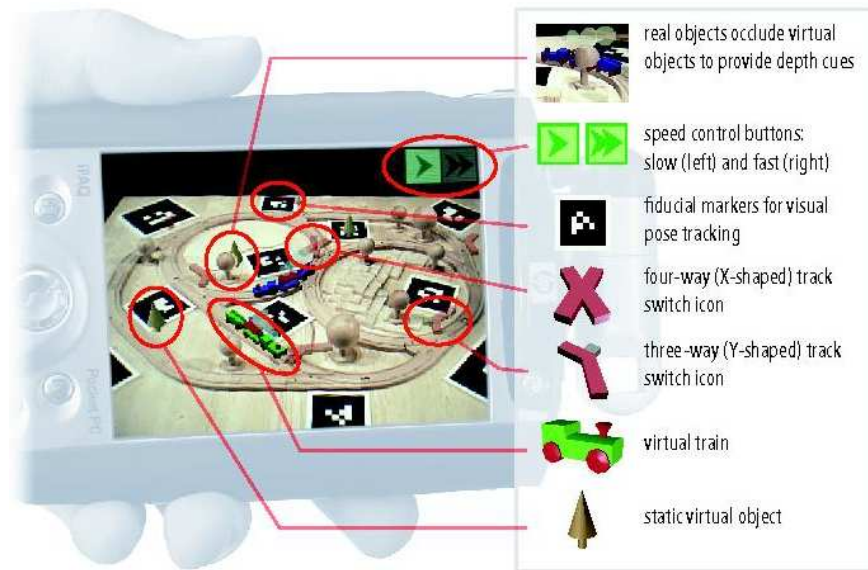


FIGURA 6. ESQUEMA DE FUNCIONAMIENTO DE THE INVISIBLE TRAIN
(WAGNER ET AL., 2005: 8).

Hasta la actualidad los principales estudios han consistido en la aplicación de la tecnología de realidad aumentada a dispositivos móviles de pequeño formato. Así, Wagner y otros presentaron en 2008 la primera implementación de seguimiento de movimientos tridimensionales en tiempo real para teléfonos móviles, consiguiendo más rapidez y reduciendo el consumo de memoria (Wagner et al., 2008).

Por otra parte, la empresa austriaca Mobilizy lanza *Wikitude*, una aplicación basada en sistemas de geoposicionamiento, brújula digital, sensores de orientación y acelerómetro, mapas, video junto a contenidos informativos de *Wikipedia*. Su funcionamiento consiste en la superposición de información en tiempo real a la imagen capturada por la cámara del modelo *Android Smartphone*. Así, esta aplicación puede funcionar como una guía de viajes y proporcionar información turística al usuario (Doppler, 2009).

En 2009, SPRXmobile lanza *Layar*, una variante avanzada de *Wikitude*. Esta usa el mismo sistema de registro que su predecesor (GPS y brújula digital), y está conectado a una plataforma que consiste en un servidor abierto que contiene información obtenida en los buscadores web convencionales como *Wikipedia*, *Twitter*, etc. Incluyendo guías de viajes, cultura y naturaleza (Doppler, 2009).

Actualmente, la historia reciente de la tecnología de realidad aumentada ha visto incrementar sus páginas en gran medida evidenciando el despegue que ha tenido en los últimos años como resultado de una larga trayectoria y una visión de futuro con grandes expectativas que harán de la misma un elemento cotidiano en nuestra vida diaria.

BIBLIOGRAFÍA

- AZUMA, R. (1997): «A survey of augmented reality», *Presence: Teleoperators and Virtual Environments*, vol. 6, nº 4, pp. 355 – 385.
- AZUMA, R., BAILLOT, Y., BEHRINGER, R., FEINER, S., JULIER S., y MACINTYRE, B. (2001): «Recent advances in augmented reality», *IEEE Computer Graphics and Applications*, vol. 21, nº 6, pp. 34 – 47.
- BIMBER, O., y RASKAR, R. (2005): *Spatial augmented reality: merging real and virtual worlds*, Wellesley, Mass.: A K Peters.
- CAUDELL, T. P., y MIZELL, D.W. (1992): «Augmented reality: an application of heads-up display technology to manual manufacturing processes», *International Conference on System Sciences*, vol. 2, pp. 659-669.
- CRAIG, A. B., SHERMAN, W. R., y WILL, J. D. (2009): *Developing virtual reality applications*, Amsterdam, Boston: Morgan Kaufmann.
- DOPPLER, C. (2009): «History of mobile augmented reality», disponible en <<https://www.icg.tugraz.at/~daniel/HistoryOfMobileAR/>>, [consultado: 15.03.2013].
- FEINER, S., MACINTYRE, B., y SELIGMANN, D. (1993): «Knowledge-based augmented reality», *Communications of the ACM*, vol. 36, nº 7, pp. 52 - 62.

- FRUEND, J., GEIGER, C., GRAFE, M., y KLEINJOHANN, B. (2001): «The augmented reality personal digital assistant», en AA. VV., *Proceedings of the Second International Symposium on Mixed Reality*, pp. 145 - 146.
- KATO, H., y BILLINGHURST, M. (1999): «Marker tracking and HMD calibration for a video-based augmented reality conferencing system», en AA. VV., *Proceedings of the 2nd IEEE and ACM International Workshop on Augmented Reality*, Washington DC, IEEE Computer Society, pp. 85 - 94.
- MILGRAM, P., y KISHINO, F. (1994): «A taxonomy of mixed reality visual display», *Inst. of Electronics, Information and Communication Engineers (IEICE) Trans. Information and Systems*, vol. E77-D, nº. 12, pp. 1321 - 1329.
- MILGRAM, P., TAKEMURA, H., UTSUMI, A., y KISHINO, F. (1994b): «Augmented reality: a class of displays on the reality-virtuality continuum», *Telemanipulator and Telepresence Technologies*, SPIE Vol. 2351, pp. 282 - 292.
- MOHRING, M., LESSIG, C., y BIMBER, O. (2004): «Video see-through AR on consumer cell-phones», en AA. VV., *Proceedings of the 3rd IEEE/ACM International Symposium on Mixed and Augmented Reality*, Washington DC, IEEE Computer Society, pp. 252 – 253.
- RASKAR, R., WELCH, G., y FUCHS, H. (1999): «Spatially augmented reality», en Reinhold Behringer, Gudrun Klinker, y David W. Mizell (Eds.), *Proceedings of the*

- international workshop on augmented reality: placing artificial objects in real scenes*, USA: A. K. Peters, Ltd., Natick, MA, pp. 63 - 72.
- SHERMAN, W. R., y CRAIG, A. B. (2003): *Understanding virtual reality: interface, application, and design*, San Francisco CA: Morgan Kaufmann.
 - SUTHERLAND, I. E. (1965): «The ultimate display», en *Proceedings of IFIP Congress*, pp. 506 -508.
 - SUTHERLAND, I. E. (1968): «A head-mounted three-dimensional display», *AFIPS Conference Proceedings*, Vol. 33, Part I, pp. 757-764.
 - THOMAS, B., CLOSE, B., DONOGHUE, J., SQUIRES, J., BONDI, P., MORRIS, M., y PIEKARSKI, W. (2000): «ARQuake: an outdoor/indoor augmented reality first person application», en AA. VV., *Proceedings of the 4th International Symposium on Wearable Computers*, Washington DC, IEEE Computer Society, pp. 139 – 146.
 - WAGNER D., PINTARIC T., LEDERMANN F., y SCHMALSTIEG D. (2005): «Towards massively multi-user augmented reality on handheld devices», en Hans W. Gellersen, Roy Want y Albrecht Schmidt (Eds.), *Proceedings of the Third International Conference on Pervasive Computing*, Berlin, Springer Heidelberg , pp. 208 - 219.
 - WAGNER, D., REITMAYR, G., MULLONI, A., DRUMMOND, T., y SCHMALSTIEG, D. (2008): «Pose tracking from natural features on mobile phones», en AA. VV.,

Proceedings of the 7th IEEE/ACM International Symposium on Mixed and Augmented Reality, pp. 125-134.

5. TECNOLOGÍA Y CARACTERÍSTICAS

Aunque las investigaciones previas para la consecución de esta tecnología fueron dadas conjuntamente con el progreso de la realidad virtual durante todo el siglo XX, hay que decir que el punto de partida para la aparición de la misma fue durante la década de los noventa, en la que se produce la desvinculación y el desarrollo como una tecnología con entidad propia. El término sería acuñado por Tom Caudell a principios de la década y en 1997, Ronald Azuma, el denominado «padre de la realidad aumentada», codificó las características de la misma. A partir de esa fecha las experiencias han tenido un crecimiento exponencial, en el que se han sucedido los avances y desarrollos que han hecho madurar a esta tecnología.

La realidad aumentada es considerada hoy en día una tecnología emergente que presenta numerosas posibilidades, pero sin embargo, frente a la realidad virtual es una gran desconocida ya que ésta presenta una mayor difusión y sus conceptos básicos están claramente definidos. Por ello en este capítulo, pasaremos a explicar las características que hacen que consideremos la realidad aumentada como una tecnología con entidad propia.

- PLANTEAMIENTOS TECNOLÓGICOS

Para hacer una distinción más exacta de lo que se refiere a la realidad aumentada podemos citar tres características definitorias basándonos en el trabajo de Azuma (1997) que considera que un sistema de realidad aumentada:

- combina lo real y lo virtual,
- es interactivo en tiempo real,
- y tiene un registro tridimensional

Con estos parámetros quedarían fuera del marco de la tecnología de realidad aumentada aquellos sistemas que combinan imágenes virtuales con imágenes reales como lo serían las películas que utilizan gráficos tridimensionales junto a elementos reales en una misma escena, ya que en este caso no son interactivos.

A pesar de que este planteamiento es correcto actualmente, debemos mencionar que en la última década han surgido nuevas modalidades basadas en la tecnología de realidad aumentada como sería la denominada realidad aumentada espacial (Raskar et al., 1999;

Bimber, 2005), que combinaría elementos reales con otros virtuales y en tres dimensiones pero que no ofrecen posibilidad de interactuar con ellos.

Por otra parte, al consultar la bibliografía existente y manuales de referencia (Bimber et al., 2005; Hainich, 2009; Cawood et al., 2008; etc.) podemos encontrar varias definiciones sobre realidad aumentada que aluden a ésta como una variación de la realidad virtual. Pero mientras que en ésta el usuario queda totalmente inmerso dentro de un entorno virtual, en los sistemas de realidad aumentada el usuario nunca pierde el contacto con el entorno circundante.

Por ello podemos establecer un análisis comparativo entre ambas tecnologías basándonos también en el trabajo de Azuma, atendiendo a algunos requisitos que son necesarios para la consecución de ambas y que a la vez nos proporcionará algunos elementos diferenciadores para categorizar la tecnología de realidad aumentada.

En cuanto a cómo se genera la escena en un determinado entorno, los sistemas de realidad virtual necesitan muchos más condicionantes para conseguir imágenes realistas porque en éstos se reemplaza el mundo real con un entorno totalmente virtual. Sin embargo, en los sistemas de realidad aumentada, las imágenes virtuales sólo complementan el mundo real. Además, necesitan de pocos gráficos virtuales y no tienen que ser necesariamente realistas según el propósito de la aplicación, por ejemplo en aquellas que se basan en texto.

En lo que respecta a los dispositivos de pantalla o *displays* que se usan en realidad aumentada, éstos presentan algunas particularidades que difieren a los demandados por los sistemas de realidad virtual, debido de nuevo a que no se reemplaza el mundo real. Un elemento fundamental para la construcción de sistemas de realidad aumentada es cómo llevar a cabo la combinación entre la imagen virtual con la imagen real, y en esta tarea también juega un papel importante el tipo de dispositivo que utilicemos. Frente a los dispositivos utilizados en realidad virtual, donde no tenemos una visión del mundo que nos rodea, en los que se utilizan para aplicaciones de realidad aumentada debemos de utilizar unos dispositivos creados especialmente para usarlos en este tipo de sistemas y que nos permitan ver la imagen del mundo real y al mismo tiempo la imagen virtual superpuesta. Existen dos variantes posibles que determinan el tipo de *display* y que se diferencia en la utilización de tecnología óptica o una tecnología de vídeo. Los *displays* de vídeo se caracterizan porque la imagen virtual es superpuesta a una imagen de vídeo del entorno real capturada por una cámara, mientras que en los *displays* de tipo óptico los gráficos generados por ordenador son superpuestos a la visión real del usuario, por tanto, este tipo de *displays* requieren tareas más complejas de calibración y registro.

Otro elemento primordial en la consecución de la tecnología de realidad aumentada, consiste en llevar a cabo un correcto registro y posicionamiento de los objetos virtuales en el entorno real. Este requiere un seguimiento exacto del campo de visión del usuario junto

a una correcta identificación y localización de los otros objetos en el entorno. Esto es debido a que en los sistemas de realidad aumentada los objetos en el mundo real y el virtual deben estar combinados a la perfección, ya que de ello depende la visión realista de un entorno aumentado. Por otra parte, podemos encontrar varias técnicas de seguimiento que permiten identificar la posición y orientación de un usuario, así como las coordenadas de los objetos virtuales que se insertan en un espacio real (Azuma, 1997; Azuma et al, 2001).

Actualmente encontramos sistemas que se basan en el uso de sensores de localización y, por otra parte, aquellos basados en técnicas de visión. También existen determinadas aplicaciones que utilizan una combinación de ambos sistemas para conseguir mejores resultados (Zhou et al., 2008; Carmigniani et al., 2010).

En cuanto a las técnicas de seguimiento basadas en sensores, se han venido utilizando sensores mecánicos, ópticos, inerciales, acústicos y/o magnéticos que también se utilizan en entornos de realidad virtual. Actualmente los dispositivos hardware más comunes (*smartphones* y *tablets*) utilizan unidades GPS o sensores inerciales (acelerómetros) para la localización del usuario en el entorno y sensores magnéticos (compases o brújulas digitales) e inerciales (giróscopos e inclinómetros) para indicar la dirección del punto de vista del usuario. Esta configuración es una de las más utilizadas dentro del campo patrimonial, sobre todo para aplicaciones que se encuentran en espacios abiertos como yacimientos arqueológicos o contextos urbanos, a través de la utilización de dispositivos

que presentan las características de seguimiento y posicionamiento que hemos mencionado.

Por otra parte, los sistemas de seguimiento basados en técnicas de visión también han estado presentes en las experiencias que se han realizado en entornos patrimoniales. La incorporación de técnicas de visión en el sistema de seguimiento puede realizarse de dos formas distintas: mediante el uso de marcas fiduciales o por el reconocimiento de rasgos naturales o patrones. En el caso de los sistemas de realidad aumentada basados en vídeo, son los más idóneos para utilizar las técnicas basadas en visión por ordenador, ya que cuentan previamente con una imagen digital del entorno real, lo que permite detectar características en el entorno y utilizarlas para facilitar el registro.

Como hemos mencionado anteriormente, es posible mejorar el registro localizando puntos de referencia en el entorno a través del reconocimiento basado en marcas fiduciales, que sirven de referente para insertar un determinado objeto virtual en la escena real, mientras que por otro lado, se pueden utilizar técnicas de reconocimiento de rasgos naturales o modelos para realizar el registro (Zhou et al., 2008; Carmigniani et al., 2010). En estos últimos se incluyen una serie de parámetros referentes al escenario real que se encuentran predefinidos por el sistema, de modo que al reconocer dichos parámetros se genere una escena aumentada con los gráficos virtuales. Este sistema está ofreciendo importantes resultados para su aplicación en entornos patrimoniales debido a que es un método no intrusivo y respetuoso con el objeto cultural

- DISPOSITIVOS DE REALIDAD AUMENTADA

En las aplicaciones de realidad aumentada los dispositivos de pantalla o *displays* son aquellos que nos permiten ver los gráficos generados por ordenador superpuestos a un entorno real que nos rodea, permitiendo generar un entorno aumentado. Por lo tanto, los dispositivos más usados en realidad aumentada son aquellos de tipo visual, aunque actualmente podemos encontrar otros dispositivos que complementan estas experiencias visuales, con datos de tipo sonoro, háptico, e incluso olfativo y gustativo. También encontramos casos donde aparecen combinados dos o más tipos de *displays* en lo que se denomina sistemas multimodales.

- DISPOSITIVOS VISUALES

Para los entornos de realidad aumentada es necesario que los dispositivos visuales o *displays* presenten una serie de características como son: un sistema de visualización a través de una pantalla generalmente, con una unidad de entrada que bien puede ser una cámara, y algún otro dispositivo que nos sitúe en el espacio, como un GPS. Y por último, un procesador capaz de realizar las tareas de análisis y renderizado de la imagen de vídeo en tiempo real.

Entre los dispositivos visuales, que son los más utilizados y característicos desde el punto de vista del patrimonio cultural, podemos encontrar una amplia gama de visualizadores que va aumentando paralelamente a los diferentes avances en el campo de la óptica y la informática. Podemos encontrarnos desde el monitor y *webcam* de una CPU tradicional, a los actuales teléfonos móviles inteligentes o *smartphones* que se han convertido en una plataforma muy atractiva para aplicaciones de realidad aumentada y que dentro del campo patrimonial están ofreciendo grandes posibilidades a través de diferentes propuestas.

- *Head Mounted Displays* (HMDs)

Uno de los dispositivos más utilizados tradicionalmente en aplicaciones de realidad aumentada son los denominados *Head-Mounted Displays* (HMDs) (Kiyokawa et al., 2007; Bimber et al., 2005). Con ellos nos referimos a unos visualizadores que se colocan sobre la cabeza del usuario a modo de casco o de gafas. Son los más utilizados para las aplicaciones de realidad virtual y realidad aumentada. En cuanto a esto último, hemos de tener en cuenta que el diseño y configuración de los HMDs difiere dependiendo de la aplicación a la que van destinados, debido a que en los entornos de realidad virtual no se tiene ningún contacto con el entorno físico circundante. Se utilizan en campos tan dispares como el militar, la medicina, el entretenimiento, etc., utilizándose también en aplicaciones de realidad aumentada en espacios patrimoniales debido a que ofrecen un alto grado de

inmersión, aunque, como veremos, también presentan algunos inconvenientes que le restan usabilidad.

Desde que en 1968, Ivan Sutherland creara el que se considera el primer *Head Mounted Display*, un sistema llamado *Sword of Damocles* que permitía visualizar imágenes generadas por ordenador en tiempo real y el seguimiento de cabeza desde diferentes posiciones estratégicas, la evolución que han experimentado los sistemas de HMD ha sido constante. Desde sus primeras aplicaciones en el campo militar a la actualidad, sus aplicaciones son muy diversas al igual que sus modelos y tecnología.

Hay principalmente dos tipos de HMDs utilizados en las aplicaciones de realidad aumentada que son los *Video Head Mounted Display* o HMD de vídeo y los *Optical Head Mounted Display* o HMD ópticos. En el primer tipo, una cámara captura la imagen del mundo real a la que se le superpone digitalmente la imagen virtual creando una imagen combinada (o aumentada) que es la que se proyecta en la pantalla que visualiza el usuario. Esta pantalla es opaca en todo momento y el usuario percibe la imagen que es capturada por la cámara permitiéndole ver hacia el exterior, es por lo que se les llama a estos dispositivos *video see-through* (a través de vídeo) porque el usuario percibe su entorno exterior a través de la imagen generada por la cámara del HMD. Su principal ventaja es que tanto la imagen del entorno real como la imagen virtual aparecen ya digitalizadas lo que permite realizar correcciones de intensidad y matiz. Son los más utilizados, frente a los de tipo óptico, y tienen una importante representación en espacios culturales y patrimoniales

en los que se tiene que abarcar una amplia panorámica (yacimientos arqueológicos, vistas panorámicas, interior de monumentos, etc.), para observar la imagen aumentada correspondiente.

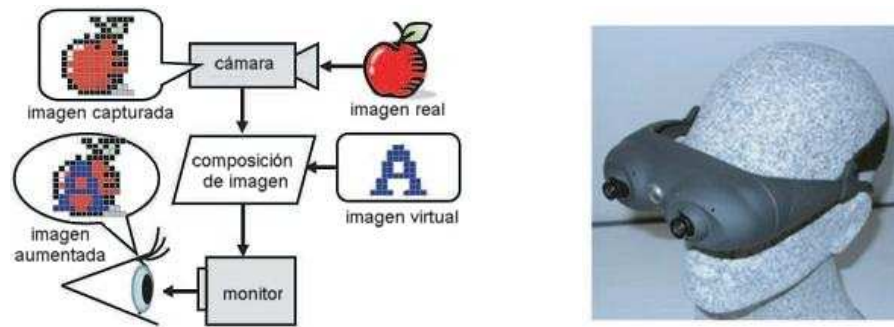


FIGURA 7. ESQUEMA DEL FUNCIONAMIENTO DE UN HMD DE VÍDEO, Y UN EJEMPLO QUE PODEMOS ENCONTRAR EN EL MERCADO (HALLER ET AL., 2007: 47).

Por otra parte, los *Optical Head Mounted Displays* o HMD ópticos son algo más complejos debido a que el usuario ve directamente el mundo real a través de la pantalla aunque el dispositivo se encuentre apagado. Lo que ocurre aquí es que estos sistemas constan de un combinador óptico, que bien puede ser un espejo semitransparente o una pantalla plana de LCD (*Liquid Crystal Display*) transparente, donde se inserta la imagen virtual que el usuario verá superpuesta a su visión del mundo real.

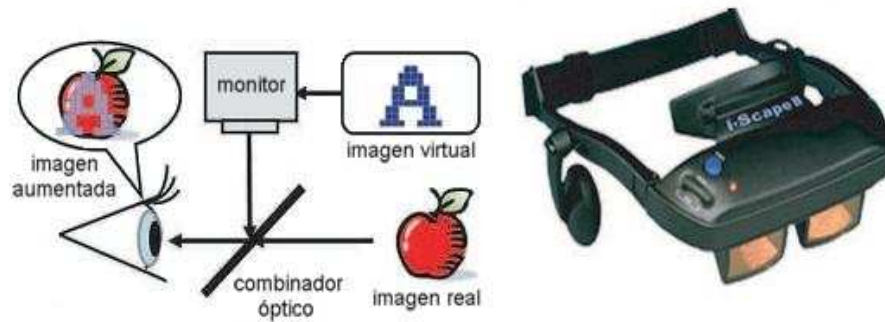


FIGURA 8. GRÁFICO QUE MUESTRA EL FUNCIONAMIENTO DE UN HMD ÓPTICO Y UNO DE LOS DISPOSITIVOS UTILIZADOS (HALLER ET AL., 2007:47).

Podemos encontrar algunas ventajas como son la percepción del entorno real directamente, sin ruptura entre la visión frontal y la periférica, además de ser una estructura sencilla y ligera (Bimber et al., 2005).

Recientemente se han presentado algunos prototipos de HMD como el denominado *Google Glass* que ha sido desarrollado dentro del *Google X Lab*. Se trata de unas gafas de realidad aumentada cuyas características técnicas y altamente ergonómicas abren nuevas posibilidades a este tipo de dispositivos. Además el proyecto de Google también cuenta con otros avances como la utilización de un display auditivo basado en conducción ósea para experimentar con la realidad aumentada de tipo sonoro. Por su parte, la compañía japonesa *Canon* también ha presentado una propuesta de HMD de vídeo con el nombre de

MREAL mostrando un interés creciente en este tipo de *displays*, así como su implantación real y factible en aplicaciones de realidad aumentada.



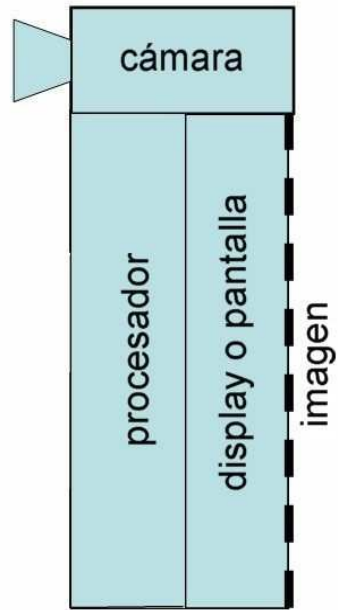
.....
FIGURA 9. *GOOGLE GLASS*. PROTOTIPO DE *HEAD MOUNTED DISPLAY* CREADO POR *GOOGLE X LAB* EN EL QUE PUEDE APRECIARSE LA CÁMARA Y EL DISPLAY ([HTTP://WWW.INTELDIG.COM](http://www.inteldig.com))

- Dispositivos de mano o portátiles

Actualmente han aparecido otra serie de dispositivos que se han incluido dentro de las aplicaciones de realidad aumentada que son los denominados *Handheld Displays*. Se trata

de aquellos visualizadores portátiles que son manipulados con las manos. Actualmente, hay varios tipos de displays de mano o portátiles que pueden ser usados en entornos móviles de realidad aumentada como son las *tablet PCs*, los *UMPCs* (PCs ultra portátiles), PDAs (*Personal Digital Assistant*) y los teléfonos móviles. Todos ellos combinan procesador, memoria, visualizador o pantalla, y una tecnología de interacción en un solo aparato, además de permitir conexiones inalámbricas (*wireless*) y libertad de manejo.

Estos dispositivos constan de una cámara integrada capaz de capturar imágenes de vídeo en tiempo real del entorno circundante a las que se le superponen las imágenes o gráficos virtuales antes de ser mostradas en la pantalla. Normalmente se utilizan los displays de mano de vídeo aunque también, al igual que los HMDs, los hay de tipo óptico y de proyección (Bimber et al., 2005).



display de mano de vídeo

FIGURA 10. ESQUEMA DE CONFIGURACIÓN DE UN *DISPLAYS* DE MANO DE VÍDEO, SIMILAR A LOS ACTUALES *SMARTPHONES* O *TABLETS* (BIMBER ET AL., 2007).

Desde nuestro campo, estos dispositivos ofrecen un gran número de aplicaciones relacionadas con el objeto cultural. Desde la implantación de esta tecnología a estos dispositivos de bajo coste, el número de investigaciones que tenían como objeto esta disciplina, ha crecido notablemente, acompañado de experiencias de realidad aumentada

en entornos patrimoniales que han hecho aparecer una nueva forma de acceder a la difusión e interpretación del patrimonio para el público en general.

Los displays de mano o portátiles representan una alternativa a los HMDs en las aplicaciones de realidad aumentada, debido a que son mínimamente intrusivos, socialmente aceptados, fácilmente accesibles en el mercado y permiten un fácil manejo y portabilidad.

Tradicionalmente los HMDs han sido los dispositivos más utilizados, pero los avances producidos en los últimos años, posibilitando un mayor rendimiento en este tipo de dispositivos portátiles, ha hecho que se equiparen con éstos. Los HMDs permitían a los usuarios tener las manos libres para interactuar con los contenidos virtuales, ya fuera directamente o usando un dispositivo adicional como un ratón o un guante digital. Sin embargo, en las aplicaciones que utilizan dispositivos de mano, el usuario ve a través del dispositivo y necesita al menos sostenerlo con una mano. Así, en el caso de un PDA o una *tablet*, deben ser sostenidos con ambas manos, mientras que un teléfono móvil sólo necesita una mano para interactuar con él.

Por tanto, las interfaces donde se utilizan dispositivos de mano son diferentes a las que están basadas en la utilización de los HMDs donde podemos encontrar algunas aplicaciones en las que se desarrolla la interacción del usuario con el entorno aumentado a través de movimientos con el propio *display* de mano o controlando los objetos virtuales a través de las teclas de control (Henrysson et al., 2007).

Otra diferencia respecto a los HMDs, sería que los displays de mano permiten tener una mayor conciencia del entorno real debido a que la pantalla es controlada en todo momento por el usuario y no se encuentra colocada frente a los ojos.

Entre los diferentes *displays* de mano o portátiles, también existen diferencias significativas. En este sentido hay que señalar que las PDAs contaban con una pantalla más grande y procesadores más rápidos, lo que permitía desarrollar aplicaciones de realidad aumentada más complejas. Sin embargo, el rápido avance de la tecnología para teléfonos móviles y la aparición de los *smartphones* (teléfonos móviles que funcionan como un ordenador personal) o las *tablets*, con pantallas de mayores dimensiones, han hecho que éstos se conviertan en una plataforma ideal para las aplicaciones de realidad aumentada. Esto se debe a que estos dispositivos portátiles presentan pantallas a todo color, cámaras integradas, procesadores de gran rapidez y capacidad para visualizar gráficos en 3D.

Existen algunas desventajas relacionadas con los dispositivos de mano (Bimber et al., 2005b), ya que los procesos de análisis y renderizado requieren un uso importante de la memoria y el procesador, mientras que el tamaño de la pantalla de la mayoría de los dispositivos de mano es reducido, proporcionando un campo visual limitado. Además, comparados con los *displays* para la cabeza, los dispositivos de mano no permiten mantener las manos libres para interactuar con un determinado entorno.

- *Displays* espaciales

A diferencia de los HMDs y los *displays* de mano que hemos visto anteriormente, encontramos unos dispositivos basados en proyecciones que se conocen como *displays* espaciales (Bimber et al., 2005). Éstos tienen la característica de que no son portados o manipulados por el usuario, sino que van integrados en el entorno donde éste se encuentra. Estos dispositivos van asociados al concepto de realidad aumentada espacial y se diferencian principalmente en la forma en que se aumenta el entorno: de vídeo, ópticos o de proyección directa. Es éste último tipo de *displays* de proyección directa el que ha dado lugar a la aparición de una modalidad en realidad aumentada que se denomina como realidad aumentada espacial (*spacialy augmented reality*) que se caracteriza porque no es necesario disponer de un visualizador que muestre al usuario el entorno aumentado, sino que éste aparece directamente dentro de su campo visual. Otras características sobre este tipo de *displays* serían que permite la participación de varios usuarios y que debe de desarrollarse en un lugar en concreto debido a que son aplicaciones estáticas en cuanto a su configuración.

Los *displays* de proyección directa, conocidos como *projection-based spatial displays* (Bimber et al., 2005), basan su funcionamiento en una proyección frontal, donde las imágenes virtuales son superpuestas a objetos o superficies físicos directamente en lugar de mostrarlos a través de la imagen plana de un *display*. Se utilizan varios tipos de

proyectores (estáticos, dinámicos, múltiples) que permiten incrementar el área de proyección y mejorar la calidad de imagen. En este tipo de proyección no es necesaria una vista estereoscópica, salvo en caso de que las propiedades de la superficie de los objetos reales (color, iluminación y textura), quieran ser modificadas superponiendo una determinada imagen virtual. De igual forma, la percepción de profundidad vendría determinada por la que tienen las diferentes superficies de los objetos reales.

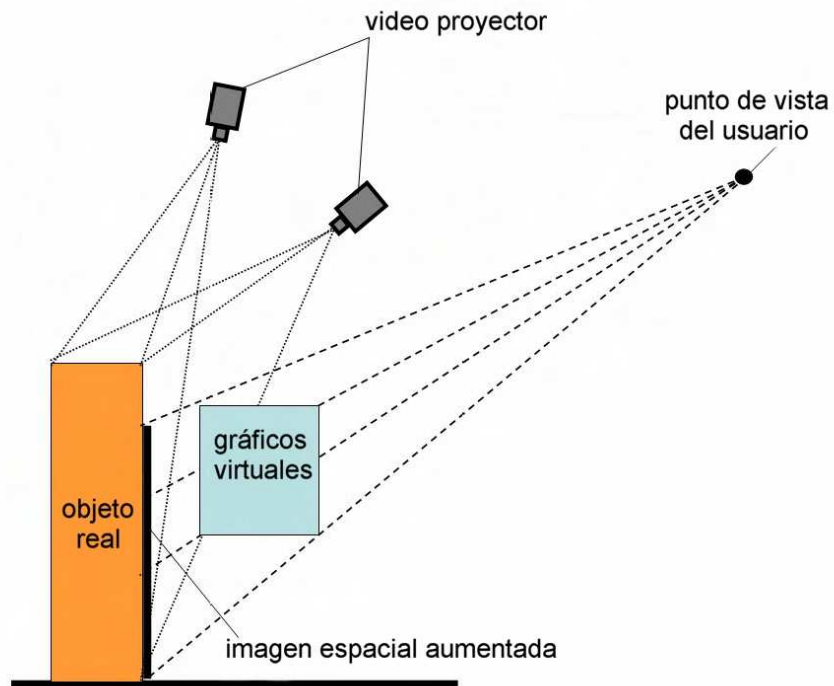


FIGURA 11. ESQUEMA DE FUNCIONAMIENTO DE UN *DISPLAY* ESPACIAL DE PROYECCIÓN DIRECTA DONDE PUEDE APRECIARSE LA SUPERPOSICIÓN DE LOS GRÁFICOS VIRTUALES SOBRE LA SUPERFICIE DE LOS OBJETOS REALES CREANDO UNA IMAGEN ILUSORIA PARA EL USUARIO (BIMBER ET AL., 2007).

Los *displays* espaciales presentan algunas ventajas comparándolos con otros tipos de dispositivos como son: un campo visual teóricamente ilimitado, resolución a diferente escala, mejor acomodación visual y dispositivos ergonómicos (Bimber et al., 2005).

- OTROS DISPOSITIVOS O DISPLAYS

- *Displays* de audio

Frente a los visuales, estos dispositivos son utilizados en las aplicaciones de realidad aumentada de audio en las que se mezcla el sonido ambiente con unos sonidos generados por ordenador. Difiere de las aplicaciones de realidad virtual de audio donde el usuario queda inmerso por completo sin percibir nada del entorno real que le rodea.

Podemos encontrar los *displays* sonoros reproducen los sonidos generados por ordenador a través de altavoces o auriculares.

En el caso de los primeros, éstos se colocan en el entorno real del usuario de modo que éste pueda percibir tanto el sonido ambiente como el sonido que reproducen los altavoces. Los auriculares, por su parte, vienen articulados con dos micrófonos que capturan el sonido del ambiente real y lo mezcla con el sonido generado por ordenador, aquí el usuario percibe ambos sonidos ya mezclados. La utilización de auriculares se basa en la posición y orientación del usuario y permite desplazarse por el entorno libremente, sin embargo un sistema basado en altavoces la posición y orientación del usuario está fijada con respecto a los altavoces en un punto denominado *sweet-spot*. Otra diferencia entre ambos sistemas sería que mientras que en el uso de auriculares se permite personalizar el sonido

umentado, en una aplicación utilizando altavoces no sería posible debido a que ocurre en un espacio público.



FIGURA 12. EJEMPLO DE DISPLAY DE AUDIO TIPO AURICULAR A TRAVÉS DEL CUAL SE PODRÍA MEZCLAR EL SONIDO AMBIENTE CON EL DIGITAL (PELTOLA, 2009).

Recientemente han aparecido otro tipo de *displays* sonoros en el mercado que transmiten el sonido analógico a través de conducción ósea¹. Su funcionamiento consiste en un auricular que se coloca en el hueso cigomático (también llamado malar) frente al oído. Éste permite reproducir el sonido directamente en el oído interno a través de las vibraciones que se generan sobre el hueso. El sistema permite que los sonidos del ambiente del usuario puedan ser percibidos al mismo tiempo que los sonidos analógicos².

¹ Este sistema ya fue descubierto por Ludwig Van Beethoven 1770-1827 quien encontró una manera de escuchar música a través de su mandíbula utilizando una caña unida a su piano. Sin embargo la fidelidad del sonido no era la adecuada.

² Otra innovación en este sistema es que puede ser usado en ambientes acuáticos ya que el sonido no se transmite por el aire.



.....
FIGURA 13. *AUDIOBONE*. *DISPLAY* SONORO QUE UTILIZA LA CONDUCCIÓN ÓSEA QUE PODEMOS ENCONTRAR EN EL MERCADO (AUDIOBONEHEADPHONES.COM).

Las aplicaciones de realidad aumentada donde el usuario interactúa con el audio pueden ser de gran interés ya que permite un entorno más realista y una sensación de inmersión mayor. Además ayuda a la percepción de profundidad, la realización de tareas y facilita la colaboración entre usuarios (Zhou et al., 2004).

La importancia de estos *displays* en entornos de realidad aumentada tiene un importante papel asociado a los de tipo visual generando una experiencia más enriquecedora para el usuario. Las gafas de realidad aumentada desarrolladas por *Google* se encuentran

equipadas con este sistema de audio con la intención de introducirlo en el mercado en un futuro próximo.

- Displays hápticos

Existen aplicaciones de realidad aumentada en las que se utilizan los displays hápticos, unos dispositivos que permiten al usuario tocar, sentir y actuar sobre el entorno. Se trata de guantes o exoesqueletos que pueden devolver fuerzas al usuario. Al estar preparados para vestir, son ergonómicos y facilitan la movilidad. Sin embargo, es necesario de un sistema adicional de seguimiento para aplicaciones en las que el usuario tenga que desplazarse por el entorno.

Algunos displays que se utilizan en sistemas hápticos, los encontramos en *SmartFinger* (Ando et al., 2002), un dispositivo que se sujeta en las uñas de los dedos, proporciona al usuario sensaciones táctiles adicionales, como por ejemplo, pasar el dedo sobre un dibujo y sentir sus trazos en forma de bordes y rugosidades virtuales a partir de su textura. Esto se consigue generando pequeñas vibraciones con una bobina de voz (*voice coil*).

Food Simulator (Iwata et al., 2004), es una interfaz háptica que genera una fuerza en los dientes del usuario simulando la textura de los diferentes alimentos. Además también se le incorpora una sensación auditiva que recoge los sonidos que realizamos al morder.



.....
FIGURA 14. *FOOD SIMULATOR*, UN TIPO DE DISPLAY HÁPTICO, Y ESQUEMA DE SU
FUNCIONAMIENTO (IWATA ET AL., 2004: 52).

- *Displays olfativos*

Los displays olfativos se utilizan en interfaces de realidad aumentada donde un ordenador controla los olores emitidos situados en un entorno real permitiendo al usuario recibir una

mezcla de olores desde el emitido virtualmente al olor del entorno real³. Un display olfativo a modo de máscara de oxígeno, puede ser utilizado para mezclar el olor capturado del ambiente real con el olor generado por ordenador, aunque la síntesis de olores sigue siendo una difícil tarea (Hirose et al., 1997). Existen displays olfativos de proyección (*Projection-Based Olfactory Display*) o llevables (*Wearable Olfactory Display*) que permiten mezclar los olores de un ambiente con los generados por ordenador en el mismo conducto nasal.

En el caso de los displays olfativos llevables, podemos encontrar un ejemplo donde se desarrolla un display capaz de presentar la especialización del olor en un entorno abierto (Yamada et al., 2006). Éste trata el olor en estado gaseoso y es conducido hasta la nariz del usuario a través de unos tubos. Este sistema controla la intensidad del olor según la cercanía del usuario al lugar que emite el mismo permitiendo identificar la situación del olor en un entorno abierto. También se presenta una derivación de este tipo de display que transmite los olores a través de estado líquido a través de un dispositivo con tubos de inyección.

³ Hay que tener en cuenta que mientras los sistemas visuales, auditivos y hápticos responden a estímulos físicos, en los entornos donde se reproducen sensaciones olfativas y gustativas responden a estímulos químicos.



FIGURA 15. EJEMPLO DE *DISPLAY* OLFATIVO LLEVABLE Y CONFIGURACIÓN DE UN ENTORNO

(YAMADA ET AL., 2006: 202).

También aparecen estudios que utilizan el concepto de display olfativo de proyección (*Projection-Based Olfactory Display*). Aquí el usuario no necesita llevar nada en su cara ya que el display actúa proyectando varias esencias en el aire desde un lugar cercano a la nariz del usuario. Mediante un cañón de aire articulado con una cámara que registra la posición

de la nariz del usuario, se generan remolinos toroidales con las diferentes esencias (Yanagida et al., 2004).

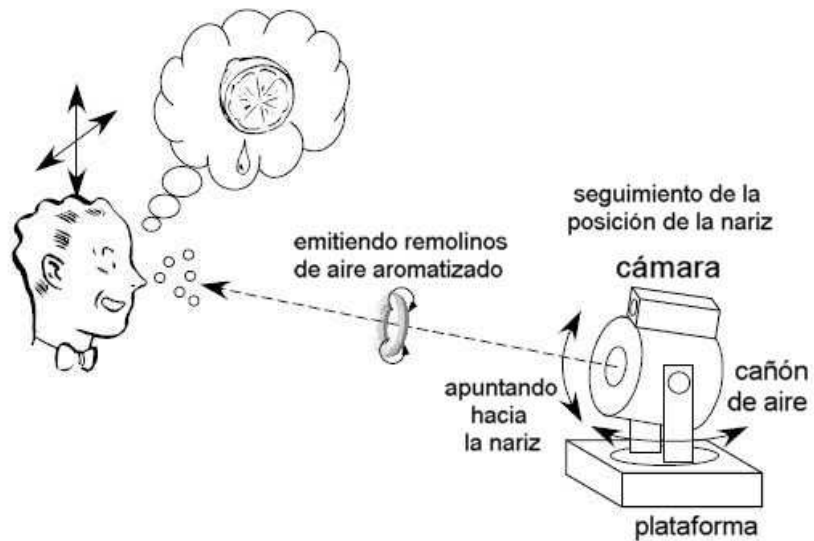


FIGURA 16. ESQUEMA DEL FUNCIONAMIENTO DE UN DISPLAY OLFATIVO DE PROYECCIÓN (YANAGIDA ET AL., 2004: 45).

- Displays gustativos

A la hora de hablar de los displays gustativos, hemos de tener en cuenta que para recrear el sentido del gusto de forma virtual, es necesario reproducir también estímulos relacionados

con el sentido de la vista, el tacto y el olfato, por lo que en realidad, se trata de sistemas multimodales.

Un ejemplo de este tipo de displays sería *Straw-like User Interface* (Hashimoto et al., 2006), una interfaz que combina estímulos de tipo táctil, olfativo y gustativo para crear una experiencia donde el usuario tiene la sensación de beber a través de una pajita.

- SOFTWARE

En la última década se han sucedido varias investigaciones sobre la creación de un software capaz de facilitar tanto al programador como al usuario no experimentado, la creación de aplicaciones de realidad aumentada, además de permitir experimentar con dicha tecnología desde diferentes ámbitos del conocimiento por lo que gran parte de este software es de libre uso bajo una licencia GPL (*General Public License*).

Desde que en 1999 apareciera el primer software específico para realidad aumentada, denominado como *ARToolKit* (Kato et al., 1999), se han ido sucediendo otros como *MXRToolKit*, *FLARManager*, *ARTag*, o *Studierstube*, con sus diferentes variantes, como el caso de *FLARToolKit* surgida para lenguaje *Flash*, con el fin de ampliar el número de aplicaciones.

El sistema de reconocimiento basado en marcas fiduciales, posee un importante protagonismo en las aplicaciones de realidad aumentada, especialmente en las experiencias relacionadas con entornos patrimoniales y culturales, ya que ofrecen una interfaz sencilla en la que es posible manipular objetos virtuales como si se tratara de objetos reales, ofreciendo una interacción lúdica y pedagógica al mismo tiempo. Sin embargo, el desarrollo de esta tecnología está ofreciendo grandes avances en el reconocimiento de rasgos naturales, sin necesidad de utilizar una marca como mediador, ofreciendo grandes posibilidades para la interacción persona-ordenador, y en concreto para su aplicación en sitios patrimoniales que deben permanecer inalterados.

En relación al software comentaremos especialmente el caso de las librerías *ARToolKit*, desarrolladas en 1999 dentro del HITLab, y cuya trascendencia e importancia para el desarrollo de esta tecnología ha sido crucial en los últimos años, ya que permite a los programadores desarrollar aplicaciones de realidad aumentada fácilmente (Kato et al., 2000). *ARToolKit* utiliza técnicas de visión por computador por las que un sistema de realidad aumentada es capaz de situar un objeto virtual en un escenario real, teniendo como referente una marca fiducial que posee las coordenadas y registro tridimensional para situar el objeto virtual en un determinado entorno.

Las marcas fiduciales utilizadas por las librerías *ARToolKit* tienen forma de cuadrado con un borde negro que alberga en su interior otro cuadrado blanco, que mide proporcionalmente

la mitad de uno de los lados de la marca, que contiene un patrón que deberá ser asimétrico y variará en función del elemento que represente y que será capturado por la cámara y registrado por el sistema.



.....
FIGURA 17. EJEMPLO DE MARCA UTILIZADO EN LAS LIBRERÍAS *ARTOOLKIT* (KATO, 2000: 14).

En cuanto a su funcionamiento, que es similar a otro tipo de librerías basadas en marcas, pasamos a describirlo a continuación: la imagen de la marca capturada por la cámara de vídeo, se transforma en una imagen binaria (para reconocer objetos por su tamaño, forma

o cualquier detalle en los que no intervienen ni los grises ni el color, solo blanco y negro), donde reconoce el borde negro del mismo. El siguiente paso que realiza es registrar la orientación y posición de la marca con respecto a la cámara. Después identifica el patrón que contiene la marca respecto a una de las plantillas de la librería que generará un objeto virtual tridimensional que se corresponderá con los datos de calibración obtenidos anteriormente. Finalmente el objeto virtual es renderizado con la imagen de vídeo apareciendo en la pantalla del *display*.



FIGURA 18. ESQUEMA DE FUNCIONAMIENTO DE UNA APLICACIÓN DE REALIDAD AUMENTADA UTILIZANDO LAS LIBRERÍAS ARTOOLKIT (KATO, 2000: 8).

Referente a las librerías *ARToolkit*, también se han señalado una serie de limitaciones que pueden hacerse extensibles de forma general a los sistemas de realidad aumentada

basados en visión artificial a través de marcas fiduciales (Kato et al., 2000). En primer lugar, el objeto virtual aparecerá en la escena siempre y cuando la marca se encuentre dentro del área de captura de la cámara, algo que limitaría el tamaño y movimiento de los objetos virtuales en el entorno real. Por otra parte, la distancia de la marca a la cámara influirá en el reconocimiento, así como la orientación o inclinación que serán condicionantes en la detección del mismo. Otro punto a tener en cuenta es la complejidad del patrón que se representa en la marca, ya que el reconocimiento será más fácil si el diseño del patrón es fácilmente detectado por el sistema. Por último, las condiciones lumínicas también afectarán al reconocimiento de la marca. Así, los reflejos provocados por luces indirectas o las variaciones de luz en el escenario real del entorno aumentado, pueden dificultar que el sistema encuentre la marca a través de la imagen de vídeo captada por la cámara. Igualmente el material de la marca debe de ser no reflectante ya que de lo contrario podría producir brillos y distorsionar la imagen.

Además de las librerías para aplicaciones basadas en el uso de marcas, se han desarrollado otros elementos software relacionados con otro tipo de aplicaciones como son aquellas que se basan en el reconocimiento de patrones o rasgos naturales.

Así, también podemos encontrar otros ejemplos de librerías en los que se tiene en cuenta el reconocimiento de imágenes reales del entorno como por ejemplo *BazAR* (Lepetit et al.

2005; Lepetit et al. 2006), en las que no es necesaria una marca fiducial sino que el reconocimiento se realiza a partir de patrones existentes en nuestro entorno.

De igual forma se han desarrollado recientemente varias API (del inglés *Application Programming Interface*) que actúan como un componente software para las plataformas de buscadores como *Wikitude*, *Layar* o *Junaio*. A partir de estas interfaces de programación es posible desarrollar aplicaciones de realidad aumentada para ser implementadas en dispositivos portables (*smartphones* o *tablets*).

Algunas de ellas se basan en sistemas de reconocimiento de objetos o imágenes reales como *Layar Vision*, desarrollada para el buscador del mismo nombre y que funciona creando un patrón previo de reconocimiento enviando la imagen seleccionada al servidor del buscador que actúa como una base de datos. Cuando el usuario con la cámara del dispositivo detecte la misma imagen-patrón en un entorno real, el buscador asociará el contenido virtual predeterminado a la misma generando una imagen aumentada donde a la escena real se superponen los gráficos generados por ordenador.

Por su parte *Wikitude* cuenta con una API que permite diseñar aplicaciones de realidad aumentada basadas en sistemas de geoposicionamiento de forma que el usuario puede insertar puntos de interés georreferenciados, de manera que el usuario al visionar con la cámara del dispositivo portable el entorno circundante y encontrarse junto a uno de esos puntos, aparecerá la información virtual asociada.

Estas nuevas tipologías en aplicaciones de realidad aumentada cuentan con una importante representación dentro del campo patrimonial especialmente en lo que se refiere a espacios expositivos y creaciones artísticas que se desarrollan en espacios a gran escala como veremos en los capítulos siguientes.

También aludiremos brevemente a otro tipo de software que es utilizado en la consecución de aplicaciones de realidad aumentada, especialmente para el modelado 3D de los objetos virtuales que serán superpuestos a la imagen real de vídeo como puede ser *OpenGL*, *Papervision3D*, *Studio3D*, *AutoCad3D*, etc., y que también tienen un papel importante en el diseño de entornos aumentados.

- MODOS DE INTERACCIÓN

Finalmente, podemos referirnos a los modos de interacción que vienen a constituir otro pilar básico en la tecnología de realidad aumentada como mostramos en la definición de Azuma al principio de este capítulo (Azuma, 1997).

En la consecución de sistemas o aplicaciones de realidad aumentada hay que tener en cuenta la comunicación persona-ordenador, siendo éste uno de los puntos esenciales en el

desarrollo de entornos aumentados. Podemos establecer una clasificación de modos de interacción atendiendo al trabajo de Portalés Ricart (2008) y que se concreta en:

- interacción con objetos virtuales/reales: que se enmarca en lo que se denomina interfaz tangible de usuario (TUI – *Tangible User Interface*), un concepto desarrollado por un grupo de investigación del MIT (*Massachusetts Institute of Technology*) y dirigido por Hiroshi Ishii, que considera a aquellas interfaces en las que se pueden manipular físicamente objetos reales del entorno que están relacionados con objetos virtuales, de modo que el usuario puede así interactuar con el objeto virtual como si se tratase de un objeto real (Ishii, 1997). En este tipo de interfaces el usuario interactúa de forma intuitiva con los objetos y no necesita saber manejar un ordenador, por lo que son idóneas para aplicaciones dirigidas al público en general como campañas de marketing o aplicaciones museísticas y de difusión patrimonial. Además, en este tipo de interfaces existe una metáfora de «ordenador invisible» puesto que el usuario no tiene consciencia de que está interactuando con el ordenador, aunque realmente sea el que está detrás del proceso computacional de los gráficos virtuales.

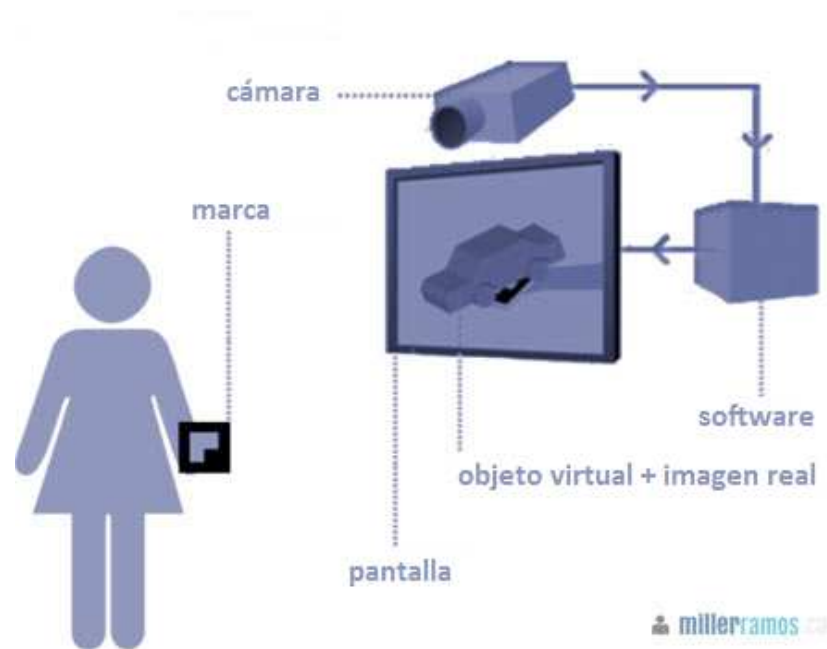


FIGURA 19. ESQUEMA DE UNA INTERFAZ TANGIBLE DE USUARIO EN EL QUE UN INDIVIDUO PORTA UNA MARCA QUE SE MOSTRARÁ EN LA PANTALLA CON EL OBJETO VIRTUAL ASOCIADO. AQUÍ LA MARCA SIRVE DE REFERENCIA PARA INSERTAR EL OBJETO VIRTUAL EN EL ESPACIO REAL. EL USUARIO PUEDE MANIPULAR ÉSTE OBJETO COMO SI FUERA UNO REAL A TRAVÉS DE LA MARCA CONSTITUYENDO UNA DE LAS APLICACIONES MÁS COMUNES UTILIZADAS EN ENTORNOS EXPOSITIVOS (MILLERRAMOS.CA)

- interacción basada en la navegación: como hemos mencionado anteriormente, la interactividad resulta ser una característica esencial en las aplicaciones de realidad

aumentada, pero esa interactividad no tiene porqué ofrecernos un mensaje de acción-reacción, sino que puede tratarse simplemente de realizar un recorrido por un determinado entorno de realidad aumentada y navegar libremente. Este tipo de interacción podría ser desarrollada para aplicaciones de realidad aumentada relacionadas con el patrimonio cultural donde el usuario pretende únicamente observar la información aumentada.

- interacción con otros usuarios: las aplicaciones de realidad aumentada pueden estar diseñadas para la intervención de un único usuario o para que interactúen varios usuarios al mismo tiempo en lo que se denomina un entorno aumentado colaborativo.

Otra clasificación con respecto a los modos de interacción se encuentra en el trabajo de Garrido y García-Alonso (2008), que se centran en los dispositivos de entrada que el usuario utiliza para comunicarse con el sistema y en la forma en que se hace uso de los mismos, estableciendo la siguiente clasificación:

- interfaces tangibles basadas en el uso de marcas: en ellas se utiliza una marca proporcionada por unas librerías tipo *ARToolKit*, que permite manipular el objeto virtual como si se tratara de un objeto real. Aquí, el sistema reconoce la marca mostrando la información aumentada que se corresponde con la misma.

- interacción basada en el movimiento corporal que se centra en la detección y seguimiento de los movimientos de algún miembro del cuerpo como la posición de las manos, la orientación de la cabeza, e incluso el seguimiento de los ojos. El desarrollo de este tipo de interfaces proporciona grandes posibilidades, ya que no es necesario ningún tipo de mediador como puede ser una marca, para interactuar dentro del entorno aumentado.
- interacción basada en dispositivos de bajo coste: en este tipo de interfaces se utilizan dispositivos que son fácilmente accesibles en el mercado como son teléfonos móviles, *tablets* y PDAs, que presentan sistemas capaces de detectar la posición y orientación del usuario. Actualmente encontramos numerosos ejemplos de este tipo de interacción debido a la rápida implementación de la realidad aumentada en dispositivos de bajo coste, especialmente en el campo turístico y patrimonial, como comentaremos en el capítulo correspondiente.
- interacción multimodal: tiene lugar dentro de los sistemas multimodales y en ellos se combinan varios modos de interacción como reconocimientos de gestos, voz y movimiento o dirección de la cabeza, de modo que se procesan métodos de entrada naturales combinados de forma coordinada con la salida multimedia del sistema.

Para concluir, a lo largo de este capítulo se ha podido ver cómo la realidad aumentada muestra unas características propias que la han hecho surgir como una tecnología con entidad propia que le han permitido desvincularse de la realidad virtual, a pesar de compartir algunos planteamientos. El desarrollo de las investigaciones y ensayos prácticos realizados hasta la fecha han incidido en diferentes aspectos haciendo madurar sus postulados técnicos, lo que ha permitido su aplicación en diferentes y muy diversas áreas de conocimiento, siendo uno de ellos el campo cultural y patrimonial que será analizado con detenimiento en los siguientes capítulos de esta tesis doctoral.

BIBLIOGRAFÍA

- ANDO, H., MIKI, T., INAMI, M., y MAEDA, T. (2002): «The nail-mounted tactile display for the behavior modeling», en AA. VV., *ACM SIGGRAPH 2002 Conference Abstracts and Applications*. New York, ACM, p. 264.
- AZUMA, R. (1997): «A survey of augmented reality», *Presence: Teleoperators and Virtual Environments*, vol. 6, nº 4, pp. 355 – 385.
- AZUMA, R., BAILLOT, Y., BEHRINGER, R., FEINER, S., JULIER, S., y MACINTYRE, B. (2001): «Recent advances in augmented reality», *IEEE Computer Graphics and Applications*, vol. 21, nº 6, pp. 34 – 47.
- BIMBER, O., RASKAR R., e INAMI, M. (2007): «Spatial Augmented Reality», *SIGGRAPH 2007 Course 17 Notes*, disponible en <https://www.cct.lsu.edu/~fharhad/ganbatte/siggraph2007/CD1/content/courses/c17/c17.pdf> [consultado: 15.01.2013].
- BIMBER, O., y RASKAR, R. (2005): *Spatial augmented reality: merging real and virtual worlds*, Wellesley, Mass.: A K Peters.
- CARMIGNIANI, J., FURHT, B., ANISETTI, M., CERAVOLO, P., DAMIANI, E., y IVKOVIC, M. (2011): «Augmented reality technologies, systems and applications», *Multimedia Tools Applications*, vol. 51, nº 1, pp. 341 - 377.

- CAWOOD, S., y FIALA, M. (2008): *Augmented reality: a practical guide*, Raleigh, N.C.: Pragmatic Bookshelf.
- GARRIDO, R., y GARCÍA-ALONSO, A. (2008): «Técnicas de interacción para sistemas de realidad aumentada», *II Jornadas sobre Realidad Virtual y Entornos Virtuales (JOREVIR)*, disponible en http://www.sc.ehu.es/ccwgamoa/pub/aper/AP-RealidadVirtual/o8_JOREVIR_Garrido.pdf [consultado: 28.03.13].
- HAINICH, R. (2010): *The end of hardware: augmented reality and beyond*, [S. l.]: Springer.
- HASHIMOTO, Y., NAGAYA, N., KOJIMA, M., MIYAJIMA, S., OHTAKI, J., YAMAMOTO, A., MITANI, T., e INAMI, M. (2006): «Straw-like user interface: virtual experience of the sensation of drinking using a straw», en AA. VV., *Proceedings of the 2006 ACM SIGCHI international Conference on Advances in Computer Entertainment Technology*. New York, ACM, pp. 51 – 52.
- HENRYSSON, A., OLLILA, M., y BILLINGHURST, M. (2007): «Mobile phone based augmented reality», en M. Haller, M. Billinghurst, B. H. Thomas (Eds.), *Emerging technologies of augmented reality: interfaces and design*, Hershey, PA: Idea Group, pp. 90 - 109.

- Hirose, M., Tanikawa, T., e Ishida, K. (1997): «A study of olfactory display», en AA. VV., *Proceedings of the Virtual Reality Society of Japan 2nd Annual Conference*, pp. 155–158.
- ISHII, H., y ULLMER, B. (1997): «Tangible bits: towards seamless interfaces between people, bits and atoms», en AA. VV., *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, New York, ACM, pp. 234-241.
- IWATA, H., YANO, H., UEMURA, T., y MORIYA, T. (2004): «Food simulator: a haptic interface for biting», en AA. VV., *Proceedings of the IEEE Virtual Reality 2004*. Washington DC, IEEE Computer Society, pp. 51 – 56.
- KATO, H., BILLINGHURST, M., y POUPYREV, I. (2000): «ARToolKit, version 2.33: a software library for augmented reality applications», disponible en <http://www.tinmith.net/lca2004/ARToolkit/ARToolKit2.33doc.pdf> [consultado: 05.03.2013].
- KATO, H., y BILLINGHURST, M. (1999): «Marker tracking and HMD calibration for a video-based augmented reality conferencing system», en AA. VV., *Proceedings of the 2nd IEEE and ACM International Workshop on Augmented Reality*, Washington DC, IEEE Computer Society, pp. 85-94.
- KIYOKAWA, K. (2007): «An introduction to head mounted displays for augmented reality», *Emerging technologies of augmented reality: interfaces and design*, en M. Haller, M. Billinghurst, y B. H. Thomas (Eds.), Hershey, PA: Idea Group, pp. 43 - 63.

- LEPETIT, V. y FUA, P. (2006): «Keypoint recognition using randomized trees», *Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, vol. 28, nº. 9, pp. 1465 - 1479.
- LEPETIT, V., LAGGER, P. y FUA, P. (2005): «Randomized trees for real-time keypoint recognition», en AA. VV., *Proceedings of the 2005 IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition*, Washington DC, IEEE Computer Society, vol. 2, pp. 775-781.
- PELTOLA, M. (2009): *Augmented reality audio applications in outdoor use*, trabajo de tesis de master, Faculty of Electronics, Communications and Automation, Helsinki University of Technology, disponible en <http://lib.tkk.fi/Dipl/2009/urn100054.pdf> [consultado: 11.02.2013].
- PORTALÉS, C. (2008): *Entornos multimedia de realidad aumentada en el campo del arte*, tesis doctoral dirigida por María José Martínez-De-Pisón Ramón, José Luis Lerma García, Universidad Politécnica de Valencia.
- RASKAR, R., WELCH, G., y FUCHS, H. (1999): «Spatially augmented reality», *Proceedings of the international workshop on Augmented reality: placing artificial objects in real scenes*, Reinhold Behringer, Gudrun Klinker, y David W. Mizell (Eds.), Natick, MA: A. K. Peters, Ltd., pp. 63 - 72.
- YAMADA, T., YOKOYAMA, S., TANIKAWA, T., HIROTA, K., y HIROSE, M. (2006): «Wearable Olfactory Display: Using Odor in Outdoor Environment», en AA. VV.,

Proceedings of the IEEE Conference on Virtual Reality, Washington DC, IEEE Computer Society, pp. 199 - 206.

- YANAGIDA, Y., KAWATO, S., NOMA, H., TOMONO, A., y TETSUTANI, N. (2004): «Projection-Based Olfactory Display with Nose Tracking», en AA. VV., *Proceedings of the IEEE Virtual Reality 2004*. Washington DC, IEEE Computer Society, pp. 43 – 50.
- ZHOU, F., DUH, H.B.-L., y BILLINGHURST, M. (2008): «Trends in augmented reality tracking, interaction and display: a review of ten years of ISMAR», en AA. VV., *Proceedings of the 7th IEEE/ACM International Symposium on Mixed and Augmented Reality*, Washington DC, IEEE Computer Society, pp. 193 - 202.
- ZHOU, Z., CHEOK, A. D., YANG, X., y QIU, Y. (2004) : «An experimental study on the role of 3D sound in augmented reality environment», *Interacting with Computers*, vol. 16, nº 5, pp. 989 – 1016.

6. APLICACIONES DE REALIDAD AUMENTADA EN HUMANIDADES

Las primeras experiencias con la tecnología de realidad aumentada estuvieron ligadas a campos que tenían que ver con la estrategia militar o con sistemas funcionales en industria, sin embargo, a lo largo de los últimos años el ámbito de aplicación se ha abierto considerablemente. Esta demanda desde las diferentes áreas de conocimiento se debe a las posibilidades y potencial que ofrece esta tecnología y que tienen varias experiencias en campos como la agricultura (Santana et al., 2009), la medicina (Barfield et al., 2001; Wacker et al., 2005; Bichlmeier et al., 2007; Glossop et al. 2003), la psicología (Juan et al., 2007; Pérez, 2009), y la arquitectura (Guo et al. 2008; Tripathi, 2010; Belcher et al., 2008; Ruiz et al., 2004) entre otros. Por otra parte, la realidad aumentada ha tenido una importante incursión en los sectores del entretenimiento y sobre todo de la publicidad en los que actualmente cuenta con varias y numerosas experiencias importantes. Sin embargo, en este capítulo nos centraremos en aquellas experiencias que han tenido lugar dentro del área de las humanidades donde esta tecnología ha mostrado una gran versatilidad y aplicabilidad como son la educación, el cine, el teatro, la música y la creación artística de vanguardia.

- EDUCACIÓN

Las aplicaciones de realidad aumentada en este campo durante la última década han tenido un gran desarrollo con incursiones en todas las materias de conocimiento que se han interesado por esta tecnología, permitiendo crear interfaces de carácter sencillo y altamente didáctico que la hacen idónea como un recurso pedagógico respondiendo a la fórmula consolidada aprendizaje + entretenimiento, lo que se conoce con el término *edutainment*.

Actualmente, las nuevas generaciones y especialmente lo que se ha denominado como nativos digitales, se encuentran familiarizados con las nuevas tecnologías a través del manejo de diferentes dispositivos y recursos interactivos, digitales y virtuales que forman parte del entorno social en el que se desenvuelven. Por lo que respecta a la educación, esta nueva situación conlleva nuevas perspectivas y métodos de aprendizaje donde han de estar presentes dichos elementos donde lo tecnológico tiene una presencia cada vez mayor como una herramienta de aprendizaje válida.

A pesar de ello, en el caso de la realidad aumentada, aún es una tecnología que no se ha extendido ampliamente en el mundo de la docencia sino que ha mostrado su potencial en algunas experiencias desarrolladas por los investigadores y la implantación en algunos casos concretos o en experiencias museísticas que trataremos más adelante.

Una de las aplicaciones más conocidas de realidad aumentada en este campo, son las dirigidas a la creación de libros interactivos que posibilitan ver una imagen virtual en 3D emergiendo de las páginas del libro y observarla como si tuviéramos ese objeto sobre nuestras manos. Unos de los ejemplos más conocidos es *Magic Book* desarrollado por el *Human Interface Technology Laboratory* de la Universidad de Washington, y que consiste en un libro real en el que hay que pasar las páginas, leer los textos que contiene o mirar sus imágenes sin la necesidad de ninguna tecnología adicional. Sin embargo, si se opta por utilizar un dispositivo o *display* de realidad aumentada, veremos aumentada la información que contiene el libro a través de modelos virtuales en 3D saliendo de las páginas del libro. El *display* que se utiliza en *Magic Book* es un *display* de mano (*handheld display*) que está conectado a un ordenador que procesará los datos capturados por la cámara del *display* y que se corresponden con unas marcas impresas en las páginas del libro. El ordenador realiza el renderizado de la imagen real con el modelo virtual que se corresponde con la marca y se mostrará la imagen aumentada en la pantalla del dispositivo. Además, en el caso de *Magic Book*, es posible realizar una transición desde el entorno aumentado a uno de tipo virtual quedando totalmente inmerso en un escenario virtual donde se pierde consciencia de los elementos físicos reales como el libro (Billinghurst et al., 2001).

Otro caso de libro interactivo que utiliza la tecnología de realidad aumentada es el denominado «Libro Interactivo de Monumentos Andaluces» desarrollado en 2007 por la

empresa malagueña *Arpa-Solutions*. Siguiendo una interfaz muy similar a *Magic Book*, pero en este caso se necesita una simple cámara, que bien puede ser una webcam que capte la información del mundo real, un ordenador que se encargue de los procesos de reconocimiento de marcas y renderizado de la información virtual, y una pantalla o cualquier dispositivo de visión donde se mostrará la imagen aumentada donde se combina el mundo real y el virtual (Ruiz et al., 2007). Actualmente ha sido presentado en varias ferias de turismo donde se han adaptado los contenidos a diferentes temáticas presentando diferentes versiones del libro interactivo. Acerca del libro interactivo, los autores no olvidan destacar las ventajas que presenta su uso para fines educativos o divulgativos debido a que permite una formación más interactiva y participativa por parte de los alumnos.



FIGURA 20. LIBRO DE MONUMENTOS ANDALUCES DESARROLLADO PARA TURISMO ANDALUZ

©ARPA-SOLUTIONS.

También se han realizado varias experiencias similares que muestran la incursión de esta tecnología y su fiabilidad en el ámbito educativo.

Es el caso de la aplicación *Construct3D* (Kaufmann et al., 2002; Kaufmann, 2004) basada en el sistema colaborativo creado por *Studierstube*, y permite que varios usuarios interactúen en tiempo real con formas geométricas creando un nuevo diseño de una forma

colaborativa. Los usuarios utilizan un HMD que permite superponer las imágenes geométricas generadas por ordenador sobre el entorno real, además de permitir la comunicación entre varios usuarios. Cada uno de los usuarios cuenta con una tabla virtual con figuras geométricas básicas que se eligen mediante un lápiz virtual y se colocan en el espacio pudiendo ser modificadas por los usuarios a través de unos puntos superpuestos a la figura. Esta aplicación ha sido probada en el Museo de la Tecnología de Viena para grupos de jóvenes ya que permite un aprendizaje fácil y sencillo de materias relacionadas con matemáticas y geometría, adaptándose a las necesidades de los estudiantes.

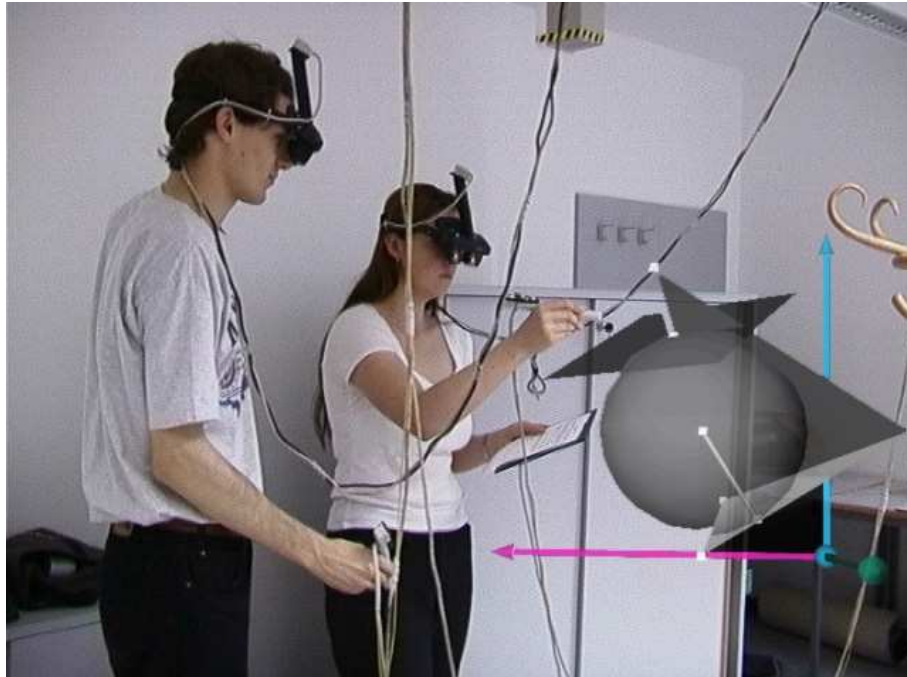
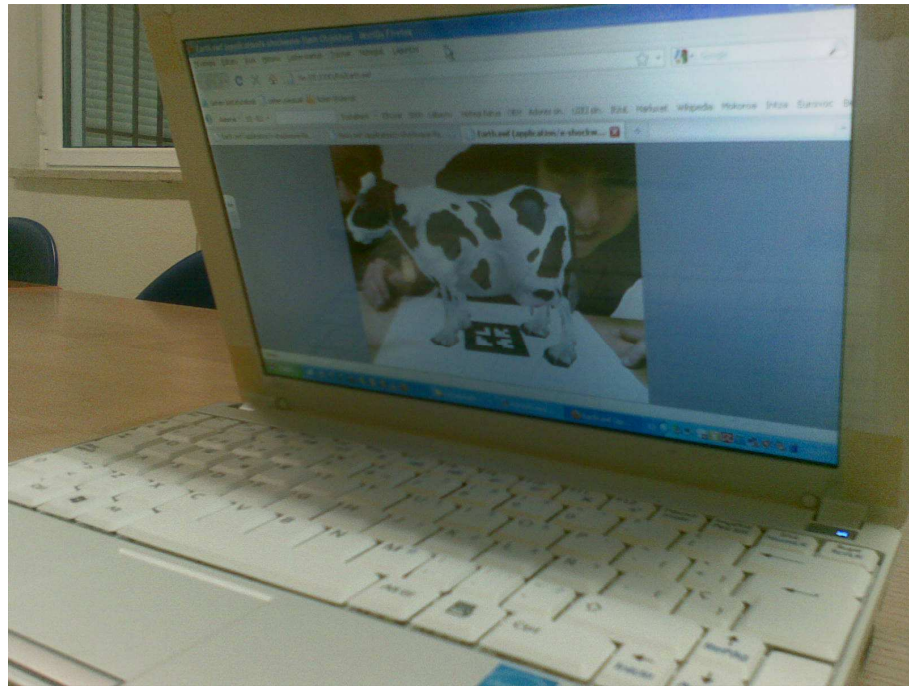


FIGURA 21. *CONSTRUCT3D*. APLICACIÓN DE REALIDAD AUMENTADA QUE PERMITE A LOS USUARIOS INTERACTUAR CON FIGURAS GEOMÉTRICAS Y UNA TABLA VIRTUAL EN LA QUE ANOTAR LOS DATOS (KAUFMANN ET AL., 2002).

El proyecto *ARISE*, desarrollado por el *Fraunhofer Institute for Intelligent Analysis and Information Systems IAIS*, pretende la aplicación de la realidad aumentada en entornos escolares para facilitar la labor del profesor a la misma vez que introduce elementos novedosos en el aprendizaje de los alumnos. Para ello crean un novedoso *display* denominado *Spinnstube* que reproduce un pupitre convencional al que se le añaden

diferentes dispositivos visuales (cámaras, proyectores, pantallas semitransparentes y altavoces) que permiten presentar la información virtual que se corresponde con unas marcas que el alumno maneja de forma natural permitiendo interactuar con ellos (Arise – Project, 2010).

Encontramos otros proyectos relacionados con el campo educativo y las aulas como el denominado «Big-Bang 2.0», desarrollado en 2011 por la empresa *Virtualware*, y que se encuadra dentro del programa Eskola 2.0, perteneciente al Departamento de Educación, Universidades e Investigación del Gobierno Vasco. Éste pretende fomentar la utilización de materiales didácticos digitales para la materia de Conocimiento del Medio, Natural y Social de quinto de Educación Primaria, en tres idiomas (castellano, euskera e inglés), para ser utilizados como complemento en el aula con el uso de los nuevos recursos docentes de reciente implantación como son las pizarras digitales u ordenadores portátiles. La realidad aumentada forma parte de los recursos que se utilizan para el proyecto en el que se pueden obtener objetos virtuales como si fueran reales. Actualmente estos contenidos están disponibles dentro del Proyecto Agrega que responde al programa «Internet en el Aula», del Ministerio de Industria, Turismo y Comercio, en la que participan asimismo el Ministerio de Educación, Política Social y Deporte, la entidad pública Red.es y las comunidades autónomas.



.....
FIGURA 22. UTILIZACIÓN DE LA REALIDAD AUMENTADA EN LA APLICACIÓN EDUCATIVA «BIG-BANG 2.0» DESARROLLADA POR *VIRTUALWARE* DENTRO DEL PROGRAMA *ESKOLA 2.0*. AQUÍ ENCONTRAMOS LA UTILIZACIÓN DE MARCAS QUE A TRAVÉS DE LA WEBCAM DEL PORTÁTIL Y EL SOFTWARE DETERMINADO, OFRECE LA POSIBILIDAD DE INTERACTUAR CON OBJETOS VIRTUALES REFERENTES A LA ASIGNATURA DE CONOCIMIENTO DEL MEDIO, OFRECIENDO UN MATERIAL DIDÁCTICO COMPLEMENTARIO PARA EL DESARROLLO DE LAS CAPACIDADES COGNOSCITIVAS.

©*VIRTUALWARE*.

Igualmente encontramos el proyecto APRENDRA⁴, en el que participan 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, junto con el Instituto Tecnológico del Juguete (AIJU) de Ibi (Alicante). Aquí se pretende utilizar la tecnología de realidad aumentada para elaborar juegos educativos para el aula mediante la fórmula educación + entretenimiento conocida como *edutainment*. Los primeros resultados han consistido en implementar una aplicación para *iPhone* en la que a través de unas marcas fiduciales, es posible observar a través de la pantalla diferentes modelos virtuales 3D que se corresponden con la flora, fauna y monumentos de Asia, África y América Central y del Sur (Aprendra, 2010). La aplicación ha sido testada con alumnos de tercero y cuarto de Educación Primaria, para los que se han desarrollado diferentes juegos educativos que utilizan la tecnología de realidad aumentada para favorecer la interacción entre el niño y los modelos virtuales.

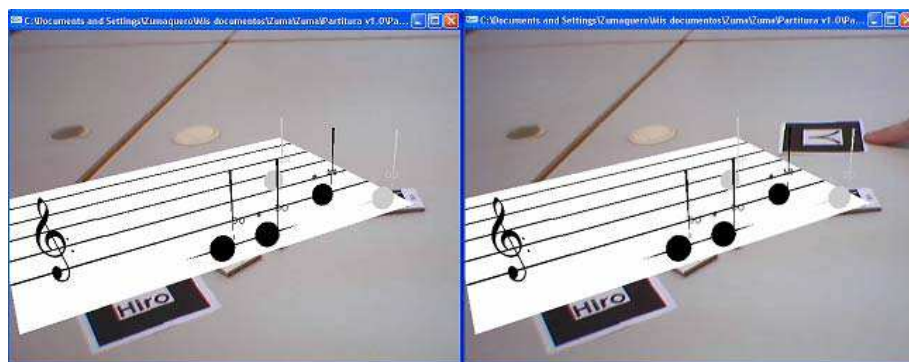
La iniciativa de APRENDRA resultará ser un recurso muy didáctico para mostrar a los escolares aquellos contenidos con los que se encuentran menos familiarizados, como son las especies y construcciones de países no-occidentales, permitiendo obtener una visión multicultural a través de una experiencia lúdica.

⁴ El proyecto APRENDRA fue financiado por el Ministerio de Ciencia e Innovación, bajo el título de *Desarrollo y Validación de Sistemas de Realidad Aumentada para el Aprendizaje-Entretenimiento*, teniendo prevista su finalización en diciembre de 2012. Web de APRENDRA: www.aprendra.es [consultado: 02.02.2013].

A partir de una colaboración del grupo ISIS (Departamento de Tecnología Electrónica) y el Departamento de Ingeniería de Comunicaciones de la Universidad de Málaga, se presentaron en la VI Semana de la Ciencia de Andalucía dos aplicaciones enfocadas a la didáctica musical basadas en la tecnología de realidad aumentada. Se destacaba el uso de nuevas herramientas basadas en las nuevas tecnologías que debían añadirse a los sistemas tradicionales de enseñanza, sin que ello supusiera una pérdida de rigor ni seriedad. Además el uso de dispositivos de bajo coste en estas aplicaciones hace posible un aprendizaje más ameno por el usuario y que sean accesibles al público en general (Peula et al., 2007). Una de las aplicaciones denominada «Piano Virtual» simulaba el teclado de un piano y su sonido a través de un PC conectado a unos altavoces y una cámara web que detectaba la posición de las manos sobre las teclas del piano virtual. La experiencia resultaba de gran atractivo para los niños que pueden acercarse al funcionamiento de un piano sin necesidad de utilizar uno real en ese momento.

La otra aplicación sería «Partitura Virtual» donde se podía crear una melodía a partir de la creación de una partitura virtualmente. En esta aplicación se utilizaron las librerías *ARToolKit* donde varias marcas diferenciadas por su tamaño, representaban por una parte un pentagrama, por otra las notas musicales que se colocaban sobre este pentagrama virtual, y finalmente una marca que representaba la acción de reproducción. El usuario colocaba las notas virtuales realizando su propia composición visualizando la escena a

través de un monitor conectado a una cámara que reconocía las marcas colocadas sobre el pentagrama virtual y permitiendo la reproducción de la nueva melodía a través de unos altavoces.



.....
FIGURA 23. CREACIÓN DE UNA PARTITURA A TRAVÉS DE UNOS MARCADORES QUE REPRESENTA UNA DETERMINADA NOTA MUSICAL QUE SE COLOCA EN UN PENTAGRAMA VIRTUAL PARA ELABORAR UNA MELODÍA (PEULA ET AL., 2007).

La realidad aumentada también ha sido utilizada para su aplicación en asignaturas del área de conocimiento de Química Inorgánica. En la Universidad Jaime I de Castellón un equipo interdisciplinar formado por los Departamentos de Química Inorgánica y Orgánica y el Departamento de Lenguajes y Sistemas Informáticos, desarrollan una aplicación destinada al estudio y comprensión de las estructuras cristalinas por parte de los alumnos al mismo

tiempo que sirven de herramienta docente al profesorado para poder explicar de forma mucho más clara conceptos en los que la percepción tridimensional es fundamental. Así, mediante la utilización de diferentes marcas procedentes de las librerías *ARToolKit*, se presentaban los modelos virtuales tridimensionales de las estructuras cristalinas – adaptados estos modelos a los contenidos de estudio de las asignaturas elegidas -, cuyo estudio estructural de los compuestos y materiales de las mismas tiene gran importancia para el desarrollo y seguimiento de las asignaturas por parte de los estudiantes. La experiencia se realizó en el aula donde se desarrollaron actividades o ejercicios en grupo donde el alumnado interactuaba con los modelos virtuales a la vez que se impartían las clases magistrales. Esta aplicación de realidad aumentada facilitaba la utilización y comprensión de las estructuras tridimensionales en sus asignaturas de Química Inorgánica (Núñez et al., 2008).

Una aplicación similar utiliza la tecnología de realidad aumentada para visualizar modelos de estructuras biológicas complejas, como distintas representaciones de una molécula, propiedades u otro tipo de información (Gillet et al., 2004).

De igual forma, el Centro Aragonés de Tecnologías para la Educación (CATEDU)⁵, perteneciente al Departamento de Educación, Cultura y Deporte del Gobierno de Aragón trabaja en varios recursos educativos relacionados con las TICs. En la web del centro puede

⁵ Página web de CATEDU: <http://www.catedu.es/webcatedu/> [consultado: 01.02.2013].

encontrarse un recurso de realidad aumentada basado en el uso de marcas, las cuales pueden ser descargadas desde aquí para ser utilizadas como material docente. Mediante el programa *BuildAr Viewer*, desarrollado por el *HIT Lab* de Nueva Zelanda, una cámara web y las marcas proporcionadas desde CATEDU es posible acceder a una gran variedad de modelos virtuales relacionados con diferentes temáticas y campos de estudio relacionados con matemáticas, química, biología, arte o geología. Además también es posible acceder a los objetos virtuales a través de una vista de 360º desde la web ofreciendo otro tipo de acceso a estos recursos.

Por su parte, el laboratorio Gradient del Departamento de Ingeniería Telemática de la Universidad Carlos III de Madrid, especializado en el uso de tecnología en entornos educativos, desarrolló en 2012 una actividad basada en realidad aumentada en colaboración con *Cosmo Caixa Madrid*.

Se trataba de una aventura de realidad aumentada gamificada (una práctica que hace uso del juego, las nuevas tecnologías y las redes sociales, cuya finalidad es animar a las personas a visitar el museo), que tenía lugar en el contexto de una exposición temporal en la que los participantes debían descubrir qué científico de la historia había sido raptado. La aventura comenzaba en la clase, donde los alumnos trabajan en equipos sobre un gran descubrimiento de la ciencia como el péndulo de Foucault o el principio de Arquímedes. Cada equipo creaba un vídeo, que formaría parte de la muestra, explicando los conceptos

básicos sobre el tema asignado. Después la aventura continuaba en el espacio expositivo donde los equipos trabajan con una *tablet* en la que una aplicación guiaba a los alumnos a través de varios objetos o contenidos que llevaban asociado uno o más códigos QR que se correspondían con explicaciones y vídeos (que habían sido creados en el aula anteriormente), y diferentes retos interactivos que los participantes debían superar para obtener pistas. De vuelta en la escuela, el profesor podía trabajar sobre los contenidos de la exposición usando los resultados obtenidos en la experiencia.

El uso de marcas y las interfaces tangibles de usuario son un recurso habitual para este tipo de aplicaciones con fines educativos siendo hasta la fecha los más numerosos, dadas sus características que permiten explorar los modelos virtuales tridimensionales como si fueran reales, sin la presencia de elementos hardware intermediarios en la interacción.

Sin embargo también podemos encontrar proyectos educativos sobre realidad aumentada que están centrados en aplicaciones por geolocalización como es el caso de *EspiRA*. Se trata de un proyecto desarrollado dentro del colectivo Espiral⁶, formado por docentes, investigadores y diseñadores y técnicos informáticos que tienen como objetivo el desarrollo de las TICs aplicadas a la educación. En el proyecto *EspiRA* se cuenta con la participación de un grupo experimental de profesores y alumnos de diferentes niveles educativos para el ensayo de la aplicación para dispositivos móviles *smartphone* y que

⁶ Página web de Espiral: <http://ciberespinal.org/> [consultado: 22.01.2013].

podrá ser descargada libre y gratuitamente. Se pretende crear un recurso educativo que permita realizar salidas de campo utilizando un sistema georreferenciado con los puntos claves e información adicional con el fin de proveer de una experiencia didáctica centrada en el *mobil-learning* y la realidad aumentada.

- TURISMO CULTURAL

El denominado ocio cultural constituye en nuestros días un elemento de gran importancia en la vida de cualquier ciudad debido al progresivo aumento de un público demandante de contenidos culturales. Fruto de este hecho, ha surgido de forma paralela una ampliación en la oferta de este tipo de contenidos en los que el patrimonio cultural ha encontrado innumerables medios para el conocimiento y difusión del mismo dentro de la sociedad. Las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TICs), han formado parte de ese proceso de divulgación de contenidos culturales con el surgimiento de diferentes aplicaciones para el sector turístico, en las que el desarrollo de importantes herramientas como Internet o el avance en dispositivos electrónicos portables (*smartphones* o *tablets*), han generado un importante mercado cuyo crecimiento ha tenido un carácter exponencial en los últimos años.

Actualmente, los denominados *smartphone* o más recientemente las *tablets*, que contienen modernos sistemas de geoposicionamiento (GPS) que permiten localizar al

usuario sobre un plano, sistema de brújula digital que indica la orientación del dispositivo móvil, y también acelerómetros, unos sensores que muestran la posición espacial concreta sobre el eje, han permitido que se pueda situar al usuario en un entorno, además de saber dónde está mirando y a qué objeto en particular. Este hecho, junto a la cámara que incorporan estos dispositivos y un sistema operativo adecuado como *Android* o *iPhone 3G*, hace posible que se pueda implementar un sistema de realidad aumentada mediante la introducción de un software determinado.

Una de las aplicaciones más conocidas es *Wikitude* lanzada por *Mobilizy* en 2008 que funciona como Google, de manera que podemos introducir en la búsqueda la palabra clave “restaurantes” e inmediatamente aparecerán en la pantalla de nuestro dispositivo portable la información aumentada mediante etiquetas virtuales, sobre los edificios adyacentes indicándonos su situación e información adicional como menús, precio, horarios, etc. Lo mismo ocurre cuando hacemos la búsqueda de algún museo o monumento que queremos visitar, apareciendo en nuestra pantalla, y sobre la imagen real del edificio en cuestión, los datos constructivos, historia, obras que contiene, etc. Una variante avanzada de *Wikitude* fue lanzada al año siguiente por *SPRXmobile* y se denomina *Layar*. Éste está conectado a una plataforma que consiste en un servidor abierto que contiene información obtenida en los buscadores web convencionales como *Wikipedia*, *Twitter* y *Brightkite*, etc., incluyendo guías de viajes, cultura y naturaleza (Doppler, 2009). Desde la web de *Layar*, es posible descargar los mapas e información de los destinos turísticos que queramos visitar de una

forma totalmente gratuita y así poder tener toda la información de una guía de viajes en nuestro dispositivo a través de la conexión a internet. Por su parte en 2010 también aparece *Junaio* desarrollado por la empresa de realidad aumentada *Metaio* y que de forma similar a los anteriores, funciona como una aplicación para dispositivos portátiles que puede ser descargada desde la web y que ofrece información en tiempo real mediante etiquetas superpuestas sobre la imagen real capturada por la pantalla del dispositivo. También es usado para aplicaciones con contenidos virtuales georreferenciados, donde el ocio cultural constituye una de sus vertientes más destacadas.

Podemos encontrar varias experiencias que utilizan las ventajas de este sistema en el campo turístico como la experiencia realizada para Xacobeo 2010. Con ocasión del Año Xacobeo, la empresa gallega SIGNO Ingeniería del Territorio desarrolló para la plataforma *Layar* una capa de información específica del Camino de Santiago que será capaz de proporcionar sobre una imagen captada en tiempo real con la cámara de un teléfono móvil, información sobre albergues, programación del propio Xacobeo y puntos de interés del Camino de Santiago. Además, la aplicación se ofrecía de forma gratuita mediante el registro en la web del Xacobeo.

Otros destinos turísticos también han realizado sus guías a través de la capa de información *Layar*, entre los que podemos mencionar a modo de ejemplo la Diputación de Huesca que mediante el proyecto «Huesca en GPS», ofrece la posibilidad de descargarse

desde la web⁷, la aplicación y ofrece varias rutas por la provincia utilizando el teléfono móvil.



FIGURA 24. PROYECTO «HUESCA EN GPS» QUE OFRECE LA POSIBILIDAD DE DESCARGARSE DESDE LA WEB UNA APLICACIÓN QUE OFRECE VARIAS RUTAS POR LA PROVINCIA UTILIZANDO EL TELÉFONO MÓVIL (GPS.HUESCALAMAGIA.ES).

⁷ Web del proyecto «Huesca en GPS»: <http://gps.huescalamagia.es/> [consultado: 24.01.2013].

También en 2012 fue presentada «Rutas culturales de Andalucía», una aplicación de realidad aumentada para dispositivos portables que parte de la Consejería de Cultura de la Junta de Andalucía para la puesta en valor del patrimonio a través del ocio, el turismo y la cultura. La aplicación que puede ser descargada gratuitamente, cuenta con contenidos georreferenciados que inicialmente incluyen las ciudades de Antequera, Málaga y Granada, aunque se pretende hacer extensible a la totalidad del territorio andaluz. La información que aparece en la aplicación puede ser solicitada por todos aquellos interesados, de forma que aumenten los puntos de interés que versarán sobre monumentos, yacimientos arqueológicos, museos, fiestas, hoteles, gastronomía, etc. Además todos estos contenidos se presentan en siete idiomas entre los que se encuentran por ejemplo el ruso y el japonés, atendiendo a la demanda turística de la región.

El turismo cultural ha propiciado también la creación de nuevos prototipos que en combinación con la realidad aumentada ofrecen mayores posibilidades como el proyecto *nAutreville*⁸. Se trata de un panel turístico transparente que gira en un eje de 360 grados, que a través de la realidad aumentada permite ver información digital de una ciudad sobre la imagen real de la misma. Este proyecto pretende ser un complemento a los diversos espacios de información que existen en las ciudades, como paneles de papel en las paradas de autobús, el plan de metro, los mapas de cada barrio, etc. Éste actúa como un panel de

⁸ Web del proyecto *nAutreville*: <http://www.nautreville.com/> [consultado: 12.02.2013].

información digital que ofrece información detallada de comercios, actividades culturales, museos, lugares de interés histórico y parques. Cuando se le da vuelta al panel, van apareciendo en la pantalla diferentes etiquetas que señalan puntos de interés, lo que le permite al usuario ver en qué dirección se encuentra cada lugar o actividad. El panel se ubicó en 2012 durante un periodo de test en el tercer distrito de París, entre el famoso centro Pompidou y el museo de artes digitales *La Gaité Lyrique*, en el que estuvo disponible tanto para ciudadanos residentes como para turistas ofreciendo varios tipos de información agrupados en un mismo espacio. Además *nAutreville* también ofrecía otra forma de ver la información mediante un mapa digital que mostraba los lugares turísticos más destacados y permitía crear itinerarios con toda la información recopilada. Este panel turístico con realidad aumentada permitía a los visitantes o habitantes de cualquier lugar acceder a la información de forma rápida a través de un recurso que aunaba información y localización a través de diferentes contenidos multimedia.



.....
FIGURA 25. *NAUTREVILLE*. PANEL TURÍSTICO TRANSPARENTE QUE GIRA EN UN EJE DE 360 GRADOS, QUE A TRAVÉS DE LA REALIDAD AUMENTADA PERMITE VER INFORMACIÓN DIGITAL DE UNA CIUDAD SOBRE LA IMAGEN REAL DE LA MISMA (NAUTREVILLE.COM).

- CINE

Existen algunas experiencias de realidad aumentada que están en relación con el cine. Éste es el caso de uno de los talleres desarrollados por los artistas Diego Díaz y Clara Boj en mayo de 2009, que pretendía unir los conceptos de cine interactivo y realidad aumentada obteniendo así una experiencia de cine aumentado. Con la ciudad de Cartagena como escenario, los participantes del taller realizaron un recorrido por el centro histórico siguiendo unas marcas colocadas en ciertos lugares específicos. Éstos permitían superponer información virtual o mensajes sobre los edificios reales, que los conducían a distintas partes de una ficción no determinada a priori, estableciendo diferentes secuencias asociadas a los lugares que cada usuario-espectador había visitado. Para ello, los usuarios contaban con un casco de realidad aumentada a través del cual podían visualizar determinadas imágenes, sonidos, secuencias de vídeo y actores virtuales que al mismo tiempo les harían partícipes del relato. Según los artistas, la estructura abierta del relato y un gran número de posibilidades de interacción posibilitaban que cada usuario tuviera una experiencia propia individual y personal, promoviendo un nuevo modelo fílmico que estaría entre los límites del cine interactivo y las experiencias de juego multiusuario basadas en la localización espacial de los usuarios (Boj y Díaz, 2009).



.....
FIGURA 26. EXPERIENCIA DE CINE AUMENTADO EN LA QUE VARIOS USUARIOS RECORRÍAN LA CIUDAD DE CARTAGENA CON CÁMARAS INCORPORADAS, SIGUIENDO UNA SERIE DE MARCADORES REPARTIDOS POR LAS CALLES OFRECIENDO DIFERENTES VISIONES DE LA MISMA

(BOJ Y DÍAZ, 2009).

Localizado en el Parque Tecnológico de San Sebastián, el centro de investigación del Centro de Tecnologías de Interacción Visual y Comunicaciones denominado *VICOMTech* (*Visual Interaction Communication Technologies*), realizó un proyecto consistente en una

aplicación de realidad aumentada que recibió el nombre de *CINeSPACE* junto a otras instituciones internacionales como *Scottish Screen*, *The Lighthouse*, *Fraunhofer IGD*, *Tracasa*, *Trivisio* y *Venis*. Este proyecto se desarrolló en las ciudades de Glasgow (Reino Unido), Venecia (Italia) y San Sebastián (España), y tuvo como objetivo el acceso a la cultura, la historia, el turismo y el arte urbanos a través del patrimonio cinematográfico, mediante la creación de un entorno virtual móvil (Vicomtech, 2010).

El proyecto CINeSPACE se basaba en la importancia del cine en el patrimonio cultural. Las películas eran proporcionadas por grupos relacionados con el patrimonio cinematográfico - profesionales de cine (Fomento de San Sebastián), amantes del cine (*City of Venice* con *VENIS*) y ciudadanos (*Scottish Screen*) - incluyendo gran cantidad de referencias arquitectónicas e históricas, permitiendo que los visitantes pudieran conocer diferentes eventos y sitios en el mundo. Los usuarios disponían de un HMD – con un PDA incorporado - para visualizar los contenidos multimedia a la vez que permitiría la comunicación entre los usuarios que se encontraban en cada una de las tres ciudades piloto. El usuario obtendría información sobre los puntos de interés definidos para su perfil mediante el uso de la pantalla de la PDA situada en la parte superior del HMD. Cuando el usuario se aproximaba a un punto de interés, el dispositivo generaba una alarma para pasar del modo portable en la mano al modo binocular. A través de las opciones del menú, se podía acceder a contenidos multimedia y a otros recursos, así como grabar videos que podrían ser

compartidos con otros usuarios de CINESPACE en la ciudad, permitiendo también que los usuarios generen sus propios contenidos.

Recientemente también nos encontramos con *Halocline*⁹, una aplicación de realidad aumentada que está siendo desarrollada para dispositivos móviles *iPhone* en la que el cine tiene un importante papel protagonista. Las primeras imágenes que hablan del proyecto, que presumiblemente saldrá a la luz durante el año 2013, presentan a varios visitantes de la ciudad de Londres paseando por el barrio de *Nothing Hill*. Cada individuo con la cámara del *iPhone* enfoca uno de los rincones o calles del lugar apareciendo una secuencia de la película protagonizada por Julia Roberts y Hugh Grant cuyo rodaje tuvo como escenario este famoso barrio. De esta forma el cine es un recurso que utilizado en combinación con la tecnología de realidad aumentada, es utilizado para la difusión y promoción cultural desde el ámbito turístico y también el del séptimo arte.

- ARTES ESCÉNICAS

Dentro del campo de la representación teatral y la danza, que incluimos en este apartado, la realidad aumentada ha tenido varias incursiones que han mostrado la mutabilidad de esta tecnología y el papel vanguardista y experimental que ofrece en el campo creativo. De

⁹ Web del proyecto *Halocline*: www.augmentedrealitycinema.com [consultado: 22.03.2013].

esta manera la realidad aumentada forma parte del proceso de incorporación de las nuevas tecnologías audiovisuales en la escena teatral junto a sus nuevas posibilidades expresivas y recursos, dinamizando así la situación actual de las artes escénicas.

Ya en 1999 el trabajo de F. Sparacino presentado en el *International Dance and Technology* de ese mismo año, incorporaba la tecnología de realidad aumentada en el campo del teatro y la danza con *Improvisational TheaterSpace* y *DanceSpace* respectivamente. En el primero se creaba una situación en la que un actor real podía interactuar con sus propios pensamientos en forma de texto animado proyectado en la misma escena. El texto actuaba como otro actor capaz de comprender y sincronizar su acción con las palabras, tono de voz, posturas y gestos del actor, mostrándose como un recurso expresivo que variaba según el énfasis de la escena o actuación del actor.

En *DanceSpace*, una serie de gráficos y melodías se correspondían con los gestos generados en el aire por los movimientos de los bailarines. Por una parte, ciertos toques instrumentales eran vinculados virtualmente al cuerpo de los bailarines generando una melodía subyacente que acompañaría al tema musical que interpretaban los bailarines, mientras que por otra los movimientos de la coreografía eran detectados y proyectados virtualmente sobre una pantalla generando diferentes formas y trazos como si el danzante fuera capaz de pintar con su cuerpo.

Una experiencia similar se realizó en las jornadas Neocampus 2009 de la Universidad Pontificia del Perú en el que un grupo de alumnas realizaban una serie de coreografías en las que su silueta y movimientos eran proyectados en una pantalla. De esta forma se conseguía combinar el mundo real con imágenes virtuales a través de una proyección aumentada de sus cuerpos. Para ello se utilizó un software especial y cámaras infrarrojas.

También los artistas Diego Díaz y Clara Boj idearon la pieza teatral *The Ultimate Commodity*, basada en una novela de ficción escrita por Gopal Baratham, para aplicar la tecnología de realidad aumentada a una obra escénica y estudiar sus posibilidades conceptuales, argumentales, estéticas y narrativas. Para ello se diseñó una herramienta informática llamada *ARTheater* (Boj et al., 2007), que facilitaba el uso de esta tecnología para la creación teatral para el usuario no experimentado.

El argumento de la obra, de ambiente futurista, se desarrollaba en la ciudad de Singapur donde una fórmula química – que se incorporaba al suministro de agua potable- permitía a todos los habitantes donar órganos sin riesgo de rechazo, lo que provocaba más tarde que las diferencias fisiológicas de los ciudadanos comenzaran a desaparecer hasta el punto de que el protagonista de la obra confunde a su hija con su mujer, que es la escena elegida para aplicar la realidad aumentada.

Un equipo interdisciplinar fue montando la escena mediante un sistema que constaba de tres cámaras y dos proyectores que apuntaban sobre una pantalla colocada en el centro del

escenario. El sistema permitía “aumentar” la escena mediante la pantalla donde se proyectaba una ampliación de la escena con los personajes a los que en este caso se les habían intercambiado las caras y que representarían la visión que tiene el protagonista de su hija y su mujer. Este hecho era posible gracias a una maqueta del escenario con marionetas que reproducían a los actores reales y que tenían en la cabeza una marca fiducial que representaba la cara de los personajes, siendo ésta la imagen que se proyectaba en la pantalla central. El programa *ARTheater* actuaba como un panel de control encargado de ejecutar las acciones – selección de cámaras, superposición de elementos, proyección en la pantalla central, activación del sonido - en función del desarrollo de la obra, permitiendo así dar lugar a improvisaciones por parte de los actores.



.....
FIGURA 27. *ARTHEATER*. AQUÍ SE AUMENTA LA ESCENA TEATRAL A TRAVÉS DE UNA PANTALLA EN LA QUE LOS PERSONAJES ADQUIEREN ROLES VIRTUALES DIFERENTES A LOS FÍSICOS, QUE SE CORRESPONDEN CON UNAS MARIONETAS SITUADAS EN LA PARTE TRASERA DEL ESCENARIO (BOJ ET AL., 2007: 7, 11).

- MÚSICA

Los avances técnicos de las últimas décadas han propiciado nuevas formas de hacer y crear música, resultando instrumentos de música electrónica tales como sintetizadores o

samples, que abren nuevas oportunidades para la creatividad y expresión musical. Uno de esos avances lo constituye la tecnología de realidad aumentada que ha sido utilizada en el mundo de la creación musical ofreciendo nuevas posibilidades a los autores.

Augmented Groove (Poupyrev et al., 2001), se presentaba como un controlador musical que permitía tocar música electrónica de forma interactiva y colaborativa. Se trata de unos discos de vinilo a los que se le colocaba la correspondiente marca que, al ser reconocido por una cámara, representaba una serie de funciones que respondían al movimiento que se realizaba con el disco: girar, inclinar y subir/bajar. Según esto, podremos mezclar y modular diferentes composiciones musicales creando una nueva pieza, a través de nuestra interacción con el disco.

Igualmente encontramos *The Music Table* (Berry et al., 2003), un sistema de realidad aumentada por el cual un músico puede componer una pieza musical manipulando unas marcas sobre una mesa. Una cámara que visualiza la escena reconoce las diferentes marcas que responden a varias funciones como edición, copiar, nota corta/larga, así como sus movimientos y posición, permitiendo generar inmediatamente una partitura musical compuesta virtualmente.

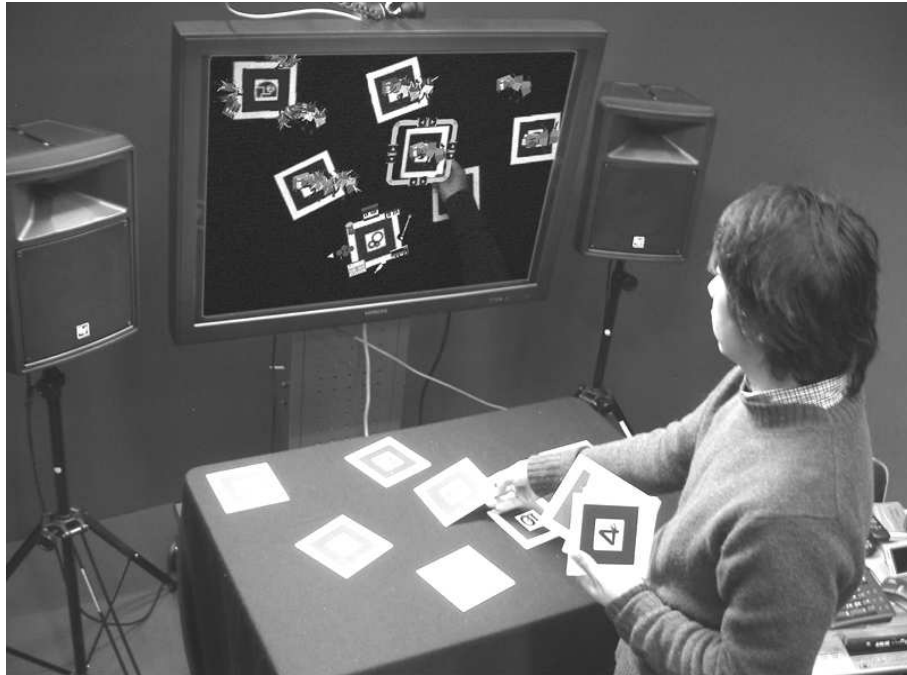


FIGURA 28. USUARIO UTILIZANDO LAS MARCAS DEL SISTEMA *THE MUSIC TABLE* QUE PERMITEN CREAR UNA PIEZA MUSICAL COMBINÁNDOLOS EN UNA PARTITURA MUSICAL VIRTUAL (BERRY ET AL., 2003: 338).

Desde la Universidad Politécnica de Valencia también se han realizado algunas experiencias que tienen que ver con realidad aumentada y música. Es el caso de *AR-Jazz*, que formó parte de un taller en el contexto del festival Jazz Panorama 2007, dentro de *Jazz & Arts Meeting*, una sección en la que tienen lugar experiencias en las que se relaciona el jazz con otras prácticas artísticas o la multimedia. La aplicación de realidad aumentada

consistía en reproducir la forma de los sonidos que emitían los instrumentos a través de una imagen aumentada que se mostraba en una pantalla. En ella se reflejaban diferentes formas y figuras que dependían de la intensidad o la nota con la que se tocaba o el tipo de instrumento que se escuchaba (Portalés et al., 2009).

También en Valencia se celebró en el Palau de la Música en mayo de 2010 «El carnaval de los animales», un concierto didáctico de música clásica a través de la tecnología de realidad aumentada. El evento estuvo coordinado por la empresa valenciana Eventos Montaña & Esterlich, junto a ingenieros de la Universidad Politécnica de Valencia. Aquí se combinaba la partitura en directo de la obra clásica junto a un narrador que contaba la historia en la que aparecían animales virtuales tridimensionales sobre el escenario, y que el público podía observar a través de una pantalla. Cada uno de esos animales se correspondía con una marca colocada en el suelo que al ser enfocada por una cámara en un determinado momento de la narración aparecía instantáneamente junto al narrador. La experiencia pretendía ofrecer un recurso didáctico a través de las nuevas tecnologías sobre todo para el público más joven (Eventos Montaña & Esterlich, 2010).

BIBLIOGRAFÍA

- APRENDRA (2010): «La UPV y AIJU presentan el proyecto APRENDRA para aprender jugando con la realidad aumentada», disponible en http://www.aprendra.es/antigua/archivos/nota_prensa_aprendra.pdf, [consultado: 17.02.2013].
- ARISE - PROJECT (2010): «Augmented reality in school environments», disponible en <http://www.arise-project.org/>, [consultado: 23.02.2013].
- ART FUTURA (2004): *Art Futura 2004: realidad aumentada*, Barcelona: ArtFutura.
- BARFIELD, W. y CAUDELL, T. (2001): «Basic concepts in wearable computers and augmented reality», en Barfield, W. y Caudell, T., (Eds.), *Fundamentals of Wearable Computers and Augmented Reality*, Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates Publishers, pp. 3 - 26.
- BELCHER, D. y BRIAN, J. (2008): «MxR: a physical model-based mixed reality interface for design collaboration, simulation, visualization and form generation», en AA. VV., *Proceedings of the 28th Annual Conference of the Association for Computer Aided Design in Architecture*, pp. 464 – 471.
- BERRY, R., MAKINO, M., HIKAWA, N., y SUZUKI, M. (2003): «The augmented composer project: the music table», en AA. VV., *Proceedings of the 2nd IEEE/ACM*

International Symposium on Mixed and Augmented Reality, Washington DC, IEEE Computer Society, pp. 338-339.

- BICHLMEIER, C., WIMMER, F., HEINING, S. M., y NAVAB, N. (2007): «Contextual anatomic mimesis: hybrid in-situ visualization method for improving multi-sensory depth perception in medical augmented reality», en AA. VV. *6th IEEE and ACM International Symposium on Mixed and Augmented Reality*, Washington DC, IEEE Computer Society, pp.129-138.
- BILLINGHURST, M., KATO, H., y POUPYREV, I. (2001): «The MagicBook: a transitional AR interface», *Elsevier Computers and Graphics*, vol. 25, pp. 745 – 753.
- BIMBER, O., y RASKAR, R. (2005): *Spatial augmented reality: merging real and virtual worlds*, Wellesley, Mass.: A K Peters.
- BOJ, C., DÍAZ, D. (2007): «La hibridación a escena: realidad aumentada y teatro», *Revista Digital Universitaria*, vol. 8, nº 6, pp. 2 -16.
- BOJ, C., DÍAZ, D. (2009): «Taller cine interactivo y realidad aumentada en el espacio público», disponible en [http://www.upct.es/contenido/seeu/tablon/ficheros/78ocine_aumentado_2009_bis\[1\].pdf](http://www.upct.es/contenido/seeu/tablon/ficheros/78ocine_aumentado_2009_bis[1].pdf), [consultado: 14.03.2013].

- DOPPLER, C. (2009): «History of mobile augmented reality», disponible en <https://www.icg.tugraz.at/~daniel/HistoryOfMobileAR/>, [consultado: 15.03.2013].
- GILLET, A., SANNER, M., STOFFLER, D., GOODSELL, D., y OLSON, A. (2004): «Augmented reality with tangible auto-fabricated models for molecular biology applications», *Proceedings of the Conference on Visualization '04*, pp. 235-242.
- GLOSSOP, N. D., y WANG, Z. (2003): «Laser projection augmented reality system for computer-assisted surgery», *International Congress Series*, vol. 1256, pp. 65 – 71.
- GUO, Y., DU, Q., LUO, Y., ZHANG, W. W., y XU, L. (2008): «Application of augmented reality GIS in architecture», *The International Archives of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, vol. XXXVII (Part B5), pp. 331– 336.
- JUAN, M. C., ALCANIZ, M., MONSERRAT, C., BOTELLA, C., BAÑOS, R. M., y GUERRERO, B. (2005): «Using augmented reality to treat phobias», *IEEE Computer Graphics and Applications*, vol. 25, nº 6, pp. 31 – 37.
- KAUFMANN, H. (2004): *Geometry Education with Augmented Reality*, tesis doctoral de la University of Technology de Viena, disponible en http://publik.tuwien.ac.at/files/PubDat_138490.pdf [consultado: 12.03.2013].

- KAUFMANN, H. y SCHMALSTIEG, D. (2002): «Mathematics and geometry education with collaborative augmented reality», en AA. VV., *ACM SIGGRAPH 2002 Conference Abstracts and Applications*, New York, ACM, pp. 37 – 41.
- NÚÑEZ, C., NÚÑEZ, M., CARDA, J. B., y QUIRÓS, R. J. (2008): «Interactuando con las estructuras cristalinas. Realidad aumentada aplicada al estudio y comprensión de estructuras cristalinas tridimensionales en química inorgánica», *III Reunión INDOQUIM 2008, Innovación Docente en Química*, pp. 149 – 150.
- PÉREZ, D. C. (2009): *Desarrollo de sistemas de realidad virtual y aumentada para la visualización de entornos acrofóbicos. Estudios comparativos entre ellos*, tesis doctoral de la Universidad Politécnica de Valencia.
- PEULA, J. M., ZUMAQUERO, J. A., URDIALES, C., BARBANCHO, A. M., SANDOVAL, F. (2007): «Realidad aumentada aplicada a herramientas didácticas musicales», *XXII Simposium Nacional de la Unión Científica Internacional de Radio*, disponible en http://www.grupoisis.uma.es/administrator/components/com_jresearch/files/publications/ursiz2007_26.pdf [consultado: 13.03.2013].
- PORTALÉS, C., y PERALES. C. D. (2009): «Sound and movement visualization in the AR-Jazz scenario», en S. Natkin and J. Dupire (Eds.), en AA. VV., *Proceedings of the 8th International Conference on Entertainment Computing*, Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag, pp. 167-172.

- POUPYREV, I., BERRY, R., BILLINGHURST, M., KATO, H., NAKAO, K., BALDWIN, L., y KURUMISAWA, J. (2001): «Augmented reality interface for electronic music performance», en AA. VV., *Proceedings of the SIGCHI conference on Human factors in computing systems*, pp. 805 – 808.
- RASKAR, R., WELCH, G., y FUCHS, H. (1999): «Spacially augmented reality», en Reinhold Behringer, Gudrun Klinker, y David W. Mizell (Eds.), *Proceedings of the international workshop on Augmented reality: placing artificial objects in real scenes*, Natick, MA: A. K. Peters, Ltd., pp. 63 - 72.
- RUIZ, A., ACIÉN, F., y VÁZQUEZ, J.L. (2007): «Sistemas de posicionamiento en la creación de un libro interactivo», *Revista Digital Universitaria*, vol. 8, nº 10, pp. 1 - 9.
- RUIZ, A., URDIALES, C., FERNÁNDEZ-RUIZ, J. A., y SANDOVAL, F. (2004): «Ideación arquitectónica asistida mediante realidad aumentada», *XIV Jornadas Telecom I+D*, disponible en <http://www.ugr.es/~jaf Ruiz/ideacion%20asistida%20realidad%20aumentada.pdf> > [consultado: 12.03.2013].
- RUIZ, D. (2011): «Realidad aumentada, educación y museos», *Revista Icono14* [en línea], año 9, vol. 2, pp. 212 -226, disponible en <http://icono14.net/ojs/index.php/icono14/article/view/24/42> [consultado: 15.01.2013].

- RUIZ, D. (2012): «Realidad aumentada y geoposicionamiento: una nueva alternativa para el ocio cultural», en F. García y R. García (coord.), *Actas II Congreso Internacional Ciudades Creativas*, Madrid, ICONO14 – Actas Científicas, tomo 3, pp. 1638 - 1646.
- SANTANA, J., GÓMEZ, J., y BUTRÓN, P. (2009): «Diseño, implementación y evaluación de un sistema de asistencia al guiado GPS para tractores agrícolas, empleando tecnologías de realidad aumentada», *Mapping*, nº 136, pp. 6 - 19
- SPARACINO, F., WREN, C., DAVENPORT, G., y PENTLAND, A. (1999): «Augmented performance in dance and theater», *International Dance and Technology* 99, pp. 25 – 28.
- TRIPATHI, A. (2010): *Augmented reality: an application for architecture*. Tesis Doctoral de la University of Southern California.
- WACKER, F. K. ET AL., (2005): «MR image-guided needle biopsies with a combination of augmented reality and MRI: a pilot study in phantoms and animals», en *International Congress Series - CARS 2005: Computer Assisted Radiology and Surgery*, pp. 424 - 428.

7. REALIDAD AUMENTADA EN ESPACIOS EXPOSITIVOS

La realidad aumentada, desde su aparición, se ha convertido en una importante herramienta para su aplicación en multitud de campos relacionados con las humanidades como hemos podido ver en el capítulo anterior de la presente tesis doctoral. Desde la perspectiva del campo cultural, en la última década ha existido un gran interés por parte del mundo académico y profesional que se ha plasmado en numerosas investigaciones, publicaciones, y proyectos que han tenido como consecuencia más inmediata su aplicación práctica dentro de éste ámbito.

De este modo, existen actualmente numerosas experiencias realizadas en entornos museísticos donde se ha utilizado dicha tecnología para la difusión y el conocimiento del objeto cultural, que nos muestran la intrínseca relación que existe actualmente entre este tipo de entornos y el surgimiento de esta nueva tecnología.

Basándonos en los casos concretos realizados en los diferentes espacios expositivos analizados, así como en los ensayos e investigaciones realizadas hasta la fecha, podemos establecer una clasificación sobre la que agruparemos en el siguiente capítulo las diferentes aplicaciones de realidad aumentada. Ésta responde a la forma en que se presentan los contenidos culturales así como su funcionalidad, de la que se derivarán las características referentes a su configuración y a la interfaz persona-ordenador que se

establece en los tipos de experiencias museísticas. Así podemos establecer tres tipos de aplicaciones de realidad aumentada en entornos museísticos que son:

- Guías personales: se caracterizan por el uso de dispositivos portátiles como teléfonos móviles inteligentes o smartphones, PDAs o tabletas. Las aplicaciones consisten en la superposición de capas de información o gráficos virtuales sobre la imagen real de nuestro entorno a través de la cámara del dispositivo.
- Aplicaciones basadas en el uso de marcas: son aquellas que utilizan librerías especializadas tipo ARToolkit. La marca tiene la función de situar los gráficos virtuales en la escena real. Aquí se establece una interfaz tangible de usuario en la que la manipulación de objeto virtual se produce como si fuera un objeto real mediante el movimiento de la marca.
- Reconstrucciones virtuales aumentadas: se trata de escenas virtuales generadas en el espacio circundante del usuario sin que pierda contacto con el mismo. Los dispositivos utilizados son generalmente pantallas fijas que permiten la correcta superposición de los gráficos virtuales sobre la escena real.

En la siguiente tabla se establecen las características definitorias que se refieren a esta clasificación atendiendo a una serie de elementos que las diferencian:

| | Tipo de gráficos | Tipo de dispositivos | Tipo de interfaz (Garrido y García-Alonso, 2008) | Funcionalidad |
|------------------------------------|----------------------------------|--|---|---|
| Guías personales | Tridimensionales bidimensionales | Teléfonos móviles, PDAs, tablet PC | Interfaz basada en el uso de dispositivos de bajo coste. | Etiquetas con información que se superponen al entorno real del usuario. Muestran el recorrido e información adicional sobre los objetos. |
| Aplicaciones basadas en marcadores | Tridimensionales bidimensionales | Cámara de vídeo y pantalla o proyección | Interfaz basada en el uso de marcas o interfaz tangible de usuario. | El usuario puede manipular el objeto virtual como si fuera real. |
| Reconstrucciones aumentadas | Tridimensionales | Son muy heterogéneos: gafas de realidad aumentada, Pantallas móviles, etc. | Interfaz basada en el uso de dispositivos de bajo coste. | Reconstrucciones virtuales que se superponen al espacio real del usuario. |

FIGURA 29. TABLA DE CLASIFICACIÓN DE LAS DIFERENTES APLICACIONES DE REALIDAD AUMENTADA QUE PODEMOS ENCONTRAR EN LOS ESPACIOS EXPOSITIVOS ATENDIENDO A SUS CARACTERÍSTICAS, FUNCIONAMIENTO Y USO (ELABORACIÓN PROPIA).

- GUÍAS PERSONALES Y REALIDAD AUMENTADA: ACCESIBILIDAD Y DIFUSIÓN EN EL MUSEO

Una de las aplicaciones que la realidad aumentada tiene dentro de entornos museísticos ha sido el desarrollo de guías o asistentes personales que permiten a los visitantes realizar un recorrido por las diferentes salas accediendo a información adicional sobre las piezas que

contienen. El uso y proliferación de dispositivos portátiles ha conseguido que sea posible aumentar los contenidos que se ofrecen en las salas de exposición, a través de un discurso didáctico y personalizado.

Las posibilidades que ofrece la tecnología de realidad aumentada en guías personales para los entornos museísticos han crecido exponencialmente en los últimos años, por una parte debido a su gran atractivo para el público en general, y por otra, ligado a la evolución tecnológica que está sufriendo el campo de la telefonía móvil con los denominados teléfonos inteligentes o *smartphones* y la implantación de sistemas de geoposicionamiento. Tampoco hay que olvidar la aparición de otro tipo de dispositivos portátiles como pueden ser las ya conocidas *PDA*s o los más recientes *tablets* o tabletas (dispositivos de bajo coste que actualmente cuentan con una importante y/o creciente proliferación en nuestra sociedad), que están consiguiendo un especial protagonismo en este tipo de aplicaciones.

A este respecto, las experiencias que la realidad aumentada ofrece en entornos culturales han tenido sus primeras aplicaciones asociadas al desarrollo de programas de difusión, en los que se ofrece el acceso a una información sobre los contenidos culturales ampliada y personalizada primando el conocimiento y accesibilidad de los visitantes.

Actualmente, los móviles de última generación han permitido que se pueda situar a un usuario en un entorno determinado, además de saber dónde está mirando y a qué objeto en particular. Esta circunstancia, ha hecho posible que a través de la cámara de nuestro

teléfono móvil podamos tener una imagen aumentada con información adicional sobre el entorno circundante superponiendo los gráficos virtuales sobre el espacio que nos rodea.

Encontramos algunas experiencias donde se aplicó la tecnología de realidad aumentada ya en la última década del siglo XX como el denominado Meta-Museo (Mase et al., 1996), un concepto creado para diferenciar un museo virtual de otro en el que se combinaban elementos reales con elementos virtuales a través de la aplicación de la tecnología de realidad aumentada. Además, este concepto de Meta-Museo se refería a un tipo de museo en el que se daban cita conocimiento, comunicación (visitantes, exhibidores, creadores, usuarios y obras) y una visita personalizada. El sistema se testó para su aplicación en un museo arqueológico donde los visitantes utilizaban un HMD de vídeo que mostraba la información virtual sobre las imágenes de un yacimiento o una reconstrucción de éste, que aparecían en pantallas colocadas en los muros. Existía otra modalidad que consistía en el uso de dispositivos de mano que, conectados a un ordenador central y a través de un proceso de reconocimiento que indicaba la situación exacta del usuario, ofrecían varias herramientas y opciones para conocer más sobre la obra que el usuario tenía frente a él.

Otra propuesta basada en la tecnología de realidad aumentada fue la creación del sistema *NaviCam (NAVigation CAMera)* que constaba de un miniordenador portable (*palmtop*) con una cámara integrada que capturaba las imágenes del mundo real y las mostraba en la pantalla del mismo con información adicional generada virtualmente, presentando así una

visión aumentada del entorno del usuario. El sistema era capaz de reconocer unos códigos de color basados en una secuencia de rayas situados junto a un objeto, y determinar ante qué pieza se encontraba el usuario mostrándole información contextual sobre el mismo. *NaviCam* tuvo su aplicación para un museo, donde el sistema reconocía el código de una determinada obra y mostraba datos adicionales en la pantalla. Entre sus ventajas se señaló que era posible personalizar los contenidos en función de la edad del visitante, o adaptar la información mostrada según su nivel de conocimiento (niños, expertos, personas mayores, etc.), o disponer de la versión en varios idiomas para los visitantes extranjeros (Rekimoto et al., 1995).

Aunque estos primeros ensayos nos muestran aún un estado primitivo en la aplicación de la tecnología de realidad aumentada en contextos expositivos, ya contaban con los elementos básicos y requerimientos para el desarrollo de sistemas de reconocimiento basado en el uso de marcas o geolocalización, además de la implantación en dispositivos portátiles de mano.

En los años siguientes las investigaciones y avances que se han producido en el desarrollo de la misma, han propiciado que se considere como una herramienta válida y de gran utilidad dentro de lo que se denomina las Tecnologías de la Información y Comunicación (TICs), generando un gran interés por parte de investigadores y de las entidades

museísticas para su aplicación en estos entornos con el fin de enriquecer la experiencia de los visitantes.

Tanto es así que dentro de *The Handheld Augmented Reality Project*, en el que participaba la *Graz University of Technology* de Austria junto al *Christian Doppler Laboratory* y la empresa *Qualcomm*, fue desarrollado también una aplicación de realidad aumentada para museo que respondía a la fórmula de *edutainment*. Las investigaciones que se abordaron bajo el nombre de *Mobile Augmented Reality Quest (MARQ)* que tuvieron lugar en el periodo 2005-2007, pretendieron implementar un sistema de realidad aumentada en un PDA basado en un juego colaborativo al que denominaron *Expedition Schatzsuche*, que tuvo su escenario de validación en las salas de un museo austriaco.

El proyecto fue desarrollado teniendo en cuenta a grupos de público comprendido entre los 12 y los 16 años de edad, de modo que la aplicación sirviera como guía de una visita al museo en el que los contenidos e información eran presentados de una forma más atractiva a través de una "lente mágica".

Este enfoque lúdico y racional se presentó mediante una serie de niveles de juego asociados a varios de los objetos que podrían encontrarse en la sala de exposición. Cada uno de ellos se encontraba señalado con una marca que indicaba la existencia de contenido virtual y que al ser enfocado por la cámara del PDA continuaba el juego apareciendo nuevas pruebas relacionadas con las piezas de arte. Entre algunas de las experiencias de

realidad aumentada se encontraba la reproducción virtual de las piezas donde se interactuaba con las mismas para ver su funcionamiento. Además, al tratarse de un juego colaborativo, las tarea de superar los niveles era un trabajo en equipo que suponía que los dispositivos estuvieran interconectados.

De los estudios realizados en diversas universidades también han resultado varios trabajos doctorales que apuntaban una nueva dinámica investigadora centrada en esta nueva tecnología como es el caso de la propuesta de guías personales realizada en colaboración con el equipo de investigación del *Centre d'Étude et De Recherche en Informatique e Communications* perteneciente al *Conservatoire National des Arts et Métiers* de París.

Este ensayo tuvo como escenario el *Museo de Bellas Artes* de Rennes (Francia) donde se testaron dos prototipos de guías móviles basadas en la tecnología de realidad aumentada. Para ello se utilizó como dispositivo portátil un UMPC (PC ultra móvil) que cumplía los requisitos de capacidad operativa para las tareas de procesado y renderizado de los gráficos generados por ordenador y además incorporaba una cámara web para capturar la imagen del espacio real del museo. Por otra parte, un equipo compuesto por personal adscrito al museo y expertos en historia del arte, diseñaron los contenidos que iban a mostrar e ilustrar la guía móvil (artista, atributos, obras relacionadas, literatura, música, etc.). Cuando el visitante se acercaba a una determinada obra y la enfocaba con la cámara del UMPC, el sistema reconocía la obra a través de unos parámetros introducidos

previamente que permitían identificar la obra ante la que se encontraba y mostrar los datos generados por ordenador sobre la imagen capturada por la cámara y que revelaban información referente a la obra. También la aplicación generaba un menú interactivo donde el usuario podía acceder fácilmente a los contenidos (Damala, et al., 2007; Damala, 2009).

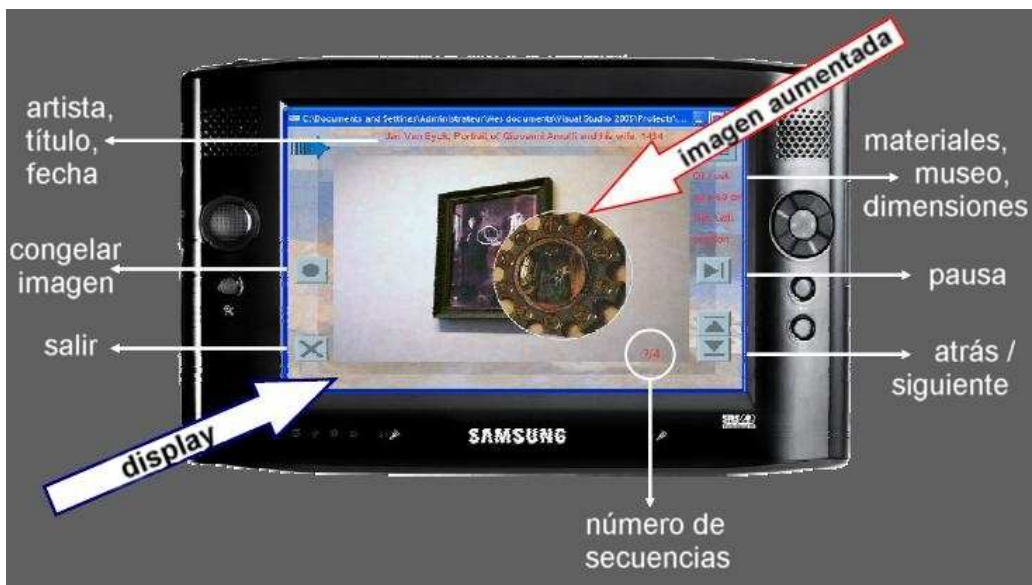


FIGURA 30. REPRESENTACIÓN DE LA GUÍA MÓVIL PARA MUSEOS EN LA QUE APARECE EN EL DISPLAY LA IMAGEN AUMENTADA DE LA OBRA REAL CON INFORMACIÓN ADICIONAL DE INTERÉS (DAMALA ET AL. 2007: 62).

También dentro de la nación gala podemos citar el proyecto presentado por el *Institut de Recherche en Informatique de Toulouse (IRIT)* que diseñó una aplicación de realidad aumentada relacionada con el ámbito cultural específica para teléfonos móviles. Se trataba de un sistema al que denominaron MARCH (*Mobile Augmented Reality for Cultural Heritage*) (Choudary et al., 2009), basado en esta tecnología y que permitía observar pinturas prehistóricas a través de los dibujos realizados por los expertos en la materia que clarificaban las diferentes escenas representadas cuyos trazos son en ocasiones casi imperceptibles o contienen representaciones y figuraciones confusas. En este caso no es una reconstrucción histórica lo que se presenta sino que aquí el objetivo principal de la aplicación es la interpretación de las escenas prehistóricas, partiendo de los estudios histórico-artísticos especializados en la materia. Para ello contaron con la colaboración de la Organización de las Cuevas de Gargas en los Pirineos franceses que facilitaron toda la documentación necesaria como imágenes de las cuevas con representaciones de animales o grabados, y también los dibujos interpretativos que los estudiosos habían realizado sobre las mismas. El funcionamiento de MARCH aplicado a teléfonos móviles consistía en una serie de marcadores colocados sobre la imagen fotográfica de una de las pinturas prehistóricas que el sistema reconocía automáticamente al visionarlos con la cámara del teléfono móvil, apareciendo en la pantalla la interpretación de la pintura superpuesta a la imagen real clarificando así al usuario la obra que observaba. Este sistema ha sido puesto

en práctica para su uso en entornos cerrados como museos o centros de interpretación aunque también sería posible aplicarlo a las representaciones prehistóricas *in situ*.



.....
FIGURA 31. APLICACIÓN MARCH DONDE LA IMAGEN DE VÍDEO CAPTURADA POR LA CÁMARA DE UN TELÉFONO MÓVIL ES RECONOCIDA POR EL SISTEMA A TRAVÉS DE UNAS MARCAS SITUADAS EN LOS EXTREMOS PERMITIENDO SUPERPONER A LA IMAGEN DE UNA PINTURA PREHISTÓRICA LA INTERPRETACIÓN DE LOS INVESTIGADORES EN LA MATERIA CLARIFICANDO LA ESCENA QUE REPRESENTA (CHOUDARY ET AL., 2009: 1023).

Igualmente, el instituto *Fraunhofer IGD en Darmstadt* (Alemania) también desarrolló algunas aplicaciones de realidad aumentada que tienen su campo de aplicación práctica en espacios museísticos. Una de ellas fue presentada en el área de exposición del *SIGGRAPH 2008* en Los Ángeles bajo el nombre de *Rome Reborn*. Ésta consistía en un gran plano del antiguo Foro Romano colocado en el suelo, sobre el que se proyectaba un modelo 3D de varios edificios que lo componían. La cámara del UMPC que portaba el usuario capturaba la imagen del plano y automáticamente el sistema reconocía la planta del edificio y aparecía una imagen tridimensional del mismo, de modo que el usuario podía pasear por el plano visionando las diferentes reconstrucciones tridimensionales (Zoellner et al., 2009b).



.....
FIGURA 32. *ROME REBORN* PERMITE AL USUARIO CAMINAR SOBRE UNA PLANTA DEL FORO ROMANO Y VER A TRAVÉS DE SU UMPC LAS RECONSTRUCCIONES VIRTUALES DE LOS EDIFICIOS MÁS SIGNIFICATIVOS (ZOELLNER ET AL., 2009B: 114).

Entre los ensayos con realidad aumentada desarrolladas por el equipo investigador del instituto *Fraunhofer IGD*, destaca un nuevo tipo de aplicaciones que responden al concepto de *Cultural Heritage Layers* en alusión a la superposición de capas o estratos fijos sobre una

imagen real y que tiene su puesta en práctica en un sistema para visitantes de sitios arqueológicos, históricos o museos (Zoellner et al., 2009; Zoellner et al., 2009b).

Desde este nuevo concepto surgieron algunas aplicaciones de realidad aumentada como fue la desarrollada para la exposición *A Future for the Past* realizada en el *Allard Pierson Museum* de Amsterdam para conmemorar el 75 aniversario de su creación. Se trataba de una instalación referente al yacimiento de Satricum para la utilización de dispositivos UMPC que permiten una mayor libertad de movimiento por parte del usuario. La ciudad, situada al sur de Roma, tenía una acrópolis en la que se había sucedido la construcción de tres templos en diferentes épocas de la historia de Roma. En esta aplicación se recuperaba una imagen virtual tridimensional del templo primitivo del siglo X a. C. que se superponía a la fotografía de la excavación actual mostrando además, diferentes puntos de interés con información sobre la excavación, los artefactos hallados y la construcción de los templos.



.....
FIGURA 33. UMPC QUE PORTA UN USUARIO PARA VISIONAR LA RECONSTRUCCIÓN VIRTUAL DEL
TEMPLO ORIGINARIO DE SATRICUM SOBRE LA IMAGEN FOTOGRÁFICA DEL YACIMIENTO ACTUAL
(ZOELLNER ET AL., 2009B: 114).

El planteamiento de *Cultural Heritage Layers* también fue objeto de ensayo para la exhibición *20 Years since the Fall of the Berlin Wall* que pretendía revivir la larga y rica historia de Berlín en el aniversario de la caída del muro y que se presentó en la feria *CeBIT 2009* en Hannover (Alemania). Tras la II Guerra Mundial la ciudad fue totalmente destruída y desde 1961 hasta 1989 el centro de la misma fue dividido por un gran muro. Para mostrar

esto dentro de las instalaciones de un hipotético museo, se diseñó una gran superficie con una imagen satélite de la ciudad de Berlín, sobre la cual el visitante, provisto de un UMPC (*Ultra Mobile PC* o *PC Ultra Móvil*), podía ver sobre el mapa la reconstrucción tridimensional del Muro de Berlín y el desarrollo urbano de la ciudad desde 1940 a 2008. Así, cuando el usuario visionaba a través del dispositivo la imagen satélite de la ciudad, el sistema reconocía la imagen y generaba sobre ésta la reconstrucción virtual del muro. Sin embargo, la novedad de este sistema viene dada por la utilización de imágenes aéreas de la ciudad tomadas a lo largo de los últimos años que son superpuestas sobre la imagen satélite actual. Así el usuario podía realizar un zoom sobre cualquier zona de la ciudad y observar los cambios en la morfología urbana de la misma junto a información adicional. En este caso la tecnología de realidad aumentada se utiliza sin la necesidad de crear gráficos virtuales tridimensionales (3D), sino que se utilizarían las imágenes digitalizadas (2D) disponibles en el archivo cartográfico de la ciudad.

El interés por el campo cultural y específicamente por los espacios de exhibición, ha centrado gran parte de los trabajos de investigación dentro de las universidades que han generado prototipos de guías personales.

El *Department of Engineering Science* de la Universidad de Oxford (UK) viene desarrollando desde 2008 un software denominado *PTAMM (Parallel Tracking and Multiple Mapping)* centrado en tareas de reconocimiento mediante mapeado visual aplicado a dispositivos

portables del que se han derivado varias experiencias de realidad aumentada en espacios expositivos (Castle, 2009).

Este software fue implementado en una guía personal para el Museo de Historia Natural de la Universidad de Oxford en el que se utilizaba la realidad aumentada y el software de reconocimiento para realizar la visita al museo en relación a los objetos expuestos en el mismo. Así, la aplicación guiaba al usuario en el recorrido mediante un indicador virtual que buscaba aquellos elementos que podían visionarse utilizando la realidad aumentada. Por ejemplo, uno de los esqueletos de elefantes presentes en la exposición que al ser observados a través del *display* del dispositivo aparecía cubierto de piel y con la apariencia que tendría originariamente.

Dentro del mismo proyecto, el *Ashmolean - Museum of Art and Archaeology* de la Universidad de Oxford también se convirtió en escenario de validación para realizar una experiencia de realidad aumentada similar en la que el software reconocía mediante el mapeado diferentes pinturas que albergaba una de sus galerías y automáticamente aparecían etiquetas con la información básica de cada obra.

Estos ensayos demuestran las posibilidades de la realidad aumentada en espacios expositivos, especialmente en aplicaciones de mapeado visual, frente a las de reconocimiento de marcas, ya que no suponen ninguna intromisión física que altere la estética de la exhibición. La aplicación de este software a dispositivos portátiles se encuentra muy cercana a las nuevas posibilidades que la realidad aumentada ofrece en

este tipo de entornos como bien demuestran los diferentes proyectos pilotos realizados hasta la fecha.

Como vemos existe un amplio espectro de las posibilidades que esta nueva tecnología sugiere en este tipo de ámbitos, debido a su capacidad de combinar el mundo virtual con el real. Esto hace posible que el visitante pueda obtener una imagen mejorada de la realidad a través de la incorporación de contenidos virtuales que recrean una visión más completa del objeto cultural. La difusión ha sido en gran parte el *leitmotiv* de numerosas aplicaciones de realidad aumentada que ha sido vista por las instituciones museísticas como una forma de dar a conocer sus fondos.

Algunas de las experiencias realizadas hasta la fecha dejan ejemplos pioneros y muy originales como puede ser el caso del *Stedelijk Museum* de Amsterdam que a la espera de su reapertura en 2012, ideó una forma de que su colección de arte y diseño moderno y contemporáneo siguiera disfrutando de la atención y conocimiento del público.

ARTours, fue el proyecto desarrollado por la empresa Fabrique junto a la institución, que consistió en una aplicación para plataformas como *Layar* que usada en teléfonos móviles inteligentes o tabletas, permitía invadir el espacio circundante de las obras artísticas albergadas en el museo (Schavemaker et al., 2011).

Este proyecto se convirtió en una muestra itinerante que tuvo lugar desde 2009 hasta finales de 2011, denominada *ARthoteque* que ha sido llevada a varios encuentros artísticos celebrados en tierras holandesas como el *Lowlands Festival* (2010) y *PICNIC* (2010).

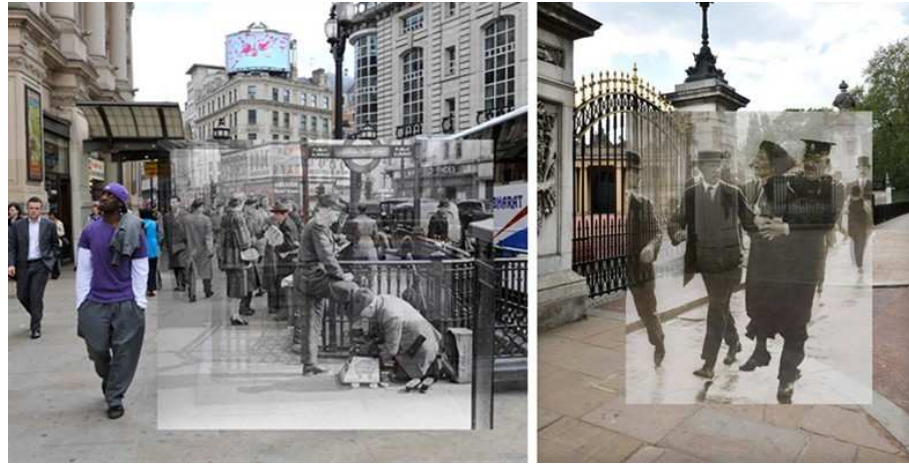


FIGURA 34. *ARTHOTEQUE*. APLICACIÓN DE REALIDAD PARA PLATAFORMAS COMO LAYAR QUE USADA EN TELÉFONOS MÓVILES INTELIGENTES O TABLETAS, PERMITÍA INVADIR EL ESPACIO CIRCUNDANTE DE LAS OBRAS ARTÍSTICAS ALBERGADAS EN EL STEDELIJK MUSEUM DE AMSTERDAM ([HTTP://WWW.STEDELIJK.NU/](http://www.stedelijk.nu/)).

Con un objetivo similar el Museo de Londres también quiso difundir gran parte de sus fondos para recuperar la imagen perdida de la ciudad de Londres a través de la cantidad ingente de imágenes pictóricas y fotografías que se encuentran en su colección, y que abordan desde el incendio de 1666 a la década de los 70.

El desarrollo de una aplicación de realidad aumentada para dispositivos móviles inteligentes equipados con GPS denominada *Streetmuseum* (disponible desde 2010), permite a los visitantes recorrer espacios neurálgicos londinenses y haciendo uso de su celular retrotraerse en el tiempo para admirar los cambios producidos con el paso del tiempo. Además, también se puede acceder a información adicional que explica detalladamente los avatares de cada momento histórico y contextualizaba las imágenes.

La intencionalidad que se pretendía desde la institución además de difundir sus fondos, era atraer a nuevos visitantes interesados por los contenidos que se podían disfrutar a pie de calle y que centraban las salas expositivas del museo.



.....

FIGURA 35. *STREETMUSEUM*. APLICACIÓN DE REALIDAD AUMENTADA PARA DISPOSITIVOS MÓVILES INTELIGENTES EQUIPADOS CON GPS QUE PERMITE A LOS VISITANTES RECORRER ESPACIOS NEURÁLGICOS LONDINENSES HACIENDO USO DE SU CELULAR RETROTRAERSE EN EL TIEMPO PARA ADMIRAR LOS CAMBIOS PRODUCIDOS CON EL PASO DEL TIEMPO (MUSEUMOFLONDON.ORG.UK).

En España también encontramos algunos ejemplos que se refieren a la utilización de dispositivos portátiles como elemento principal en el recorrido y discurso expositivo. Estos casos se hayan vinculados a exposiciones temporales que se han convertido en fuente de experimentación con esta tecnología, mostrando los prototipos más innovadores a la vez que pioneros en nuestro país.

El Ayuntamiento de Girona llevó a cabo una experiencia de realidad aumentada en el contexto de la 55ª exposición *Girona, Temps de Flors*, que abarcaba contenidos sobre las flores, los monumentos, los patios y los jardines de la ciudad, y que se celebró entre el 8 y el 19 de mayo de 2010.

En colaboración con el Grupo de Comunicación y Sistemas Distribuidos (BCDS) de la Universidad de Girona, se desarrolló una aplicación basándose en los avances de las nuevas tecnologías, en este caso de realidad aumentada, y su implantación en dispositivos móviles. Así, se creó la aplicación «eFlors»¹⁰ que permitía localizar los diferentes lugares y espacios de la exposición y seguir el itinerario de la misma a través del teléfono móvil. Esta aplicación se desarrolló para la plataforma Layar que permite la navegación basada en realidad aumentada, posibilitando insertar los gráficos generados por ordenador en tiempo real sobre la imagen de vídeo capturada por la cámara del teléfono móvil.

Esto requería un móvil de última generación como un *smartphone* (Android e iPhone 3GS), que soportan un sistema operativo en el que puede funcionar la plataforma de capas de información *Layar*, junto a un sistema de geoposicionamiento (GPS) y una brújula digital, que son capaces de situar en tiempo real las coordenadas y orientación del usuario. «eFlors» tenía el objetivo de ofrecer un servicio gratuito que permitiera localizar los espacios de la exposición. Así, el usuario podía descargarse la aplicación desde internet en su móvil, y cuando enfocaba con la cámara al entorno circundante una serie de marcas que

¹⁰ Web de «eFlors»: <http://bcds.udg.edu/eflors/> [consultado: 31.10.2012].

consistían en una flor virtual, aparecían en la imagen de vídeo a modo de puntos de información que le indicaban el lugar y distancia donde se encontraban los espacios del itinerario: patios, exposición floral, jardines, etc.

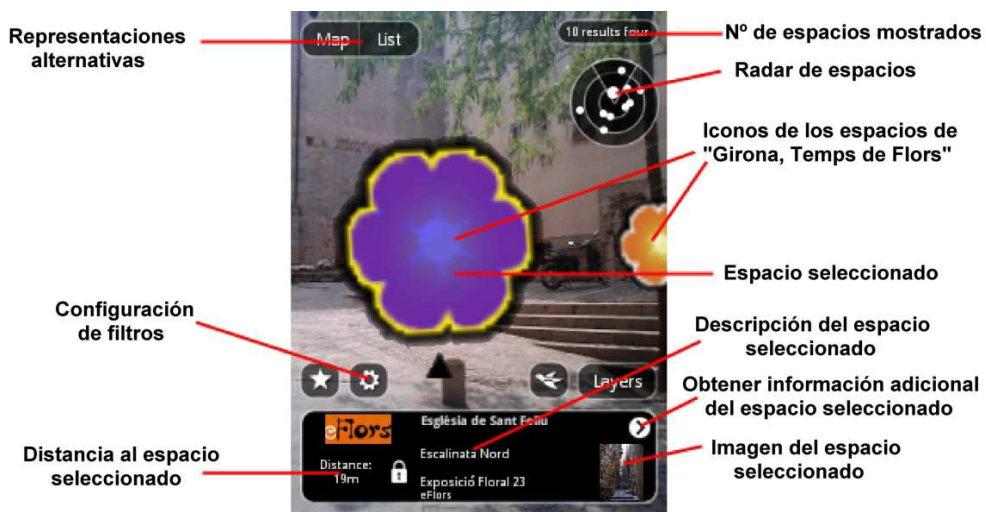


FIGURA 36. ESQUEMA DEL FUNCIONAMIENTO DE LA APLICACIÓN DE REALIDAD AUMENTADA "eFLORS" EN EL QUE SE PUEDEN OBSERVAR LOS ESPACIOS DE LA EXPOSICIÓN Y LA INFORMACIÓN SOBRE ELLOS NECESARIA PARA RECORRER CADA UNO DE LOS MISMOS. LA INFORMACIÓN VIRTUAL APARECE SOBRE EL ESCENARIO REAL DEL USUARIO A TRAVÉS DE SUS COORDENADAS POR GPS Y BRÚJULA DIGITAL (WEB DE «eFLORS»).

La iniciativa dentro de *Girona, Temps de Flors*, un evento que pretende dar a conocer el conjunto monumental de la ciudad a través de la belleza floral que envuelve sus calles y rincones, ofrecía a los visitantes de una forma novedosa y sugerente los contenidos de la exposición, al mismo tiempo que permitía seguir el itinerario interactuando con la aplicación de una forma práctica a través del teléfono móvil, aunando la difusión cultural y las nuevas tecnologías.

La utilización de los denominados teléfonos móviles inteligentes o *smartphones* como una herramienta para la difusión cultural también tuvo otra aplicación práctica en nuestro país con motivo de la exposición *Hello World! Del Paisatge Virtual a la Realitat Augmentada*, que se realizó en la ciudad de Roses (Girona) por el equipo de TITs i Paisatge¹¹ que promueve varias empresas en las que se da una visión del paisaje natural a través de la relación de éste con las nuevas tecnologías. La muestra fue inaugurada el 15 de mayo de 2010 en el Espacio Cultural de la Ciutadella de Roses. Ésta ofrecía una reflexión sobre el cambio producido respecto a la utilización del paisaje como referente a la hora de recrear escenarios digitales con aspecto realista, y cómo ahora son precisamente las herramientas digitales las que están transformando nuestra relación con el paisaje.

¹¹ Página Web de TIC's i Paisatge: <http://www.ticsipaisatge.cat/> [consultado: 31.10.2012].

Bajo esa premisa, en la sala de la muestra se podían encontrar varias pantallas que contenían imágenes de paisajes virtuales extraídas de diferentes videojuegos y que habían sido recopiladas por Ferran Adell, uno de los artífices de *Hello World!*. También varias videoconsolas ofrecían al visitante la posibilidad de jugar e interactuar con paisajes virtuales que servían de escenario a esta experiencia lúdica. Otras pantallas ofrecían imágenes sobre los motores de búsqueda *Google Maps*, *Google Earth* y *Street View*, que se han convertido en parte importante de la vida cotidiana de nuestros días.

La aplicación de realidad aumentada desarrollada por el grupo TIC's i Paisatge con motivo de esta exposición, consistía en una capa de información de la ciudad de Roses para la plataforma *Layar*, que se podía descargar gratuitamente. Su funcionamiento consistía en enfocar la cámara del móvil hacia una dirección cualquiera, y sobre la imagen de vídeo aparecían varios puntos que indicaban que existía un lugar de interés relacionado con algún elemento del patrimonio cultural de Roses. Cada uno de esos puntos, se correspondía con un tipo de datos multimedia que en este caso se trataba de información adicional sobre el lugar mediante el acceso a la *Rosespèdia*.

El uso de esta tecnología ha cobrado gran importancia en la actualidad, permitiendo obtener una imagen aumentada del entorno real que nos rodea, algo que en la exposición *Hello World!* se ha querido poner en práctica, interfiriendo en nuestra forma de ver el mundo, en el que ya no sólo sirve de referente sino que ahora las nuevas tecnologías, y

dentro de éstas la realidad aumentada, nos ofrecen una nueva óptica para relacionarnos con nuestro entorno.

Saliendo del territorio nacional, existen muestras del uso de la realidad aumentada en dispositivos portátiles que unido al desarrollo de sistemas de geoposicionamiento permiten obtener nuevas experiencias, algunas de ellas mostrando la versatilidad y posibilidades que ofrece esta tecnología en estos espacios.

El *Asian Civilisations Museum* (ACM) de Singapur, fue el primero en utilizar una aplicación para teléfonos móviles inteligentes, asociada a un juego basado en geolocalización que tuvo como escenario la exposición *Terracotta Warriors: The First Emperor and His Legacy* (2011).

La exposición centrada en el primer emperador de la dinastía Qin, contaba con un centenar de piezas entre las que se encontraban diez de los famosos guerreros de terracota hallados en su tumba, así como importantes bronce y jades procedentes del periodo pre-Qin.

El juego se organizó en torno a siete de las piezas que formaban parte de la exposición que se correspondían con los diferentes niveles que el usuario debía superar, mientras que por otra parte complementaban los contenidos de la misma y organizaban el recorrido del visitante.

Para ello junto a cada pieza se colocaron unas marcas especialmente diseñadas para la ocasión que consistían en los nombres de las mismas en la forma de los sellos chinos, de forma que no fueran discordantes con la estética de la exposición. El usuario al acercar la cámara del dispositivo móvil accionaba el narrador que le guiaba en el juego mediante mensajes.

Cuatro de estos niveles se centraban en una experiencia de realidad aumentada, donde se debía interactuar con una réplica virtual de las piezas contenidas en las vitrinas o con animaciones sobre acontecimientos históricos de la época.

Así por ejemplo, el nivel 1 mostraba virtualmente una campana ancestral contenida en la exposición del periodo pre-Qin que el usuario debía golpear y escuchar el sonido de la misma, mientras que el nivel 5 permitía al usuario pintar un modelo virtual de los guerreros de terracota para comprender la apariencia original de estas piezas. El nivel 6 mostraba sobre uno de los módulos expositivos, la formación de los ejércitos de arqueros y el funcionamiento de las ballestas que portaban.

La experiencia con realidad aumentada también estuvo acompañada de un estudio en el que se comprobó que el uso de la aplicación suponía una mayor atención de los visitantes a los contenidos de la exposición alargando el tiempo de visita. Sin embargo, esta fórmula de éxito conocida como *edutainment* (educación + entretenimiento) resultó ser un importante recurso para la generación nativa de las nuevas tecnologías pero que no tuvo los mismos

resultados para aquellos visitantes que superaban la treintena que no llegaban a superar todos los niveles del juego (Thian, 2012).

Uno de los casos pioneros puestos en práctica, ha sido el Museo de Arte Precolombino e Indígena (MAPI) en Montevideo (Uruguay), que desde 2011 utiliza un sistema de audio-video guía para que los visitantes obtengan una visita pormenorizada y con acceso a información complementaria para contextualizar los objetos que se exponen en cada una de sus salas. Cada visitante tiene acceso a una aplicación que puede descargarse en su dispositivo personal o en unas tabletas proporcionadas por la institución, mediante un código QR que se encuentra en punto de recepción del museo y que podrá configurar según sus preferencias en aspectos referentes a idioma, o lenguaje de signos. Un vez dentro de las salas, junto a los objetos de especial relevancia aparecen unas marcas que al ser captadas por la cámara del dispositivo, iniciará la aplicación en referencia al objeto expuesto accediendo a información de carácter multimedia elaborada por el equipo del MAPI, en forma de texto, audio o imágenes que ayudan a contextualizarlo y obtener una experiencia museística más completa e interactiva que la mera observación pasiva por parte de los visitantes.

También el Museo Nacional de Bellas Artes de Río de Janeiro (Brasil), fue objeto de un estudio para la futura implantación de la realidad aumentada como un recurso para la

difusión de las obras que aquí se contienen. Para ello se tomaron dos obras de la colección, la *Batalla de Avay* de Pedro Américo y la *Batalla de los Guararapes* de Víctor Meirelles, para las que se diseñó un sistema de realidad aumentada piloto que permitiera analizar cada obra pormenorizadamente. Éste consistía en la utilización de unas marcas fiduciales colocadas junto a la obra que al ser captadas por el dispositivo portátil del visitante, enviaba la información a un servidor central. Aquí se procedía a remitir la información multimedia o virtual asociada a la marca correspondiente permitiendo al visitante interactuar con el contenido aumentado de cada obra en la pantalla del dispositivo (Fernandes et al., 2011).

En relación a las nuevas y diversas aplicaciones de la realidad aumentada cabe mencionar también el reciente caso del *Sukiennice Museum*, que forma parte del Museo Nacional de Cracovia (Polonia), que tuvo en cuenta el uso de esta tecnología en una original experiencia museográfica que tuvo lugar a finales de 2011, en la que primaban la difusión y el acercamiento del público a su colección de arte polaco del siglo XIX. Mediante el uso de un *iPod* provisto de auriculares, los visitantes encontraban a lo largo de su recorrido por las salas del museo diferentes marcadores colocados sobre atriles junto a una selección de varias pinturas relevantes. Una vez que situaban el dispositivo móvil frente al marcador aparecía en la pantalla del *iPod* una representación al modo de los *living histories* donde los personajes o los propios autores de las mismas cobraban vida y narraban escenas que

versaban sobre amor, guerra, crímenes, locura o misterio, y que se relacionaban estrechamente con la creación de cada obra o con los personajes que habían quedado inmortalizados en ellas. En la aplicación de realidad aumentada del museo polaco, a diferencia de otras similares donde se representaba un objeto tridimensional, recurrió a una escena en vídeo que permitía observar la pintura real y su "versión animada" en un mismo dispositivo, mostrando la versatilidad de esta tecnología en el ámbito museográfico. El objetivo de esta propuesta, precedida de una concienzuda campaña de *marketing*, era atraer a un sector de público joven y escaso en las visitas al museo a través de una propuesta lúdica donde se fomentaba el conocimiento de la colección adaptándose a los intereses e inquietudes de este tipo de público principal usuario del uso de las nuevas tecnologías.



.....
FIGURA 37. USUARIO INTERACTUANDO CON UN IPOD EN UNA DE LAS GALERÍAS DEL *SUKIENNICE MUSEUM* DE CRACOVIA EN LA QUE LAS PINTURAS VOLVÍAN A LA VIDA A TRAVÉS DE LIVING HISTORIES RELACIONADAS CON LA TEMÁTICA DE LAS MISMAS ([HTTP://MOBILEMUSEUM.ORG.UK](http://mobilemuseum.org.uk)).

Como se ha podido ver a lo largo de este capítulo, las exposiciones temporales se han convertido en uno de los terrenos en los que la realidad aumentada está teniendo un importante papel debido a las posibilidades que ofrece y especialmente a su grado de atrapabilidad que sugiere al visitante. Esto es debido a la novedad que supone el uso de una tecnología que comienza a ser cada vez más habitual, y por otra parte a que los recursos expositivos que presenta permiten acercarse de una forma más completa al

objeto que se exhibe mediante el uso de la virtualidad. Las últimas exposiciones hasta la fecha muestran ese interés creciente, así como la proliferación de nuevos recursos interpretativos, algunos de ellos de gran originalidad y con carácter pionero.

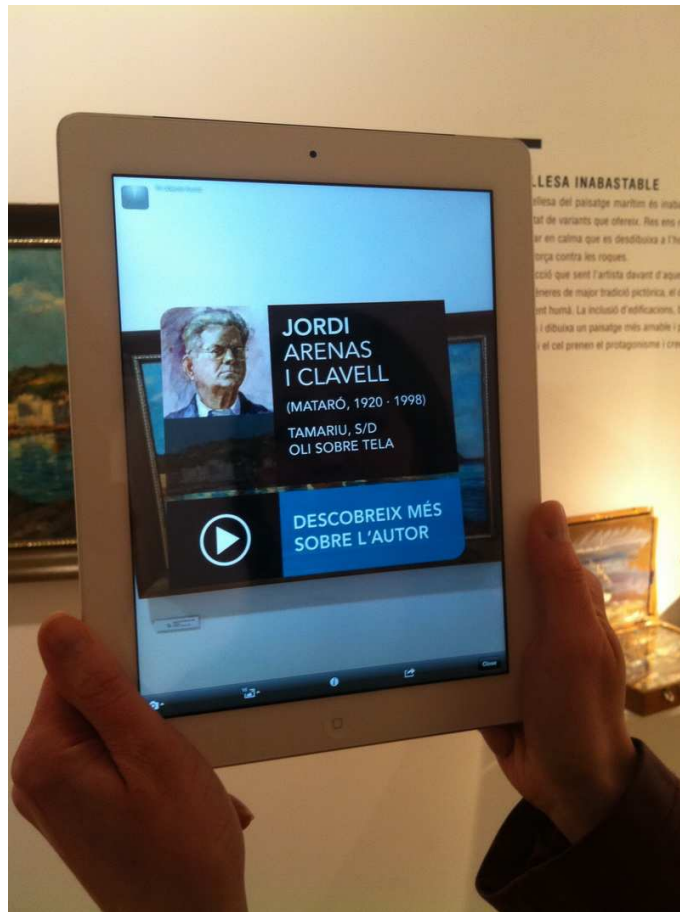
En el Ca l'Arenas Centro de Arte del Museo de Mataró (Barcelona, España), se realizó una experiencia con realidad aumentada asociada a la exposición *Mar de fons* que tuvo lugar en 2012 y que tenía como temática la relación de la ciudad y sus gentes con el mar. La comisaria de la misma, Alexandra Prats, fue la promotora junto con los artistas locales en el desarrollo de una aplicación de realidad aumentada que estaba diseñada para dispositivos portátiles como *smartphones* o tabletas, que bien podían pertenecer a los visitantes que debían descargar la aplicación, o ser prestados por el centro.

En el recorrido de la muestra, el visitante podía enfocar con la cámara del dispositivo la obra en cuestión y automáticamente aparecía una etiqueta emergente con los datos básicos de la misma, así como el nombre y retrato del autor. Para ampliar información se podía acceder mediante un clic a información relacionada con la obra o el contexto en el que surgió¹².

¹² Una aplicación similar tuvo lugar en Espacio AVAart, centro de arte contemporáneo en Gijón, durante el mes de enero de 2013 donde se presentó con motivo de una exposición de inauguración, la aplicación de realidad aumentada Aurasma, como puede verse en el vídeo de Youtube: <http://www.youtube.com/watch?v=ExqsY68TjJo> [consultado: 21.03.2013].

De la misma forma, la aplicación también ofrecía otras posibilidades, ya que las imágenes contenidas en el folleto de la misma funcionaban de la misma forma que las obras originales, dando lugar a disfrutar de la experiencia una vez finalizada la visita.

Este proyecto se completaba además con una labor cooperativa en la que tanto visitantes como artistas locales, colaboraban en la difusión del museo mediante una votación a través de *Facebook* sobre los fondos que podrían ser expuestos, o completando los contenidos albergados en *Wikipedia* sobre el museo y sus obras.



.....

FIGURA 38. CON MOTIVO DE LA EXPOSICIÓN *MAR DE FON*, LOS VISITANTES DEL CA L'ARENAS CENTRO DE ARTE DEL MUSEO DE MATARÓ DE BARCELONA PODÍAN ENFOCAR CON LA CÁMARA DEL DISPOSITIVO LAS OBRAS EXPUESTAS EN LA MISMA Y AUTOMÁTICAMENTE APARECÍA UNA ETIQUETA EMERGENTE CON LOS DATOS BÁSICOS, ASÍ COMO EL NOMBRE Y RETRATO DEL AUTOR (MUSEO DE MATARÓ, BARCELONA).

Con motivo del noventa aniversario del hallazgo de la tumba del faraón Tutankhamón por Howard Carter en 1922, el Museo Egipcio de Barcelona (España) inauguró una exposición temporal a finales de 2012 bajo el título de *Tutankhamón. Historia de un descubrimiento*.

La muestra comisariada por Luis Manuel González, conservador del museo, reunía piezas de la Colección de Arqueología Egipcia Jordi Clos junto a una réplica de la tumba faraónica y las codiciadas piezas que albergaba. Además se ofrecía una revisión de la figura del arqueólogo protagonista del descubrimiento y la tumba del faraón de la dinastía XVIII a través de documentos de principios del siglo XX.

Una aplicación de realidad aumentada desarrollada para la plataforma *Layar* permitía descargar la aplicación relacionada con la exposición a través de la cual era posible identificar los diferentes objetos expuestos. Con el uso de un smartphone o una tableta, aparecía en la pantalla contenidos virtuales que complementaban las piezas, así como material multimedia y web.

También en 2012 tuvo lugar en los Museos Capitolinos en Roma (Italia) la exposición *Lux in Arcana* que recogía más de cien documentos originales del Archivo Secreto del Vaticano.

La compañía *Accenture* fue la encargada de desarrollar un app (en inglés e italiano) para dispositivos móviles inteligentes y tabletas de *Apple* y *Android*. En ella se podía tener acceso a información relacionada con la exposición de tipo multimedia y la posibilidad de

servir a los visitantes de guía dependiendo de sus preferencias entre las que podían seleccionar ver los documentos por orden alfabético o cronológico, por la tipología (carta, acuerdo, documento papal, etc.), o por su situación en las galerías del museo. Además también era posible acceder a documentos sonoros que hacían la función de audioguías dentro de la exposición.

Dentro de esta *app* también se incluyó una experiencia de realidad aumentada que permitía visionar reconstrucciones virtuales en espacios significativos de la ciudad que estaban estrechamente relacionados con algunos de los documentos de la exposición.

Uno de los lugares era la plaza de *Campo de' Fiori*, donde se encuentra la estatua de Giordano Bruno, un fraile dominico y filósofo que fue quemado en la hoguera en 1600 después de haber sido juzgado como hereje por el Tribunal de la Inquisición romana. A través de la aplicación de realidad aumentada era posible que los usuarios al colocar su *smartphone* o tableta frente a la estatua, visionaran una pira en llamas con un personaje que representaba al fraile en la pantalla del dispositivo. De igual forma también ofrecía contenidos sobre los detalles relacionados con el juicio de Giordano Bruno y acceso a vídeos con más información sobre su vida y sus ideas. Otros de los sitios emblemáticos donde se encontraban experiencias de realidad aumentada se situaban en los ángulos del puente de Sant'Angelo, o la Basílica de Santa María sopra Minerva, cerca del lugar donde Galileo Galilei abjuró.

En el continente americano la exhibición *Ultimate Dinosaurs: Giants from Gondwana* que tiene lugar en el Museo Real de Ontario (Toronto, Canadá) desde 2012 cuenta con varias aplicaciones de realidad aumentada para disfrutar de varias experiencias relacionadas con los especímenes del Jurásico en las que se hace uso de dispositivos portables.

Dentro de la sala de exposición el museo se encarga de proveer a los visitantes de unos iPads que al enfocar a los esqueletos montados para la muestra, son capaces de revivirlos virtualmente recubiertos de piel y observar cómo era su morfología según los estudios. El dispositivo también permite que al tocar sobre la pantalla se pueda acceder a información adicional sobre el mismo.



.....
FIGURA 39. DISPOSITIVO UTILIZADO EN LA EXHIBICIÓN *ULTIMATE DINOSAURS* EN LA QUE ES
POSIBLE VER LOS ESQUELOS DE VARIOS ESPECÍMENES DE DINOSAURIOS CON SU APARIENCIA
REAL GENERADA VIRTUALMENTE MEDIANTE REALIDAD AUMENTADA
([HTTP://WWW.ROM.ON.CA/](http://www.rom.on.ca/)).

Para aquellos usuarios que posean un dispositivo móvil *iPhone* también se ofrece una aplicación de realidad aumentada (que deberá ser descargada previamente), en la que apuntando con la cámara la marca correspondiente aparece un dinosaurio animado en miniatura para ser observado al detalle, que de igual forma amplía la información contenida en la exposición tocando la pantalla del *iPhone*.

En adición a estas aplicaciones, en los exteriores del recinto unas marcas referentes a la muestra y colocadas en el suelo, permiten a los visitantes hacerse unas instantáneas aumentadas con sus dispositivos móviles (*iPhone* o *iPad*), en las que aparecen junto a un dinosaurio a escala real.

Otra de las posibilidades que la realidad aumentada puede tener en espacios museísticos ha sido puesta en práctica de una forma pionera en el *Natural History Museum* de Londres (UK), estando en este caso asociada al visionado de una película interactiva de la evolución. Ésta está siendo proyectada desde finales de 2012 en el *Attenborough Studio*, un nuevo auditorio que cuenta con 64 sitios equipados con un dispositivo similar a una tableta y que puede ser usado por cada espectador.

El film titulado *Who do you think you really are?*, ha sido desarrollado por *BBC Research & Development* que contaba con los últimos progresos que permitían añadir elementos virtuales a una imagen de televisión, y que en este caso fueron utilizados para incluir la realidad aumentada.

Esta experiencia innovadora tenía como guión vertebrador de la misma la narración del afamado naturalista Sir David Attenborough que protagonizaba las diferentes secuencias. Los espectadores podían participar en el desarrollo del film utilizando el dispositivo portátil, bien a través de la cámara equipada conectada a la pantalla o con la pantalla táctil

en la que podían interactuar con los gráficos virtuales relacionados con el documental y que a la misma vez los convertían en protagonistas del mismo.

La aplicación de realidad aumentada consistía en la recreación de varios especímenes de la evolución como pudieron ser los dinosaurios o algunos antepasados homínidos que a través de la pantalla del dispositivo podían verse ocupando el auditorio delante de los asistentes de forma que pudieran ser observados de forma simultánea a la descripción dada por el narrador.

La correcta implementación de los gráficos virtuales en el escenario real del auditorio desarrollado por *BBC Research & Development* muestra la importancia que la realidad aumentada tiene aplicada a dispositivos portátiles. También es importante destacar en esta experiencia, las tareas de reconocimiento de mapeo visual, frente a otros sistemas de geoposicionamiento también utilizados (acelerómetros, giroscopios, brújulas digitales, etc.), que están cobrando especial importancia para las aplicaciones de realidad aumentada y que de igual forma muestran una tecnología invisible apta para estos espacios.



.....
FIGURA 40. AUDITORIO DEL *NATURAL HISTORY MUSEUM* DE LONDRES EN LA QUE LOS ESPECTADORES PODÍAN PARTICIPAR EN EL DESARROLLO DE UN DOCUMENTAL UTILIZANDO EL DISPOSITIVO PORTÁTIL A TRAVÉS DEL CUAL PODRÍAN VER UNA IMAGEN AUMENTADA CON LA RECREACIÓN DE VARIOS ESPECÍMENES DE LA EVOLUCIÓN COMO PUDIERON SER LOS DINOSAURIOS O ALGUNOS ANTEPASADOS HOMÍNIDOS A TRAVÉS DE LA PANTALLA DEL MISMO
([HTTP://WWW.BBC.CO.UK](http://www.bbc.co.uk)).

Otro caso reciente de experimentación con la tecnología de realidad aumentada aplicada a dispositivos portátiles está relacionada con el proyecto ARTSENSE¹³ que se desarrolla a

¹³ Página web del proyecto europeo ARTSENSE: www.artsense.eu [consultado: 23.11.2012].

nivel europeo con la participación de varios entes como el *Forschungszentrum Informatik an der Universität Karlsruhe* (FZI) en Alemania; el ya mencionado *Fraunhofer-Institute of Optronics, System Technologies and Image Exploitation*; la *School of Natural Sciences and Psychology de Liverpool* (UK); el Instituto de Telecomunicaciones y Aplicaciones Multimedia (iTEAM) de la Universidad Politécnica de Valencia (España); el *Centre d'Etudes et de Recherche en Informatique et Communications* (CEDRIC) en Francia; el Grupo CIM de Serbia; y el *Corvinno Technology Transfer Center Nonprofit Public Ltd.* perteneciente a la Universidad de Budapest (Hungria).

Dentro de ARTSENSE se desarrolla un programa denominado *Adaptive Augmented Reality*, para el cual se han realizados varios ensayos en los que se pretende utilizar esta nueva tecnología como un recurso que pueda adaptarse a las preferencias y requisitos de los visitantes en espacios expositivos. Para ello el proyecto también cuenta con la colaboración de varios centros culturales siendo el Museo Nacional de Artes Decorativas (España) el escenario de validación principal.

El proyecto se ha centrado en la idea de concebir un pre-sistema que sea capaz de detectar el interés del visitante durante su visita al museo, y conducir su experiencia en función de las preferencias o de aquellos elementos que más llamen su atención. Esto se realizó a través de un prototipo de HMD o gafas de realidad aumentada, diseñadas especialmente para detectar la mirada del usuario, un sistema de audio con micrófono y auriculares, así como unos sensores conectados al cuerpo que percibían los movimientos del usuario. Con

todos estos dispositivos se pretendió realizar una monitorización visual, auditiva y afectiva que sirviera como base para identificar las necesidades y motivaciones de los visitantes, y por añadidura la elección de los contenidos aumentados que, junto con el personal del museo, debían ser tenidos en cuenta para un mayor disfrute de la experiencia.

Para las primeras fases de experimentación dentro del Museo Nacional de Artes Decorativas se ha tomado la cocina valencia que alberga el museo y que contiene una rica iconografía con la representación de figuras, animales, objetos, etc. Los contenidos que pueden extraerse de la lectura de esta pieza, no sólo desde el punto de vista figurativo sino también de su contexto histórico y social, son mayores que los que se ofrecen en la actualidad, por este motivo dentro del proyecto se intenta aumentarlos a través de una experiencia a medida (Damala y Stojanovic, 2012; Damala et al., 2012).

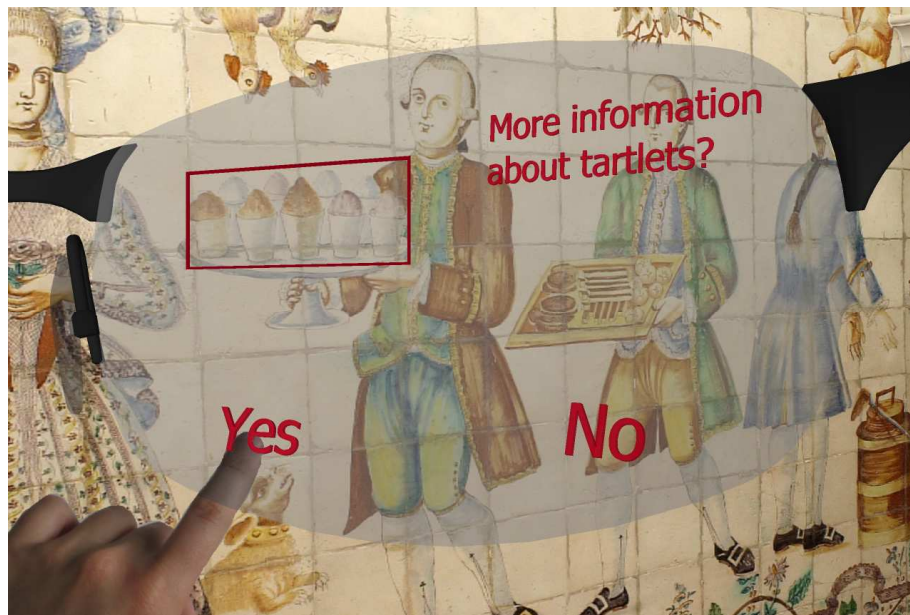


FIGURA 41. ARTSENSE. VISIÓN HIPOTÉTICA DE LA COCINA VALENCIANA DEL MUSEO NACIONAL DE ARTES DECORATIVAS CON EL PROTOTIPO DE HMD O GAFAS DE REALIDAD AUMENTADA QUE PERMITEN PERCIBIR LOS MOVIMIENTOS DEL USUARIO EN UNA INTERFAZ MULTIMODAL (DAMALA Y STOJANOVIC, 2012: 78).

Por último habría que citar un caso español que a fecha de finalización de esta tesis doctoral no ha visto la luz, referente a la antigua necrópolis monumental de Yabal Faruh en Málaga (España). Aquí la realidad aumentada ha tenido un especial protagonismo de cara a los proyectos de puesta en valor que concluirán con la apertura de un futuro centro

de interpretación. El proyecto ha sido desarrollado por la empresa malagueña *Arpa-Solutions* encargada del desarrollo tecnológico junto con la colaboración de un grupo de arqueólogos de la Delegación de la Consejería de Cultura que han aportado la documentación necesaria para la misma.

Además de la instalación de un punto fijo que permitirá ver sobre los restos conservados la reconstrucción virtual de las diferentes tumbas monumentales, las dos mezquitas asociadas a este espacio funerario o el panteón, el proyecto cuenta con la implantación de la aplicación de realidad aumentada para dispositivos portátiles de manera que un guía será el encargado de portar una tableta durante el recorrido por el recinto usando la misma en tres puntos destacados como son la decoración de los zócalos de los muros del panteón, los enterramientos de la primera mezquita (de cúbico lateral derecho, mirando hacia el *mihrab*) y la reconstrucción del *mihrab* de la segunda.

Esta aplicación para dispositivos portables permitirá una mejor interpretación del yacimiento, ya que a través de la reconstrucción virtual de los restos, será más fácil transmitir la importancia del mismo al público visitante.

- APLICACIONES BASADAS EN EL USO DE MARCAS: “EL MUSEO EN TUS MANOS”

En los últimos años la realidad aumentada se ha convertido en un importante recurso dentro de los discursos museográficos más vanguardistas debido a su gran atractivo para el público y por la dimensión didáctica que presentan las instalaciones que cuentan con esta tecnología. Entre las aplicaciones más utilizadas encontramos aquellas basadas en el uso de marcas en lo que se denomina interfaces tangibles de usuario (*Tangible User Interfaces*). Se trata de unas interfaces en las que el visitante puede interactuar con el objeto virtual como si fuera real, a través de la manipulación de unas marcas o patrones que actúan como referentes para insertar el objeto virtual en el espacio real del museo. Las instalaciones constan de una cámara que es la encargada de capturar la imagen real del visitante, y una pantalla o visor donde se ve reflejado y en la que aparece la imagen aumentada con el objeto virtual asociado a la marca correspondiente.

El interés despertado por este tipo de interfaces que contiene una importante dimensión educativa fue puesto en práctica tempranamente en los estudios y ensayos que tuvieron lugar en el *Human Interface Technology Laboratory* de Nueva Zelanda (HIT Lab NZ) que ha realizado importantes investigaciones sobre la tecnología de realidad aumentada y sus

aplicación en diferentes ámbitos, constituyendo una de las primeras experiencias de realidad aumentada aplicada en entornos museísticos (Woods et al., 2004).

Una de ellas tuvo como escenario el *TeManawa Science Centre* de Palmerston North (Nueva Zelanda) en el que se instaló *S.O.L.A.R.* (Solar-System and Orbit Learning in Augmented Reality). La instalación contaba con un set de nueve marcas pertenecientes a las librerías *ARToolKit*, que representaban a los planetas virtualmente y que el usuario debía colocar alrededor del Sol en su correspondiente órbita. Para esta instalación de realidad aumentada se utilizaba un visor a modo de anteojos a través del cual el usuario podía ver los planetas y el sistema solar en 3D. Cuando todos los planetas se situaban en su correcta posición, un destello en verde y una voz pronunciando el nombre del mismo, indicaban al usuario que la marca-planeta se encuentra en la posición correcta, y una vez que todos ocupaban su posición dentro del sistema solar, comenzaban a orbitar alrededor del Sol. Las marcas pueden ser manipuladas por el usuario de forma que le permita observar las diferencias entre cada planeta como pueden ser las manchas de la superficie de Júpiter o los anillos de Saturno, ya que las superficies están diseñadas con gran detalle basándose en las imágenes satélite de los mismos. Este nivel de detalle permite que puedan ser analizadas las propiedades de la superficie de los planetas de nuestro Sistema Solar. Además unas pantallas colocadas junto a la instalación mostraban a los demás visitantes la imagen aumentada de los planetas que el usuario veía a través del visor, incitando a la participación en la misma.



FIGURA 42. S.O.L.A.R. INSTALACIÓN DE REALIDAD AUMENTADA EN EL *TeMANAWA SCIENCE CENTRE* DE PALMERSTON NORTH (NUEVA ZELANDA), DONDE UN USUARIO INTERACTÚA CON LAS MARCAS QUE SE CORRESPONDEN CON LOS PLANETAS VIRTUALES QUE PUEDEN VISIONARSE A TRAVÉS DEL VISOR O LA PANTALLA DE LA INSTALACIÓN (MINDSPACESOLUTIONS.COM).

Igualmente el HIT Lab de Nueva Zelanda creó otra instalación basada en realidad aumentada para museos en el caso del *Science Alive!* de Christchurch (Nueva Zelanda). *AR Volcano Kiosk*, se trataba de una aplicación similar que respondía también a una interfaz tangible de usuario, y que consistía en un libro donde aparecían diferentes marcas de las librerías *ARToolKit* donde se representaban elementos de la morfología y dinámica de un volcán como fallas sísmicas, erupciones volcánicas y placas tectónicas. El usuario portaba un visor que le permitía ver los gráficos virtuales aumentados a medida que pasaba las páginas del libro. Además, los modelos 3D estaban animados y permitían observar la erupción de un volcán, el movimiento de las placas tectónicas, y los procesos geomorfológicos que ocurren en el interior de la corteza terrestre durante estos procesos a través de varias secciones de la corteza terrestre.

Podemos destacar de ambas instalaciones su alto contenido pedagógico ya que resultaban más ilustrativas para un tema bastante abstracto como son los procesos geomorfológicos, y ayudaban a los jóvenes estudiantes a comprender mejor la dinámica de un volcán, frente a las representaciones que pueden encontrar en un libro de texto, ya que además de estar animadas, las aplicaciones permitían observar desde diferentes ángulos los modelos tridimensionales creando una interacción entre el usuario y el objeto.



.....
FIGURA 43. AR VOLCANO KIOSK. INSTALACIÓN DE REALIDAD AUMENTADA DESDE LA PERSPECTIVA DE UN USUARIO A TRAVÉS DE LOS VISORES DONDE APARECE UN MODELO VIRTUAL ANIMADO DE LA ACTIVIDAD VOLCÁNICA DEL INTERIOR DE LA CORTEZA TERRESTRE (MINDSPACE SOLUTIONS.COM).

El proyecto ARCO (*Augmented Representation of Cultural Objects*), desarrollado en 2004, también constituyó una apuesta pionera en el uso de aplicaciones de realidad aumentada basadas en el uso de marcas, al estar principalmente enfocado para su puesta en práctica

en museos, especialmente los arqueológicos. Éste proyecto pretendía ayudar a los museos a crear, manipular, administrar y presentar objetos culturales digitalizados en exposiciones virtuales dentro y fuera de un museo (Wojciechowski et al., 2004; Liarokapis et al., 2004). ARCO, además, se planteó como una alternativa a las restricciones que pueda suponer la interacción de los visitantes de un museo con las piezas de la colección, sobre todo en el caso de piezas con valor histórico o patrimonial, permitiendo utilizar modelos 3D para examinar los objetos desde diferentes ángulos, compararlos con otras piezas y estudiarlos en diferentes contextos. El sistema se presentaba como una herramienta que permitía diseñar fácilmente una colección virtual de las piezas del museo en 3D para la creación de un posible museo virtual a través de la red, o la creación de modelos en 3D que formarían parte de la exposición del museo físico en una experiencia de realidad aumentada. En este último caso, que es el que nos ocupa, el sistema permitía recrear en 3D los objetos culturales del museo atendiendo a varios parámetros (por ejemplo, textura, tamaño, etc.), a los que se les asociaba una marca procedente de las librerías *ARToolKit*. El entorno de realidad aumentada, basado en una interfaz tangible de usuario, consistía en un espacio donde se encontraba un tablero con varios formatos de marcas, una pantalla junto a éste y una cámara orientada para visionar el tablero. El usuario podía visualizar en la pantalla los diferentes objetos culturales en 3D y seleccionar alguno de ellos para que automáticamente apareciera sobre una de las marcas permitiendo al usuario interactuar con la pieza virtual. La cámara recoge todos los movimientos que el usuario realiza con la

marca, que ahora representa una determinada pieza del museo, y los muestra en la pantalla. También se propuso un juego educativo en el que una vez seleccionada una pieza de la colección virtual en la pantalla, las marcas actuarían como opciones de respuesta a varias preguntas que aparecen en la pantalla referentes a la misma, presentando así una interfaz de contenido pedagógico a la vez que lúdico.

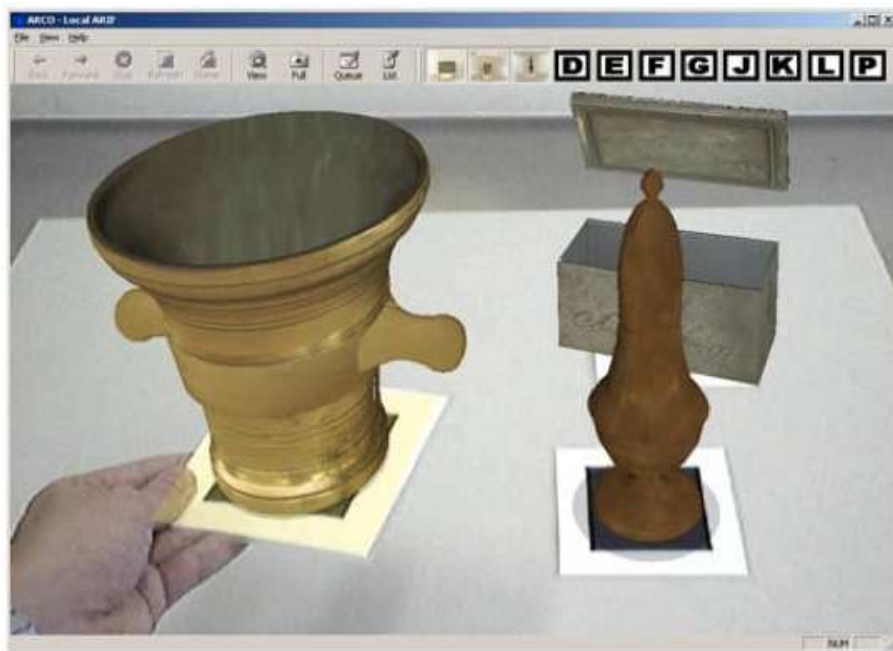


FIGURA 44. ARCO (*AUGMENTED REPRESENTATION OF CULTURAL OBJECTS*). USUARIO INTERACTUANDO CON DOS MARCAS QUE SE CORRESPONDE CON LOS MODELOS VIRTUALES DE PIEZAS ARQUEOLÓGICAS. AQUÍ PUEDE OBSERVARSE EL DIFERENTE TAMAÑO DE LOS OBJETOS Y TENER UNA PERSPECTIVA DESDE TODOS LOS ÁNGULOS YA QUE EL SISTEMA TAMBIÉN PERMITE INCLINAR LOS OBJETOS VIRTUALES. (WOJCIECHOWSKI ET AL., 2004: 141).

En España también se dieron algunos casos de estudio como la iniciativa surgida dentro del proyecto *Bidaiatzera*, una plataforma tecnológica diseñada para crear juegos de carácter didáctico que transmitan contenidos relacionados con el turismo y la cultura para entornos museísticos y patrimoniales. La empresa VILAU fue la encargada de gestionar el proyecto en el que participaron el centro de investigación tecnológica VICOMTech y la empresa cultural Koma Zerbitzu Kulturalak que proporcionó los contenidos de la aplicación.

El Museo de San Telmo, ubicado en la ciudad de San Sebastián, fue el elegido para albergar una experiencia piloto basada en realidad aumentada que permitía a través de una actividad lúdica, mostrar el pasado histórico y cultural donostiarra. Desde el 10 al 25 de octubre del año 2006, se presentó *¡Fuego!*, un prototipo de juego interactivo que se centraba en los acontecimientos ocurridos durante la ocupación francesa en 1813, en el que, tras varias campañas de asedio por parte de las tropas anglo-portuguesas, un incendio fortuito arrasó la ciudad y obligó a los franceses a capitular meses después.

El escenario de la instalación contenía un tablero de grandes dimensiones en el suelo, sobre el que se dibujaba el plano de la ciudad, que estaba situado delante de una gran pantalla con una cámara web que captaba la escena de toda la sala. Había cuatro jugadores, caracterizados con disfraces de los soldados de ambos bandos, que se situaban en las casillas del tablero, que representaban los roles de los personajes virtuales del juego

que eran: Luis Dupond y Pierre Blanchet, soldados franceses que mostraban la imagen del interior de la ciudad y la vida cotidiana de los habitantes de la época, y John Griffith y Manoel Pereira, soldados de las tropas angloportuguesas que narraban la versión que se vivía al otro lado de la muralla. Había un gran dado en el tablero que llevaba a los jugadores a avanzar por las casillas, así, cuando estaban en una de ellas levantaban una tarjeta cuadrangular que contenía una marca que colocaban frente a la cámara. Ésta contenía asociado un determinado contenido virtual en 3D, que representaba una narración de los hechos por parte de uno de los personajes del bando al que pertenecía el jugador, apareciendo desde diferentes lugares de la ciudad donostiarra, algunos de ellos recreaciones del momento histórico en el que se sitúa la escena. De este modo, a medida que se avanzaba en las casillas, se iba relatando el transcurso de la contienda por cada uno de los personajes, conociendo al mismo tiempo los escenarios en los que tuvo lugar, hasta que finalmente la ciudad queda incendiada (Mellado, 2006).

Esta aplicación de realidad aumentada consistía en que la cámara enviaba la imagen de la marca situado en cada casilla, para que el sistema lo reconociera y generara el contenido virtual que se correspondía con el acontecimiento histórico determinado que se mostraba en la pantalla que presidía la estancia.

La experiencia que tuvo lugar en el Museo de San Telmo con *¡Fuego!*, presentaba a través de la tecnología de realidad aumentada un modelo de aprendizaje que aunara una experiencia lúdica con la difusión de unos contenidos culturales en los que se presenta la

información histórica rigurosa en formatos virtuales con reconstrucciones de escenarios del pasado y recreaciones de épocas anteriores. La tecnología aquí aparece como una herramienta que permite mostrar esos contenidos de una forma factible para la sociedad de nuestro tiempo al mismo tiempo que facilita la labor de los expertos para difundir la información histórica a los visitantes de la ciudad donostiarra.

Por su parte en Málaga tuvo lugar uno de los proyectos más importantes en el desarrollo de las Tecnologías de Información y Comunicación (TIC), particularmente en la aplicación de sistemas de realidad aumentada relacionados con el patrimonio cultural andaluz. Este proyecto denominado SIAMA¹⁴ (Sistema de Información Aumentada en Monumentos Andaluces) se encontraba dentro del programa para la revalorización del patrimonio cultural y su mayor difusión. En él colaboraron los departamentos de Tecnología Electrónica de la Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Telecomunicación y de Historia del Arte de la Universidad de Málaga, junto con la colaboración de la Escuela de Estudios Árabes, organismo dependiente del CSIC, y la Escuela Técnica Superior de Ingeniería Informática de la Universidad de Granada. Referente a algunos de los trabajos realizados dentro del grupo de investigación SIAMA¹⁵, hay que destacar algunas aplicaciones de

¹⁴ Este proyecto ha sido financiado en parte por la Consejería de Innovación, Ciencia y Empresa de la Junta de Andalucía como Proyecto de Excelencia (TIC 249) con 123.518 euros.

¹⁵ Es posible encontrar gran parte de la documentación y publicaciones sobre el proyecto SIAMA en: <http://www.siamma.uma.es/> [consultado: 12.12.2012].

realidad aumentada relacionadas con el patrimonio y que fueron presentadas en la VII Semana de la Ciencia y la Tecnología de Andalucía, que tuvo lugar en el año 2007 en Málaga.

Una de ellas permitía al usuario convertirse en un auténtico explorador del Antiguo Egipto, pensada especialmente para estudiantes de Secundaria y Bachillerato que pudieran visitar un museo y acercarse de una forma interactiva a una obra en cuestión. En este caso, se eligió para esta aplicación de realidad aumentada, un relieve que se encuentra en la capilla de la diosa Hator en el templo de Hatseshut en Deir el-Bahari, situado en el complejo funerario del Valle de los Reyes, y que representa a un guerrero nubio (Peula et al., 2007). La aplicación consistía en la recreación de la oscura capilla en la que el usuario, mediante un dispositivo a modo de linterna, va iluminando las diferentes partes del relieve a la vez que aparece información textual complementaria al fragmento del relieve que está visionando. Para ello, aparecía en una pantalla de gran formato una imagen completa del relieve egipcio, la cual se presentaba oscurecida completamente mediante otra imagen superpuesta, y un objeto con forma de linterna que contenía una marca perteneciente a las librerías de *ARToolKit*. Esta marca es reconocida por una cámara situada frente al usuario y colocada sobre la pantalla, de manera que pueda visionar la marca que porta el usuario y enviar a un ordenador la información que contiene, que en este caso sería la de “iluminar” una parte del relieve atendiendo a la dirección en la que le usuario oriente la “linterna virtual” quedando el resto del relieve oscurecido. Esto es posible porque el sistema

reconoce la orientación de la linterna y aplica un efecto de transparencia parcial que permite ver sólo un fragmento del relieve. Además, hay una serie de puntos de información relevante en determinadas partes del relieve que aportan información adicional al fragmento que el usuario está visionando en ese momento y que identifica la obra.

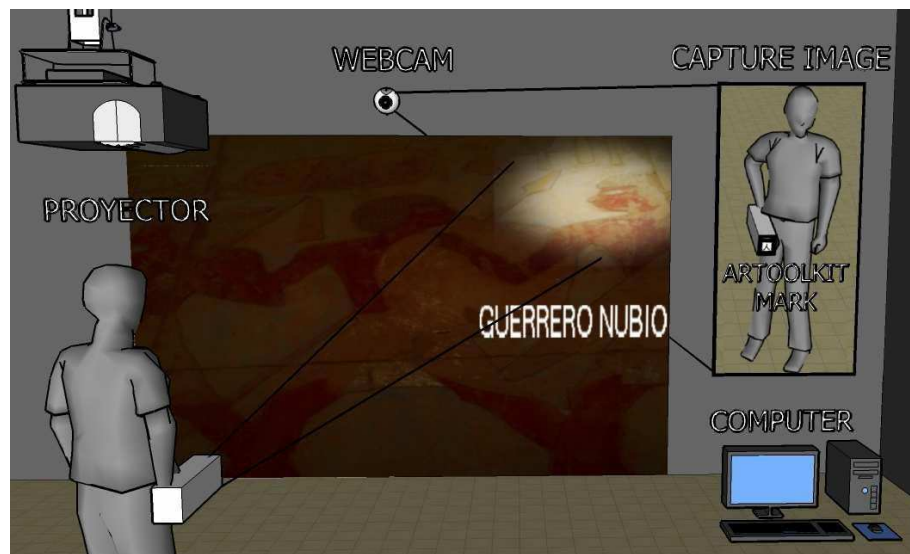


FIGURA 45. ESQUEMA DEL FUNCIONAMIENTO DE LA APLICACIÓN DE REALIDAD AUMENTADA REALIZADA POR SIAMA EN LA QUE PODEMOS APRECIAR LA INTERACCIÓN DEL USUARIO Y LA OBRA EXPUESTA Y ADEMÁS, LOS COMPONENTES NECESARIOS PARA EL FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA (PEULA ET AL., 2008).

Siguiendo este mismo sistema, se realizó otra interfaz basada esta vez en una pintura que representa a La Virgen, el Niño y San Juan atribuida al taller de Pietro Perugino y que se encuentra en la *National Gallery* de Londres. La idea que se pretendía era la de poder visionar una imagen de rayos X de la obra que mostraría datos sobre su realización tales como arrepentimientos, técnicas utilizadas, soportes de sujeción, etc., (Peula et al., 2007). Esto se conseguía mediante la utilización de dos imágenes de la obra, por una parte, de la obra tal y como la encontramos en el museo, y por otra, la imagen de rayos X de una restauración a la que la obra había sido sometida anteriormente.

De este modo, el usuario podía orientar la "linterna virtual" hacia la obra pudiendo ver una imagen subyacente que mostraba la radiografía de la obra junto con información adicional en forma de texto que explicara detalladamente lo que aparecía en la pantalla.

Esta aplicación de realidad aumentada sería de gran utilidad para instruir al usuario sobre el proceso de restauración e intervención de una obra de arte, además de acercar a un público mayoritario la posibilidad de conocer la información de la restauración realizada anteriormente, contribuyendo a la difusión de las recientes investigaciones y al conocimiento de la obra.

También relacionado con el mundo museístico, podemos señalar otra aplicación presentada en estas jornadas científicas y que seguía el mismo funcionamiento de las dos anteriores, siendo una posible aplicación para un museo de ciencias (Peula et al., 2007).

Esta interfaz permitía que se pudiera explorar la estructura ósea de un ser vivo¹⁶ con una intencionalidad altamente pedagógica y con el objetivo de acercarse al público más joven para aprender de una forma lúdica y sencilla.

Las aplicaciones de realidad aumentada presentadas en la VII Semana de la Ciencia y la Tecnología, muestran el potencial que esta tecnología tendría para su aplicación en museos, centros de interpretación, exposiciones, etc., puesto que permiten una relación de gran interactividad entre el usuario y el objeto expuesto. En esa relación podemos evaluar positivamente su labor pedagógica, al presentarse los contenidos bajo un enfoque lúdico y racional al mismo tiempo, con diferentes propuestas tanto visuales como de textos que se complementan, ofreciendo al usuario la posibilidad de interactuar con la obra buscando información y garantizando el interés visual, y todo ello sin renunciar al rigor de los contenidos que de esta forma tienen la posibilidad de romper las barreras del mundo académico y presentarse a un público más general, cumpliendo los objetivos de difusión del patrimonio llegando al público no especializado. Además, la utilización de mecanismos sencillos hace posible que su implantación no resulte muy costosa puesto que en las propuestas presentadas en SIAMA, sólo requerirían una cámara, una pantalla, y un ordenador que procesará los datos de la aplicación.

¹⁶ También se podría emplear para otro tipo de estructuras de la anatomía de los seres vivos como son el aparato digestivo, los músculos, el sistema cardiovascular, etc.

De una forma similar al caso anterior, en el plano latinoamericano también hubo un temprano interés en esta tecnología como demuestra el trabajo investigador realizado en el Instituto Tecnológico de Estudios Superiores de Monterrey (CEM), junto al Laboratorio de Interfaces Inteligentes (UNAM) y el Laboratorio del Posgrado en Diseño (UAM-A), todos ellos en México, en colaboración con el HIT Lab de la Universidad de Washington (USA).

En este ensayo la realidad aumentada fue utilizada para la difusión y preservación del patrimonio histórico en una aplicación relacionada con la antigua ciudad maya de Calakmul, declarada Patrimonio de la Humanidad por la UNESCO en 2002. Este yacimiento se encuentra situado en el entorno de una reserva natural del estado de Campeche en México. El hallazgo más importante pertenece a una tumba del siglo VIII d. C. con una momia perteneciente al gobernante más importante del periodo, llamado Garra de Jaguar y que fue sepultado junto a todas sus joyas de jade y efectos personales. Dentro de la labor de puesta en valor del lugar se diseñó una instalación de realidad aumentada para presentar a los visitantes la importancia del sitio arqueológico. Para ello, primeramente se realizó una reproducción a escala real de la cámara funeraria en el Museo Arqueológico de Campeche (México), ubicado en el Fuerte de San Miguel, basada en los estudios de los arqueólogos en el yacimiento, que mostraba las diferentes estancias como fueron encontradas en su descubrimiento en el año 1997.

La aplicación de realidad aumentada consistía en que los visitantes podían observar mediante el uso de unas gafas o HMD, los objetos del ajuar y la disposición del

enterramiento a través de reconstrucciones virtuales tridimensionales mostrando el aspecto de la cámara del gobernante al ser enterrado en el siglo VIII. Las imágenes que se aplicaron a la cerámica digital fueron hechas a partir de fotografías de los objetos originales, mientras que por otra parte, esta aplicación completaba virtualmente la reproducción de la cámara funeraria con los objetos del ajuar que han desaparecido.

Esta experiencia permitía a los visitantes conocer las costumbres de los antiguos mayas a través de sus ritos funerarios mediante la reproducción virtual tridimensional de los objetos del ajuar.

Estas experiencias pioneras constituyen ejemplos de la validez de esta tecnología en estos entornos en los que actualmente se han implantado rápidamente en los discursos museográficos de vanguardia. Tal es así, que este tipo de instalaciones son las más numerosas y hasta la fecha han proliferado en diferentes centros que abarcan desde museos o centros de interpretación a exposiciones temporales, mostrando la dimensión y potencial de esta nueva tecnología.

El Museo de la Autonomía de Andalucía (Coria del Río, Sevilla) forma parte del denominado Recinto de la Autonomía de Andalucía que surgió en el neurálgico entorno de

la casa del célebre personaje andaluz Blas Infante, y pretende realizar una puesta en valor de la historia del pueblo andaluz en la etapa contemporánea.

El acceso al recinto se realiza a través del edificio del museo, un espacio donde las nuevas tecnologías juegan un papel importante dentro del discurso expositivo presentando los diferentes contenidos de una forma atractiva y pedagógica para la educación, conocimiento y difusión de la historia de la autonomía andaluza.

En la sala de exposición permanente del museo, encontramos una instalación dedicada a las diferentes Instituciones Autonómicas en la que se utiliza una experiencia con realidad aumentada. Aquí, se pretende dar a conocer al visitante cuáles son los órganos que le representan dentro del sistema gubernamental andaluz. Esta aplicación interactiva, permite al visitante observar un modelo virtual tridimensional de las tres instituciones claves del gobierno andaluz como son el Parlamento Andaluz (Sevilla), el Consejo de Gobierno (Sevilla) y el Tribunal Superior de Justicia de Andalucía (Granada). Además la instalación se complementa con un recorrido virtual mediante un joystick, por el interior de las estancias más significativas de cada uno de los edificios representativos donde un guía virtual muestra diferentes paneles con información sobre las actividades que se realizan en su interior.

Esta instalación interactiva vino a sustituir a una anterior que también presentaba las Instituciones Andaluzas pero donde el visitante sólo podía observar unos paneles con las fachadas de los edificios representativos y unas pantallas sobre un tablero que mostraban

imágenes con información adicional siendo uno de los puntos menos considerados por los visitantes del museo. Con motivo de este diagnóstico se realizaron algunas modificaciones en la sala de exposición permanente referentes al cubo de las instituciones con la pretensión de diseñar una instalación interactiva que permitiera a los visitantes disfrutar de una experiencia lúdica a la vez que didáctica.

El nuevo proyecto se basó en la tecnología de realidad aumentada y en un paseo virtual, que fueron desarrollados por la empresa malagueña *Arpa-Solutions*, pionera en la creación de experiencias de realidad aumentada destinadas al campo patrimonial. Respetando la estructura del cubo expositivo, formado por tres paneles y un mostrador, se colocó en el panel central y a una altura media, una pantalla y sobre ésta una cámara, que estaban conectadas a un ordenador encargado de realizar las tareas de procesado de la información, situado en un compartimento detrás de uno de los paneles del cubo. En el mostrador se encuentran tres bandejas circulares que llevan impresas las marcas que representan los modelos virtuales en 3D de los edificios institucionales.

El sistema responde a la denominada interfaz tangible de usuario en la que el visitante manipula cada una de las bandejas circulares que contienen las marcas mostrándolos delante de la pantalla colocada frente a él. La cámara, situada sobre la pantalla, captura la imagen del usuario con la respectiva marca que es reconocida por el sistema asociando la imagen virtual que se corresponde con el mismo y realiza los procesos de renderizado por las que el modelo virtual tridimensional se inserta dentro del entorno real del usuario.

Finalmente, el sistema genera la imagen aumentada en la pantalla donde aparece el modelo virtual de la Institución Andaluza elegida con la que el visitante podrá manipular y observar como si tuviera sobre sus manos una maqueta física del edificio.

Además los modelos tridimensionales se acompañan con información textual dispuesta en cuatro carteles en cada uno de los frentes de los edificios y que contienen información sobre la historia y arquitectura del edificio, así como el funcionamiento de la institución andaluza que albergan.



.....
FIGURA 46. MUSEO DE LA AUTONOMÍA DE ANDALUCÍA (CORIA DEL RÍO, SEVILLA). BANDEJAS
DE SOPORTE PARA MARCAS DE REALIDAD AUMENTADA. FOTO DEL AUTOR.



.....
FIGURA 47. MUSEO DE LA AUTONOMÍA DE ANDALUCÍA (CORIA DEL RÍO, SEVILLA). EDIFICIOS REPRESENTATIVOS DE PODERES DEMOCRÁTICOS. CONTEXTUALIZACIÓN DE USUARIO Y SISTEMA DE REALIDAD AUMENTADA SOBRE DETALLE DEL TRIBUNAL SUPERIOR DE JUSTICIA DE ANDALUCÍA. FOTO DEL AUTOR.

La utilización de la tecnología de realidad aumentada como recurso museográfico para la instalación de las Instituciones Andaluzas del Museo de la Autonomía, representa varias ventajas sobre la anterior configuración, ofreciendo una aplicación interactiva para los visitantes que se convierten en protagonistas de la misma, transmitiendo el significado que

tienen los órganos representativos comunitarios a través de una interfaz intuitiva y de gran atractivo, especialmente para los grupos escolares, aunque su sencillez también la hace apta para el público adulto. Como inconveniente habría que señalar que se haya configurada para que interactúe un único usuario al mismo tiempo, limitando su uso a grupos pequeños de visitantes. Si bien, podría solucionarse añadiendo otra pantalla que reprodujera el mismo sistema.

Inserto en un enclave excepcional, se encuentra el Centro de Interpretación de la Orden Militar de Calatrava (CIOMC). Se trata del castillo de Alcaudete (Jaén), una fortaleza medieval que tuvo su primera fase de ocupación importante con los almohades que construyeron el primitivo alcázar. Durante la primera mitad del siglo XII, la villa fue reconquistada por los cristianos y entregada a la Orden Militar de Calatrava en 1246, convirtiéndose en un importante bastión defensivo al limitar con el Reino de Granada. En esta época, se produjeron continuos avances y retrocesos de la frontera que llevarían a que Alcaudete cayese en manos de los nazaríes en el 1300 aunque poco después sería reconquistada definitivamente y donada nuevamente a la Orden Militar de Calatrava en 1351. Con la toma de Granada en 1492, la villa queda adscrita al señorío de Montemayor, perdiendo su carácter militar. La fortaleza atravesó por varias transformaciones con el fin de convertirse en residencia particular, con la construcción de nuevas estructuras de habitación que ocupaban el interior del recinto, creando nuevos espacios ya de carácter

residencial con una arquitectura propia del periodo renacentista (Castillo et al., 2003; Castillo et al., 2006).

Tras varios siglos de ocupación, la fortaleza fue abandonada progresivamente convirtiéndose en un vestigio de los avatares ocurridos durante la Edad Media en el territorio peninsular. Desde finales del siglo XX, se realizaron numerosas intervenciones en el recinto con el fin de hacer una puesta en valor del yacimiento entre las que se incluye la creación de un centro de interpretación sobre la Orden Militar de Calatrava y que abrió sus puertas el 10 de julio de 2010 coincidiendo con las V Fiesta Calatras que se celebran en esta localidad jiennense anualmente.

El proyecto museográfico fue realizado por la empresa barcelonesa Lavert - Proyectos Culturales³⁷, que fue la encargada de recrear el ambiente de la fortaleza durante su ocupación por la Orden de Calatrava tanto en su dimensión militar como en la religiosa. El discurso expositivo, en el que se recurrió al uso de las nuevas tecnologías aunque sin dejar de lado elementos de la museografía tradicional, se basó en cuatro puntos principalmente: la fortaleza durante el periodo fronterizo (siglos XII-XIV); el castillo como elemento de defensa y difusión de la fe de Cristo (siglo XIII); como unidad básica administrativa (siglos XIII-XIV) y como instrumento de guerra (siglo XIII), que se correspondían con el momento de ocupación de la orden.

³⁷ Proyecto museográfico en la Web de Lavet – Proyectos Culturales: <http://www.lavert.net/Servicios/Centros-de-interpretacion-y-museos/CIOMC.-Centro-de-Interpretacion-de-la-Orden-Militar-de-Calatrava> [consultado: 03.10.2012].

Al igual que en el Museo de la Autonomía de Andalucía, la empresa malagueña especializada en realidad aumentada Arpa-Solutions, fue la encargada del diseño de los gráficos virtuales y la instalación de la aplicación para el castillo de Alcaudete. Ésta se ubicó en el aljibe situado junto a la puerta principal de la fortaleza, lugar en el que comienza la visita al centro de interpretación. Esta estructura data del siglo XIII correspondiéndose con el periodo de poder calatravo. Se trata de un cuerpo de planta cuadrada cubierto por una bóveda vaída de ladrillo, sobre la que se asienta el cuerpo de guardia por su situación junto al acceso al recinto. En este lugar, se intenta que el visitante obtenga una primera toma de contacto con el castillo en el que se encuentra mostrando la evolución del conjunto a través de las fases constructivas del mismo y los principales elementos que constituyen la fortaleza calatrava, con la intención de que reconozca los lugares que serán visitados posteriormente durante el recorrido.

La aplicación se basa nuevamente en una interfaz tangible de usuario en la que, a través de una marca que es reconocido por el sistema, el visitante es capaz de manejar el modelo virtual tridimensional cómo si se tratara de un objeto real. La instalación de realidad aumentada consta de una pantalla sobre un atril con una cámara incorporada en la parte superior que captura la imagen del usuario cuando se coloca delante de la misma con la marca correspondiente. La imagen es enviada a un ordenador que es el encargado de generar la imagen aumentada donde se combina la imagen del entorno real del usuario y el modelo virtual de la fortaleza que será mostrada en la pantalla. Encontramos dos pantallas

colocadas en dos extremos de la sala con el fin de que puedan interactuar al menos dos usuarios al mismo tiempo, aunque por la disposición de la instalación y el espacio disponible, sería posible colocar algunas pantallas adicionales que permitirían el uso de la aplicación para grupos numerosos. Las reconstrucciones utilizadas para esta experiencia de realidad aumentada se basan en los estudios histórico-arqueológicos que han tenido lugar en el yacimiento del castillo, a partir de los cuales son diseñados los modelos virtuales tridimensionales utilizados por el sistema.



.....
FIGURA 48. CENTRO DE INTERPRETACIÓN DE LA ORDEN MILITAR DE CALATRAVA. USUARIO INTERACTUANDO CON LA APLICACIÓN DE REALIDAD AUMENTADA PORTANDO UN MARCADOR QUE SE CORRESPONDE CON UN ESTADIO DE LA FASE CONSTRUCTIVA DE LA FORTALEZA Y QUE PUEDE OBSERVAR A TRAVÉS DE LA PANTALLA. FOTO DEL AUTOR.

Podemos encontrar tres marcas diferentes que representan las fases constructivas más importantes que se corresponden con: las primeras fortificaciones islámicas, el castillo cristiano tras la reconquista y el palacio renacentista construido ya en época de paz. Cuando el visitante acerca una de las marcas a la pantalla, la cámara envía la imagen al

ordenador y el sistema se encarga de reconocerlo y generar el contenido aumentado correspondiente. Así, el usuario podrá interactuar con una maqueta virtual de la fortaleza tridimensional que podrá manejar moviendo la marca y observando diferentes puntos de vista del perímetro o también una vista aérea de la misma. Además, este modelo virtual de la fortaleza está animado con el fin de mostrar la evolución del recinto en sus diferentes fases de asentamiento, ofreciendo una imagen secuencial de los cambios en la morfología de la fortaleza con el tiempo. Una serie de etiquetas señalan las estructuras que van apareciendo para tener una mejor comprensión de la evolución del conjunto: aljibes, cuerpo de guardia, caballerizas, refectorio, Torre del Homenaje, etc.



.....
FIGURA 49. CENTRO DE INTERPRETACIÓN DE LA ORDEN MILITAR DE CALATRAVA. VISTA EN LA PANTALLA DE LA IMAGEN REAL DEL USUARIO CON UNO DE LOS MARCADORES. FOTO DEL AUTOR.



.....
FIGURA 50. CENTRO DE INTERPRETACIÓN DE LA ORDEN MILITAR DE CALATRAVA. VISTA DE LA IMAGEN AUMENTADA QUE REALMENTE SE MUESTRA EN LA APLICACIÓN. FOTO DEL AUTOR.

La primera marca presenta las primeras fases de asentamiento en el lugar con la construcción de las primeras fortificaciones islámicas, como la delimitación del perímetro urbano en la ladera el montículo donde se señalan las principales puertas de acceso, y la aparición de las murallas del alcázar islámico en la cima rocosa que sería la zona que más cambios sufriría a lo largo de los siglos. En la otra marca podemos ver la construcción del

castillo cristiano de la Orden Militar de Calatrava sobre las ruinas del primigenio alcázar mediante un nuevo cinturón murario. Aquí comienzan a aparecer las edificaciones que configuran la fortaleza interior como son la Torre del Homenaje, las Caballerizas, la Sala Capitular, el aljibe de las caballerizas, el aljibe del Cuerpo de Guardia, según los datos aportados por las excavaciones realizadas en el yacimiento. En la marca correspondiente al Palacio Renacentista se puede apreciar el cambio que se produce en la fortaleza medieval, para asumir un nuevo papel como residencia de los Fernández de Montemayor, con la construcción de nuevas estructuras de habitación con carácter palacial como patios porticados, apertura de grandes ventanales, etc., entre las estructuras del castillo calatravo.

La experiencia de realidad aumentada que encontramos en el Centro de Interpretación de la Orden Militar de Calatrava, ofrece al visitante la posibilidad de ver la evolución del castillo de Alcaudete a través de una maqueta virtual tridimensional en la que se pueden observar numerosos puntos de vista como si se tratara de un objeto real. Por otra parte, la animación del modelo virtual permite mostrar de una forma pedagógica la configuración de la fortaleza a lo largo de los siglos como si de una secuencia a cámara rápida se tratara, abarcando todas sus etapas históricas. Este recurso plantea una alternativa a las maquetas reales que no ofrecen el mismo nivel de interactividad con el visitante y que requieren un mantenimiento por parte del personal del centro. Además la existencia de una maqueta

física ocuparía parte del espacio del interior del aljibe, reduciéndolo en gran medida. En cambio, la instalación de realidad aumentada es totalmente respetuosa con el espacio en el que el protagonismo lo asume el interior del aljibe y la gran bóveda, permitiendo que el visitante tenga una mayor concepción de las dimensiones y capacidad del mismo. Por otra parte, la instalación planteada para el aljibe del cuerpo de guardia, no interfiere en la morfología del entorno ya que los dispositivos están colocados sobre estructuras que son desmontables, con el fin de no alterar el espacio en caso de que se cambiara el discurso museográfico de la sala.

En junio de 2010 se inauguró el Centro de Interpretación de la Tecnología - BTEK¹⁸ dentro del Parque Tecnológico de Bizcaia situado en Zamudio, a las afueras de Bilbao. Éste se inserta en un contexto singular ya que representa un centro neurálgico de conocimiento tecnológico basado en la labor de varias empresas y equipos multidisciplinares que trabajan conjuntamente para promover la innovación y la difusión científica para el desarrollo económico de la región.

La idea de su creación parte de la necesidad de acercar esa labor por el conocimiento tecnológico a la sociedad, haciéndola partícipe de los avances logrados y la presencia que tiene este elemento en nuestras vidas cotidianas. Bajo el lema *Bizi TEKnología* (Vive la Tecnología), se pretende acercar de una forma atractiva e instructiva los conocimientos

¹⁸ Página Web de BTEK: <http://www.btek.org> [consultado: 02.01.2013].

tecnológicos más avanzados que tienen lugar dentro del Parque. El proyecto museográfico fue realizado por la Fundación Elhuyar que desarrolla proyectos de comunicación y divulgación científica dirigidos tanto al público en general como al especializado, realizando materiales educativos y multimedia (Lasa, 2009).

El público al que se dirige este centro de interpretación está formado por alumnado de secundaria al que se pretende acercar la tecnología y la ciencia, con una labor pedagógica pero en la que también se persigue buscar el interés y el espíritu crítico con esos avances que se desarrollan dentro del Parque Tecnológico.

La empresa *YDreams*¹⁹, pionera en el uso de nuevas tecnologías para la comunicación y difusión, fue la encargada de colaborar con la Fundación Elhuyar para recrear espacios interactivos a gran escala basándose en una serie de recursos punteros. Uno de ellos fue la utilización de la realidad aumentada, que podemos encontrar en una de las instalaciones del centro BTEK. Se trata del módulo sobre las denominadas "cajas negras", dentro de la sala dedicada a computación, equipos y telecomunicaciones, que hacen ver la importancia de los avances tecnológicos en nuestra vida cotidiana como pueden ser el uso de Internet, la telefonía móvil, las nuevas máquinas, etc. El módulo se encarga de enseñar las cuatro categorías básicas de cualquier dispositivo electrónico que son entrada/salida, almacenamiento, procesamiento y alimentación.

¹⁹ Página Web de *YDreams*: <http://www.ydreams.com/> [consultado: 02.01.2013].

Referente a la instalación de realidad aumentada, ésta nos muestra mediante seis tabletas con marcas impresas, las funciones de varios aparatos electrónicos a través de contenidos gráficos tridimensionales. En esta aplicación se recurre al método más común para este tipo de espacios, como es una interfaz tangible de usuario mediante marcas. La instalación consta de una pantalla sobre la cual hay una cámara de vídeo que captura la imagen del entorno real del usuario. Éste se posiciona delante de la pantalla de forma que la cámara esté enfocando la marca, para que el sistema lo reconozca e inserte los gráficos virtuales dentro de la imagen real, siendo en este caso una reproducción tridimensional de un aparato eléctrico. Éste modelo está animado y muestra información adicional que ayuda a comprender el funcionamiento del mismo y para qué sirve.



.....
FIGURA 51. CENTRO DE INTERPRETACIÓN DE LA TECNOLOGÍA. APLICACIÓN DE REALIDAD AUMENTADA DONDE UN USUARIO INTERACTÚA CON LA MARCA QUE REPRESENTA EL MODELO VIRTUAL QUE APARECE EN LA PANTALLA. FOTO: BTEK.

En el caso del centro BTEK, el uso de realidad aumentada se plantea como una tecnología pionera dentro de la amplia gama de recursos museográficos basados en las nuevas tecnologías que aquí se presentan, y que pretenden dar una imagen avanzada y futurista a este tipo de entornos. En este caso, además, se utiliza como una herramienta de comunicación y difusión de los contenidos a través de una interfaz en la que la relación

persona-ordenador se concreta de forma directa, en la que el usuario interactúa con los elementos virtuales como si fuera un objeto real, y en el caso de la realidad aumentada, dentro de su propio entorno real.

En el contexto de la universidad surge el Museo Virtual de la Informática que se encuentra situado en la Escuela Superior de Informática de la Universidad de Castilla - La Mancha. La existencia de este museo parte de la necesidad de dedicar un espacio a la historia y evolución de los procesadores y programas, ya que desde su nacimiento hasta nuestros días han evolucionado a pasos agigantados no sólo en su capacidad y funciones sino también en su morfología y variedad. El *hall* del Edificio Fermín Caballero, acoge la muestra en la que se exponen en vitrinas los diferentes modelos de procesadores, donados por profesores, entidades e instituciones, y que han aparecido a lo largo de estas últimas décadas en las que los progresos llevados a cabo han sido notables para esta joven ciencia (Grupo Oreto/Arco, 2009).

Dentro de este contexto surgió la idea de crear un Museo Virtual de la Informática²⁰ que completara de forma adecuada la historia de esta ciencia, ofreciendo información adicional a los visitantes que se acercaran para ver la muestra. De este modo, se instaló en la sala de exposición una estructura que contenía una pantalla táctil y un procesador en su interior

²⁰ Este proyecto de museo virtual recibió en 2008 el sello de calidad, *Quality Seal*, de los *Europrix Multimedia Awards* de ese año, que premia los proyectos innovadores universitarios basados en el uso de contenidos, dispositivos y plataformas multimedia.

que queda oculto dentro de la misma. Aquí el visitante puede interactuar con una gran cantidad de contenidos multimedia que ampliaban considerablemente la información referente al museo, desde recorrer la historia de la Informática a través de diferentes fuentes como documentos, fotografías, vídeos, etc., a conocer cuáles han sido las figuras clave en el desarrollo de esta ciencia, con las biografías de personajes como Bill Gates y Richard M. Stallman, fundador de la *Free Software Foundation*, o la Historia de los Videojuegos y sus protagonistas clave como *Super Mario Bros* o *PacMan*. A través de un índice interactivo se puede acceder a los diversos contenidos utilizando la pantalla táctil, que mostrará desde información textual, a vídeos, fotografías y animaciones de cada tema. Además, la muestra física se completa a través de la reproducción virtual de los modelos que se encuentran expuestos, pero aquí con la ventaja de que mediante animaciones y vídeos, es posible acercarnos a su interior y observar cada uno de sus componentes, e incluso completar la exposición con aquellos modelos que no se encuentran en la misma.

La tecnología de realidad aumentada ha sido utilizada también en este Museo Virtual de la Informática a través de una aplicación en la que es posible manipular los modelos de procesadores como si fueran objetos reales. Para ello cuenta, además de con una pantalla táctil, con una cámara web que es utilizada para el funcionamiento de la aplicación aumentada. Junto a la estructura, existe una placa cuadrangular con una marca impresa que el visitante debe colocar delante de la cámara viéndose reflejado en la pantalla. La imagen de vídeo recogida es enviada al ordenador de la instalación que realiza las tareas de

renderizado por las que se inserta un determinado modelo virtual en la escena real, previamente seleccionado, mostrando una imagen aumentada del entorno del usuario en tiempo real que aparece en la pantalla. En este caso, la marca se corresponde con un modelo virtual tridimensional de un tipo de procesador, con el que el visitante podrá interactuar moviéndolo como si se tratara de un objeto real. Los modelos virtuales, formados por más de 70 ejemplares, fueron realizados exclusivamente con Software Libre empleando tecnologías de modelado 3D multiplataforma como OpenGL y *ARToolKit* entre otras (Grupo Oreto/Arco, 2009). Además, en la página web del museo²¹ es posible acceder a dichos modelos 3D con la finalidad de que sean descargados libremente y utilizados en el diseño de otras aplicaciones.

Esta aplicación de realidad aumentada posibilita que se puedan manipular los modelos, observándolos desde diferentes ángulos y perspectivas, además de los detalles que lo conforman accediendo a información adicional complementaria, y dando un punto de vista diferente con respecto a las piezas reales que se exponen y que no dan lugar a ningún tipo de interacción. Por otra parte, el hecho de utilizar un Software Libre en la realización de los modelos, ofrece grandes posibilidades puesto que con respecto a las ventajas que presenta esta aplicación, la solución resulta totalmente económica. También podemos destacar la posibilidad de completar las diferentes piezas de la muestra a través de modelos virtuales tridimensionales que proporcionan una visión más amplia de lo que se pretende en el

²¹ Página web del Museo Virtual de la Informática: <http://www.esi.uclm.es/museo/> [consultado: 14.11.2012].

museo, y comprender la importancia de la evolución de la informática durante las últimas décadas. Por último, la utilización de la tecnología de realidad aumentada muestra su validez para entornos expositivos, destacando este caso especialmente ya que se encuentra en un escenario académico en el que el conocimiento y el análisis son los principales objetivos.

Como ya hemos comentado anteriormente, las exposiciones temporales se convierten en un escenario de experimentación para nuevas aplicaciones de realidad aumentada que complementa los contenidos a través de un enfoque novedoso y lúdico a la vez.

En 2010 se pudo asistir en un escenario privilegiado a una interesante visita guiada al Pórtico de la Gloria Virtual que formaba parte de una exposición que se encontraba ubicada en la cripta del Pórtico y que derivaba de una primera fase de estudios previos para su restauración y conservación que continuaron en la catedral compostelana.

Los trabajos realizados en el Pórtico consistieron en la utilización de un escáner láser de alta resolución que permitió obtener un modelo virtual en 3D de la obra con un nivel máximo de detalle, con el fin de señalar las diferentes patologías del mismo y evaluar su conservación y futura intervención, junto a un exhaustivo reportaje fotográfico de la obra, que dieron lugar a una extensa documentación que utilizó en la exposición de la cripta.

La propuesta partió desde la Fundación Barrié que pretende poner en valor los contenidos del Programa Catedral dentro del cual se realizan los estudios referentes al estado de conservación del Pórtico. En la muestra participó un equipo multidisciplinar en el que se dieron cita expertos en historia del arte, conservación y restauración del patrimonio y musicología, además de un grupo de investigación tecnológica. Francisco Prado Vilar y Gaël de Guichen, miembros del Comité Científico Internacional del citado Programa Catedral, fueron los comisarios de esta exposición en la que aunaron los recursos museográficos tradicionales y los dispositivos interactivos basados en el uso de las nuevas tecnologías, con el fin de hacer llegar a los visitantes el mensaje y difundir los contenidos obtenidos en los estudios preliminares.

Como parte de esos recursos museográficos, encontramos una de las instalaciones más publicitadas de la exposición que estuvo basada en la tecnología de realidad aumentada. Consistía en una aplicación en la que se presentaban los instrumentos de los 24 ancianos del Apocalipsis, pero a partir de sus modelos virtuales en 3D. Así, los visitantes podían interactuar y manipular las piezas musicales observándolas desde diferentes ángulos y visionando algunos detalles, posibilitando la interacción con los instrumentos, algo que no era posible con la reproducción en madera de los mismos contenida en las vitrinas de la exposición.

La instalación constaba de una pantalla, una cámara web y unas bandejas circulares que llevaban impresa una determinada marca que era reconocida por el sistema. Cuando el

visitante colocaba la bandeja delante de la pantalla, la cámara capturaba la imagen del mismo y enviaba los datos al sistema, apareciendo simultáneamente en la pantalla el instrumento virtual que se correspondía con la marca. A diferencia de otras aplicaciones de realidad aumentada basadas en este tipo de interfaz, en la imagen que se mostraba en la pantalla no aparecía reflejado el usuario que interactuaba con la marca sino que en esta imagen aumentada sólo se encontraba el instrumento. Así, el usuario podía girar, inclinar y acercar la pieza para observar determinadas características en función de los movimientos que realizara con la bandeja circular, aunque en la pantalla sólo aparecía el instrumento. Se trataba de lo que se denomina una interfaz tangible de usuario en la que todo tipo de hardware intermedio entre el usuario y el ordenador ha desaparecido, y el objeto virtual se manipula como si se tratara de un objeto real y donde la interacción con el sistema es totalmente natural e intuitiva.

La aplicación también contenía unos auriculares a través de los cuales el visitante escuchaba el sonido del instrumento con el que estaba interactuando en ese momento. Esto fue posible a la labor del grupo Martín Códax, encargados de interpretar los temas con la reconstrucción real de los instrumentos musicales del Pórtico que estaban formados por la fídula oval, el arpa, el organistrum, la fídula en 8, la cítara, y el denominado laude del Pórtico.

El caso de la exposición ubicada en la cripta del Pórtico de la Gloria, donde conviven el uso de la museografía tradicional con la incorporación de las nuevas tecnologías, representaba

una visión diferente en este tipo de eventos puesto que además de la labor de difusión y puesta en valor del patrimonio histórico, aquí se planteaba concienciar y educar a los visitantes sobre la necesidad de conservar nuestros bienes culturales, concretamente el Pórtico de la Gloria, y dar una visión de la fragilidad y el deterioro que el transcurso de los años provoca en ellos. La utilización de la tecnología de realidad aumentada se presentaba como una forma novedosa y atractiva para conocer elementos que a simple vista pasarían desapercibidos por el visitante como son los instrumentos musicales que portan los veinticuatro ancianos del Apocalipsis. A través de la aplicación, el usuario podía interactuar con ellos, observando desde diferentes ángulos su morfología, como si manejara una reproducción real de los mismos, aumentando las posibilidades que ofrecen los tradicionales objetos expuestos en vitrinas, y con un elemento adicional como es poder disfrutar del sonido que producirían, siendo una experiencia más completa y didáctica con el objeto cultural.

Con motivo del aniversario de la caja de ahorros Unicaja, se realizó una exposición itinerante que recorrió varios puntos de la geografía andaluza relacionados con la historia de la misma. La muestra se inauguró en julio de 2009 en Málaga y prosiguió con las localidades de Antequera, Cádiz, Almería, Ronda y Sevilla, en la que se clausuró el 14 de febrero de 2010. Éstas representaban las ciudades donde se habían fundado las respectivas cajas que ahora conforman la entidad financiera.

El objetivo de esta exposición era realizar un recorrido por la historia social y económica que ha formado parte de la trayectoria de la entidad y mostrar al público esa intrínseca relación a lo largo de los años creando un camino en común, además mostraba su interés de continuidad en propuestas de futuro a través de la preocupación por el medioambiente. La exposición fue comisariada por Isidro Moreno Sánchez dentro del Grupo de Investigación I+D+C Laboratorio de Cultura Digital y Museografía Hipermedia de la Universidad Complutense de Madrid, y fue creada y dirigida conjuntamente con el arquitecto Antonio Galindo y la profesora Josefina Junquera.

En uno de los módulos existía una instalación de realidad aumentada bajo el nombre de «La libreta de tus sueños». Se trataba de dos pantallas sobre las que proyectaba la imagen de dos mostradores adjuntos en los cuales había una libreta de ahorros de los primeros años de creación de Unicaja, y otra libreta de las que se utilizan actualmente. Una cámara de vídeo capturaba la imagen de los visitantes cuando manipulaban las libretas de ahorros mientras que era proyectada en las pantallas. Cada una de las libretas contenían una marca que al ser mostrado a la cámara, se correspondía en la pantalla un objeto virtual en 3D que el visitante podía manipular como si se tratara de un objeto real. El funcionamiento es el mismo que otras instalaciones de realidad aumentada basadas en una interfaz tangible de usuario a través de marcas, eliminando cualquier dispositivo hardware entre el usuario y el ordenador. Así, las marcas actuaban como referentes en el contexto de un entorno real de modo que el sistema podía implementar correctamente los gráficos virtuales en el mismo,

ofreciendo una imagen aumentada a través de un dispositivo de vídeo como es una pantalla.



.....
FIGURA 52. EXPOSICIÓN 125 ANIVERSARIO DE UNICAJA. INSTALACIÓN DE REALIDAD AUMENTADA DONDE PUEDEN OBSERVARSE LAS DOS PANTALLAS EN LA QUE SE MOSTRARÍAN AMBAS LIBRETAS Y UN VISITANTE INTERACTUANDO CON UNA DE LAS LIBRETAS DE TUS SUEÑOS EN LA QUE APARECE UN TOCADISCOS. FOTO: ISIDRO MORENO.

El concepto que se hallaba detrás de la instalación era reflejar, de una forma atractiva e instructiva, lo que representaban las libretas para sus poseedores, como los proyectos de

futuro que se encontraban detrás de los ahorros de toda una vida o los créditos, y cómo esos proyectos y sueños han ido cambiando a lo largo de esos 125 años, como así rezaba el rótulo digital sobre las pantallas "Tu sueño puede realizarse". De modo que los elementos virtuales que aparecían en la antigua libreta consistían en objetos como un tocadiscos y un coche modelo seiscientos, mientras que en la libreta actual encontrábamos un portátil o un coche actual, que nos daban cuenta del cambio operado en los sueños y proyectos que había detrás de los números que contenían esas libretas.

Del veinticinco de julio al quince de septiembre de 2010²² tuvo lugar una exposición en la Real Casa de Correos de Madrid con el título *La Cápsula del Tiempo. Del Absolutismo al Liberalismo en los Cimientos de Cervantes*. En ella se mostraba el contenido de una cápsula del tiempo encontrada el 15 de diciembre de 2009 en el pedestal de la escultura de Cervantes de la Plaza de las Cortes realizada por Antonio Solá, durante las obras de remodelación de la misma.

La exposición surgió con el cometido de dar a conocer el contenido de esta cápsula sellada 176 años antes, coincidiendo con una labor de difusión del patrimonio histórico madrileño que conmemora el 25 aniversario del Gobierno Autónomo de Madrid que se viene desarrollando durante todo el año 2010. La exposición, coordinada científicamente por Alfonso Bullón de Mendoza, pretendía mostrar a los visitantes el contexto histórico en el

²² La exposición fue prorrogada quince días hasta el treinta de septiembre por la gran acogida que tuvo desde su apertura con más de doce mil personas que visitaron la muestra.

que se elaboró la cápsula narrando tanto los acontecimientos políticos y militares que se sucedieron durante ese periodo como la vida social y cotidiana de la época (Burqueño, 2010).

La aplicación de las nuevas tecnologías sirvió en esta exposición como un intermediario entre el visitante y los contenidos históricos que pretendían contextualizar los objetos procedentes de la cápsula del tiempo, buscando una interacción con los mismos y presentándolos de una forma didáctica y lúdica a la vez. Así, podíamos encontrar varias proyecciones 3D para las que se utilizaban unas gafas polarizadas que eran entregadas al principio del recorrido, una aplicación de realidad aumentada también con visión estereoscópica 3D, proyecciones sobre objetos (mapeado), altavoces direccionales por ultrasonido, y varias pantallas táctiles que ofrecían la posibilidad de interactuar con los documentos y piezas que albergaba la caja fundacional.

El recorrido se dividía en siete estancias cuya temática versaba sobre los diferentes aspectos de la época y que se estructuraba bajo los epígrafes siguientes: la vida cotidiana, el fin del Absolutismo, la Primera Guerra Carlista, el Estado Carlista, el final de la Primera Guerra Carlista y la implantación del Liberalismo en España.

Así, en la dedicada a la Primera Guerra Carlista, se hallaba una instalación de realidad aumentada en 3D que tenía como finalidad mostrar los distintos uniformes militares utilizados durante la Primera Guerra Carlista, además del armamento empleado en la contienda, con la intención de realizar un acercamiento al conflicto bélico acaecido durante

(1833 - 1840), unos hechos que serían narrados a continuación por la siguiente instalación, constituyendo una parte del discurso histórico en el cual se contextualizaba esta cápsula del tiempo como alegato del Liberalismo.

La instalación contaba con una pantalla táctil sobre un atril en la que aparecían los diferentes modelos virtuales de los uniformes y el armamento para ser seleccionados por el usuario. Junto a esta, había una pequeña placa cuadrangular que era manipulada por el usuario y que contenía una marca impresa que, una vez reconocido por el sistema, representaría el modelo virtual seleccionado.

Por otra parte, una cámara capturaba la imagen real del usuario con la marca y era enviada al sistema para que el ordenador realizara las tareas de renderizado que proporcionarían la imagen aumentada que aunaría la imagen real del usuario con el modelo virtual generado por ordenador. Un proyector conectado al ordenador era el encargado de presentar la imagen aumentada sobre una pantalla.

En el caso concreto de esta exposición, la aplicación de realidad aumentada se combinaba con una visión estereoscópica 3D para la cual se proporcionaban unas gafas polarizadas que permitían ver los gráficos virtuales tridimensionales con un mayor efecto de profundidad. Esto se conseguía añadiendo un dispositivo de entrada y de salida adicional, y un software específico para el sistema, por lo que la instalación contaba con dos cámaras y dos proyectores que proporcionaban la imagen estereoscópica final.

Como hemos mencionado anteriormente, la temática de esta aplicación de realidad aumentada se centraba en los uniformes y armamento utilizados en la Primera Guerra Carlista (1833 – 1840). Para ello, los contenidos utilizados para la elaboración de los modelos virtuales se basaron en una exposición anterior que tuvo lugar del 6 de mayo al 13 de junio del año 2004 denominada “Las Guerras Carlistas” en el Museo de la Ciudad de Madrid y que fue comisariada también por Alfonso Bullón de Mendoza. En el catálogo de la exposición, donde se puede encontrar una amplia descripción de las piezas expuestas, pueden reconocerse los ejemplos de uniformes utilizados para los modelos virtuales en la aplicación de realidad aumentada, al igual que el armamento referente a la contienda (Bullón de Mendoza et al., 2004).

Una vez que el usuario mostraba a la cámara la marca aparecía virtualmente el uniforme o arma seleccionados con una etiqueta con información adicional sobre el mismo con una breve descripción y la cronología correspondiente, mientras era posible seleccionar pulsando sobre la pantalla táctil un nuevo modelo o tipo de uniforme.

Esta aplicación servía también como muestra de las diferencias existentes entre ambos ejércitos a través de su indumentaria, mediante las diferentes insignias y abalorios, que representaban el rango y la ideología de sus portadores. También a través de la aplicación de realidad aumentada, era posible interactuar con piezas originales con un alto valor histórico como son las armas utilizadas por los protagonistas de la contienda que se encuentran expuestas en diferentes museos españoles, pero que de esta forma se

“trasladan” a la exposición permitiendo ser manipuladas e interactuar con ellas. Además, esta aplicación, ofrecía un nivel de detalle en los objetos de gran calidad si el usuario se acercaba con la marca a la pantalla proyectada donde la cámara captura la imagen del mismo.



.....
FIGURA 53. EXPOSICIÓN *LA CÁPSULA DEL TIEMPO. DEL ABSOLUTISMO AL LIBERALISMO EN LOS CIMIENTOS DE CERVANTES*. USUARIO INTERACTUANDO CON LA APLICACIÓN A TRAVÉS DE LOS MODELOS VIRTUALES DE LOS UNIFORMES Y ARMAS UTILIZADOS DURANTE LA PRIMERA GUERRA CARLISTA. FOTO DEL AUTOR.

La muestra sobre la cápsula del tiempo encontrada en los cimientos de la escultura de Cervantes, fue una ocasión singular para hacer uso de las nuevas tecnologías para contextualizar el curioso hallazgo, permitiendo llevar a cabo la intención de los que la crearon: recordar uno de los momentos más controvertidos de la Historia de España en la que un deliberado pulso entre liberalismo y absolutismo impregnaba todos los aspectos de la sociedad de su tiempo. Esta nueva y poderosa herramienta aplicada al patrimonio cultural, permitió realizar un recorrido por toda una época a través de la reproducción de las fuentes, documentos y objetos conservados con los que interactuar, posibilitando un acercamiento de primera mano, completándose además con los contenidos audiovisuales que enmarcaban la concepción de piezas y documentos expuestos.

Con motivo del XXVI Congreso Internacional de Lingüística y Filología Románicas²³, celebrado en Valencia entre el 6 y el 15 de septiembre de 2010, se inauguró la exposición *Valencia, tierra de comarcas: diálogos con el territorio*. El evento, donde se dieron cita más de mil congresistas cuyo tema central era el conocimiento de las lenguas romances, tuvo lugar en la Facultad de Filología de la Universidad de Valencia²⁴.

²³ Web del Congreso Internacional de Lingüística y Filología Románicas: <http://www.uv.es/cilfr2010/> [consultado: 03.10.2012].

²⁴ Noticia aparecida en la web de la Universidad de Valencia con motivo de la inauguración del Congreso a cargo del rector Esteban Morcillo. En: <http://www.uv.es/~webuv/castellano/noticias/noticia.php?idnoticia=10747> [consultado: 25.12.2012].

Al ser Valencia en esta ocasión la sede de este congreso internacional, se instaló una muestra en el Centro Cultural La Nau desde el 6 de septiembre al 17 de octubre, coordinada por el Vicerrectorado de Artes, Cultura y Patrimonio de la Universidad de Valencia, para dar a conocer, así como difundir, el Patrimonio de la Comunidad Valenciana en la que tuvo un papel protagonista el uso de las nuevas tecnologías, concretamente de la realidad aumentada.

La exposición fue comisariada por Emili Casanova, coordinador de la comisión organizadora del congreso, y Vicent Artur Moreno, Doctor en Comunicación Audiovisual, mientras que los recursos tecnológicos estuvieron desarrollados por el Instituto de Robótica de la Universidad de Valencia. Esta exposición fue el resultado de un trabajo interdisciplinar en el que se dieron cita disciplinas como la geografía, la historia, la arqueología y la lingüística que se encargaron de elaborar los contenidos presentados en la misma, junto a un equipo de especialistas en robótica e informática encargados de mostrar esos contenidos mediante el uso de la realidad aumentada.

Cuando el visitante accedía a la sala de exposición le era entregado un tríptico que contenía unas marcas en su interior. En el vestíbulo se encontraban dos paneles con pantallas con una cámara web incorporada bajo el rótulo de *Prova la Realitat Aumentada*, de manera que los visitantes que se acercaran a la exposición pudieran tener una primera toma de contacto con el funcionamiento de esta tecnología interactuando con las marcas que

contenía el tríptico y que mostraban diferentes aspectos referentes a la riqueza cultural de las comarcas valencianas²⁵.

La disposición de la exposición estaba constituida por un gran panel colocado sobre el suelo que contenía una figura de la comunidad valenciana y una pantalla doble de grandes dimensiones colocada en uno de los extremos de la sala. Una cámara situada en uno de los márgenes de la pantalla doble, capturaba la imagen del espacio central en el que se encontraban los visitantes sobre el panel, mientras que dos proyectores enviaban una imagen de vídeo sobre cada pantalla. En una de ellas se podía ver un audiovisual mientras que en la otra se proyectaba la imagen aumentada de los visitantes de la exposición. Adicionalmente existía otra pantalla doble situada en el extremo diagonalmente opuesto, siguiendo el mismo modelo descrito cuya finalidad era la de proporcionar a los visitantes otro escenario de interacción en el que participar al mismo tiempo.

El funcionamiento de la instalación se basaba en el reconocimiento de las marcas por la cámara encargada de capturar la imagen de vídeo de la sala. Ésta estaba conectada a un ordenador situado detrás de la pantalla encargado de realizar las tareas de renderizado que permitían presentar la imagen final aumentada y que era generada a través del proyector sobre una de las pantallas.

²⁵ También se hacía entrega de una guía didáctica con los contenidos de la exposición en la cual aparecían varias marcas relacionados con cada comarca y que se correspondía con un modelo virtual que aludía a un aspecto cultural de la misma. La novedad es que contenía una página web que pretendía que el visitante, una vez vista la exposición pudiera acceder desde su ordenador personal y mediante una webcam, a los contenidos aumentados con los que había experimentado en la exposición. Sin embargo esta interesante aplicación no consiguió ponerse en práctica finalmente y el link que aparecía en la guía didáctica conduce a una breve descripción de la muestra.

La aplicación de realidad aumentada consistía en siete peanas con unas marcas diferenciadas con un punto de color que se correspondían con una temática determinada. En el panel del suelo y sobre una figura de la comunidad valenciana, aparecía el nombre de las localidades valencianas y se encontraban marcados los puntos de color que se correspondían con la marca. Cuando el visitante colocaba la peana sobre el punto de una localidad elegida, la cámara capturaba la imagen y el sistema reconocía la marca asociándole un contenido virtual relacionado. Así, se proyectaba una imagen aumentada en la pantalla en la que dentro del espacio en el que se encontraba el visitante aparecían modelos tridimensionales sobre la temática seleccionada basándose en la denominada “metáfora del espejo” en la que se obtiene un reflejo aumentado en el que aparecen elementos que no están en la realidad²⁶. En el momento en el que se reconocía la marca por el sistema, también se activaba un audiovisual relacionado con la localidad y temática seleccionados que era proyectado sobre la pantalla adyacente. El audiovisual consistía en una sucesión de imágenes sobre los aspectos patrimoniales de las comarcas elegidas mientras un narrador comentaba en valenciano los contenidos, aunque también se podía leer mediante unos subtítulos también en la lengua romance²⁷.

²⁶ Descripción basada en las declaraciones realizadas por el director del Instituto de Robótica, Marcos Fernández. Disponible en <<http://www.adn.es/local/valencia/20100906/NWS-0533-Nau-valenciano-patrimonio-exposicion-aumentada.html>> [consultado: 03.10.2012].

²⁷ Aunque el uso del valenciano como único idioma en la muestra dificultaba la comprensión de los contenidos para los que no eran valenciano parlantes, habría que entenderlo dentro del contexto en el que surge la exposición con motivo del XXVI Congreso Internacional de Romanística en el que se intenta potenciar el conocimiento de las lenguas romances y su perdurabilidad en el tiempo.

Los contenidos se organizaban en torno a siete temáticas, con las que se correspondía una determinada marca, que se denominaban: "Los pilares de la tierra", sobre los accidentes geográficos del territorio valenciano; "El líquido de la vida" que mostraba la importancia del agua en las diferentes comarcas; "Paisajes: naturaleza en estado puro"; "Qué se come en el país", acerca de la gastronomía del lugar; "Ciudades históricas"; "El ciclo festivo: la búsqueda del fuego", sobre fiestas y folclore; y "Patrimonio". En total se ofrecían más de setenta experiencias de realidad aumentada diferentes que se correspondían con aspectos relacionados con el paisaje, la cultura, el patrimonio, las tradiciones y el folclore valencianos.

Podemos citar algunos ejemplos de esas experiencias y en qué consistían, como la que se refería a la ciudad de Elche en la que surgían desde el suelo de la misma sala varias palmeras que aludían a su palmeral, que constituye el caso de hábitat más septentrional de estas especies en el mundo. También existían contenidos relacionados con su valor como ciudad histórica con una experiencia en la que la peana que contenía la marca se convertía en un pedestal con el busto de la Dama de Elche en el que los usuarios podían aparecer caracterizados como la dama ibérica en la pantalla.

Otras experiencias relacionadas con los contenidos del paisaje valenciano consistían en la aparición de un campo de amapolas en el suelo de la sala de exposición cuando se mostraban los contenidos referentes al Parque Natural de Font Roja donde conviven más

de dos mil especies vegetales; o la recreación de la gruta por la que discurre el río subterráneo existente en el Valle de Uxó que constituye uno de los más largos de Europa.



FIGURA 54. EXPOSICIÓN *VALENCIA, TIERRA DE COMARCAS: DIÁLOGOS CON EL TERRITORIO*. AQUÍ UN VISITANTE HA COLOCADO UN MARCADOR CORRESPONDIENTE A LA TEMÁTICA DE "PAISAJES" SOBRE LA LOCALIDAD ELEGIDA, QUE EN ESTE CASO ES LA CIUDAD DE ÉLCHE. EN LA PANTALLA APARECE PROYECTADA LA IMAGEN AUMENTADA DE LA SALA CORRESPONDIENTE AL MARCADOR TRATÁNDOSE DEL PALMERAL EXISTENTE EN ESTA CIUDAD CONFIGURADOR DE SU PAISAJE. EN LA PANTALLA ANEXA APARECE EL AUDIOVISUAL QUE CONTIENE IMÁGENES Y UNA NARRACIÓN SOBRE LA CIUDAD ALICANTINA. FOTO DEL AUTOR.

Puede considerarse la muestra como uno de los ejemplos a mayor escala en la aplicación de la tecnología de realidad aumentada en espacios dedicados a la difusión del patrimonio cultural en España, ya que se centraba principalmente en esta tecnología para presentar los contenidos a través de más de 70 experiencias. A diferencia de lo que podemos encontrar en otros casos relacionados con entornos expositivos, donde se utiliza la metáfora del libro aumentado dentro de una instalación concreta, el hilo conductor de *Valencia, tierra de comarcas: diálogos con el territorio*, está basado en la utilización a gran escala de la realidad aumentada mediante el uso de la metáfora de "espejo mágico" donde la interacción entre persona-ordenador se produce como si en el entorno real del usuario se añadieran elementos virtuales formando parte del espacio real en el que se encuentra. Aquí el visitante se convierte en el protagonista de la exposición ya que muchos de los modelos 3D están reproducidos a escala humana recreando nuevos espacios dentro del espacio real de la sala de exposición consiguiendo una mayor inmersión en la experiencia aumentada. Además, el hecho de "caminar" por la región valenciana sobre el mapa de la misma, hace posible que el visitante experimente un viaje ficticio por el territorio a través de las diferentes comarcas.

Cada modelo 3D está asociado a los contenidos que se muestran en el audiovisual de forma simultánea donde una voz en off comenta los diferentes aspectos del paisaje, cultura y patrimonio valenciano. Este modelo sintetiza la información que el visitante recibe en un

solo contenido permitiéndole tener un conocimiento de los mismos mucho más claro, ya que el aprendizaje es mayor desde el momento en el que el usuario puede interactuar con los contenidos. En esta exposición se tuvo muy en cuenta la participación de los grupos escolares o personas de corta edad que a través de los elementos virtuales obtenía una imagen fija que asocia los contenidos que aparecen en el vídeo.

La aludida metáfora del espejo mágico, también ha sido tenida en cuenta en otros ejemplos de uso de realidad aumentada en espacios expositivos fuera de territorio español como por ejemplo una muestra centrada en esta tecnología realizada en el Centro Cultural del Bicentenario en Santiago del Estero (Argentina) durante 2012.

Ésta se planteó como unas jornadas que daban a conocer la colección albergada en el centro que cumplía su segundo aniversario, y que se encuentra repartida en sus tres plantas conformadas por el Museo de Bellas Artes Ramón Gómez Cornet, el Museo de Ciencias Antropológicas y Naturales, y Museo Histórico Dr. Orestes Di Lullo.

Así, mediante el uso de una pantalla LED de gran formato, la sala de la muestra se convertía en escenario donde los visitantes y los objetos virtuales compartían el mismo espacio y a escala real. Esto era posible gracias al uso de una marca de grandes dimensiones que colocado en el suelo permitía ubicar los gráficos virtuales al mismo nivel que los visitantes. Entre las experiencias aumentadas contenidas en la muestra se encontraba la aparición de Juan Manuel Fangio, automovilista de Fórmula 1, montado en

uno de sus *cars*, o de animales que forman parte de la colección de historia natural paseando alrededor, o incluso una moto de competición GP que emergía desde un agujero virtual en el piso.

En el plano latinoamericano han surgido varias propuestas y proyectos que ponen de manifiesto una nueva dinámica del uso de la realidad aumentada en espacios expositivos. Uno de los ejemplos más notables pertenece al Museo de sitio de la zona arqueológica de Xochicalco, en el estado de Morelos (México), donde se encuentra un asentamiento prehispánico cuyo apogeo cultural tuvo lugar en el período llamado Epiclásico (650 - 900), al que se deben la mayoría de sus construcciones monumentales que se conservan actualmente.

Para el museo anejo a la zona arqueológica se ha llevado a cabo un proyecto promovido dentro del Tecnológico de Monterrey en el campus de Cuernavaca (Xochitepec, Morelos), junto al Instituto Nacional de Antropología e Historia. En él participan un grupo de alumnos de la licenciatura en Animación y Arte Digital, bajo la coordinación del profesor Julián Guerrero²⁸.

²⁸ Puede verse una completa e ilustrada descripción del prototipo desarrollado por los alumnos del ITESM Campus Cuernavaca en colaboración con la dirección de la zona arqueológica de Xochicalco del INAH, en el siguiente enlace de *Youtube*: <http://www.youtube.com/watch?v=feWyogY3Mil> [consultado: 15.06.2012].

Como una de las fases previas del proyecto se ha desarrollado una labor de digitalización de las diferentes estructuras monumentales del yacimiento de Xochicalco para crear reproducciones virtuales tridimensionales, basándose en los estudios e investigaciones arqueológicas derivadas de la labor de diferentes arqueólogos que trabajan en el yacimiento.

Por otra parte se ha diseñado un quiosco que albergará el museo, el cual está conformado por una pantalla y una cámara que son los encargados, junto con la labor de un procesador, del funcionamiento de un sistema basado en el reconocimiento de marcas mediante el uso de la tecnología de realidad aumentada. Así, cuando se presenta delante de la cámara la marca correspondiente el sistema lo reconoce y presenta el modelo virtual tridimensional asociado que se verá en la imagen aumentada de la pantalla.



.....
FIGURA 55. MUSEO DE SITIO DE LA ZONA ARQUEOLÓGICA DE XOCHICALCO. PROYECTO DE
INSTALACIÓN AUMENTADA BASADA EN EL USO DE MARCAS CON LAS QUE EL USUARIO PUEDE
INTERACTUAR CON LOS MODELOS VIRTUALES DE LOS MONUMENTOS DEL YACIMIENTO DE
XOCHICALCO. FOTO: INAH.

La aplicación consiste en un cuestionario relacionado con el yacimiento de Xochicalco, cuyas respuestas se encuentran en unas tarjetas que contienen marcas impresas en el reverso, de modo que el visitante tendrá que mostrar una tarjeta con la respuesta correcta

a la cámara, apareciendo en la pantalla el contenido virtual asociado que explica la respuesta a la cuestión planteada.

Este tipo de aplicaciones de realidad aumentada son las más recurrentes en espacios museísticos y se basan en un tipo de interfaces tangibles en las que el usuario manipula un objeto virtual a través de marcas como si se tratase de un objeto real.

El hecho de que sean las elegidas para este tipo de entornos, se debe a que la interacción entre el usuario y el objeto virtual se produce de una forma natural e intuitiva, sin ningún tipo de hardware adicional, adaptándose a un amplio espectro de público que no tiene que estar familiarizado con las nuevas tecnologías.

Como este primer ejemplo del Museo de la zona arqueológica de Xochicalco, el visitante se convierte en protagonista de la instalación y no solamente actúa como observador pasivo dentro del entorno museístico.

Otra aportación importante dentro de este proyecto consiste en que los visitantes que respondan correctamente al cuestionario tendrán acceso a otra aplicación similar en la que podrán verse reflejados en la pantalla ataviados con un penacho virtual sobre sus cabezas, recordando al que empleaban los antiguos habitantes del asentamiento arqueológico. En este caso la aplicación no reconoce una marca sino que está basada en el reconocimiento de rasgos naturales, en este caso las caras de los visitantes, mostrando otra de las posibilidades que ofrecen los sistemas de realidad aumentada.



.....

FIGURA 56. MUSEO DE SITIO DE LA ZONA ARQUEOLÓGICA DE XOCHICALCO. USUARIOS EN LA PANTALLA DE LA INSTALACIÓN DE REALIDAD AUMENTADA DONDE APARECEN ATAVIADOS CON UN PENACHO VIRTUAL SOBRE SUS CABEZAS, RECORDANDO AL QUE EMPLEABAN LOS ANTIGUOS HABITANTES DEL ASENTAMIENTO ARQUEOLÓGICO. FOTO: INAH.

Por lo que respecta a las exposiciones temporales en Latinoamérica, éstas han constituido el marco pionero en el que la realidad aumentada se ha dado a conocer en este tipo de entornos como pudimos ver en la exposición titulada *Senna Emotion* (2012) que tuvo lugar en el Museo Histórico Nacional de Río de Janeiro (Brasil). La muestra que utilizaba las

nuevas tecnologías como elemento museográfico principal fue diseñada por la empresa *Ydreams*, y se centraba en la memoria del famoso piloto brasileño de *Fórmula 1* Ayrton Senna. En una de las salas denominada "Podium y legado", los visitantes podían alzar la base de un trofeo con una marca impresa, de modo que al verse reflejados en una pantalla aparecía su imagen aumentada portando virtualmente uno de los trofeos del piloto.

De igual forma el Museo Interactivo Mirador (MIM) en Santiago de Chile, está desarrollando una muestra itinerante por todo el país la cual tratará temas como las comunicaciones o los grandes descubrimientos de la ciencia a lo largo de los siglos. Este museo centra su actividad en elaborar recursos didácticos e interactivos para el público más joven a través de los cuales pretende promover de una forma atractiva el aprendizaje de la ciencia, el arte y la tecnología.

La empresa Yuridek²⁹, que cuenta ya con varios módulos interactivos diseñados para el citado museo, fue la encargada de desarrollar algunos de los recursos museográficos para la muestra donde la realidad aumentada tenía un papel destacado.

La instalación se basa en el uso de marcas y el módulo cuenta con una cámara que capta la imagen real del usuario manipulando la marca y una pantalla que refleja la imagen de ese usuario pero con los gráficos virtuales superpuestos a la imagen real. La original propuesta de Yuridek consiste en unos grandes sobres que al desplegarse contienen una carta escrita

²⁹ Página web de Yuridek: <http://www.yuridek.com/> [consultado: 27.12.2012].

por personajes históricos tanto de Chile como del mundo referentes a un tema de la exposición, pero que además en la solapa de cierre llevaba impreso una marca. Cuando el usuario abre el sobre y la marca es reconocida por el sistema, en la pantalla aparece una escena virtual 3D en la que varias figuras animadas representan de forma infantil el contenido de la carta. Algunas de estas escenas tienen que ver con la llegada de Cristóbal Colón a tierras americanas, la de Pedro de Valdivia, fundador de Chile, a las costas del país, o los grandes descubrimientos de la historia como Galileo o Darwin.



.....
FIGURA 57. MÓDULO DE REALIDAD AUMENTADA DESARROLLADO POR LA EMPRESA YURIDEK PARA EL MUSEO INTERACTIVO MIRADOR (MIM) DE SANTIAGO DE CHILE EN LA QUE UNAS CARTAS SE ACOMPAÑAN DE UNAS MARCAS CUYO CONTENIDO VIRTUAL ASOCIADO REPRESENTA ANIMACIONES INFANTILES SOBRE LAS COMUNICACIONES COMO POR EJEMPLO EL DESCUBRIMIENTO DE AMÉRICA POR CRISTÓBAL COLÓN ([HTTP://WWW.MIM.CL/](http://www.mim.cl/)).

Las investigaciones en torno a este tipo de aplicaciones de realidad aumentada no han cesado en los últimos años, a pesar de la fuerte implantación de otro tipo de interfaces en

los que se encuentran presentes los dispositivos portátiles de bajo coste. Estos nuevos planteamientos, que parten desde instituciones universitarias, apuntan a nuevos usos que esta tecnología puede tener en la interpretación del objeto cultural y al enriquecimiento de la experiencia museística.

La Universidad Politécnica de Valencia (UPV) fue la encargada de desarrollar una aplicación de realidad aumentada basada en el uso de marcas que estaba enfocada como un recurso de accesibilidad visual. El proyecto tenía como escenario la Lonja de la Seda de Valencia (España) en la que se instaló un módulo interactivo en 2012. En el mismo participaba un equipo del Departamento de Expresión Gráfica Arquitectónica (EGA) en la Escuela Técnica Superior de Ingeniería del Diseño (ETSID), en colaboración con el grupo Labhuman-I3BH de la UPV³⁰.

La Lonja de la Seda o Lonja de los Mercaderes es un edificio gótico declarado Patrimonio de la Humanidad por la UNESCO en 1996, que fue construido a finales del siglo XV, en pleno siglo de oro valenciano y constituye una de las obras del gótico civil más representativas de nuestro país.

La idea principal de este proyecto fue la de acercar la percepción de algunos detalles arquitectónicos de este monumento que se encuentran en lugares de difícil acceso o que

³⁰ Este proyecto estuvo financiado por el Programa de Apoyo a la Investigación y Desarrollo 2011 de la UPV.

pasan desapercibidos a gran parte de los visitantes, especialmente público de la tercera edad, niños o personas con alguna discapacidad visual.

El módulo interactivo que se presentaba bajo el lema "Tecnología intuitiva para la accesibilidad", estaba provisto de cámara y pantalla donde presentar los gráficos aumentados, constaba de varias tarjetas con marcas diseñadas especialmente para la ocasión con motivos alusivos a la riqueza artística de la lonja. Cuando el visitante acercaba la tarjeta a la cámara aparecía un modelo virtual tridimensional de uno de los elementos más característicos del edificio. Así, se encontraban representados la columna helicoidal, la bóveda, la clave, la escalera, la tracería de las ventanas, los artesonados y la puerta del Consulado del Mar, muchos de estos lugares inaccesibles para personas con movilidad reducida.



.....
FIGURA 58. IMAGEN AUMENTADA QUE SE MUESTRA EN LA PANTALLA DEL MÓDULO DE REALIDAD AUMENTADA DENOMINADO “TECNOLOGÍA INTUITIVA PARA LA ACCESIBILIDAD” UBICADO EN LA LONJA DE LA SEDA DE VALENCIA, QUE SE PLANTEABA COMO UN RECURSO DE ACCESIBILIDAD A DIFERENTES ELEMENTOS ARQUITECTÓNICOS DEL INMUEBLE QUE PUEDEN PASAR DESAPERCIBIDOS PARA ALGUNOS VISITANTES. FOTO: UPVTV.

De igual forma la aplicación se planteaba con un recurso educativo de gran importancia dado que su uso por parte de los visitantes o incluso los guías que se acercan al monumento, permitía obtener una imagen pormenorizada de estos elementos y un mayor conocimiento del mismo a través de la interacción con los modelos virtuales 3D.

En 2012 encontramos otro interactivo con realidad aumentada basado en el uso de marcas para la exposición *Art i Mort al Montgó. La Cova del Barranc del Migdia*, expuesta en el Museo Arqueológico Municipal "Soler Blasco" de Xàbia (Alicante, España).

Ésta tenía como tema central las excavaciones realizadas en el yacimiento hallado en esta gruta del Montgó, donde se tuvieron en cuenta los trabajos de documentación realizados tras la excavación, así como las investigaciones relativas a los restos hallados. Además, la muestra contaba con una parte del audiovisual relacionado con el yacimiento que reproduce un paseo virtual por el interior de la cavidad.

El interactivo de realidad aumentada, diseñado por el profesor e investigador de la Universidad de Alicante Javi Esclapés, seguía el esquema básico de este tipo de instalaciones, en las que una cámara captaba la imagen real de los visitantes manipulando la marca, mientras que una pantalla colocada frente a ellos mostraba la imagen aumentada con los gráficos virtuales superpuestos.

La interfaz consistía en unas paletas con una marca en uno de sus extremos que al acercarla a la cámara aparecían virtualmente los objetos arqueológicos encontrados en el interior de la cueva, pudiendo observarlos detalladamente. Al girar la paleta una nueva marca ofrecía en la pantalla información adicional e incluso contenido multimedia para contextualizar las piezas.

- MUSEOS VIRTUALES

Entre las aplicaciones de realidad aumentada basadas en el uso de marcas, podemos mencionar algunos ejemplos que demuestran la versatilidad de esta tecnología dentro de este campo en referencia a los denominados museos virtuales para los que ofrece un amplio abanico de posibilidades.

A este respecto debemos citar la iniciativa conjunta entre el diario *Público*, el Museo Jurásico de Asturias³¹ y el Gobierno del Principado de Asturias que colaboraron en la realización de una experiencia de realidad aumentada mediante una aplicación online.

Este museo se halla en un lugar junto a la costa denominado como Rasa de San Telmo, dentro del Concejo de Colunga. Situado sobre un promontorio, permite obtener vistas panorámicas de la zona a través de un mirador. La planta del edificio tiene forma de huella tridáctila y se estructura en tres pisos bajo tierra. En el interior el discurso expositivo se centra en el periodo del Jurásico en el que habitaron los dinosaurios sobre la Tierra. Aquí podemos encontrar las réplicas de varios ejemplares y la colección de fósiles del museo, cuyo número asciende a ocho mil ejemplares, todos procedentes exclusivamente de la zona asturiana.

En, 2010, a través de la web del diario *Público*, se creó una aplicación online a través de la dirección web³² que pretendía que desde casa, los usuarios pudieran disfrutar de réplicas

³¹ Página Web del Museo Jurásico de Asturias: <http://www.museojurasticoasturias.com/> [consultado: 03.06.2012].

virtuales de algunas de las especies más conocidas de dinosaurios mediante la tecnología de realidad aumentada. En la web se ofrece un video explicando el procedimiento que hay que seguir para que la aplicación funcione correctamente. Así sólo es necesario un ordenador con webcam, descargarse un programa que se denomina *AR Dinosaurios* proporcionado desde la web, y unas marcas que deberán ser imprimidas. Éstas son marcas fiduciales que al ser mostrados delante de la *webcam* son reconocidas por el sistema apareciendo en la pantalla del ordenador el modelo virtual correspondiente.

En la web existen hasta la fecha cuatro marcas diferentes, que representan un *Tiranosaurio rex*, un *Diplodocus*, un *Dacentrurus* y un *Allosaurus*, que se han ido incorporando a la página mediante un original sistema. Cada nueva marca está asociada a una noticia aparecida en la versión online del diario y que se refiere a noticias relacionadas con el Museo Jurásico de Asturias. Para poder descargar esa marca, que se corresponde con un nuevo dinosaurio virtual, es necesario leerse el artículo y responder correctamente a algunas cuestiones sobre el mismo. Si se consigue el nivel de aciertos correspondiente, será posible descargar el archivo PDF que contiene la marca para ser impreso desde casa.

Una vez que el usuario lo ha imprimido, debe ejecutar el programa *AR Dinosaurios*, que funciona sólo a través de la conexión a Internet, y automáticamente se verá reflejado en la pantalla a través de la webcam. Colocando la marca delante, para que sea capturado por la cámara, el sistema lo reconocerá y aparecerá automáticamente el modelo tridimensional

³² Aplicación web del diario *Público*: <http://www.publico.es/especial/dinosaurios/> [consultado: 03.06.2012]

de un dinosaurio sobre la mano del usuario o sobre la mesa sobre la que se encuentre la marca. A través de los cursores del teclado es posible hacer que el dinosaurio virtual ande por la superficie de la mesa, haciéndolo avanzar y girar, algo que representa una peculiaridad interesante respecto a otras aplicaciones de realidad aumentada basadas en el uso de marcas, ya que es posible controlar el objeto virtual. Además, la animación de los modelos virtuales se complementa con los sonidos que emitían estos animales junto a los movimientos y comportamientos propios de su especie, como si hubieran vuelto a la vida.



FIGURA 59. IMAGEN CON LA APLICACIÓN DE REALIDAD AUMENTADA ONLINE EN LA QUE ES POSIBLE INTERACTUAR CON DOS MODELOS VIRTUALES AL MISMO TIEMPO, EN CONCRETO CON EL *DIPLODOCUS* Y EL *TIRANOSAURIO REX* (CAPTURA DEL AUTOR).

Esta sencilla aplicación muestra de una forma didáctica la morfología de los dinosaurios más representativos, siendo una experiencia atractiva y lúdica al mismo tiempo, sobre todo para los más jóvenes. Pero a través de ella, el museo consigue otro propósito que es el de la difusión, generando visitantes potenciales que se interesen mediante el uso de la aplicación.

Igualmente el *Natural History Museum* de Londres (Reino Unido), ha desarrollado una aplicación online accesible desde la página web del museo en la que es posible interactuar con un modelo virtual de la especie *Homo Neanderthalensis*³³ observando su fisionomía y forma de caminar a través del ordenador personal y una webcam. La misma aplicación cuenta con otro modelo virtual que se corresponde con la reconstrucción de un espécimen del *Australopithecus Aferensis* a través de los restos de un ejemplar bautizado con el nombre de "Lucy"³⁴, haciendo posible comparar la evolución de estas especies ancestrales del ser humano mediante su reconstrucción virtual basada en los estudios paleoantropológicos.

³³ Aplicación *Homo Neanderthalensis*: <http://www.nhm.ac.uk/nature-online/life/human-origins/neanderthal-ar/index.html> [consultado: 26.01.2013].

³⁴ Aplicación *Australopithecus Aferensis*: <http://www.nhm.ac.uk/nature-online/life/human-origins/lucy/index.html> [consultado: 26.01.2013].



FIGURA 60. APLICACIÓN WEB BASADA EN EL USO DE MARCAS QUE SE CORRESPONDE CON LA RECONSTRUCCIÓN DE UN ESPÉCIMEN DEL *AUSTRALOPITECUS AFERENSIS* A TRAVÉS DE LOS RESTOS DE UN EJEMPLAR BAUTIZADO CON EL NOMBRE DE "LUCY". FOTO: MUSEO DE HISTORIA NATURAL DE LONDRES.

Desde el continente americano también ha habido en los últimos años un importante desarrollo de las aplicaciones web de realidad aumentada a través de marcas, facilitando una importante labor de difusión y puesta en valor del rico patrimonio que albergan sus museos.

El portal argentino *educ.ar* ha desarrollado dentro del Programa Conectar Igualdad, impulsado por el Ministerio de Educación de la Presidencia de la Nación, un proyecto que consiste en un recorrido virtual por diferentes edificios emblemáticos del país.

El nuevo sitio web³⁵ fue inaugurado a finales de 2011 contando con diez edificios conformados por museos nacionales y provinciales, edificios públicos administrativos y edificios histórico-patrimoniales, a los que progresivamente se incorporarán otros nuevos durante los próximos años.

Entre los recorridos dedicados a museos del país encontramos el Museo Histórico Nacional del Cabildo y de la Revolución de Mayo (Buenos Aires), el Museo Casa Histórica de Tucumán (San Miguel de Tucumán), el Convento e Iglesia de San Francisco y Museo Histórico Provincial de Santa Fe, el Museo de Arqueología de Alta Montaña (Salta), el Museo de Ciencias Naturales (La Plata, Buenos Aires), el Museo Nacional de Bellas Artes (Buenos Aires), y el Museo de Arte Contemporáneo de Rosario (Rosario, Santa Fe).

Además del recorrido interactivo de 360° por el exterior e interior de cada uno de los edificios, desde los que se puede acceder a información que complementa la visita virtual, también cuenta con una aplicación de realidad aumentada en la que imprimiendo la marca correspondiente es posible interactuar con diferentes objetos (hasta un máximo de diez por edificio), que forman parte de la colección de cada lugar en particular, pudiendo

³⁵ Página web del sitio *Argentina Virtual*: <http://www.argentinavirtual.edu.ar/> [consultado: 01.02.2013].

interactuar con su copia virtual tridimensional y acercarse a una observación pormenorizada de los mismos.



.....
FIGURA 61. USUARIO INTERACTUANDO CON LA APLICACIÓN WEB DE REALIDAD AUMENTADA DEL PORTAL ARGENTINO EDUC.AR, EN CONCRETO CON UNA ESTATUILLA FEMENINA PROCEDENTE DE LA COLECCIÓN DEL MUSEO DE ARQUEOLOGÍA DE ALTA MONTAÑA DE SALTA (ARGENTINA).

CAPTURA DEL AUTOR.

Por otra parte, desde 2011 se está desarrollando de forma similar en México una red de museos virtuales dentro de un proyecto promovido por el Consejo Nacional para la Cultura y las Artes (CONACULTA), el Instituto Nacional de Antropología e Historia (INAH), y el Instituto Nacional de Bellas Artes (INBA). La iniciativa pretende dotar a diferentes museos del país de un portal web que permita la promoción y difusión de éstos mediante el acceso de usuarios de todo el mundo a través de la red. Dentro de cada página web encontramos una sección denominada como Museo Digital en el que además de una presentación con información del lugar y una fotogalería, podemos realizar un recorrido virtual de 360° por las salas de cada museo. En algunos de los museos que hasta la fecha se han incorporado también cuentan con una aplicación de realidad aumentada que permite interactuar con varios objetos de la colección permanente o de aquellas exposiciones temporales que tengan lugar en estos espacios culturales, mediante el uso de marcas que pueden imprimirse desde la propia web. Algunos de los ejemplos del uso de la realidad aumentada son el Museo Casa de Carranza³⁶ o el Museo Nacional de Culturas Populares³⁷, que cuentan con varios objetos relevantes de su exposición de forma virtual y en 3D para que cada usuario pueda interactuar con ellos a través de la web.

³⁶ Página web del Museo Casa de Carranza: http://www.museocasadecarranza.mx/multimedia/index.php?sit=album_ar [consultado: 28.01.2013].

³⁷ Página web del Museo Nacional de Culturas Populares: <http://museoculturaspopulares.gob.mx/multimedia/metaforas/> [consultado: 28.01.2013].

La implantación de la realidad aumentada en esta tipología de museos hace posible que el museo vaya más allá de la visita online, donde se rompían las limitaciones de sus muros, para que ahora sean las propias piezas, y de forma virtual, las que salgan del museo y puedan ser observadas desde nuestro hogar. Las experiencias estudiadas en los ejemplos mencionados podrían hacerse extensible a otros museos como pueden ser los arqueológicos, de manera que sea posible manipular mediante el uso de marcas la pieza virtual tridimensional, primando la difusión de las obras del museo y el conocimiento de las mismas.

- RECREACIONES VIRTUALES AUMENTADAS: DIFUSIÓN CULTURAL E INTERPRETACIÓN EN EL MUSEO

El desarrollo de las investigaciones y proyectos sobre realidad aumentada, ha tenido importantes aplicaciones dentro del patrimonio histórico gracias a que a través de esta tecnología es posible realizar reconstrucciones virtuales de edificios o épocas pasadas sobre los restos conservados que han llegado hasta nosotros, constituyendo una recuperación del pasado patrimonial.

Los estudios arqueológicos e histórico-artísticos han sido la base de esas reconstrucciones virtuales que nos ofrecen nuevas lecturas e interpretaciones de la historia y del objeto cultural. Asimismo, en el entorno del museo también se han realizado varios ensayos que ponen de manifiesto la aplicabilidad de la realidad aumentada para ofrecer a los visitantes una nueva visión del discurso que nos ofrecen este tipo de espacios, mediante el uso de los nuevos dispositivos móviles, que han producido un cambio no sólo cuantitativo sino también cualitativo en la presentación de los contenidos culturales y el acceso a la información.

Frente a los ejemplos anteriores, en este tipo de aplicaciones no se precisa de una marca que sitúe el objeto virtual en la escena real, sino que en estos casos la configuración del sistema de realidad aumentada se basa en el reconocimiento de rasgos naturales, insertando los gráficos virtuales directamente sobre la obra o escena real. Esta configuración posibilita ampliar el rango de aplicación de esta tecnología en entornos culturales ya que permite actuar directamente sobre el original y no es intrusiva.

La reconstrucción virtual de elementos del pasado a partir de los restos conservados o a través de los estudios histórico-artísticos previos, ha sido protagonista en el desarrollo de varios proyectos que pretendían profundizar en las posibilidades que la realidad aumentada tiene en este tipo de entornos.

Una de las primeras aplicaciones con realidad aumentada al respecto, fue la creación de la *Virtual Showcase* o vitrina virtual (Bimber et al., 2001; Bimber et al., 2003), que constituye uno de los primeros ejemplos donde esta tecnología, en su fase de experimentación, se ha aplicado a centros museísticos, además de gozar de una amplia difusión entre las publicaciones que versan sobre el tema de nuevas tecnologías y patrimonio cultural. En este caso, la reconstrucción de elementos virtuales se realiza mediante proyecciones en 3D, lo que se denominó como *spatial augmented reality*, que supone una variante de esta tecnología en la que no es necesario utilizar ningún dispositivo por parte del usuario para observar los gráficos virtuales.

De este modo, cualquier pieza de un museo puede colocarse en el interior de la *Virtual Showcase* y ser aumentada digitalmente con contenidos virtuales adicionales que permitan tener un conocimiento completo de la obra, o simplemente puede servir para albergar un modelo virtual tridimensional de una pieza cualquiera con información gráfica adicional, permitiendo al museo exponer los modelos virtuales de piezas únicas que pertenecen a otras colecciones. Además, la *Virtual Showcase* presenta el mismo aspecto de una vitrina real, lo que hace que sea compatible con las instalaciones de un museo tradicional. Las "vitrinas virtuales", compuestas por espejos semitransparentes, tienen dos prototipos que responden a la forma de una pirámide truncada invertida o de un cono truncado invertido. Aquí los gráficos virtuales no aparecen en la pantalla del *display* (HMD, PDA, teléfono móvil, etc.) que porta el usuario, sino que directamente se superponen sobre el objeto real,

siendo la propia vitrina, formada por espejos semitransparentes, el *display* en el que directamente el usuario puede ver la imagen aumentada. Este tipo de *displays* reciben el nombre de *displays* espaciales ópticos (*spatial optical see-through display*) que ya hemos mencionado en el capítulo segundo del presente trabajo. La instalación consta de unos video-proyectores instalados en el mismo lugar de la “vitrina virtual”, que tras varios procesos de calibración realizados previamente, permiten proyectar los gráficos generados por ordenador sobre el objeto real, haciendo posible que lo virtual y lo real se fusionen en un mismo espacio, en este caso, en la vitrina contenedora. Los usuarios deben disponer de unas gafas en 3D de LCD (*shutter glasses*) que lo capacitarán para ver el objeto aumentado a través de los espejos semitransparentes.



.....
FIGURA 62. *VIRTUAL SHOWCASE*. IMAGEN QUE NOS MUESTRAN UNA PEQUEÑA ESCULTURA DENTRO DE LA "VITRINA VIRTUAL" DONDE SE PUEDE APRECIAR LA PIEZA AUMENTADA CON LOS GRÁFICOS 3D GENERADOS POR ORDENADOR VIRTUALMENTE (BIMBER ET AL., 2001: 51).

Por otra parte, la representación de escenas aumentadas en las que se añaden elementos virtuales al espacio que rodea al usuario tuvo una de las experiencias de realidad aumentada de mayor escala en el *Science Centre de Orlando* (Florida), en el contexto de la exposición *Dino Digs* acerca de los fósiles de reptiles y peces marinos y que se denominó *MX Sea Creatures* (Hughes et al., 2004). El escenario fue la misma sala de la exposición donde se llevó a cabo la recreación aumentada del fondo marino. Para ello se instaló una

pantalla esférica a través de la cual se veía toda la sala y que permitía ver a los visitantes, el escenario real donde se encontraban junto a las escenas virtuales por ordenador. Además, adjunto a ésta se colocó un monitor donde aparecía un guía virtual. Cuando los visitantes se acercaban a la instalación, el guía virtual aparecía en el monitor anunciándoles el comienzo de un sorprendente viaje. Mientras el guía realizaba su exposición, la sala comenzaba a inundarse y a medida que se llenaba de agua virtual, los fósiles de la exposición cobran vida convirtiéndose la sala en un acuario virtual gigante. Los visitantes podían observar el medio ambiente del océano y los diferentes reptiles y peces del Cretácico. Transcurrido un tiempo la sala comenzaba a vaciarse y volvía a cobrar su aspecto original, pero antes de ello un Tilosaurio, un depredador marino del Cretácico, emergía del agua y capturaba a un Pterodáctilo que estaba sobrevolando la superficie del agua. Cuando la sala estaba completamente vacía, los visitantes podían comprobar en la exposición real, cómo los fósiles que se encontraban expuestos se correspondían con los dinosaurios virtuales que habían visto anteriormente, incluso un fósil del Tilosaurio con el esqueleto de su presa entre sus mandíbulas, lo que permitía tener en mente la experiencia de realidad aumentada en la visita de la exposición física, ilustrando los fósiles que allí aparecen.

También se elaboró un cuestionario que fue entregado a los visitantes de la exposición durante las tres semanas que se mantuvo la instalación. En la tabla siguiente se recogen los datos obtenidos de este sondeo y se destacó que para el 98% de los visitantes, la experiencia prologó su estancia en la exposición y que más del 80% repetiría la visita. El

mismo porcentaje de visitantes visitaría otras exposiciones similares y también coincidían en que la experiencia había servido para conocer mejor el periodo Cretácico. En resumen, los datos aportaban que la instalación que utilizaba la tecnología de realidad aumentada había enriquecido la experiencia de los visitantes y fomentaba a repetir la visita (Hughes et al., 2005).

| | TOTALMENTE DE ACUERDO (%) | DE ACUERDO (%) | NEUTRAL (%) | EN DESACUERDO (%) | TOTALMENTE EN DESACUERDO (%) |
|--------------------------------|---------------------------|----------------|-------------|-------------------|------------------------------|
| Ayuda a prolongar la visita | 34 | 46 | 2 | 0 | 0 |
| Invita a repetir la visita | 25 | 59 | 16 | 0 | 0 |
| Aprendizaje sobre el cretácico | 20 | 63 | 16 | 2 | 0 |
| Visitar exposiciones similares | 22 | 66 | 8 | 2 | 2 |
| Es una experiencia entretenida | 35 | 53 | 10 | 2 | 0 |

.....
 FIGURA 63. TABLA QUE MUESTRA LOS RESULTADOS ENTREGADOS A LOS USUARIOS QUE VISITARON LA EXPOSICIÓN *MX SEA CREATURES* Y QUE MUESTRA EL GRADO DE ACEPTACIÓN DE LAS NUEVAS TECNOLOGÍAS EN EL MUSEO (HUGHES ET AL., 2005: 26).

Los ensayos piloto acerca de este tipo de instalaciones de realidad aumentada en la que se aumenta virtualmente el espacio circundante también tuvo una experiencia en el Museo de Canterbury en la ciudad de Christchurch (Nueva Zelanda), que fue uno de los ejemplos

pioneros en utilizar un módulo de realidad aumentada dentro de sus salas. Este museo cuenta con una colección que tuvo su origen en los huesos y pieles de la desaparecida especie moa, una familia extinta de aves no voladoras que habitan las tierras neozelandesas hasta la llegada de los primeros cazadores maoríes a las islas. A esto se fueron añadiendo diferentes fondos etnológicos y de historia natural provenientes de las expediciones a la Antártida y sobre los asentamientos nativos de la región.

En 2009 fue instalado en la galería Ngā Taonga, dedicada a los artefactos de los maoríes primitivos, un binocular digital que basado en la tecnología de realidad aumentada permitía contextualizar los objetos mediante diferentes recursos virtuales.

El nombre del dispositivo conocido como *Digital Binocular Station* fue desarrollado por la empresa *MindSpace Solutions* que trabajó en estrecha colaboración con el personal del museo y los artistas maoríes Rua Paul and Rachael Rakena para la realización de los contenidos.

Se trata de unos binoculares anclados sobre una peana giratoria de manera que permite al visitante obtener una visión panorámica de la sala. Cuando se realiza el visionado de la misma, aparecen contenidos virtuales asociados a diez objetos predeterminados que se encuentran señalados con una luz brillante, de manera que al detener los binoculares durante tres segundos se activa la experiencia aumentada. Aquí los visitantes se encuentran con varias animaciones virtuales que sumergen al usuario en el pasado para comprobar las costumbres y usos de determinados artefactos que puede encontrar en la sala, explicando

la forma en que se hicieron, cómo se usaban, así como personajes maoríes contextualizados en su hábitat.

La pretensión del museo era ofrecer un nivel más profundo de conocimiento y comprensión de los artefactos a sus visitantes a través de la realidad aumentada.



.....
FIGURA 64. MUSEO DE CANTERBURY (NUEVA ZELANDA). *DIGITAL BINOCULAR STATION*
INSTALADO EN LA GALERÍA NGĀ TAONGA, DEDICADA A LOS ARTEFACTOS DE LOS MAORÍES
PRIMITIVOS, CON LA IMAGEN AUMENTADA DE LA SALA AL FONDO
([HTTP://DIGITALBINOCULARSTATION.COM](http://digitalbinocularstation.com)).

De la misma forma, desde julio de 2009 el *Voyager New Zealand Maritime Museum* en la ciudad de Auckland (Nueva Zelanda) cuenta en sus salas permanentes con el yate Black Magic (NZL 32) perteneciente a la Clase Internacional Copa América que tuvo un papel destacado en varias regatas realizadas durante la década anterior.

La sala del museo donde se ubica cuenta con una aplicación de realidad aumentada en la que es posible ver el funcionamiento de una tripulación virtual en 3D sobre la superficie del mismo.

A través de una pantalla móvil equipada con una cámara que capta la imagen real de la sala, es posible ver a cada miembro realizando las tareas propias de una regata. Cuando el usuario se detiene en uno de los personajes automáticamente aparece un cuadro de diálogo que indica el nombre y la función que tiene lugar en ese instante. Los efectos virtuales añadidos sobre los gráficos generados por ordenador fueron tratados con especial detalle con la intención de que la superposición de la imagen virtual sobre la real capturada por la cámara de la aplicación fuese lo más realista posible. Además también se incluían efectos sonoros que daban una mayor credibilidad a la escena que tenía lugar sobre la cubierta del NZL 32.

En el diseño de este módulo interactivo también se tuvo en cuenta el uso de una pantalla de gran formato que era manipulada libremente por el usuario, de la misma forma que era

posible que otros visitantes que no se encontraban interactuando directamente con la misma pudieran disfrutar de la experiencia como observadores.



.....
FIGURA 65. ESCENA AUMENTADA DEL YATE BLACK MAGIC (NZL 32) QUE OCUPA UNA DE LAS ESTANCIAS DEL *VOYAGER NEW ZEALAND MARITIME MUSEUM* EN LA CIUDAD NEOZELANDESA DE AUCKLAND. AQUÍ UNA TRIPULACIÓN VIRTUAL REALIZANDO LAS FUNCIONES PROPIAS DE UNA REGATA SE SUPERPONEN A LA IMAGEN REAL DEL YATE (MARITIMEMUSEUM.CO.NZ).

Las investigaciones realizadas hasta la fecha han aportado interesantes variantes de este tipo de aplicaciones, como ha sido el ya mencionado anteriormente a la hora de hablar de los dispositivos móviles, el concepto de *Cultural Heritage Layers*.

La experiencia se repitió en el *Allard Pierson Museum* cuyas exposiciones versan sobre las antiguas civilizaciones de Egipto, Mesopotamia, Grecia y el Imperio Romano, diseñando dos instalaciones para presentar los yacimientos arqueológicos de Satricum y el Foro Romano basadas en la tecnología de realidad aumentada.

Para ello se colocó dentro de la exposición una pantalla fija giratoria (*movablescreen*) con una cámara incorporada frente a una fotografía procedente de los fondos del museo perteneciente a ambos yacimientos.

Para una de ellas, se utilizó una ampliación de una antigua fotografía de la colección *Allard Pierson* del Foro Romano datada en 1855, en la que el usuario al hacer un recorrido panorámico por la fotografía, podía ver sobre los restos del foro las reconstrucciones virtuales de varios edificios, que estaban numerados como puntos de interés del foro (Templo de Saturno, Vía Sacra, Coliseo, etc.), junto a información adicional sobre los mismos.

Por su parte, en la aplicación del yacimiento de Satricum se recuperaba una imagen virtual tridimensional del templo primitivo del siglo X a. C. que se superponía a la fotografía de la excavación actual mostrando además, diferentes puntos de interés con información sobre la excavación, los artefactos hallados y la construcción de los templos.



.....
FIGURA 66. *ALLARD PIERSON MUSEUM*. USUARIO VISIONANDO A TRAVÉS DE LA *MOVABLESCREEN* LA REPRODUCCIÓN A GRAN ESCALA DE UNA FOTOGRAFÍA DEL FORO ROMANO EN RUINAS DURANTE UNA EXCAVACIÓN A TRAVÉS DE LA CUAL SE MOSTRARÍA DIFERENTES ETIQUETAS VIRTUALES CON INFORMACIÓN SOBRE LA IMAGEN DE FONDO (ZOELLNER ET AL., 2009B: 114).

En España este tipo de aplicaciones de realidad aumentada tiene también su representación en algunos ejemplos relacionados con espacios museísticos, formando

parte de experiencias pioneras y mostrándose como recursos museográficos vanguardistas que muestran diversas posibilidades mediante el uso de las reconstrucciones virtuales.

El Museo Arqueológico Municipal «Enrique Escudero de Castro» de Cartagena cuenta entre sus instalaciones con una experiencia de realidad aumentada pionera en nuestro país dentro de entornos museísticos.

Se trata de una aplicación que bajo el lema de “Una ventana al pasado” permite observar la reconstrucción virtual de la necrópolis tardorromana de San Antón, situada en las inmediaciones del museo, donde vuelven a la vida los restos arqueológicos aquí conservados.

La instalación, desarrollada por la empresa *NeoTecnó S.L.*, cuenta con una pantalla táctil de gran formato que conectada a una cámara permite visionar las ruinas de la necrópolis. Unos cursores permiten desplazar la cámara por una vista panorámica de los restos, mientras que el sistema superpone en tiempo real los gráficos virtuales que se muestran en la pantalla.

Así, la aplicación de realidad aumentada permite obtener una imagen aumentada del yacimiento en el que aparece la reconstrucción virtual de las diferentes estructuras en ruina sobre la imagen real del mismo.

Las posibilidades que ofrecen estas aplicaciones son muy diversas en este tipo de entornos arqueológicos, ya que en la interpretación de los yacimientos, la imaginación cuenta como

un factor muy importante por parte del público. La realidad aumentada aquí, ofrece la posibilidad de interpretar los restos de una forma fidedigna, donde el visitante puede acceder a los contenidos fácilmente, ayudando a comprender mejor la dimensión de las ruinas que aquí se encuentran.

Además de la reconstrucción virtual de las estructuras en estado fragmentario, en la instalación "Una ventana hacia el pasado", se ofrece una particularidad que aumenta la labor didáctica de la misma, como es la de mostrar unos personajes animados que evocan las escenas y ritos que se realizaban en la necrópolis en época tardorromana, dando a conocer de una manera más precisa la funcionalidad de estos espacios pudiendo analizar las costumbres funerarias del periodo y la utilización de objetos que se encontraron y que exhiben en la sala de exposición del museo.

Un ejemplo que ofrece una concepción que difiere a los anteriores casos relacionados con objetos culturales, se encuentra en el Centro de Visitantes «El Faro», abierto desde febrero de 2010, y perteneciente a la Ciudad Grupo Santander. Se trata de un complejo financiero que se ubica en Bobadilla del Monte, a las afueras de Madrid, que fue inspirado por la sede del *First Union Corporation* en Carolina del Norte (EE.UU.). Este centro de visitantes representa una primera toma de contacto con el complejo y pretende dar una primera imagen del mismo ofreciendo una visión innovadora a través de los últimos recursos tecnológicos de vanguardia que han sido desarrollados por la empresa *YDreams*.

Aquí se encuentra una gran maqueta del complejo desde una vista aérea. Alrededor se sitúan cuatro pantallas táctiles móviles que permiten, mediante el uso de la tecnología de realidad aumentada, explorar el conjunto y obtener información adicional sobre los puntos de interés del recinto. El visitante desplaza las pantallas móviles alrededor de la maqueta a medida que surgen diferentes etiquetas bidimensionales de los edificios que componen el recinto. Esto es posible gracias a una cámara que captura la imagen real de la maqueta que aparece en la pantalla, mientras que el sistema reconoce los diferentes edificios a los que asocia un contenido virtual específico. A través de la pantalla táctil, se podrá seleccionar una determinada etiqueta y acceder a la información que se presenta en forma de texto, imágenes o vídeos. Así por ejemplo será posible conocer detalles arquitectónicos de los edificios o conocer las funciones que se realizan en cada cual.



.....
FIGURA 67. CENTRO DE VISITANTES «EL FARO». INSTALACIÓN DE REALIDAD AUMENTADA DONDE UNAS PANTALLAS TÁCTILES MÓVILES SE DESPLAZAN ALREDEDOR DE UNA MAQUETA A VISTA DE PÁJARO DEL RECINTO DE LA CIUDAD GRUPO SANTANDER. EN LAS PANTALLAS APARECEN GRÁFICOS GENERADOS SOBRE ORDENADOR SOBRE CADA UNO DE LOS PUNTOS DE INTERÉS MEDIANTE ETIQUETAS CON INFORMACIÓN ADICIONAL DE TEXTO, IMAGEN O VÍDEO.

©YDREAMS.

El Museo Marítimo de Barcelona fue objeto de una interesante propuesta que pone en práctica la realidad aumentada como recurso de accesibilidad para los visitantes del museo. Se encuadra dentro del proyecto *Patrimonio accesible: I+D+i para una cultura sin*

barreras (PATRAC), financiado por el Ministerio de Educación y Ciencia. Este subproyecto pretende poner en práctica sistemas basados en la tecnología de realidad virtual y Aumentada para fomentar la accesibilidad de personas con movilidad reducida en entornos museísticos (Marambio et al., 2010). El escenario elegido fue la nave principal del Museo que alberga una pieza excepcional como es la reproducción de la Galera Real de Juan de Austria de grandes dimensiones, 60 metros de eslora y 6,2 metros de manga.

Uno de los trabajos realizados dentro del proyecto fue la creación de un modelo 3D de la sala del museo y de la galera, que serían utilizados en las aplicaciones. Para ello se utilizó un escáner láser terrestre, una herramienta que dentro del campo del patrimonio histórico está teniendo un gran desarrollo para la reproducción de modelos 3D de la obra original, ofreciendo reproducciones virtuales de gran precisión, sobre todo de estructuras arquitectónicas donde actualmente tiene una gran aplicación para procesos de restauración. En el modelado hubo que tener en cuenta algunos elementos como la fidelidad al original, ya que en las aplicaciones de realidad aumentada la superposición de los elementos virtuales sobre la imagen real debe coincidir a la perfección para ofrecer una visión realista. También se prestó atención al dispositivo en el que iba a ser mostrado el modelo virtual, respecto a la capacidad de procesado.

El dispositivo de realidad aumentada constaba de unas gafas con mini-pantallas incorporadas, que llevaban adosada una cámara web que capturaba la imagen del entorno real que se mostraba en las gafas, y un sensor que daba las coordenadas espaciales y de

orientación del usuario, con el fin de realizar la correcta sincronización entre la imagen real y el modelo virtual. Un procesador portátil, colocado en la silla, era el encargado de realizar las tareas informáticas necesarias.

El funcionamiento de la aplicación consistía en una serie de etiquetas emergentes que contenían información adicional sobre los elementos que se estaban visionando. Cuando el usuario mantenía la vista fija en algún punto determinado, automáticamente aparecían las etiquetas que mostraban fichas informativas o vídeos sobre ese punto de interés.

La experiencia realizada en el Museo Marítimo de Barcelona ha dado una nueva visión de las posibilidades que las nuevas tecnologías tienen dentro de tareas relacionadas con la difusión y comunicación del patrimonio cultural. La realidad aumentada, que está siendo utilizada con éxito en este campo, muestra una nueva faceta en la que además de esos objetivos, puede cumplir otras funciones como son las de accesibilidad. En este caso, proporcionar a personas en silla de ruedas la posibilidad de disfrutar de los contenidos a los que por la complejidad de las estructuras arquitectónicas, dificultan el paso. Así, en la Galera Real de Juan de Austria, la pendiente escalinata que hace posible observar el navío desde la parte superior, o el difícil acceso a la cubierta e interior de la misma no permiten el paso de una silla de ruedas, mientras que una solución alternativa resultaría compleja o inviable, por el lugar en el que se encuentra y las dimensiones estructurales de la pieza. La aplicación haría posible que un visitante con problemas de movilidad, pudiera tener acceso a información relacionada con la morfología, elementos constituyentes y funcionamiento,

mediante etiquetas inteligentes virtuales que se combinarían con la imagen real periférica del navío. Esa información ofrecería, junto a contenidos basados en texto, algunas fotografías y vídeos, mientras que el modelo virtual tridimensional podría presentar perspectivas que no son accesibles sobre la planta del museo, posibilitando disfrutar en su totalidad de la experiencia museística. El dispositivo utilizado, unas gafas con cámara web incorporada, representa una solución válida por su reducido peso, aunque la necesidad de llevar un procesador portátil en la silla, hace mucho más complejo su uso. Además, la utilización de gafas con cámara incorporada, podrían resultar incómodas durante su utilización. Sería interesante que la aplicación se implementara en teléfonos móviles que actualmente ofrecen grandes posibilidades y grandes ventajas frente a otros dispositivos como sus condiciones de ergonomía, además de evitar que el museo en cuestión deba proporcionar el dispositivo, puesto que cada visitante utilizaría su propio móvil.

En Latinoamérica también encontramos aplicaciones similares que constituyen un referente pionero a nivel internacional, como es el caso de la llamada estación interactiva ARAGON (Aplicación de realidad aumentada de Primera Generación)³⁸ que fue desarrollada dentro del proyecto Al pie de la Muralla promovido por la Intendencia de la Ciudad. Ésta estación, que tras varias presentaciones y prototipos fue instalada a finales de

³⁸ Puede encontrarse información adicional con imágenes y un video explicativo de la estación ARAGON en la noticia aparecida en *PATIO*, el Boletín digital de Novedades de la Facultad de Arquitectura de la Universidad de la República Oriental del Uruguay, accediendo al enlace: <http://www.farq.edu.uy/patio/investigacion/aragon.html> [consultado: 15.12.2012].

2012, tiene su ubicación permanente en el Complejo Cultural Muralla Abierta, inaugurado a finales de 2011, conformado por el Museo de las Migraciones y el Museo de la Ciudad, y donde se hayan parte de los restos arqueológicos más importantes de la fortaleza colonial de Montevideo.

La estación ARAGÓN se basa en una pantalla móvil que permite tener una vista panorámica de 360º, cuyo prototipo fue desarrollado por la acción del Laboratorio de Visualización Digital Avanzada (ViDiALab) perteneciente al Departamento de Informática de la Facultad de Arquitectura de la Universidad de la República en Montevideo (Uruguay), en colaboración con el Grupo de Informática Gráfica Avanzada (GIGA) de la Universidad de Zaragoza (España).

La aplicación consiste en un recorrido panorámico por la desaparecida muralla de la ciudad vieja, mediante la superposición virtual de capas de información que permiten observar la reconstrucción de la antigua muralla sobre el lugar actual que debió haber ocupado según los estudios arqueológicos realizados en la zona. Las diferentes capas pueden ser seleccionadas en diferentes grados de opacidad, de forma que la combinación de la imagen real y los modelos virtuales pueden ser detallados por el usuario según sus preferencias. Además, este recorrido se completa con la posibilidad de acceder a contenidos multimedia adicionales (texto, imágenes, vídeo, etc.), que se corresponden con los puntos de interés para los visitantes.

Así, permitía a los usuarios realizar un viaje en el tiempo y conocer el aspecto de la muralla de Montevideo tal y como se encontraba durante la época colonial a través de su reconstrucción virtual, y mediante el uso de la tecnología de realidad aumentada.



.....

FIGURA 68. MÓDULO INTERACTIVO ARAGON SITUADO EN SU EMPLAZAMIENTO QUE OFRECE UNA IMAGEN AUMENTADA DONDE SE RECUPERA VIRTUALMENTE SEGÚN LA SELECCIÓN DEL USUARIO LA UBICACIÓN ORIGINAL Y ASPECTO DE LA MURALLA DE MONTEVIDEO TAL Y COMO SE ENCONTRABA DURANTE LA ÉPOCA COLONIAL (WWW.FARQ.EDU.UY).

En España algunos de los casos más recientes muestran la proliferación de las reconstrucciones virtuales a través de la tecnología de realidad aumentada ofreciendo escenas en las que lo real y lo virtual conviven en un mismo espacio.

Aquí tenemos el Museo de la Evolución Humana (MEH) de Burgos que desde 2012 cuenta en sus inmediaciones con un interactivo donde la realidad aumentada sirve para recrear diferentes etapas evolutivas del yacimiento de Atapuerca, centro temático del museo. La aplicación desarrollada por el Instituto Tecnológico de Castilla y León (ITCL) junto al personal de la institución museística, consiste en la instalación de un módulo conformado por una pantalla giratoria a través de la cual la planta baja del recinto se convierte en el escenario para revivir diferentes etapas relacionadas con el yacimiento, donde se encuentran los diferentes pobladores homínidos (*homo antecessor*, *homo heidelbergensis*, *homo neandertal* y *homo sapiens*), además de las especies de fauna y flora que poblaban la sierra de Atapuerca en cada periodo.

El interactivo se divide en cuatro escenas donde los homínidos y paisajes prehistóricos cobran vida mediante animaciones que representan la morfología y los modos de vida de cada etapa.

De esta forma, en la primera escena se retrotrae al Pleistoceno inferior, hace 850 millones de años, para mostrar un caso documentado de canibalismo en el yacimiento en el que aparece un *homo antecessor* consumiendo el cadáver de otro congénere.

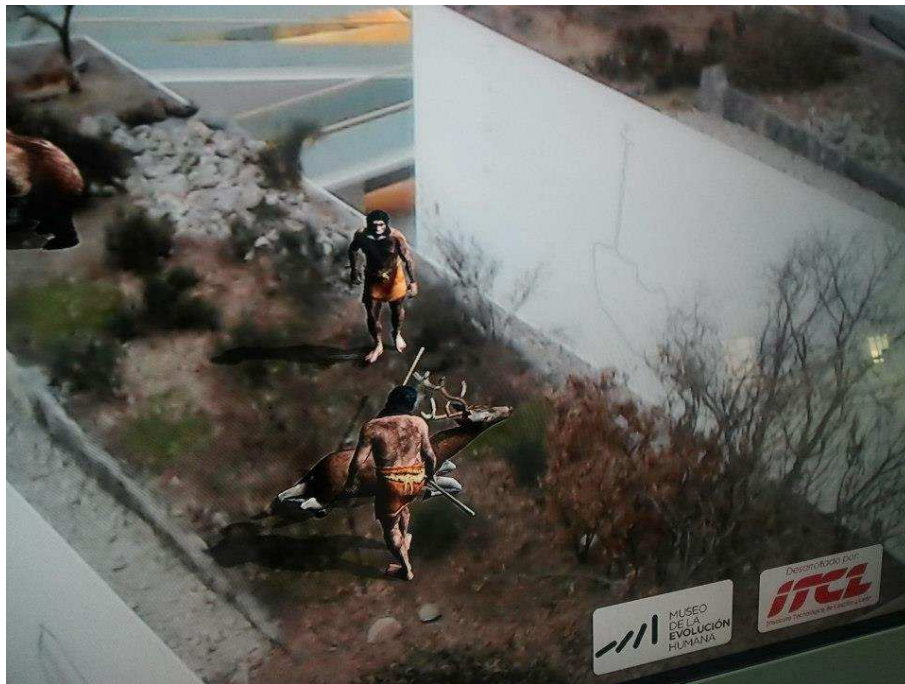
Otra de las escenas lleva al Pleistoceno medio, hace 600.000 años, donde se alude a la fauna que poblaba la zona en ese periodo, apareciendo un jaguar cazando un gamo, hienas comiendo los restos de un animal, o macacos habitando las copas de los árboles. Junto a ellos también se representa la especie *homo heidelbergensis*, donde varios individuos se encuentran realizando las tareas propias de la recolección.

Una escena de caza con el *homo heidelbergensis* como protagonista, centra la tercera escena datada hace 350.000 años, en la que tras atrapar a su presa arroja su lanza al espectador. Aquí aparecen dos especies carnívoras que existían en el pasado como son un oso y un león.

Por último la etapa más reciente del yacimiento de Atapuerca muestra un paisaje nevado donde un grupo de *neandertales* hacen fuego y curten pieles tal y como sería hace 50.000 años.



.....
FIGURA 69. MUSEO DE LA EVOLUCIÓN HUMANA. MÓDULO INTERACTIVO SITUADO EN EL MUSEO QUE CONSTA DE UNA PANTALLA GIRATORIA A TRAVÉS DE LA CUAL LA PLANTA BAJA DEL RECINTO SE CONVIERTE EN EL ESCENARIO PARA REVIVIR DIFERENTES ETAPAS RELACIONADAS CON EL YACIMIENTO DE ATAPUERCA (MUSEOEVOLOCIONHUMANA.COM).



.....

FIGURA 70. MUSEO DE LA EVOLUCIÓN HUMANA. ESCENA AUMENTADA QUE PUEDE VISIONARSE EN EL MÓDULO INTERACTIVO DONDE SE REPRESENTA UNA ESCENA VIRTUAL DE CAZA POR UNO DE LOS ANCESTROS HOMÍNIDOS TOMANDO COMO ESCENARIO LAS INSTALACIONES DE LA PLANTA BAJA DEL MUSEO (MUSEOEVOLUCIONHUMANA.COM).

También encontramos otra experiencia similar aplicada los restos de la ya mencionada antigua necrópolis monumental de Yabal Faruh en Málaga (España) al referirnos a las guías personales. Aquí la empresa malagueña *Arpa-Solutions* ha sido la encargada del desarrollo tecnológico para una aplicación de realidad aumentada junto con la colaboración de un

grupo de arqueólogos de la Delegación de la Consejería de Cultura que han aportado la documentación necesaria para la misma.

El proyecto ha consistido además de una aplicación para dispositivos portátiles ya comentada en este capítulo, en el diseño de un punto fijo en el yacimiento consistente en una pantalla giratoria que permita observar la reconstrucción virtual de los restos que se conservan en el yacimiento, como las tumbas monumentales, la mezquita o el detalle del mihrab, a escala real y ocupando la posición que tuvieron antaño según los estudios arqueológicos.

BIBLIOGRAFÍA

- BELLIDO, M. L. y RUIZ, D. (2012): «Museos de nueva generación: la pantalla como acceso», disponible en http://www.museosargentinos.org.ar/investigacion_03.pdf [consultado: 03.01.2013].
- BIMBER, O., ENCARNANÇA, L. M. y SCHMALSTIEG, D. (2003): «The virtual showcase as a new platform for augmented reality digital storytelling», en AA. VV., *Proceedings of the workshop on Virtual environments*, New York, ACM, pp. 87 - 95.
- BIMBER, O., FRÖHLICH, B., SCHMALSTIEG, D., y ENCARNANÇA, L. M. (2001): «The virtual showcase», *IEEE Comput. Graph. Appl.* vol. 21, nº 6, pp. 48-55.
- BULLÓN DE MENDOZA, A. (coord.) (2004): *Las guerras carlistas: [exposición] del 6 de mayo al 13 de junio de 2004*, Madrid: Subdirección General de Promoción de las Bellas Artes.
- BURQUEÑO, M. J. (2010): «La cápsula del tiempo en la real casa de correos», disponible en <http://www.revistadearte.com/2010/07/28/la-capsula-del-tiempo-en-la-real-casa-de-correos/> [consultado: 28.09.2012].

- CASTILLO, J. C., y CASTILLO, J. L. (2003): «la organización militar de la orden de calatrava en el alto Guadalquivir a través de las investigaciones arqueológicas», *Arqueología y territorio medieval*, nº 10, 2, pp. 181-231.
- CASTILLO, J. L., y CASTILLO, J. C. (2006): «Las defensas de Alcaudete (Jaén) en época almohade», *Arqueología y territorio medieval*, Nº 13, 1, 2006, pp. 95-154.
- CASTLE, R. (2009). *Simultaneous recognition, localization and mapping for wearable visual robots*, tesis doctoral de la Universidad de Oxford.
- CHOUDARY, O., CHARVILLAT, V., GRIGORAS, R., y GURDJOS, P. (2009): «MARCH: mobile augmented reality for cultural heritage», en AA. VV., *Proceedings of the Seventeen ACM international Conference on Multimedia (MM '09)*. ACM, New York, pp. 1023-1024.
- DAMALA, A. (2009): *Interaction design and evaluation of mobile guides for the museum visit: a case study in multimedia and mobile augmented reality*. Tesis Doctoral, CEDRIC, disponible en <<http://cedric.cnam.fr/PUBLIS/RC1830.pdf>> [consultado: 15.01.2013].
- DAMALA, A., MARCHAL, I. y HOULIER, P. (2007): «Merging augmented reality based features in mobile multimedia museum guides», en AA. VV., *Anticipating the Future of the Cultural Past (CIPA 2007)*, New York, ACM, pp. 259 – 264.
- DAMALA, A., STOJANOVIC, N., SCHUCHERT, T., MORAGUES, J., CABRERA, A., y GILLEADE, K. (2012): «Adaptive augmented reality for cultural heritage:

- ARtSENSE project», en M. Ioannides, D. Fritsch, J. Leissner, R. Davies, F. Remondino y R.Caffo (eds.), *Progress in Cultural Heritage Preservation*, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, vol. 7616, pp. 746-755.
- DAMALA, A., y STOJANOVIC, N. (2012): «Tailoring the adaptive augmented reality (A2R) museum visit: identifying cultural heritage professionals motivations and needs», en AA. VV., *Proceedings of IEEE International Symposium on Mixed and Augmented Reality - Arts, Media and Humanities*, Atlanta, pp. 71-80.
 - FERNANDES, I.; LANDAU, L. y GOMES, G. (2011): «Realidade aumentada em museus: as batalhas do Museu Nacional de Belas Artes», *Virtual Reality Journal*, 4, vol. 1, pp. 35 – 55.
 - GRUPO ORETO/ARCO (2009): «Realidad aumentada. Proyecto museo virtual», *Síntesis de Imagen Digital 3D. Aplicaciones y Portfolio de Proyecto*, Escuela Superior de Informática, Universidad de Castilla - La Mancha, disponible en http://www.inf-cr.uclm.es/www/cglez/downloads/projects/3D_ArcoOreto.pdf [consultado: 24.12.2012].
 - HUGHES, C. E., SMITH, E., STAPLETON, C. B. y HUGHES, D. E. (2004): «Augmenting museum experiences with mixed reality», en AA. VV., *Proceedings of Knowledge Sharing and Collaborative Engin*. ACTA Press, pp. 22-24.

- HUGHES, C. E., STAPLETON, C. B., HUGHES, D. E. y SMITH, E. M. (2005): «Mixed reality in education, entertainment, and training», *IEEE Comput. Graph. Appl.*, vol. 25, nº 6, pp. 24-30.
- KRAUß, M. y BOGEN, M. (2010): «Conveying cultural heritage and legacy with innovative ar-based solutions», en J. Trant y D. Bearman (eds.), *Museums and the Web 2010: Proceedings*, Toronto: Archives & Museum Informatics, disponible en <<http://www.archimuse.com/mw2010/papers/krauss/krauss.html>> [consultado: 01.12.2012].
- LASA, A. (2009): «VIVE la TECNOLOGÍA. Centro de Interpretación de la Tecnología BTEK», *Foro Ibero-Americano de Comunicación y Divulgación Científica (Comunicación)*, disponible en <http://www.oei.es/forocampinas/PDF_ACTAS/COMUNICACIONES/grupo5/143.pdf> [consultado: 28.02.2012].
- LIAROKAPIS, F., SYLAIIOU, S., BASU, A., MOURKOUSSIS, N., WHITE, M. y LISTER, P. F. (2004): «An interactive visualization interface for virtual museums», en D. Fellner, S. Spencer (eds.), *Proceedings of the 5th International Symposium on Virtual Reality, Archaeology and Cultural Heritage.*, pp. 47 – 56.
- MARAMBIO, A. (2010): «Nuevas formas de accesibilidad a través de aplicaciones con realidad virtual y aumentada en el Museo Marítimo de Barcelona: Proyecto PATRAC, Subproyecto3», *ACE – Arquitectura, Ciudad y Entorno*, nº 13 (junio), año

V, pp. 145 – 160, disponible en
<http://upcommons.upc.edu/revistes/bitstream/2099/9203/7/ACE_13_SE_16.pdf>

[consultado: 23.11.2012].

- MASE, K., KADOBAYASHI, R. y NAKATSU, R. (1996): «Meta-Museum: a supportive augmented-reality environment for knowledge sharing», en AA. VV., *Proceedings of International Conference on Virtual Systems and Multimedia (VSMM '96)*, IEEE Computer Society Press, pp. 107-110.
- MELLADO, V. (2006): «Donostia, arde la ciudad», disponible en <http://www.diariovasco.com/prensa/20061011/san_sebastian/donostia-arde-ciudad_20061011.html> [consultado: 11.01.2013].
- PEULA, J. M., TORRES, F., URDIALES, C. y SANDOVAL, F. (2008): «Aplicación de realidad aumentada para la educación y difusión del patrimonio», *XXII Simposium Nacional de la Unión Científica Internacional de Radio*, disponible en <http://ursi.usc.es/paginas/index_congresosreali.htm> [consultado: 25.03.2013].
- REKIMOTO, J., y NAGAO, K. (1995): «The world through the computer: computer augmented interaction with real world environments», en AA. VV., *Proceedings of the 8th Annual ACM Symposium on User interface and Software Technology (UIST '95)*, New York, ACM, pp. 29-36.
- RUIZ, D. (2012): «La Realidad Aumentada, un nuevo recurso dentro de las Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC) para los museos del siglo

- XXI», *Intervención. Revista Internacional de Conservación, Restauración y Museología*, año 3, nº 5, 39 - 44.
- RUIZ, R. (2005): «Museo Virtual de Calakmul», *Gaceta de Museos*, INAH, México, nº 33. pp. 22 – 27.
 - RUIZ, R., WEGHORST, S., SAVAGE, J., OPPENHEIMER, P., FURNESS, T.A. y DOZAL, Y (2002): «Virtual reality for archeological Maya cities», *UNESCO World Heritage Conference*, Mexico D.F., disponible en <http://www.hitl.washington.edu/publications/r-2004-51/r-2004-51.pdf> [consultado: 06.01.2013].
 - SCHAVEMAKER, M., Y WILS, H. (2011): «Augmented reality and the museum experience», en J. Trant y D. Bearman (eds.), *Museums and the Web 2011: Proceedings*, Toronto: Archives & Museum Informatics, disponible en http://www.museumsandtheweb.com/mw2011/papers/augmented_reality_and_the_museum_experience [consultado: 25.11.2012].
 - THIAN, C. (2012): «Augmented Reality -What Reality Can We Learn From It?», en *Museums and the web*, disponible en http://www.museumsandtheweb.com/mw2012/papers/augmented_reality_what_reality_can_we_learn_fr [consultado: 29.12.2012].
 - VILAU (2006): «Vilau presenta un juego de realidad aumentada que recrea la liberación de San Sebastián en 1813», disponible en

<http://www.vilau.net/es/noticias/87792/vilau-presenta-juego-realidad-aumentada-recrea-liberacion/> [consultado: 31.10.2011].

- WAGNER, D., y SCHMALSTIEG, D. (2007): «*Mobile Augmented Reality Quest (MARQ)*», disponible en <http://handheldar.icg.tugraz.at/marq.php> [consultado: 02.01.2013].
- WOJCIECHOWSKI, R., WALCZAK, K., WHITE, M., y CELLARY, W. (2004): «Building virtual and augmented reality museum exhibitions», en AA. VV., *Proceedings of the Ninth international Conference on 3D Web Technology (Web3D '04)*, New York, ACM, pp. 135-144.
- WOODS, E., BILLINGHURST, M., LOOSER, J., ALDRIDGE, G., BROWN, D., GARRIE, B., y NELLES, C. (2004): «Augmenting the science centre and museum experience», en AA. VV., *Proceedings of the 2nd international Conference on Computer Graphics and interactive Techniques in Australasia and South East Asia*, New York, ACM, pp. 230-236.
- ZOELLNER, M., KEIL, J., DREVENSEK, T. y WUEST, H. (2009): «Cultural heritage layers: integrating historic media in augmented reality», en AA. VV., *Proceedings of the 2009 15th international Conference on Virtual Systems and Multimedia*, Washington DC, IEEE Computer Society, pp. 193-196.
- ZOELLNER, M., KEIL, J., WUEST, H. y PLETINCKX, D., (2009b): «An augmented reality presentation system for remote cultural heritage sites», en AA. VV., *10th*

International Symposium on Virtual Reality, Archaeology and Cultural Heritage

(VAST 2009), Msida: University of Malta, pp. 112-116.

8. REALIDAD AUMENTADA EN ESPACIOS PATRIMONIALES

La realidad aumentada se ha convertido en una de las nuevas herramientas para la difusión y conocimiento del patrimonio a través de las Tecnologías de la Información y de la Comunicación (TICs). Sin embargo, aún es un concepto desconocido por el público en general frente a la realidad virtual que en su caso se encuentra totalmente asentado y sobre la cual se han realizado diversas experiencias relacionadas con el patrimonio. La realidad aumentada se presenta como un recurso que ofrece ventajas sobre la realidad virtual en este campo ya que mezcla la realidad con elementos virtuales de manera que no es necesario estar inmerso en un mundo virtual, sino que se trata del mundo real al que se le añaden elementos virtuales que lo complementan obteniendo una imagen aumentada de la realidad. Este hecho ha sido bien valorado desde este campo a través de las investigaciones y experiencias que se han realizado con realidad aumentada y que han mostrado el potencial y compatibilidad de esta tecnología con el patrimonio.

- **LOS PRIMEROS ENSAYOS: EL POTENCIAL DE LA REALIDAD AUMENTADA EN YACIMIENTOS ARQUEOLÓGICOS**

Actualmente, el avance en las investigaciones con nuevas tecnologías aplicadas al campo del patrimonio cultural y arqueológico ha tenido una gran acogida permitiendo obtener mejores resultados en lo que se refiere al conocimiento y difusión de los contenidos científicos, constituyendo un recurso al alcance de cualquier usuario. La realidad aumentada se ha incorporado recientemente y con gran aceptación como una herramienta capaz de ofrecer resultados satisfactorios en el patrimonio cultural por su carácter altamente didáctico y por la fusión del mundo real con el mundo virtual recreando entornos aumentados de gran realismo para el usuario.

Por su parte, la labor arqueológica se centra en la reconstrucción del pasado a través de sus restos conservados pero muchas veces es difícil saber interpretar para el no erudito en la materia esos datos obtenidos mediante las excavaciones realizadas en un determinado yacimiento. Por ello esta ciencia se ha sabido nutrir de las nuevas tecnologías para hacer posible y sobre todo "visible", esos datos extraídos de los estudios previos con el fin de presentarlos ante la sociedad de una forma didáctica y contribuir a la difusión e interpretación de los mismos. La realidad aumentada no constituye una excepción, y especialmente por esa capacidad de combinar el mundo real con el virtual, que permite insertar reconstrucciones virtualmente sobre los restos arqueológicos conservados, han hecho de esta tecnología un importante aliado para el mundo de la arqueología. Por esta razón, no es de extrañar que los primeros ensayos realizados con realidad aumentada aplicada al campo patrimonial, hayan estado vinculados al mundo de la arqueología

mostrando las ventajas y potencialidad que presenta y encontrando un amplio desarrollo a través de los proyectos e investigaciones realizados, que han hecho destacar a esta tecnología derivada de la realidad virtual, dentro del campo patrimonial con gran fuerza frente a otras áreas de conocimiento.

- ARCHEOGUIDE

ARCHEOGUIDE³⁹ resulta ser uno de los referentes más destacados en cuanto a la aplicación de la tecnología de realidad aumentada al campo patrimonial y más concretamente al campo arqueológico. Este proyecto fue una iniciativa de la Unión Europea que denominó al proyecto como *Project Archeoguide IST-1999-11306*, y tuvo una implicación a nivel europeo en el que intervinieron varias empresas privadas financiadoras como *Intracom S.A.* (Grecia), *Computer Graphics Center (ZGDV)* (Alemania), *Centro de Computação Gráfica (CCG)* (Portugal), *A&C 2000 Srl* (Italia), *Post Reality S.A.* (Grecia) y el Ministerio de Cultura Griego. Los resultados obtenidos por el equipo de investigadores que desarrollaron el proyecto durante los primeros años de la década de 2000, han tenido una gran trascendencia en el mundo académico a nivel internacional siendo referente en la utilización de la tecnología de realidad aumentada para sitios arqueológicos.

³⁹ Podemos encontrar en la web del proyecto ARCHEOGUIDE las numerosas publicaciones obtenidas del mismo además de una descripción del proyecto. En: <http://archeoguide.intranet.gr/> [consultado: 15.08.2012].

ARCHEOGUIDE, una abreviación de *Augmented Reality-Based Cultural Heritage On-Site Guide*, se gestó como una investigación que pretendía explorar y poner en práctica las posibilidades de la tecnología de realidad aumentada en el campo del patrimonio cultural realizando su aplicación en yacimientos arqueológicos de Grecia. Se trata de un sistema móvil que sirve como guía interactiva aplicada en yacimientos arqueológicos al aire libre, que experimenta con los últimos avances en realidad aumentada móvil, visualización 3D, y conexiones inalámbricas. Como escenario donde realizar esta experiencia con realidad aumentada se eligió el sitio arqueológico de Olimpia en Grecia donde se realizaron los estudios prácticos y demostrativos, junto con la evaluación por usuarios reales. El lugar, donde tenían lugar los antiguos juegos olímpicos, presenta un gran número de visitantes y además posee una gran cantidad de hallazgos y ruinas históricas que lo hacen idóneo para una aplicación de realidad aumentada.

En primer lugar se hizo un reconocimiento del terreno en el que se desarrollaría la aplicación mediante fotografías aéreas y mapas digitales del relieve a través de sistemas de información geográfica (GIS, *Geographical Information System*). Con ello se obtuvo la información del terreno necesaria en 3D para identificar los distintos monumentos y los diferentes puntos de vista sobre los que trazar el itinerario de la visita guiada. Además se realizó un exhaustivo reportaje fotográfico de los monumentos desde el punto de vista que el usuario tendría en su recorrido, de manera que quedaría "como una película" de la trayectoria de la mirada del usuario (Vlahakis et al., 2002b). Esto último presenta gran

importancia ya que a partir de estos datos se podrán diseñar los modelos en 3D que posteriormente se superpondrán a la imagen real del monumento a partir de los datos arqueológicos y dibujos arquitectónicos existentes sobre el yacimiento.

Para que la visita guiada al aire libre tuviera éxito, se diseñó un sistema basado en una arquitectura cliente-servidor en la que se intercambiaba la información entre un sistema central que controlaba la aplicación y las unidades móviles. Este sistema comprendía tres módulos que son: el *Site Information Server* que sería el sistema central que realiza las principales operaciones y que contenía la base de datos multimedia del sistema con toda la información de tipo audiovisual como modelos 3D, las unidades móviles que representarían los dispositivos portátiles donde los usuarios verían los datos aumentados, y una infraestructura inalámbrica que permitía intercambiar los datos entre las unidades móviles y el sistema central, y que realizaba las operaciones computacionales demasiado complejas para esas unidades.

En cuanto a las unidades móviles, eran dispositivos portátiles diseñados para proporcionar la información desde la base de datos central a los usuarios de la visita, incorporando un sistema híbrido que mostraba una visión aumentada al usuario. Así, estos dispositivos poseían un sistema diferencial de geoposicionamiento (DGPS) que identificaba la posición del usuario y la orientación de su campo visual, de manera que permitía realizar las tareas de renderizado de los modelos 3D de templos, esculturas o animaciones, sobre la visión real de las ruinas y su entorno circundante. Estos dispositivos realizaban las tareas de

seguimiento y renderizado de los datos proporcionados desde la posición del usuario y los datos proporcionados desde la base de datos central, en función a la información que el usuario demandase en ese preciso momento (Vlahakis et al., 2002b).

En ARCHEOGUIDE se utilizaron tres tipos de dispositivos portables para realizar las visitas guiadas que son un ordenador portátil, una *tablet* PC y un PDA, aunque únicamente en el primer caso se utilizaba la tecnología de realidad aumentada, ya que en los otros no se mostraba una imagen híbrida y en tiempo real entre la visión del entorno circundante por el usuario y las imágenes generadas por ordenador. Así, centrándonos en el dispositivo de realidad aumentada, se utilizó un ordenador portátil de alta gama que estaba conectado a un HMD que el usuario llevaba sobre su cabeza y que incorporaba una cámara web y una brújula digital sobre el mismo. El ordenador portátil iba en una mochila junto al receptor GPS diferencial (DGPS), la batería, el módulo de distribución de energía y el hardware WLAN para la conexión inalámbrica de datos. El dispositivo portátil captaba la posición del usuario y enviaba la información a la base central de datos que identificaba el monumento que se corresponde con su localización. El sistema central transmitía los datos audiovisuales que se correspondían con la posición del usuario, y el dispositivo portátil realizaba las tareas que mostraban la información virtual sobre la imagen real del monumento captada por la cámara. Al mismo tiempo, una narración de audio era sincronizada con la imagen visual que se mostraba en el *display* del HMD a través de unos auriculares. En este caso, el sistema personalizaba automáticamente la visita guiada de

acuerdo al perfil de cada usuario, que había sido introducido antes de comenzar la visita (Vlahakis et al. 2002).



.....
FIGURA 71. ARCHEOGUIDE. IMAGEN DE LA UNIDAD MÓVIL BASADA EN UN ORDENADOR PORTÁTIL CON EL CUAL SE DESARROLLA LA APLICACIÓN DE REALIDAD AUMENTADA A TRAVÉS DE UNOS HMDs (GLEUE ET AL., 2001).

Volviendo a los módulos que integran el sistema ARCHEOGUIDE, tras mencionar el sistema central y las unidades móviles, es necesario aludir a la red inalámbrica que hace posible el intercambio de datos entre uno y otros. Las grandes dimensiones del sitio arqueológico, de 300 metros por 500 metros, hicieron necesario la instalación de un sistema inalámbrico a través de la creación de una red local o WLAN que abarcara todo el espacio e hiciera posible la comunicación entre el usuario y el sistema central. Esta red se instaló mediante tres antenas que actuaban como puntos de acceso al sistema, colocadas en el perímetro del yacimiento con la intención de evitar daños físicos al entorno o cualquier tipo de distorsión del entorno arqueológico, y que permitieran cubrir el espacio de la visita por el yacimiento. Estas antenas presentaban unos receptores GPS diferenciales (DGPS) que recibían la información sobre la posición del usuario y enviaban la información al sistema de datos central que a su vez le enviaba la información demandada por la posición del usuario y que se le transmitía al receptor GPS de la unidad móvil en concreto. También se instalaron antenas secundarias de menor tamaño camufladas por la vegetación en el recorrido que comunicaban los puntos de acceso con las diferentes estaciones del recorrido de la visita. El diseño de las antenas, además de constar con un receptor GPS diferencial (DGPS), poseía placas solares que permitían cargar unas baterías situadas a los pies de las mismas, solucionando así el problema de instalar estos dispositivos al aire libre.

Centrándonos más en la aplicación de la tecnología de realidad aumentada en el proyecto ARCHEOGUIDE, uno de los parámetros más importantes y complejos en su aplicación es lo que se refiere al reconocimiento (tracking) y renderizado de la imagen. Esta resulta ser una tarea compleja ya que es necesario que el reconocimiento sea lo más preciso posible y en tiempo real, para que la imagen virtual se corresponda exactamente con la imagen del entorno real que percibe el usuario. En ARCHEOGUIDE se propuso un sistema basado en imágenes estándar del entorno, que serían consideradas como "imágenes de referencia" y que el sistema debería reconocer (Stricker et al., 2001). Estas imágenes se correspondían con la visión del usuario que tiene una vez que ha llegado a unos puntos visuales (marcados en el suelo) y que previamente habían sido introducidas en el sistema a modo de fotogramas de una película. La imagen captada por la cámara que portaba el usuario y que se correspondía con la imagen real que estaba viendo, era enviada a la base de datos central que comparaba esa imagen con todas las imágenes de referencia habiendo sido transformadas a un lenguaje 2D para un análisis comparativo más preciso. La imagen que contuviera un mayor número de semejanzas sería la que se corresponda con la imagen real que el usuario tiene delante de sí mismo, así como la posición y orientación. Sobre esta imagen el sistema generaría los gráficos virtuales que se corresponden con su imagen para mostrarlos en el *display* del HMD.

Otra de las herramientas utilizadas en ARCHEOGUIDE para la consecución de un entorno aumentado, es la que se encarga del renderizado de la imagen virtual generada por

ordenador con la imagen real del entorno. Para ello se utilizó un software denominado *Avalon* desarrollado por ZGDV que presentaba entre sus ventajas el haber sido testado ya en numerosas aplicaciones de realidad virtual, además de poseer una herramienta para el modelado virtual (Stricker et al., 2001).

Una vez vistas las infraestructuras necesarias para la consecución de una aplicación de realidad aumentada en un espacio al aire libre podemos señalar algunas de esas aplicaciones que se crearon en el proyecto ARCHEOGUIDE para el yacimiento arqueológico de Olimpia. Una de las principales aplicaciones está relacionada con la posibilidad de ver sobre las ruinas del edificio la reconstrucción virtual en 3D del mismo junto a información adicional de audio y texto, permitiendo al usuario tener consciencia del estado del edificio en la época de los antiguos Juegos Olímpicos y además observar la correspondencia con los restos arqueológicos que se conservan en la actualidad. Las aplicaciones de realidad aumentada se realizaron sobre cuatro de los edificios más importantes como fueron el Templo de Hera, el Templo de Zeus, el *Philippeion* y el *stadium*.



.....
FIGURA 72. ARCHEOGUIDE. IMAGEN QUE MUESTRAN EL TEMPLO DE HERA DE OLIMPIA EN SU
ESTADO DE CONSERVACIÓN ACTUAL (VLAHAKIS ET AL., 2001: 136).



.....
FIGURA 73. ARCHEOGUIDE. IMAGEN AUMENTADA DEL TEMPLO DE HERA DE OLIMPIA CON LA RECONSTRUCCIÓN VIRTUAL DEL MISMO QUE EL USUARIO VERÍA A TRAVÉS DEL HMD (VLAHAKIS ET AL., 2001: 136).

Con respecto al *stadium* de Olimpia, se realizó una de las aplicaciones con realidad aumentada más novedosas al recrear una carrera de atletas de la Antigua Grecia, más concretamente lo que ellos denominaban *Diaulos* que era una carrera de ida y vuelta que tenía lugar en el *stadium* (Vlahakis et al., 2001). Para ello se realizaron modelos virtuales de

los atletas basados en la bibliografía específica y en las descripciones históricas, para después dotarlos de animación adquiriendo movimientos “humanos” que permitirían al atleta virtual realizar la carrera de la forma más realista posible, además de caracterizar a cada atleta para diferenciarlos según su masa muscular, su actividad antes y durante la carrera, etc⁴⁰. De esta forma, se creaba una aplicación de realidad aumentada en la que sobre las ruinas del antiguo *stadium* parecían los avatares de cinco atletas virtuales que revivían la carrera permitiendo al usuario conocer de una forma lúdica y al mismo tiempo pedagógica, los deportes practicados en los antiguos Juegos.

⁴⁰ Para la animación y caracterización de los atletas virtuales se utilizó un tipo de software denominado H-ANIM utilizado para aplicaciones de realidad virtual.



.....

FIGURA 74. ARCHEOGUIDE. IMAGEN QUE MUESTRAN LA ESCENIFICACIÓN DEL DIAULOS O CARRERA DE IDA Y VUELTA SOBRE LAS RUINAS DEL *STADIUM* DE OLIMPIA. EN LA ESCENA DE LA CARRERA, EL SISTEMA DE REALIDAD AUMENTADA PERMITE VER A OTROS USUARIOS OBSERVANDO LA MISMA ESCENA DOTANDO A LA EXPERIENCIA DE UN MAYOR REALISMO (VLAHAKIS ET AL., 2001: 137).

Por último, el proyecto ARCHEOGUIDE utilizó un grupo heterogéneo de 50 visitantes de diferente edad, sexo, nivel académico, nacionalidad, intereses y conocimientos informáticos, para testar el sistema propuesto en los diferentes escenarios, tras el cual se les realizó un cuestionario para saber la aceptación que estas aplicaciones tendrían sobre el

público en general atendiendo especialmente al uso de las unidades móviles, y teniendo como objetivo su materialización en futuros proyectos (Vlahakis et al., 2001). La impresión general de los usuarios sobre ARCHEOGUIDE era la de una experiencia enriquecedora e interesante que les gustaría ver aplicado a otros entornos culturales ya que resultaba ser una herramienta de gran utilidad en la visita. Además se sentían conformes con el funcionamiento de las aplicaciones de realidad aumentada, los modelos 3D y las presentaciones de audio y de vídeo. El público más joven, con mayores conocimientos informáticos, consideró la experiencia como un videojuego o como una actividad lúdica, mientras que el público adulto consideró la experiencia como una actividad lúdica y como una herramienta pedagógica. Muchos de los visitantes consideraron un grave error que el sistema sólo se presentara en dos idiomas: inglés y griego, y por otra parte, que los contenidos multimedia estuvieran centrados en los grandes conjuntos arqueológicos y no en todo el yacimiento. La utilización de la tecnología de realidad aumentada fue la mejor evaluada aunque hubo objeciones en cuanto a la ergonomía de los aparatos utilizados de gran tamaño y peso.

De estos resultados podemos obtener algunas conclusiones relacionadas con la aplicación de la tecnología de realidad aumentada en entornos culturales. En primer lugar, ARCHEOGUIDE resulta ser un proyecto de gran importancia para la difusión de los contenidos patrimoniales debido a que la tecnología tiene una gran aceptación, sin

embargo se necesitan de dispositivos más ergonómicos para el usuario que realice la visita, algo que en los últimos años ha tenido grandes avances sobre todo con la aplicación de esta tecnología a los dispositivos portátiles de última generación que permite que el usuario tenga un recurso a su alcance y del que conoce su funcionamiento, aunque también habría que tener en cuenta el tamaño reducido del *display* en el que se muestran los gráficos aumentados.

Por otra parte, ARCHEOGUIDE representa un logro en aplicaciones de realidad aumentada al aire libre que favorecería su uso en yacimientos arqueológicos, monumentos, etc., en los que no es posible contar con las infraestructuras necesarias para ello, ya sea por estar al aire libre o porque el entorno patrimonial no debe ser alterado.

Otro elemento a destacar, es la constitución de una base de datos de objetos y reconstrucciones virtuales, basada en los estudios específicos previos, que nos proporcionen una imagen fidedigna de los gráficos virtuales que estamos viendo, y puedan fomentar la difusión y el conocimiento del patrimonio histórico, fin último de la aplicación de esta tecnología a entornos patrimoniales.

Finalmente, en el proyecto ARCHEOGUIDE se han puesto en práctica no sólo reconstrucciones virtuales de los edificios, sino que también se han insertado avatares humanos en el espacio en ruinas del *stadium* recreando de forma realista el uso para el que estaba destinado transportando al usuario al periodo de la Antigua Grecia. Este método

permite que de una forma instructiva y lúdica al mismo tiempo, los espacios observados cobren vida, y nos acerquen de forma fidedigna al momento histórico de su esplendor.

- LIFEPLUS

LIFEPLUS es junto con *ARCHEOGUIDE*, uno de los proyectos más relevantes sobre realidad aumentada y patrimonio histórico que fue promovido dentro del marco de la Unión Europea y desarrollado en la Universidad de Ginebra (Suiza) a través del grupo de investigación *MIRALab*, junto a otra serie de organismos e instituciones europeas. Este proyecto realizado entre marzo de 2002 y noviembre de 2004, pretendía experimentar con las posibilidades de la tecnología de realidad aumentada en su aplicación al patrimonio histórico, por su capacidad de ofrecer al usuario una experiencia con un alto grado de interacción e inmersión (Vlahakis et al., 2003; Papagiannakis et al., 2002).

En esta ocasión el escenario que se eligió para poner en práctica *LIFEPLUS*, fue el yacimiento arqueológico de Pompeya (Nápoles, Italia). El proyecto tuvo dos módulos o aplicaciones que serían *AR Guide*, una guía móvil para realizar el recorrido por el yacimiento basada en la tecnología de realidad aumentada y que presentaba información audiovisual de la historia y hallazgos, además de reconstrucciones virtuales de las ruinas, y, por otra parte, *AR Life Simulator* basado en animaciones y recreaciones de escenas de la vida romana en su contexto original a través de la realidad aumentada, y en el que nos

centraremos especialmente. La idea de *AR Life Simulator* se gestó a partir de las observaciones de las pinturas pompeyanas conservadas donde se representaban ambientes y escenas de la vida cotidiana. Estas representaciones, mediante la tecnología de realidad aumentada, sirvieron como base del proyecto en el que se pretendía que volvieran a la vida virtualmente recreando los ambientes y el estilo de vida con actores virtuales y en 3D, en los escenarios de la Pompeya actual. Así, sobre la secuencia de vídeo del entorno real, era posible añadir simulaciones en 3D de la flora y fauna (personas, animales y plantas) virtualmente y en tiempo real.

El proyecto tenía como objetivo crear un dispositivo con capacidad para realizar las tareas computacionales de reconocimiento y renderizado de los gráficos virtuales y la imagen del entorno real, además de ser ergonómico y fácil de usar por los visitantes del yacimiento. De acuerdo con este sistema, a los usuarios se les equipaba con un HMD, unos auriculares y un equipo móvil que realizaba las tareas computacionales. El HMD de vídeo capturaba mediante la cámara incorporada, la imagen real del entorno donde se encontraba el usuario y la enviaba al equipo móvil. Éste constaba de un procesador, un GPS diferencial y una brújula digital que eran capaces de reconocer la posición y orientación del usuario y mandar su situación a través de un sistema inalámbrico (WLAN) a un ordenador central.



.....
FIGURA 75. UN USUARIO CON EL EQUIPO Y HMD DISEÑADOS EN *LIFEPLUS* EN EL ESCENARIO DE VALIDACIÓN DE LA "TABERNA" EN POMPELLA (PÁGINA WEB *LIFEPLUS*).

Éste funcionaba como una base de datos donde se incluían los modelos 3D de piezas de museos o de construcciones, animaciones, secuencias de audio y textos. El sistema central se encargaba de determinar los gráficos 3D que se insertaban en la imagen del entorno real que en ese momento estaba visionando el usuario y enviarla de nuevo a la unidad móvil que mostraba la imagen aumentada en el *display* del HMD junto a los sonidos o narración

que se relacionaban con la escena⁴¹. En el diseño de *LIFEPLUS*, se tuvo que tener en cuenta que al tratarse de un lugar patrimonial, no es posible colocar marcadores fiduciales que permitan al sistema reconocer el entorno y renderizar los gráficos virtuales sobre la imagen real como en otras aplicaciones de realidad aumentada. Para ello se recurrió al reconocimiento de rasgos naturales, es decir, el sistema reconocía unos parámetros visuales diseñados previamente que se correspondían con la imagen que capturaba la cámara y así detectar el lugar en el que se encontraba el usuario (Papagiannakis et al., 2005). También, al tratarse de una aplicación que se desarrolla tanto en interiores como en exteriores, hubo que tener en cuenta elementos como los cambios de luz, las sombras y posibles oclusiones (como otros visitantes), que podrían afectar a las tareas de reconocimiento por parte del sistema (Vlahakis et al., 2004).

Como hemos referido anteriormente, esta experiencia de realidad aumentada se basaba en insertar dentro de los escenarios reales de los restos de Pompeya, animaciones virtuales de la flora y fauna y recreaciones de escenas cotidianas de la vida romana mediante gráficos y actores virtuales en 3D. Para el diseño del contenido y animaciones virtuales se utilizaron las representaciones de los frescos y pinturas que aún se conservan en el yacimiento y se contó con la colaboración de un equipo de expertos en historia y arte romanos junto a los conservadores del yacimiento para documentar e ilustrar las representaciones. Así, el equipo de diseñadores virtuales se documentó a través de las

⁴¹ Este mismo sistema también se ha utilizado para otras aplicaciones de realidad aumentada realizadas en exteriores relacionadas con el patrimonio histórico como es el caso de *ARCHEOGUIDE* comentado anteriormente.

imágenes de pinturas y esculturas romanas recreando de forma fidedigna las vestimentas de los personajes. También se puso especial interés en el realismo de los personajes a través de sus movimientos y expresiones faciales, utilizando un recurso utilizado en el cine de ciencia ficción donde unos modelos humanos realizaban las escenas mientras un sistema captaba los movimientos y actitudes de los mismos para posteriormente aplicarles los gráficos virtuales⁴² (Magenat Thalmann et al., 2004; Papagiannakis et al., 2005). Igualmente, se basaron en las representaciones contenidas en pinturas pompeyanas para documentarse sobre la flora y fauna características que formarían también parte de las recreaciones virtuales.

Una vez diseñado el sistema y los gráficos virtuales para la aplicación de realidad aumentada, se realizaron varias pruebas en el laboratorio con maquetas de los escenarios reales donde iban a tener lugar las animaciones, para observar la correcta superposición de los elementos virtuales sobre los escenarios reales y las tareas de reconocimiento y renderizado. La aplicación se puso en práctica en el *thermopolium* o taberna de Vetitutus Placidus de Pompeya donde se recreó una escena con un diálogo ficticio entre Vetitutus y otro personaje llamado Celer. También se recrearon escenas en otros escenarios como dos mujeres paseando por un pórtico, un niño corriendo por las estancias de una *domus*, u otras escenas domésticas y de la vida cotidiana.

⁴² Existen numerosas publicaciones derivadas del proyecto *LIFEPLUS* que se centran en los exhaustivos trabajos de documentación y recreación virtual de los modelos que se utilizarían en las animaciones de realidad aumentada donde se recoge todo el proceso de diseño y creación de los modelos virtuales.



.....
FIGURA 76. RECREACIÓN IDEAL DEL PROYECTO *LIFEPLUS* DONDE SE MUESTRA UNA ESCENA AUMENTADA EN LA "TABERNA" CON LOS ACTORES VIRTUALES INSERTOS EN LA IMAGEN REAL DEL LUGAR (PAPAGIANNAKIS, ET AL., 2005: 21).

La experiencia piloto desarrollada en el yacimiento arqueológico de Pompeya demostró la potencialidad de la tecnología de realidad aumentada como herramienta para la reconstrucción de ruinas. Además, también ofrecía a los usuarios información histórica de

una forma personalizada, y presentaba una interfaz intuitiva y automática que no requiere conocimientos informáticos para su utilización. A pesar de ello, el dispositivo de realidad aumentada resultó ser poco ergonómico sobre todo para niños y algunas mujeres (Papagiannakis et al., 2005).

- ENAME 974

Relacionado con el campo de la arqueología, también debemos citar el proyecto *ENAME 974*⁴³ desarrollado en el parque arqueológico de la ciudad belga de Ename, el cual entra dentro de los trabajos realizados conjuntamente por el Museo provincial de Ename y el *Ename Centre for Public Archaeology and Heritage Presentation* que vienen desarrollando una intensa labor en el conocimiento del pasado medieval de la ciudad. Ename tuvo un gran protagonismo a partir del año 974 al convertirse en una ciudad fronteriza entre el Reino Francés y el Imperio Germano desarrollándose alrededor de la fortaleza un asentamiento comercial muy próspero. La fortaleza fue destruida 75 años después por el Conde de Flandes quien posteriormente construyó una abadía benedictina sobre las ruinas de los antiguos edificios con el fin de desmilitarizar la frontera del lado germano. Este recinto arqueológico donde aún perduran algunos restos de la antigua fortaleza, se constituye como un museo al aire libre que hace uso de las nuevas tecnologías para dar a

⁴³ Proyecto *ENAME 974*: <http://ename974.org/Eng/pagina/index.html> [consultado: 08.12.2012].

conocer virtualmente los edificios medievales y transmitir al gran público la importancia del yacimiento que ha sido estudiado tras las sucesivas excavaciones realizadas desde mediados del siglo XX. El proyecto *ENAME 947* surgió como respuesta a la dificultad de interpretar los restos arqueológicos hallados en el yacimiento ya que resultaba difícil para los no expertos en la materia, reconocer estructuras específicas como casas, iglesias o talleres, a través de estructuras fragmentarias o cimientos. Así, surgió *TimeScope* (denominado en su primera versión como *Timeframe*), un sistema no intrusivo que consistía en una videocámara, un ordenador, dos monitores y una pantalla táctil que se ubicaban en unos kioscos especialmente diseñados situados en el yacimiento. La cámara capturaba la imagen de los restos, por ejemplo donde se encontraban los cimientos de la desaparecida iglesia medieval de *Saint Salvator*, y transmitía las imágenes en tiempo real a los monitores que se encontraban en el interior del kiosco. Los visitantes a través de las pantallas táctiles podían seleccionar las reconstrucciones virtuales de las sucesivas estructuras que se encontraban en ese lugar superpuestas a la imagen real actual. Además, estas reconstrucciones estaban formadas por animaciones semitransparentes que permitían, además de observar la imagen real del yacimiento, adaptarse al grado de luminosidad, y las condiciones del tiempo, ofreciendo una impresión realista. Otra ventaja que ofrecía el sistema era que el visitante podía acceder a información histórica relacionada con el yacimiento a través de un menú que aparecía en las pantallas táctiles. De esta forma *TimeScope* ayudaba a los visitantes a comprender las estructuras laberínticas del

yacimiento formadas por los cimientos de los edificios, y a visualizar cómo eran sus estructuras originales. Esta aplicación basada en la tecnología de realidad aumentada fue evaluada a través de varias encuestas realizadas a los visitantes del recinto donde los criterios mejor evaluados fueron los de comprensión y educación, siendo el de menor puntuación el de entretenimiento. También se recogieron los diferentes comentarios de los visitantes donde la mayoría coincidió en que la aplicación ayudaba a imaginar los contenidos y les proporcionaba abundante información. Con estos datos se destacó la importancia del contenido frente al dispositivo que los presenta, ya que si el visitante quedaba insatisfecho con los contenidos también lo estaría con el dispositivo y por tanto era necesario que los desarrolladores de las Tecnologías de la Información y de la Comunicación (TICs) trabajaran conjuntamente con los expertos en patrimonio histórico (Pletinckx et al., 2000; Owen et al., 2005).



.....
FIGURA 77. ENAME 947. KIOSCO QUE ALBERGA LA INSTALACIÓN *TIMESCOPE* CON LA RECREACIÓN VIRTUAL DE LA ANTIGUA IGLESIA SOBRE LOS CIMIENTOS HALLADOS (PLETINCKX ET AL., 2000: 46).

- AUGURSCOPE

En 2001, un equipo del *Mixed Reality Laboratory* de la Universidad de Nottingham diseñó un dispositivo basado en esta tecnología con aplicación al patrimonio histórico. *Augurscope* (Schnädelbach et al., 2002; Schnädelbach et al., 2006) consistía en una interfaz de realidad mezclada portable diseñada para exteriores, que consistía en un *display* con cámara incorporada montado sobre una estructura móvil a modo de trípode para desplazarlo por el entorno. Este dispositivo soportaba interfaces de realidad aumentada y de virtualidad

aumentada. Para la primera, en la cual nos centraremos, permitía introducir elementos virtuales sobre la imagen real capturada por una cámara, mientras que la interfaz de virtualidad aumentada consistía en una imagen en tiempo real capturada por una cámara que se insertaba dentro de un entorno virtual. *Augurscope* presentaba un diseño que constaba de un receptor GPS, una brújula electrónica, un acelerómetro y un potenciómetro encóder de rotación (*rotary encoder*) para el seguimiento de los movimientos y trayectoria del dispositivo, además de una conexión inalámbrica (WLAN) para sincronizarse con otros dispositivos e intercambiar datos de posición y orientación. El escenario elegido para esta aplicación fue el actual lugar del castillo medieval de Nottingham (Inglaterra), una fortaleza construida en 1067 y que durante seiscientos años fue ocupado por varios reyes llegando a ser uno de los castillos más importantes de Inglaterra. Sin embargo, en 1651 fue destruido y poco después se construyó el Palacio Ducal que actualmente alberga un museo. Del castillo sólo queda el espacio que ocupó al que se le denomina *The Green* junto al palacio del siglo XVII. Por esta razón, se pensó en la posibilidad de ofrecer a los turistas interesados en el castillo medieval, una recreación virtual del mismo sobre el espacio que ocupó originariamente. Así, se utilizaron varias reconstrucciones del castillo basadas en los estudios sobre la antigua fortaleza, donde se podían conocer los diferentes edificios que la conformaban y sus funciones. También se recurrió a actores reales para crear modelos virtuales de personajes que fueran insertados en los escenarios virtuales del castillo, como por ejemplo los guardias que se encontraban en la puerta de acceso al recinto. De esta

forma, un visitante conduciría el dispositivo por el espacio que ocupó el castillo observando a través del *display* la reconstrucción virtual del mismo y descubriendo en qué lugar exacto se situarían los diferentes edificios que componían la fortaleza.

Por su parte en España también aparecieron los primeros proyectos de realidad aumentada aplicados al patrimonio siendo éstos dentro del campo de la arqueología por las posibilidades que ofrece esta tecnología en la interpretación de yacimientos.

- PROYECTO YACIMIENTO ARQUEOLÓGICO ELS VILARS

Una de las primeras experiencias se gestó dentro del grupo GRIHO⁴⁴ (Grup de Recerca en Interacció Persona Ordinador i Integració de Dades / Grupo de Investigación en Interacción Persona Ordenador y Bases de Datos), adscrito al Departamento de Informática e Ingeniería Industrial de la Universidad de Lleida, que realizó un proyecto para un yacimiento arqueológico basado en la tecnología de realidad aumentada. Este proyecto que comenzó en 2001, pretendía diseñar un escenario de futuro para ponerlo en práctica en el yacimiento arqueológico de Els Vilars situado al noroeste de Arbeca en la comarca de Les Garrigues (Lleida). El yacimiento arqueológico de Els Vilars ocupa una superficie de 8.000 m², y se trata de un asentamiento ibérico fortificado datado en la Edad de Hierro. La

⁴⁴Los trabajos realizados hasta el año 2006 dentro del grupo de investigación GRIHO, pueden encontrarse en: <http://griho2.udl.es/castella/> [consultado: 02.10.2012]. Mientras que las investigaciones posteriores pueden verse a través de la web: <http://griho.udl.cat/> [consultado: 19.10.2012].

cronología del yacimiento se divide en varias etapas de asentamiento que se corresponden con *Vilars 0*: 750 - 650 ANE; *Vilars I*: 650 - 550 ANE; *Vilars II*: 550 - 425 ANE; *Vilars III*: 425 - 325 ANE; y *Vilars IV*: 350 - 325 ANE. La fortaleza presenta una planta de forma ovalada aunque con una fachada principal rectilínea. Consta de un triple cinturón de muralla de 5 metros de espesor con doce torres adosadas, una barrera de piedras clavadas sobre el suelo y un foso con muros de piedra de 13 metros de altura y 3 metros de profundidad. El recinto interior se organizaba mediante un urbanismo radial rodando un espacio central donde se ubicaba una cisterna-pozo (Alonso et al., 2001).

Con la intención de acercar al público los conocimientos arqueológicos y de colaborar en la puesta en valor del yacimiento, el grupo de investigación GRIHO junto con el Grupo de Investigación Prehistórica (GIP), se interesaron en diseñar un modelo de visita interactiva para entornos patrimoniales, utilizando como caso concreto el yacimiento arqueológico de la fortaleza de Els Vilars basado en el paradigma persona-ordenador (*Human Computer Interacción – HCI*), a través de la realidad aumentada. Mediante esta tecnología se produce una interacción donde el ordenador genera unos gráficos que bien pueden ser imágenes tridimensionales, o elementos como texto o imágenes que son superpuestos en nuestra visión del mundo real, coexistiendo el mundo real con el virtual⁴⁵ (Yamane et al., 2004). El modelo de visita utilizando el paradigma de la realidad aumentada reduce las interacciones

⁴⁵ Si bien es verdad que la mayoría de aplicaciones de realidad aumentada se centran en el sentido visual, hay que decir que actualmente cada vez son más numerosas las experiencias donde la interacción no solamente es visual sino que puede ser auditiva, olfativa, gustativa o táctil como ya hemos referenciado en el capítulo cinco del presente trabajo.

entre el usuario y el ordenador ya que en este caso el entorno real que le rodea es utilizado como una fuente de entrada de datos al sistema, pudiendo interactuar con el mundo real, el cual aparece aumentado con los gráficos generados por ordenador (Granollers et al., 2002a; Granollers et al., 2003).

En el diseño de este modelo de visita guiada se tuvo también en cuenta al usuario como una parte fundamental. Así, en una visita tradicional a un yacimiento arqueológico encontramos paneles informativos, audioguías, folletos, etc., los cuales no ofrecen una información personalizada al visitante ya que el discurso explicativo se encuentra cerrado limitando así el conocimiento sobre un determinado asunto en el que se quiera profundizar. También se encuentran otros casos en los que al principio o al final de la visita se ofrece un video presentación en el que se incluyen reconstrucciones del yacimiento, si bien se encuentran fuera del contexto de la visita del mismo.

Por ello, desde este proyecto se intentaba diseñar un concepto de visita en la que el usuario obtuviera un nivel de información personalizado y accesible desde el mismo yacimiento mediante un alto grado de interactividad con el entorno. A través de la técnica de *envisioning desing*, una herramienta que permite crear escenarios de futuro, se realizó un proceso de diseño centrado en la creación de un sistema interactivo donde el usuario tuviera un papel determinante en la evaluación, diseño y desarrollo del mismo. Para llevarse a cabo utilizaron varios recursos como la realización de un *storyboard* que permitiera recrear un guión de la hipotética visita a la fortaleza, el diseño de varios

prototipos de dispositivos portátiles (hechos de madera y papel) que acompañarían al visitante, recreación de escenarios en 3D que el visitante encontraría de especial interés dentro de su recorrido, y dos prototipos de vídeos que mostraban por una parte, imágenes del yacimiento en la actualidad mezcladas con las reconstrucciones en 3D, y por otra, una simulación de una visita con actores reales al recinto de Els Vilars en realidad aumentada. Todo ello sirvió para realizar las pertinentes evaluaciones del sistema y las propuestas y modificaciones que habrían de realizarse antes de diseñar el modelo real (Granolers et al., 2002).

El escenario de futuro creado para la visita en realidad aumentada de Els Vilars, presentaba a un visitante que a través de la web consultaba la información sobre la situación y localización del yacimiento además de la información adicional sobre el mismo y lo que le ofrecería la visita. Una vez que el visitante llega al recinto, recibiría algunas nociones sobre el mundo ibérico y un posible recorrido a la fortaleza. Aquí se le entrega un dispositivo portátil con autonomía para seguir un hipotético recorrido por el yacimiento, como por ejemplo una *tablet PC*⁴⁶ que presenta ventajas de ergonomía y un *display* capaz de salvar los inconvenientes de los cambios bruscos de luz y condiciones climatológicas (como resistencia a la lluvia), que se pueden encontrar en este tipo de visita en exteriores.

⁴⁶ Este tipo de dispositivo también se utiliza en el proyecto ARCHEOGUIDE (comentado al principio de este capítulo), el cual utilizaron como referente para el diseño de algunos aspectos relacionados con la visita al yacimiento arqueológico de la fortaleza del Els Vilars.

Además, el dispositivo permite al usuario seleccionar el idioma, la información a mostrar según su nivel de conocimiento, si desea seguir un itinerario prefijado o no, etc.

El dispositivo es capaz de determinar la posición y orientación del usuario permitiendo identificar en qué parte del yacimiento se encuentra el usuario y qué está visionando en ese momento consiguiendo una relación más fluida entre el entorno y el dispositivo. Para ello, se combinaron un sistema de GPS y una brújula digital que permitían determinar las coordenadas precisas del usuario (Yamane et al., 2004).

Dentro del sistema se marcaron una serie de puntos de interés en el mapa del yacimiento, según el criterio de los arqueólogos, donde cada punto tenía su zona de influencia de manera que cubrieran el área y el usuario se encontrara en todo momento bajo la influencia de uno de esos puntos. También se tuvieron en cuenta las referencias de posición y orientación que se corresponden con los seis grados de libertad (tres de posicionamiento del objeto y tres de orientación), que el usuario puede tener en cada punto, definiendo unas orientaciones representativas de cada punto a las que se denominaron Puntos de Observación (PO) y que se corresponden con una vista concreta del usuario en ese momento, permitiendo al dispositivo mostrar la información relacionada con el mismo (Granollers et al., 2003).

A través de esos puntos de observación definidos, el usuario podrá ver en el dispositivo y, simultáneamente con su visión real del entorno, una reconstrucción virtual del paleopaisaje correspondiente al periodo que elija realizando comparaciones diacrónicas, o adquirir

información sobre la agricultura del momento, etc. También podrá ver la reconstrucción de estructuras en pie que se encuentran en su recorrido y de las que sólo posee una visión fragmentaria como por ejemplo la entrada a la fortaleza o los restos de varias viviendas, pudiendo ver en el dispositivo la reconstrucción virtual tridimensional de estas estructuras según un periodo deseado, o interactuar a través de los menús del sistema para obtener información de la vida cotidiana y costumbres en el interior del poblado. Incluso sería posible observar una reconstrucción de los procesos postdeposicionales de manera que permita al visitante entender los trabajos de excavación realizados en el yacimiento viendo su estado antes de las intervenciones. En cualquier momento durante la visita, el usuario podrá acceder a un mapa donde encuentre su posición dentro de la fortaleza y observar el recorrido realizado hasta ese punto (Aguiló et al., 2001; Alonso et al., 2001; Balaguer et al., 2001).



.....
FIGURA 78. DISPOSITIVO PORTÁTIL *TABLET PC* CON LAS CARACTERÍSTICAS ERGONÓMICAS Y DE MANIPULACIÓN IDÓNEAS PARA SU UTILIZACIÓN EN LA VISITA A UN YACIMIENTO ARQUEOLÓGICO, Y ESCENA HIPOTÉTICA EN EL *DISPLAY* QUE REPRODUCE UN MOMENTO DE LA VISITA EN REALIDAD AUMENTADA CON EL DISPOSITIVO (BALAGUER ET AL., 2001: 3).

A pesar de que la propuesta de un sistema de realidad aumentada para entornos patrimoniales desarrollado dentro del grupo GRIHO fue un caso pionero en nuestro país, hay que advertir que la aplicación planteada en aquel momento daba una concepción del concepto de realidad aumentada que se aleja de la definición más canónica y de las actuales aplicaciones. En la propuesta del grupo de investigación GRIHO, los gráficos

generados por ordenador se mostraban a través del dispositivo portátil según las coordenadas de situación y orientación del usuario, correspondiéndose con la visión que tiene en ese momento del entorno real, pero en esta visión no existía una superposición de los gráficos virtuales sobre la escena real sino que es el usuario el que debe de realizar una comparación de las reconstrucciones virtuales con el yacimiento actual.

Por otra parte la recreación de elementos como el paleopaisaje supone una aportación muy interesante que no ha sido explotada en otras aplicaciones similares, donde se recurre a la reconstrucción de los elementos conservados de forma virtual. Sin embargo la plasmación de este tipo de estudios también desarrollados dentro de la disciplina arqueológica pone de manifiesto la capacidad interpretativa de la tecnología de realidad aumentada y su uso como herramienta para la difusión.

- VISOR ESTEREOSCÓPICO PARA EL YACIMIENTO ARQUEOLÓGICO
DE NUMANCIA.

También encontramos otros casos en España donde la tecnología de realidad aumentada se utiliza dentro de un entorno arqueológico, más concretamente en el yacimiento de Numancia (Garray, Soria).

Este yacimiento data de la época prerromana y en su trazado urbano pueden distinguirse las estructuras de la época celtíbera y las de época romana. En 1993 la Junta de Castilla y León incluyó a Numancia en un Plan Director para llevar a cabo la revalorización del yacimiento incluyendo la habilitación del lugar para la recepción de visitas turísticas persiguiendo la conservación del mismo.

Dentro de este Plan Director se planteó un proyecto mediante la aplicación de la tecnología de realidad aumentada. Éste consistía en el diseño de un visor que colocado en los puntos de interés del yacimiento junto a los paneles-atriles, ofrecería una reconstrucción virtual de las estructuras existentes. Así, el visitante obtendría a través de este visor una imagen mejorada o aumentada de la realidad existente en el yacimiento en la cual podría observar la imagen de los restos arqueológicos complementados con su reconstrucción virtual.

Este sistema proporcionaba a los visitantes una imagen menos abstracta del yacimiento y ofrecía la posibilidad de acercarse mediante su reconstrucción tridimensional, la morfología de la ciudad numantina y su evolución a través de la cultura celta y romana. El proyecto se planteó también como una alternativa a la reconstrucción de estructuras dentro del yacimiento que suponían un impacto en la visión del mismo y además requerían labores de mantenimiento suponiendo una inversión adicional.

En el *Boletín Oficial de la Propiedad Industrial* (BOPI) del 1 de diciembre de 2002 aparece la patente del visor como «Visor estereoscópico para la interpretación de yacimientos

arqueológicos» (BOPI, 2002)⁴⁷, concedida a David Atauri Mezquida que participó en el proyecto para el Plan Director de Numancia dirigido por el profesor del Departamento de Prehistoria de la Universidad Complutense de Madrid, Alfredo Jimeno.

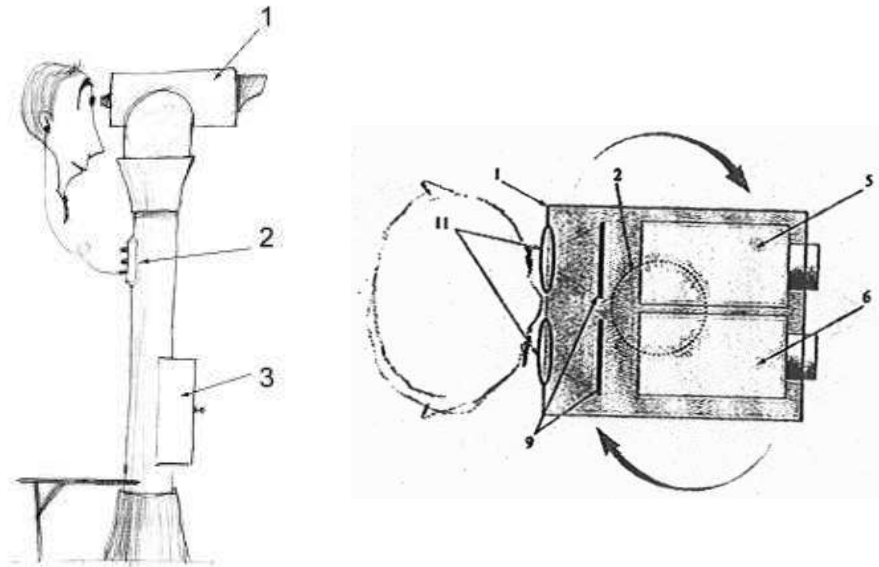
Este visor consta de un cajetín estanco de un material resistente a la corrosión que gira alrededor de un eje vertical que actúa como soporte y puede ser de forma cilíndrica o similar que se eleva a la altura media de los ojos de una persona. En la base del soporte se coloca un pequeño peldaño destinado a los visitantes, como grupos de escolares, que no alcancen al visor con facilidad. El interior del cajetín alberga dos cámaras que captan una imagen estereoscópica del entorno que es enviada al ordenador situado en la base del eje. Éste realizará las tareas de renderizado de imágenes por las cuales se genera una nueva imagen estereoscópica en la que al entorno real filmado se le superpone la reconstrucción virtual del yacimiento mediante aplicaciones de 3D. Esta imagen final combinada o aumentada, se muestra en dos pequeñas pantallas digitales colocadas en el visor (Jimeno et al., 2006).

Cuando el usuario gira el visor, la imagen capturada por la cámara y la generada en las pantallas digitales se actualiza simultáneamente gracias a un sensor de movimiento que indica el grado de giro del visor a una tarjeta de adquisición de datos que recoge la posición del mismo. Este dispositivo mecánico presenta ventajas en la precisión y carencia de

⁴⁷ Para ver la descripción de la patente: <http://patentados.com/invento/visor-estereoscopico-para-la-interpretacion-de-yacimientos-arqueologic.html> [consultado: 09.12.2012].

retardos, aunque sólo puede aplicarse en dispositivos no móviles como este visor estereoscópico.

La tarjeta de adquisición de datos también realiza otras funciones ya que se encuentra conectada a una botonera situada en el soporte cilíndrico que permite al usuario seleccionar los diferentes escenarios virtuales que quiere observar. Así por ejemplo, podrá elegir entre una vivienda del periodo celtíbero o del periodo romano, o la cantidad de reconstrucciones que desea simultáneamente pudiendo ver varias estructuras aisladas o el conjunto de las mismas.



FIGURAS 79 Y 80. DISEÑO DEL VISOR ESTEREOSCÓPICO QUE CONSTA DE CAJETÍN (1), BOTONERA (2) QUE PERMITE AL VISITANTE CONFIGURAR LA INFORMACIÓN A MOSTRAR, Y CPU U ORDENADOR (3) ENCARGADO DE REALIZAR LAS TAREAS DE PROCESADO DE INFORMACIÓN. A LA IZQUIERDA UNA VISTA SUPERIOR DEL CAJETÍN DONDE QUEDA DESCRITO EL INTERIOR DEL MISMO CON LAS DOS CÁMARAS ENCARGADAS DE CAPTURAR LA IMAGEN REAL DEL YACIMIENTO, LAS PANTALLAS DIGITALES Y EL GIRO SOBRE EL EJE VERTICAL (JIMENO ET AL., 2002: 6; WEB PATENTADOS.COM).

Otros elementos que se incluyen en el diseño de este visor estereoscópico son la posibilidad de escuchar una explicación de ese lugar concreto del yacimiento que divisa el visitante mediante unos auriculares y una tarjeta de sonido. También estaría capacitado

para controlar el tiempo de uso del visor y obtener datos estadísticos sobre el uso del mismo mediante la instalación de un lector de tarjetas inteligentes. Éste permitiría incluso controlar un sistema de cobro por utilización del visor si la gestión del yacimiento lo requiriera sin necesidad de personal adicional (Jimeno et al., 2002).

Ambos proyectos, tanto el de Els Vilars y Numancia, muestran el interés generado por esta nueva tecnología desde un momento temprano en su desarrollo y aunque no se materializaron de forma práctica, ofrecieron perspectivas importantes y pioneras que mostraron la utilización de la realidad aumentada en este tipo de entornos.

En la actualidad encontramos otros ejemplos más desarrollados que presuponen tendrán su próxima aplicación práctica en yacimientos arqueológicos. Es el caso de un mirador basado en realidad aumentada que la empresa malagueña *Arpa-Solutions* está desarrollando durante los últimos dos años junto a un grupo de arqueólogos y expertos en la materia. Este prototipo fue presentado en el congreso *Virtual Archeology Review (VAR)* en mayo de 2010, y pretende ser ubicado en puntos estratégicos en el itinerario de un conjunto arqueológico.

Las posibilidades de esta tecnología dentro del campo de la arqueología han sido ya puestas en práctica en diversas experiencias, sin embargo se trata de proyectos que no han tenido continuidad más allá del mismo. El mirador de realidad aumentada surge con la

intención de formar parte integrante de un yacimiento e implantar esta tecnología de una forma práctica en contextos reales. Las posibilidades que ofrece son varias pero especialmente destaca la capacidad de reconstruir virtualmente sobre los restos hallados, la totalidad de una estructura a partir de los datos histórico-arqueológicos, colaborando en la difusión de los mismos. Además los contenidos se presentan de una forma atractiva puesto que el usuario interactúa con ellos mediante un determinado dispositivo.

Este mirador consta de una pantalla táctil con una cámara incorporada que capta la señal de vídeo del entorno real del usuario y la envía a un ordenador encargado de realizar las tareas de renderizado combinando la imagen real con los gráficos virtuales, y generar una imagen aumentada que se presenta en la pantalla del dispositivo. La sincronización de la imagen real y la virtual se realiza gracias a un hardware de posicionamiento que indica en todo momento cual es el campo de visión que aparece en el *display*. También soporta un mecanismo que le permite girar 360° sobre sí mismo, de modo que se pueda observar una amplia panorámica del yacimiento y proporcionar una imagen aumentada más completa del mismo (Acién et al., 2010).

- **MIRADORES TURÍSTICOS Y REALIDAD AUMENTADA: UN NUEVO RECURSO
DENTRO DEL OCIO CULTURAL**

El denominado ocio cultural constituye en nuestros días un elemento de gran importancia en la vida de cualquier ciudad debido al progresivo aumento de un público demandante de contenidos culturales. Fruto de este hecho, ha surgido de forma paralela una ampliación en la oferta de este tipo de contenidos en los que el patrimonio cultural ha encontrado innumerables medios para el conocimiento y difusión del mismo dentro de la sociedad. Las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TICs), han formado parte de ese proceso de divulgación de contenidos culturales con el surgimiento de diferentes aplicaciones para el sector turístico, en las que el desarrollo de importantes herramientas como Internet o el avance en dispositivos electrónicos, han generado un importante mercado cuyo crecimiento ha tenido un carácter exponencial en los últimos años.

La realidad aumentada ha tenido su rol importante en la creación de nuevos recursos destinados a la oferta turística actual con la implementación de esta nueva tecnología a los tradicionales miradores turísticos que se sitúan en enclaves excepcionales de diferentes ciudades. La funcionalidad de éstos había sido la de ofrecer panorámicas donde el usuario podía observar perspectivas inusuales que destacaban por su especial interés y belleza. Sin embargo, las posibilidades que estos miradores turísticos pueden ofrecer en la actualidad,

en la llamada era digital, pueden llegar a sobrepasar esa funcionalidad meramente contemplativa enriqueciéndola con contenidos y convirtiéndose en un recurso de interacción con los usuarios.

El funcionamiento de estos nuevos miradores turísticos basados en la tecnología de realidad aumentada, consistiría en añadir elementos virtuales a las panorámicas que se divisan desde los mismos, mediante etiquetas emergentes con información sobre aquellos lugares de interés que se visionan, e incluso se añaden menús interactivos que aportan información adicional a aquellos que estamos observando.

Hay que decir que frente a otras aplicaciones de realidad aumentada en las que los gráficos generados por ordenador son tridimensionales, con el fin de que la escena real y la virtual se complementen de la forma más realista posible, lo cierto es que actualmente se incluyen también contenidos de tipo bidimensional para generar la imagen aumentada de un entorno. En estos casos se trataría de capas de información con contenidos multimedia que contendrían información en forma de texto, fotografías, vídeos, etc., un tipo de aplicaciones que tienen actualmente un importante lugar dentro del sector turístico sobre todo para dispositivos móviles como los *smartphones*, como ya comentamos en anteriores capítulos.

La configuración de este tipo de dispositivos contiene una cámara que se encarga de capturar la imagen real del entorno y sobre la cual se superpondrán los gráficos virtuales mostrándose una imagen híbrida en una pantalla que se encuentra dentro del visor del

mirador. Para que los elementos generados por ordenador tengan una correspondencia exacta con la imagen real, los miradores virtuales contienen sistemas basados en sensores inerciales que indican las coordenadas georreferenciadas precisas sobre el campo de visión del usuario que son utilizadas para las tareas de renderizado de la aplicación. Este tipo de sistema es utilizado debido a que en el entorno real del usuario no es posible colocar ningún elemento, como los marcadores empleados en otras aplicaciones de realidad aumentada, para que sea reconocido por el sistema e insertar los gráficos virtuales.

- PROYECTO PRISMA

Una de las primeras experiencias que utilizaron la tecnología de realidad aumentada para su aplicación en los denominados miradores turísticos fue el proyecto PRISMA, el cual tuvo como escenario de validación la ciudad de San Sebastián (Vizcaya). La propuesta fue desarrollada por la acción conjunta de la Facultad de Humanidades del Campus de San Sebastián y el Departamento de Turismo, Patrimonio y Creatividad de *Visual Communication Technologies* (VICOMTech), y estuvo financiado por la empresa *The Movie Virtual* y Ereiten Kultur Zerbitzuak dentro del programa INTEK del Departamento de Industria del Gobierno del País Vasco.

El proyecto tuvo su aplicación dentro del campo turístico y cultural, siendo una propuesta cuyo objetivo fue la utilización de las nuevas tecnologías para la promoción de entornos

urbanos y culturales. Se trataba de implementar la tecnología de realidad aumentada a los tradicionales prismáticos turísticos que existen en diversos lugares de interés panorámico y paisajístico, aprovechando las posibilidades que ofrece para conseguir una interacción mayor entre el usuario y la información que puede obtener del entorno, incrementando el interés por determinados monumentos y edificios históricos a la hora de realizar la visita de una ciudad. Otro objetivo de PRISMA era la valoración de las nuevas tecnologías en su aplicación en el sector turístico-cultural, adaptándose a diferentes perfiles de usuarios (Fritz et al., 2005).

El proyecto PRISMA se basaba en el diseño de un mirador que constaba de un HMD de vídeo fijado a la estructura del visor, donde la cámara capturaba el campo de visión del usuario y la transmitía al sistema para que combinara los gráficos virtuales con la escena real que será mostrada en la pantalla del HMD. Para la correcta sincronización entre la imagen real y los gráficos generados por ordenador se utilizaron unos sensores inerciales colocados en los prismáticos que proporcionaban las coordenadas referentes al campo de visión del usuario en cada momento. Este tipo de sistema de seguimiento fue utilizado debido a que en el entorno real del usuario no era posible colocar ningún elemento, como los marcadores empleados en otras aplicaciones de realidad aumentada, para que sea reconocido por el sistema e insertar los gráficos virtuales (Linaza et al., 2008; Alzua-Sorzabal et al., 2006).



.....
FIGURA 81. PROYECTO PRISMA. PROTOTIPO DE MIRADOR CON REALIDAD AUMENTADA DONDE
APRECIAMOS EL VISOR Y LA BOTONERA CON LA QUE INTERACTUAR CON EL CONTENIDO
MULTIMEDIA (LINAZA ET AL., 2008: 110).

Este prototipo tuvo una experiencia práctica en el denominado monte Urgull, en un emplazamiento conocido como Batería de las Damas y desde el cual se divisa una vista panorámica de la ciudad de San Sebastián. La idea era que los turistas o cualquier visitante, pudieran tener una visión general de la oferta cultural que la ciudad ofrece a través de información adicional como textos, imágenes, vídeos, etc., por los que el usuario podía interactuar y navegar en función de sus preferencias, mediante unos botones situados junto al visor. También se incluían dentro del prototipo PRISMA, unos altavoces mediante los cuales el usuario podrá escuchar presentaciones o información que complementarían a los contenidos multimedia.

PRISMA presentaba una configuración similar a los tradicionales miradores turísticos aunque aquí, basándose en la utilización de la realidad aumentada. Cuando el usuario navegaba por el área de visión que abarca el visor, aparecerían una serie de etiquetas sobre la imagen real que indicaban la existencia de un punto de interés que en función de las preferencias del usuario, podría acceder a información de tipo multimedia. Los puntos de interés que se destacaron dentro de esa vista panorámica se referían al monte Igeldo, la escultura de Chillida *Peine del Viento*, la isla de Santa Clara, la playa de Ondarreta, el Palacio de Miramar, la playa de La Concha y el balneario La Perla, la Catedral, el Ayuntamiento y los jardines de Alderdi Eder, y el puerto y Real Club Náutico. Nueve ítems sobre los que un hipotético turista podrá conocer la oferta cultural que le ofrece la ciudad

de San Sebastián y acceder a la información adicional, para determinar qué lugares visitar en función de sus preferencias.

- *INNOVIEW AR*

Otro ejemplo similar lo encontramos en el prototipo de la marca *Active Media Systems* dentro de *Innodevices*, pertenecientes al grupo empresarial *Virtualware*, que diseñó un mirador turístico virtual basado en la tecnología de realidad aumentada y denominado como *Innoview AR*. Aquí, al igual que el caso anterior, es posible superponer información multimedia adicional sobre la imagen panorámica que nos ofrecen los binoculares. Además, el software ofrece varias opciones que permiten que los contenidos sean personalizables en función del usuario que los utilice. Cuando un turista se acerca a este mirador virtual, puede gozar de las vistas panorámicas que se divisan del lugar pero en este caso con información adicional. Así, sobre la vista aparecen varios iconos que se corresponden con puntos de interés de la zona. Cuando se detiene sobre uno de ellos emerge un determinado contenido virtual, como puede ser un modelo tridimensional del Museo Guggenheim que permite admirar su arquitectura, o vídeos con imágenes de las principales calles y edificios con la oferta turística que ofrece.

A finales de 2012 se instalaron en las inmediaciones del centro comercial Arena de Barcelona, tres miradores en la terraza superior del edificio desde donde puede tenerse

una amplia panorámica de la zona centro de la ciudad cerca de la Plaza España y Montjuïc. Éstos constan de un sistema monedero que permite también obtener una rentabilidad a la observación y disfrute de los contenidos multimedia que se encuentran en varios idiomas y que se relacionan con los atractivos turísticos de la ciudad condal.

En 2013 se presentó en la edición de FITUR una nueva versión del prototipo anterior al que se denominó como *Innoview 2.0* desarrollado por la marca *Active Media Systems* dentro de *Innodevices*. La novedad que presenta respecto al anterior modelo 1.0 es la existencia de una pantalla táctil que proporciona una interfaz interactiva con el usuario a través de la cual se puede acceder y seleccionar el contenido multimedia.



.....
FIGURA 82. *INNOVIEW AR* CREADO POR *INNODEVICES* INSTALADO EN EL MIRADOR DE ARTXANDA
DESDE DONDE EXISTE UNA VISTA PANORÁMICA DE LA CIUDAD DE BILBAO. ©*INNODEVICES*.

- *VIRTUAL SIGHTSEEING*

Por su parte, la empresa *YDreams*, una de las compañías internacionales pioneras en el desarrollo de tecnología y herramientas de realidad aumentada, también diseñó un mirador virtual denominado *Virtual Sightseeing* para su instalación en sitios patrimoniales. Este mirador, constaba de un visor giratorio que permitía obtener visión del entorno circundante. El sistema era capaz de realizar vistas panorámicas y detectar ciertos puntos de interés de los que surgían etiquetas con información sobre la vista real del lugar que en ese momento estaba visionando el usuario. En el año 2005 fue instalado por primera vez junto al Centro de Interpretación Medioambiental de Ponta do Sal (Lisboa) donde sigue actualmente, con la intención de ofrecer al público la posibilidad de explorar detalles únicos de la biodiversidad de la costa de Cascais y lugares de interés turístico. Así, el sistema señala puntos importantes georeferenciados sobre el paisaje, ya sea la fauna y flora costera, y la ciudadela, de modo que el usuario orienta el visor hacia el paisaje y toca los puntos que le interesan sobre la pantalla para acceder a información contextualizada en forma de texto, imágenes o vídeo. *Virtual Sightseeing*, también ha sido situado en lo alto del Panteón Nacional de Lisboa, donde ofrece a los visitantes información sobre su flora y su fauna, las poblaciones de la otra orilla del río y los edificios históricos.





FIGURAS 83 Y 84. MIRADOR VIRTUAL CREADO POR YDREAMS INSTALADO EN EL MIRADOR DEL PANTEÓN NACIONAL DE LISBOA (PORTUGAL) E IMÁGENES DEL DISPLAY CON EL MENÚ E INFORMACIÓN QUE APARECE SOBRE LOS DIFERENTES PUNTOS DE INTERÉS. ©YDREAMS.

Finalmente podemos decir que los prototipos de miradores turísticos basados en realidad aumentada, demuestran su potencial y validez para la difusión turística y cultural, constituyendo una guía de viajes sobre aquellos lugares de interés, ofreciendo información complementaria o permitiendo realizar un acercamiento a priori a los mismos en función de las preferencias de cada usuario.

La utilización de contenidos multimedia, posibilita el acceso a varios recursos que colaboran a que el usuario tenga un conocimiento más completo además de cumplir una labor didáctica sobre los mismos, superando lo que ofrecen los tradicionales miradores.

La interacción con los contenidos multimedia muestra de una forma más atractiva la imagen panorámica de un determinado paisaje natural o urbano pasando de ser una imagen muda a llenarse de contenidos que enriquecen la experiencia del usuario en este tipo de entornos turísticos. Además, en consonancia al uso turístico para el que están destinados este tipo de miradores, los contenidos multimedia se ofrecen en varios lenguajes para facilitar el acceso a dicha información.

La implantación de estos miradores basados en aplicaciones de realidad aumentada, ha planteado también otras perspectivas que van más allá de los tradicionales entornos patrimoniales, ya sean monumentos, centros museísticos, exposiciones, etc., y se enfocan a otras modalidades de ocio cultural relacionadas con el denominado patrimonio natural. Así por ejemplo, en el caso *Virtual Sightseeing*, se ha ubicado en enclaves con un alto valor paisajístico y los contenidos se refieren a elementos que forman parte de la riqueza natural de los mismos. Por su parte, el proyecto PRISMA también tenía en cuenta esta concepción y planteaba ofrecer vistas panorámicas de los lugares que se divisaban desde el mirador en diferentes estaciones del año complementando en gran medida la experiencia que pueden disfrutar los visitantes.

- **REALIDAD AUMENTADA Y PATRIMONIO HISTÓRICO: INTERPRETACIÓN, DIFUSIÓN Y NUEVAS PERSPECTIVAS**

A través de las experiencias comentadas en el presente capítulo se ha podido corroborar la importancia de la realidad aumentada durante la última década, existiendo un crecimiento exponencial en aquellas aplicaciones relacionadas con el campo patrimonial como consecuencia de una proliferación de las investigaciones y proyectos al respecto, que han puesto de manifiesto la versatilidad de esta nueva herramienta.

Concretamente, en el ámbito del patrimonio histórico, la realidad aumentada ha presentado novedades importantes, siendo una de las áreas de experimentación más fructíferas, en combinación con la utilización de las reconstrucciones virtuales tridimensionales realizadas a partir de técnicas fotogramétricas, que actualmente han encontrado en el campo de la restauración y conservación una gran aplicabilidad. Así, gracias a esta tecnología es posible observar un estado anterior de la obra, o elementos que ya han desaparecido, gracias a su copia o reconstrucción virtual.

Aunque las aplicaciones de realidad aumentada más comunes utilizan gráficos tridimensionales, lo cierto es que el campo patrimonial ha abierto nuevos enfoques

derivados de la aplicación de esta nueva tecnología en este tipo de contextos que han hecho aparecer nuevas concepciones.

- iTACITUS

Uno de los ejemplos más significativos se gestó dentro del instituto *Fraunhofer IGD en Darmstadt* (Alemania), que desarrolló un sistema basado en realidad aumentada para visitantes de sitios arqueológicos, históricos o museos a través del concepto de *Cultural Heritage Layers* (Stricker et al., 2009; Zoellner et al., 2009). La principal idea de este sistema era la de utilizar los recursos históricos existentes en los archivos (fotografías, grabados, dibujos, mapas, etc.) y superponerlos sobre la realidad a través del uso de la tecnología de realidad aumentada, permitiendo a los usuarios conocer de una forma realista la historia de un lugar y creando la impresión de realizar un viaje en el tiempo. Este nuevo concepto difiere de la mayoría de aplicaciones de realidad aumentada ya que en este caso no es necesario crear modelos virtuales tridimensionales (3D), que se insertan en el campo de visión real del usuario, sino que se utilizan recursos ya existentes y en un lenguaje bidimensional (2D) para crear una imagen entre lo digital y lo real.

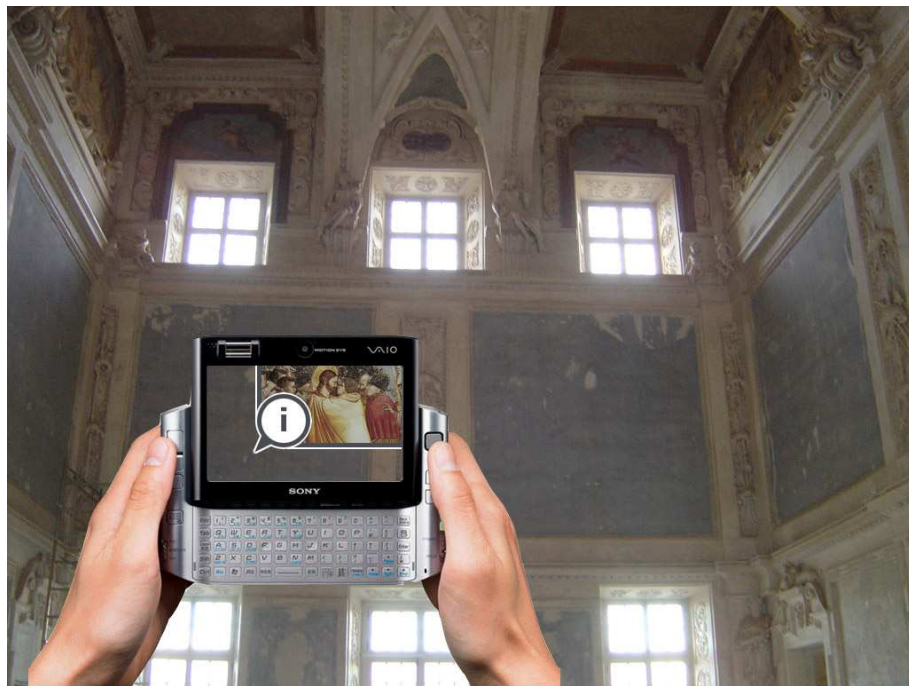
Este nuevo sistema se utilizó en el marco del proyecto de la Unión Europea denominado iTACITUS⁴⁸ (*Intelligent Tourism and Cultural Information through Ubiquitous Services*) que se

⁴⁸ iTACITUS era un proyecto de investigación financiado por la Unión Europea dentro del marco del programa para las tecnologías de la información y comunicación (Sixth Framework Programme) que comenzó en

desarrolló para el Palacio Real de Venaria, declarado Patrimonio de la Humanidad por la UNESCO, situado cerca de Turín (Italia). Esta residencia real es comparada con el Palacio de Versalles, y fue restaurada durante algunos años hasta su apertura al público en 2007. La arquitectura del Palacio Real de Venaria había sido modificada numerosas veces a lo largo de los años y cada uno de sus estados fue documentado en dibujos y grabados de la época. Así, para la aplicación de realidad aumentada se utilizaron una gran cantidad de grabados y pinturas que se encontraban en el archivo, que conformaban una vasta documentación que contenía dibujos históricos de las fachadas, de las avenidas y de las principales estancias del palacio, y que supusieron la base de la aplicación. El sistema utilizaba un PC ultra móvil (UMPC) con una cámara incorporada que portaba el usuario, en cuyo *display* se superponían las imágenes históricas del edificio sobre la imagen actual y en tiempo real. Se utilizaron los dibujos donde se immortalizaron las modificaciones de las que fue objeto el palacio con los arquitectos Castellamonte (1647) y posteriormente Garove (1700 - 1713) en la fachada del edificio principal. El usuario visualizaba las panorámicas del edificio mientras aparecían superpuestos los dibujos históricos y escuchaban una narración que les explicaba la historia sobre el palacio a través de los siglos. Se recrearon varios escenarios siendo uno de ellos la fachada del edificio principal como hemos comentado anteriormente, pero también se utilizó para recrear en los jardines del palacio el antiguo Templo de Diana, un templete de estilo clasicista, y la Fuente de Hércules, ambos

septiembre de 2006 y finalizó en julio 2009, y que exploraba las formas en que las nuevas tecnologías podían incidir en el fomento del turismo cultural. Página Web: <http://www.itacitus.org/> [consultado: 07.12.2012].

desaparecidos actualmente pero conservados a través de los dibujos y grabados. También se recreó el interior del *hall* del edificio principal que anteriormente albergaba unas pinturas con una temática diferente a las actuales pero de las que se conservaban bocetos y dibujos previos.



.....
FIGURA 85. iTACITUS. VISTA DEL *HALL* DEL EDIFICIO PRINCIPAL DEL PALACIO REAL DE VENARIA A TRAVÉS DEL UMPC DONDE SE MUESTRA UNAS PINTURAS CON UNA TEMÁTICA DIFERENTE A LAS ACTUALES PERO DE LAS QUE SE CONSERVABAN BOCETOS Y DIBUJOS PREVIOS ([HTTP://WWW.ITACITUS.ORG/](http://www.itacitus.org/)).

- 20 YEARS SINCE THE FALL OF THE BERLIN WALL

Otra de las aplicaciones ideadas por el instituto *Fraunhofer IGD* donde también se utilizaba esta nueva aplicación de realidad aumentada denominada *Cultural Heritage Layers*, fue en la aplicación *20 Years since the Fall of the Berlin Wall* (Zoellner et al., 2009), que pretendía revivir la larga y rica historia de Berlín en el aniversario de la caída del muro y que se exhibió en la feria CeBIT 2009 en Hannover (Alemania). Aquí se realizó una guía turística de los principales monumentos de Berlín donde el usuario podía ver fotografías históricas del mismo sobre la imagen real a través de un PC ultra móvil (*Ultra Mobile PC- UMPC*)⁴⁹ y observar los cambios que se habían producido en su arquitectura. Así, el usuario era equipado con el UMPC con una cámara integrada que capturaba la imagen de vídeo del monumento. Cuando el sistema reconocía, mediante una serie de parámetros memorizados previamente, el edificio que estaba frente al usuario, se mostraban en el *display* varias opciones para elegir diferentes fases históricas del mismo que se correspondían con fotografías, dibujos o grabados de momentos históricos anteriores, además de información adicional sobre las vicisitudes del monumento en esos últimos veinte años.

⁴⁹ En 2008 se implementó este sistema en un *iPhone* obteniendo un rendimiento y resultados similares al dispositivo UMPC lo que representa una importante ventaja ya que el visitante podría disfrutar de la aplicación durante su visita sin necesidad de utilizar un dispositivo proporcionado en el lugar de visita.

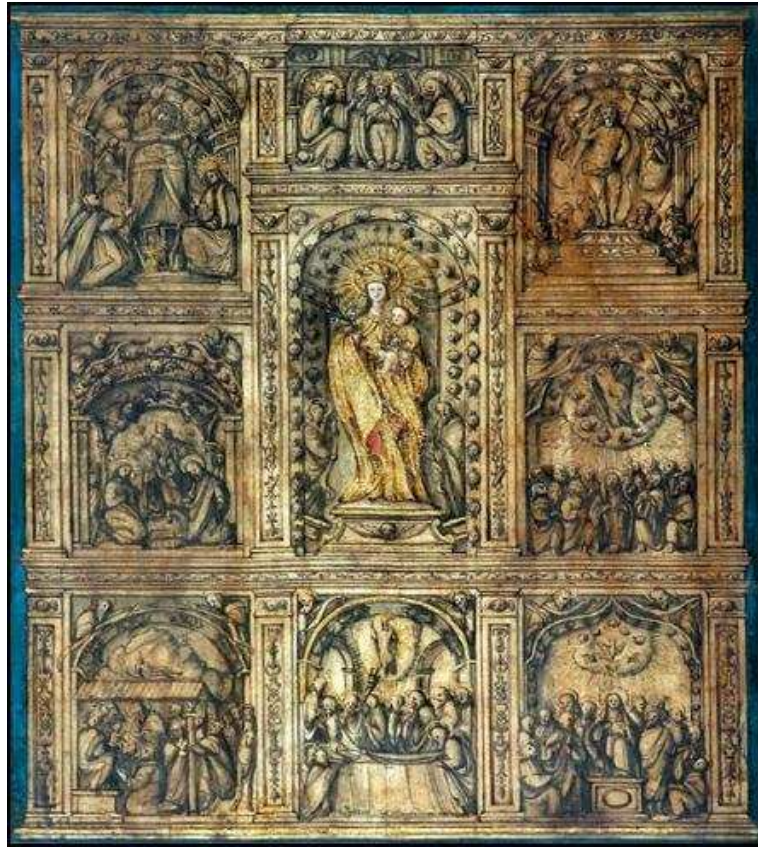


.....
FIGURA 86. *CULTURAL HERITAGE LAYERS*. APLICACIÓN DE REALIDAD AUMENTADA QUE CONSISTE
EN LA SUPERPOSICIÓN DE FOTOGRAFÍAS/GRABADOS HISTÓRICOS SOBRE LOS EDIFICIOS
ACTUALES (ZOELLNER ET AL., 2009: 195).

- REALIDAD AUMENTADA EN LA CAPILLA MAYOR DE LA
CATEDRAL DE VALENCIA

Recientemente se realizó un ensayo en la Catedral de Valencia en que se utilizaba la tecnología de realidad aumentada en una aplicación relacionada con el patrimonio histórico. Concretamente la experiencia consistía en una visión aumentada de la capilla mayor de la catedral de Valencia en la que se reproducía la imagen barroca de la misma con la representación de la bóveda barroca, desmontada actualmente, y el retablo de plata que ocupaba el mismo lugar y que se perdió durante la Guerra de la Independencia.

El retablo, una obra en plata de estilo renacentista, desapareció durante la Guerra de Independencia, momento en el que fue fundido para acuñar moneda y hacer frente a las tropas napoleónicas. Únicamente se conserva una tablilla pintada en el siglo XVIII, conservada en el archivo catedralicio, en la que se puede observar que el tema iconográfico estaba dedicado a los Siete Gozos de la Virgen (Sala, 2006).



.....
FIGURA 87. IMAGEN DE LA TABLILLA PINTADA EN EL SIGLO XVIII CONSERVADA EN EL ARCHIVO
CATEDRALICIO QUE REPRODUCE EL DESAPARECIDO RETABLO DE PLATA (SALA, 2006).

En cuanto a los frescos de la bóveda, el impulsor de esta intervención fue el cardenal Rodrigo Borja – futuro papa Alejandro VI -, que como delegado del Papa visita Valencia en 1472, su ciudad natal, con la intención de dar notoriedad a la catedral en una acción de

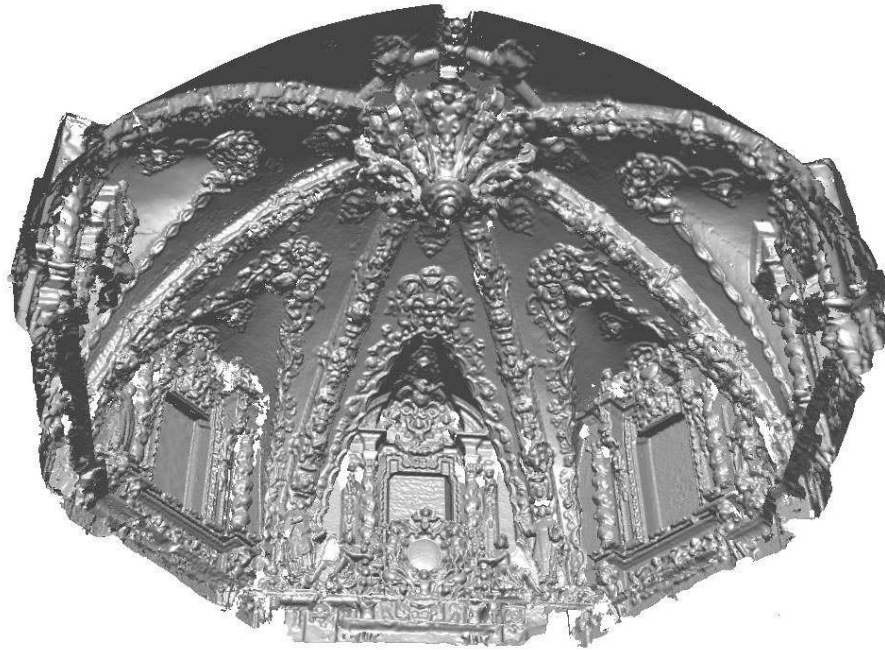
mecenazgo propia de la época del *cuattrocento*. En su viaje vino acompañado por los artistas italianos Paolo da San Leocadio y Francesco Pagano con la pretensión de que realizaran unas pinturas "a la moderna" en sustitución de otras que aún se encontraban inconclusas.

Estos frescos estuvieron durante dos siglos presidiendo la capilla mayor de la catedral hasta que en 1674 el arzobispo Luis Alfonso de los Cameros y el Cabildo acordaron reformar el presbiterio en consonancia con la actividad artística de su tiempo realizando lo que se denomina una adaptación al gusto de la época en la que los frescos renacentistas no encajaban dentro de la nueva estética barroca (Navarro, 2008).

Según el profesor de la Universidad de Valencia, Joaquín Bérchez Gómez, esta remodelación de la capilla mayor se piensa que estuvo motivada por el carácter adoctrinador surgido con la Contrarreforma que intentaba dar preeminencia al bello retablo de plata que contenía temas dedicados a la Virgen, titular de la catedral, y a un nuevo programa iconográfico, donde aparecían los patronos de Valencia y también los nuevos santos valencianos que habían sido canonizados como Santo Tomás de Villanueva (1658) y San Francisco de Borja (1671). Dentro de este programa iconográfico las impresionantes figuras de los ángeles músicos de la bóveda quitarían protagonismo a los nuevos temas contrarreformistas. Fue Juan Bautista Pérez Castiel, el encargado de las obras de reforma, en las que realizó el recubrimiento del presbiterio antiguo a partir de la altura de la cornisa, escondiendo la bóveda gótica junto a una nueva decoración de mayor

riqueza y profusión en consonancia con la estética barroca convirtiendo la capilla mayor en un verdadero *Sancta Santorum* (Bérchez et al., 2008).

Hasta el año 2004, estos frescos renacentistas permanecieron ocultos bajo la bóveda barroca pero con motivo de la restauración del retablo de la capilla mayor, surgieron nuevamente a la luz. Para ello hubo que eliminar la bóveda que los cubría, para lo cual se optó por un sistema empleado actualmente para la preservación del patrimonio cultural, en el que se utilizó la fotogrametría y el escaneado láser que permitió obtener un modelado tridimensional de la bóveda de gran precisión antes de su desmonte, con lo cual quedaba totalmente documentada a través de esta copia virtual para acometer una futura reconstrucción (Biosca et al., 2007).



.....
FIGURA 88. MODELO TRIDIMENSIONAL DE LA BÓVEDA BARROCA REALIZADO PREVIAMENTE AL DESMONTE DE LA MISMA MEDIANTE LAS TÉCNICAS DE FOTOGAMETRÍA Y ESCANEADO LÁSER 3D (BIOSCA, 2007).

De esta forma, desde 2006 los frescos realizados por Paolo da San Leocadio y Francesco Pagano, en los que se representan figuras majestuosas de ángeles músicos, pueden ser admirados formando parte de la capilla mayor de la catedral de Valencia con el esplendor que gozaron durante el Renacimiento.

En el año 2007 surge la idea de realizar una experiencia con realidad aumentada en el contexto de la capilla mayor de la catedral en el que colaboraron los departamentos de Ingeniería Cartográfica, Geodesia y Fotogrametría, y de Conservación y Restauración del patrimonio cultural de la Universidad Politécnica de Valencia. En ella se recreaba el aspecto que la capilla tenía durante el Barroco, aumentando sobre la imagen real de la misma en la actualidad aquellos elementos que habían desaparecido en el transcurso de los siglos.

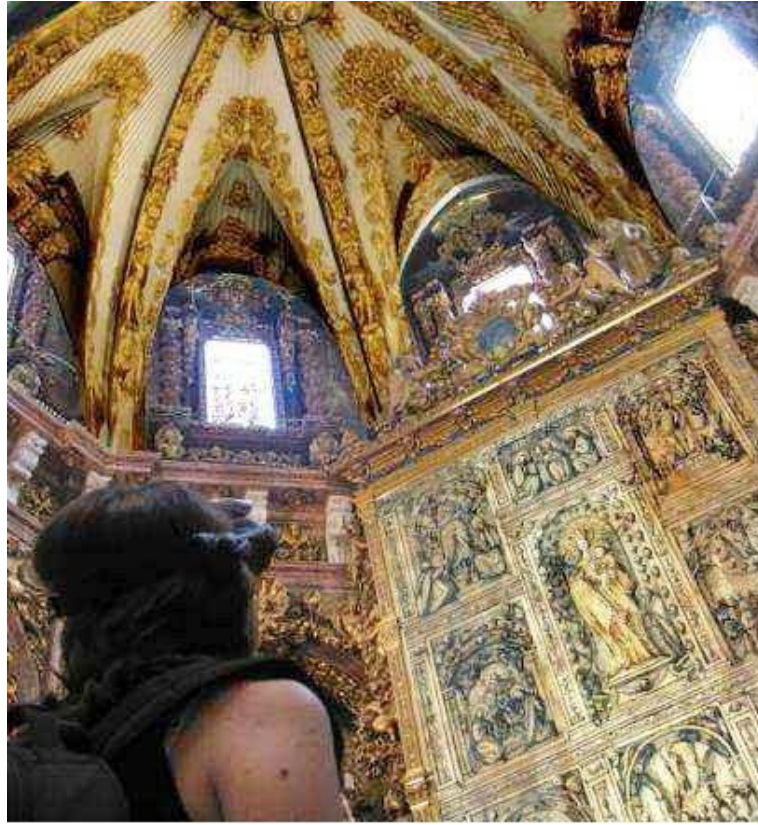
La aplicación consistía en la utilización de un HMD con cámara web incorporada que estaba conectado a un ordenador portátil situado en una mochila que portaba el usuario. Éste era capaz de observar la bóveda barroca como estaba hasta finales del año 2005, a través del HMD y además apreciar el retablo renacentista de plata que presidía la capilla mayor que había desaparecido en la Guerra de la Independencia.

Esto fue posible gracias al uso de las nuevas tecnologías durante la intervención realizada en la catedral con motivo de los trabajos previos al desmonte de la bóveda barroca. Aquí se utilizaron las citadas técnicas fotogramétricas y un escáner láser terrestre que permiten realizar modelos virtuales del original con una gran precisión. Estas técnicas son utilizadas con la intención de que la intervención sea reversible dado el caso. Los datos obtenidos durante este proceso sirvieron de base para realizar la aplicación de realidad aumentada utilizando los modelos virtuales tridimensionales conseguidos a través de las técnicas fotogramétricas y escaneado láser 3D, que proporcionan fieles copias del original. En el caso del retablo renacentista, se utilizó la única fuente gráfica conocida que fue esa tablilla

conservada en el archivo de la catedral, a partir de la cual se creó el modelo digital que sería utilizado en la experiencia aumentada sobre el retablo conservado actualmente (Portalés, 2008; Portalés, et al., 2009).



.....
FIGURA 8g. USUARIO INTERACTUANDO CON LA APLICACIÓN EN LA QUE PODEMOS OBSERVAR LA
IMAGEN REAL DE LA CAPILLA MAYOR QUE ES CAPTADA POR LA CÁMARA DEL HMD
(PORTALÉS, ET AL., 2009: 325).



.....
FIGURA 90. IMAGEN AUMENTADA QUE SE MUESTRA EN LA PANTALLA DEL HMD CON LOS
OBJETOS VIRTUALES AÑADIDOS (PORTALÉS, ET AL., 2009: 325).

En este ensayo hubo que resolver algunos problemas técnicos derivados del contexto patrimonial en el que se iba a realizar la experiencia, ya que limitaba el empleo de algunos recursos utilizados en otras aplicaciones. Así, por ejemplo, la aplicación se basó en las librerías *BazAR*, en lugar de las librerías *ARToolKit*, que permiten el reconocimiento de imágenes del entorno físico, no necesitando un marcador de referencia. Igualmente, se utilizó un dispositivo móvil de modo que no interfiriera ningún elemento en el contexto patrimonial del lugar. Otros inconvenientes surgieron en la realización puesto que la luz natural que proyectan los ventanales de la bóveda, hace que ésta adopte un aspecto cambiante que dificulta el proceso de reconocimiento por el sistema necesario para añadir los gráficos virtuales⁵⁰. Igualmente la complejidad geométrica del escenario real como la forma semiesférica de la bóveda, provocó que la correspondencia entre la imagen real y el modelo virtual fuera inestable. Para solventar dichos inconvenientes, el espacio en el que un usuario podía disfrutar de la imagen aumentada de la capilla mayor se redujo (2 m x 2 m), limitando el ámbito de movimiento y la experiencia del usuario (Portalés, 2008).

Esta aplicación se testó con un grupo por 48 hipotéticos visitantes con edades comprendidas entre los 15 y 60 años y de ambos sexos, que utilizaron el dispositivo portátil (HMD y ordenador personal portátil), y pudieron interactuar con la experiencia aumentada de la capilla mayor con la recreación barroca de la misma. Al finalizar la utilización del mismo, durante un tiempo de entre 3 y 5 minutos, completaron un cuestionario del que se

⁵⁰ Sin embargo la utilización de luz artificial para la experiencia de realidad aumentada dio resultados más estables ya que era más fácil de controlar la iluminación y se mantiene siempre constante.

extrajeron los pros y contras de dicha experiencia. Entre los inconvenientes destacó el dispositivo utilizado que resultó ser poco ergonómico e incómodo. Sin embargo, los aspectos relacionados con el diseño y funcionamiento de la aplicación fueron bien valorados. Los usuarios menores de 20 años estuvieron más interesados en interactuar con la aplicación, mientras que los mayores de 50 años se preocuparon por la comodidad del dispositivo. La sección intermedia, entre 25 y 45 años, mostró un mayor interés en la tecnología y la aplicación aumentada. En general fue una experiencia atractiva para todos los usuarios y se recabaron algunas propuestas de futuro como la introducción de más elementos aumentados y la posibilidad de un audio que explicara esos contenidos (Portalés et al., 2009).

El ensayo realizado en la capilla mayor de la catedral de Valencia nos muestra las posibilidades que ofrece la tecnología de realidad aumentada en su utilización dentro de entornos patrimoniales. La experiencia permite aumentar los contenidos de un determinado objeto cultural mostrando elementos del pasado que ya han desaparecido o que se corresponden con momentos históricos diferentes, sobre la imagen real del objeto en el momento presente, combinando ambas instancias históricas.

Por ello podemos decir que la realidad aumentada también juega un papel importante en la llamada teoría de la restauración ya que la utilización de esta tecnología posibilita resolver de alguna forma aquellos problemas derivados de la cuestión planteada ya en el siglo XIX de conservar o restaurar. En ambos casos la utilización de dicha tecnología resulta

ser una opción factible y acertada, ya que en todo momento se presta especial atención al objeto cultural, además de ser un procedimiento respetuoso con la obra original al tratarse de una técnica no intrusiva y basada en los trabajos de intervenciones anteriores en el caso de la restauración, o en datos obtenidos por estudios histórico artísticos si se optara por la conservación.

Así, la realidad aumentada ofrece la posibilidad de recuperar de una forma virtual un estado anterior de la obra artística basándose en los estudios previos o en los trabajos histórico-artísticos, sin necesidad de eliminar la instancia histórica, y permitiendo su puesta en valor y difusión de unos contenidos que de otra forma quedarían dentro marco académico.

En el caso de que la intervención consistiera en una restauración en la que se primara un estado anterior de la obra, sería posible, ante la pérdida de la llamada instancia histórica, documentarla previamente al proceso de eliminación a través de las nuevas técnicas obteniendo modelos fotorrealísticos tridimensionales fieles a la obra original y proceder a su eliminación. La realidad aumentada permitiría traer al presente ese estado de la obra desaparecido -o dado el caso, otros estados que pudieran haber sido documentados- sobre la obra original y con un nivel de realismo fiel a la misma. La obra original siempre permanece inalterada, mientras que la tecnología nos ofrece la posibilidad de enriquecer el contenido que esa obra nos puede transmitir y en definitiva potenciar la puesta en valor y la difusión del patrimonio cultural.

La experiencia realizada en la Catedral de Valencia, representa un ejemplo de la importancia y potencialidad que esta tecnología tiene dentro del campo patrimonial, evocando una imagen en el tiempo, que sería la recreación de la capilla barroca aumentando los elementos que la conformaban y que se encuentran desaparecidos actualmente. Estos son la bóveda barroca y el retablo de plata renacentista, elementos que durante el periodo contrarreformista jugaron un papel preeminente dentro del conjunto catedralicio en detrimento de los bellos frescos quattrocentistas con su ángeles músicos que fueron postergados a la oscuridad y que el tiempo y el azar han sabido recuperar para disfrutar de una de las obras artísticas más impresionantes de la pintura renacentista en España.

- *URBANMIX*

La Universidad Politécnica de Valencia, también realizó otra experiencia de realidad aumentada relacionada con el patrimonio cultural que tiene su aplicación en exteriores. Se trata de la aplicación *UrbanMix* (Portalés et al., 2005; Portalés et al., 2005b; Portalés, 2008; Portalés et al., 2010), en la que se recreaban espacios urbanos híbridos, a partir de un determinado entorno real en el que se insertan otros edificios o monumentos añadidos virtualmente en escala 1:1 que se encuentran ubicados en contextos diferentes o se corresponden con otra época histórica.

Este proyecto ha tenido varias fases de realización aunque partiendo de una misma idea inicial, realizándose sucesivas experiencias que modificaban algunos elementos del mismo referentes a la técnica o a su aplicación práctica. Originariamente se presentó *UrbanMix* en el congreso ACE (*Advanced Computer Entertainment*) celebrado en la Universidad Politécnica de Valencia en 2005 mediante la comunicación *Back to the 70's* que recogía los ensayos realizados durante los dos años previos en el denominado *Laboratorio de la Luz* ubicado en la Facultad de Bellas Artes de Valencia.

La motivación de esta experiencia fue la concepción de la Universidad en función de su localización dentro del mapa urbano. Actualmente la Universidad de Valencia se encuentra repartida en tres campus, siendo el principal el de Vera que se completa con el de Gandía, el de Játiva y el de Alcoy. Durante varios siglos la Universidad de la capital del Turia se ubicó en el entramado urbano que hoy constituye el centro histórico, sin embargo, actualmente se ubica en un plano periférico de la ciudad. De modo que, la idea del equipo investigador partía de la concepción de la universidad como parte integrante de la urbe, como elemento dinamizador en la vida cotidiana de sus habitantes en la que actuaba de una forma participativa e influyente.

El escenario elegido en el ensayo realizado en 2005, fue el mencionado campus de Vera situado en el extrarradio norte de la ciudad. La aplicación de realidad aumentada consistía en realizar una evocación de la antigua universidad dentro del contexto urbano y para ello se aumentó el entorno actual con dos edificios emblemáticos del centro histórico de

Valencia como son las Torres de Serranos y el Miguelete. Así, se recreaba un escenario híbrido en el que se combinaban dos espacios urbanísticos que se encuentran distantes espacial y temporalmente.

También debemos mencionar que la aplicación *UrbanMix* ha tenido otra puesta en práctica en la Puerta del Sol de Madrid con motivo del *I Congreso Internacional Nuevos Materiales y Tecnologías para el Arte* celebrado en Madrid en noviembre de 2005. En este caso el entorno aumentado consistió en la creación de un escenario híbrido en el que este espacio neurálgico madrileño se aumentó con el edificio Chrysler de Nueva York.



.....
FIGURA 91. IMAGEN QUE MUESTRA LA PUERTA DEL SOL DE MADRID A TRAVÉS DE LA APLICACIÓN DE REALIDAD AUMENTADA *URBANMIX*. AQUÍ EN UN CONTEXTO URBANO REAL SE HAN INTRODUCIDO UN EDIFICIO SEPARADO ESPACIALMENTE DEL CENTRO NEURÁLGICO MADRILEÑO COMO ES EL EDIFICIO CHRYSLER DE NUEVA YORK CONFORMANDO UN ESCENARIO HÍBRIDO (PORTALÉS ET AL., 2005B: 420).

Para la realización de los modelos virtuales de los edificios que fueron aumentados en cada una de las experiencias, se recurrió a técnicas fotogramétricas que permiten crear un

alzado tridimensional del edificio a partir de una exhaustiva documentación gráfica que permita elaborar un sistema de coordenadas del edificio in situ.

El dispositivo utilizado para esta aplicación consta de un HMD con una cámara web incorporada que capta el campo de visión del usuario. Esta imagen se transmite a un ordenador portátil conectado al HMD, que el usuario porta en una mochila y que procesa los datos que permiten obtener una imagen aumentada en la que se combinan los datos del entorno físico real con los modelos virtuales tridimensionales que se muestra en la pantalla del HMD.

Esta experiencia, al realizarse en entornos al aire libre, necesita registrar la posición y orientación del usuario en tiempo real. Para ello se utilizaron instrumentos de medición electrónica denominados sensores inerciales, que proporcionan las coordenadas por geoposicionamiento (GPS) que se encuentran en otros sistemas.

Uno de los progresos técnicos en torno a la aplicación de realidad aumentada, fue dar solución a los problemas de oclusión, puesto que al combinar la imagen del entorno real con los gráficos virtuales, el resultado debe ser realista ya que los edificios existentes podrían ocultar parte o todo el modelo 3D según el posicionamiento del usuario. La solución que se planteó en *UrbanMix* fue crear otro modelo virtual de los edificios reales que se encontraban en el campo de visión del usuario entre éste y el modelo virtual, siguiendo el mismo proceso que para los anteriores pero con menor nivel de detalle, de

manera que el sistema tuviera también una referencia geométrica de los edificios físicos reales y así obtener una imagen aumentada correcta del conjunto.

Desde el punto de vista patrimonial, esta aplicación plantea la recreación de nuevos espacios mediante la inclusión de edificios virtuales en contextos urbanos concretos que se encuentran separados temporal y espacialmente, permitiendo tomar conciencia de la magnitud de los mismos. Tomando este concepto, sería interesante poder interrelacionarlos para comparar su estética y morfología, ya que la tecnología de realidad aumentada permite trasladarlos in situ, ya sean edificios que se encuentran separados espacialmente, temporalmente, o que han desaparecido y se puede recrear su modelo virtual tridimensional a través de estudios históricos artísticos que nos indicaran datos suficientes como para reconstruir su geometría original.

Mientras que en *UrbanMix* se pretende transmitir el concepto de evocación de la antigua Universidad Valenciana, el proyecto podría ofrecer otras vertientes relacionadas con la difusión del patrimonio. Así, sería posible generar contextos arquitectónicos en los que aparecieran grandes obras de la arquitectura pudiendo comparar el Templo de la Sagrada Familia de Barcelona con un modelo virtual a escala real de la Basílica de Santa Constantinopla, o recrear un escenario en el que junto a la Giralda de la Catedral de Sevilla, entre la trama urbana real, podamos observar una reproducción tridimensional de la Torre Eiffel tomando conciencia de la magnitud de ambos.

Las posibilidades de *UrbanMix* son ilimitadas como los conceptos a los que puede aplicarse, pudiendo generar espacios aumentados que constituyeran ciudades enteras en las que se mezclara un escenario real y varios edificios tridimensionales, donde un visitante portando un dispositivo adecuado pudiera realizar un paseo por la arquitectura románica o egipcia a través de sus obras arquitectónicas clave como si las contemplara realmente.

- *PORTABLEAR* – REALIDAD AUMENTADA EN EL ROMÁNICO NORTE

Dentro del programa *Románico Norte*⁵¹ ha surgido una propuesta basada en realidad aumentada que tiene como finalidad la puesta en valor del patrimonio histórico y su difusión turística. Éste forma parte de un Plan de Intervención que a su vez se enmarca en uno más amplio sobre el patrimonio histórico de Castilla y León denominado Plan PAHIS 2004 – 2012. *Románico Norte* se centra en las provincias de Burgos y Palencia dentro de un programa de gestión patrimonial de la Junta de Castilla y León en colaboración con las diócesis provinciales. El objetivo del mismo es la recuperación integral y puesta en valor de las 54 iglesias románicas que se reparten por el norte del territorio, además de una reactivación de las comarcas a través del turismo cultural. La Fundación Santa María la Real es la encargada de coordinar las diferentes tareas del programa en conjunción con los respectivos ayuntamientos de la zona.

⁵¹ Página web de *Románico Norte*: <http://www.romaniconorte.org> [consultado: 17.11.2012].

El escenario de actuación abarca la antigua Merindad de Aguilar de Campoo, una unidad administrativa con centro en dicha localidad y que abarcaba una zona comprendida entre ambas provincias castellano-leonesas en su zona limítrofe con Cantabria. La zona goza de un importante valor cultural principalmente por la concentración de iglesias románicas que constituyen uno de los ejemplos de arquitectura más destacados por su número y calidad de las obras a nivel europeo y dentro del Románico Hispánico.

El Plan de Intervención no sólo intenta realizar un conjunto de restauraciones en las obras del románico existentes en la zona sino que también plantea un modelo de sostenibilidad que actúe como dinamizador de estas comarcas, utilizando el patrimonio cultural como base de un modelo de desarrollo socioeconómico local en el que las iglesias románicas constituyen el principal atractivo del programa.

Una de las características del proyecto es su innovación en las propuestas de intervención en las que tienen un papel importante criterios y tecnologías propias de otras disciplinas ajenas a la restauración del patrimonio histórico. Además, las distintas intervenciones desarrolladas también se presentan como la base de unos programas de difusión en los que se muestran los resultados de las investigaciones y el proceso de restauración mediante la edición de soportes gráficos, audiovisuales, etc. (Fundación Santa María la Real, 2008; Prieto, 2007).

En este último objetivo es donde se encuadra el proyecto *PortableAR* en el que se utiliza la tecnología de realidad aumentada como recurso de la puesta en valor y promoción del

patrimonio histórico. Éste se ha centrado en una experiencia piloto que tiene como escenario la iglesia de Santiago en Cezura (Palencia). Éste consiste en la utilización de la tecnología de realidad aumentada con un fin turístico y de promoción del patrimonio a través de un dispositivo portable e intuitivo que se adapte a las necesidades de este tipo de contextos culturales.

PortableAR, un proyecto financiado por el Ministerio de Industria, Comercio y Turismo y los fondos FEDER, en el que colaboran el Centro Tecnológico *Labein-Tecnalia*, la Universidad de Deusto, y las empresas *Miesa*, *Befesa* y *Virtualware*, partía de la base de los estudios estadísticos que indicaban que sólo un 15% de los visitantes se mostraban interesados en los paneles informativos que se encuentran ubicados en entornos patrimoniales, y que dentro de ese porcentaje sólo leían el 15% de los contenidos. Por ello se planteó la posibilidad de hacer partícipe al público del objeto cultural a través de la utilización de las nuevas tecnologías. *PortableAR* intenta explotar la potencialidad de la realidad aumentada en el campo patrimonial mediante un dispositivo portátil que pueda transmitir esos contenidos de una forma didáctica, lúdica e intuitiva con el fin de transmitir el valor cultural e histórico del programa *Románico Norte*. Dicha tecnología, que permite añadir elementos que no existen o han desaparecido en un determinado escenario real, se presenta dentro de *PortableAR* como un recurso útil que permite al usuario interactuar con las diferentes estructuras facilitando la comprensión del espacio a través de la visión de varias propuestas que se desarrollan en el Plan *Románico Norte*, y sin ningún impacto visual en el entorno

patrimonial, puesto que toda la información se realiza a través de un dispositivo móvil como podría ser un *tablet PC* o un *smartphone*.

La iglesia de Santiago en Cezura, ha sido el escenario en el que actualmente se está testando el sistema *PortableAR*. En los ensayos realizados hasta la fecha, la aplicación de realidad aumentada consta de una pantalla táctil portátil que un responsable llevará durante la visita a la iglesia en la que un guía virtual animado orientará a los visitantes hasta los puntos de interés. Éstos están representados por los elementos más destacados de la iglesia de Cezura que son la portada, el ábside y los capiteles interiores. Cuando el visitante llegue a cada uno de esos puntos, podrá observar a través de la pantalla información adicional sobre cómo se encontraba esa zona antes de la restauración, las fases constructivas del edificio, o cual era su decoración dependiendo del escenario en el que se encuentren.



.....
FIGURA 92. *PORTABLEAR*. ENSAYOS EN EL INTERIOR DE LA IGLESIA DE SANTIAGO DE CEZURA
DONDE SE COLOCARON LAS DIFERENTES MARCAS QUE LOCALIZAN LOS PUNTOS DE INTERÉS QUE
SON ACCESIBLES A TRAVÉS DE LA GUÍA PORTÁTIL. *PORTABLEAR*©.

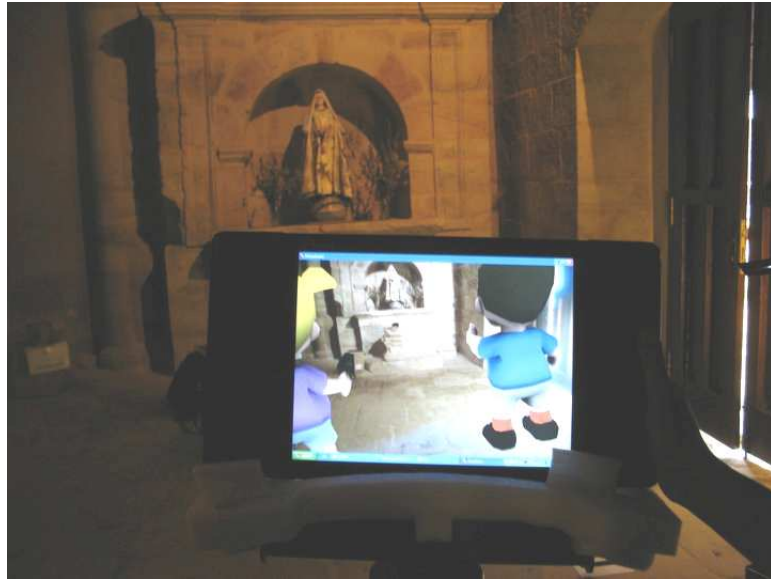


FIGURA 93. *PORTABLEAR*. ESCENA PILOTO DE LA GUÍA UTILIZADA DURANTE LA VISITA AL INTERIOR DE LA IGLESIA DE SANTIAGO EN CEZURA UTILIZANDO UN DISPOSITIVO PORTÁTIL.

PORTABLEAR©.

PortableAR se encuentra actualmente en proceso de finalización. Tras una primera experiencia realizada en julio de 2010, se está trabajando en el diseño de los guiones que deberán contener la información apropiada para las visitas, además de perfeccionar la aplicación con la intención de ponerlo en práctica con visitantes reales en un futuro próximo.

- REALIDAD AUMENTADA Y PATRIMONIO HISTÓRICO MOLINAR
ANDALUZ

Otro de los ejemplos donde encontramos esa relación entre la realidad aumentada y el patrimonio histórico viene siendo desarrollado por la Universidad de Jaén a través del Departamento de Ingeniería Gráfica, Diseño y Proyectos. Se encuadra dentro de un proyecto de investigación dedicado a la recuperación del patrimonio histórico molinar en Andalucía bajo la dirección del Dr. José Ignacio Rojas Sola cuya línea de estudio se centra en la Arqueología Industrial e Historia de la Tecnología, desarrollando una labor de recuperación del patrimonio histórico e industrial mediante técnicas de diseño e ingeniería asistidas por ordenador.

Se trata de un Proyecto de Excelencia financiado por la Consejería de Economía, Innovación y Ciencia de la Junta de Andalucía bajo el título de *El Patrimonio Histórico Molinar Eólico de Andalucía* y que persigue realizar un inventario de los molinos de viento de Andalucía para su catalogación a través de una herramienta SIG (Sistema de Información Geográfico), constituyendo una base de datos que recoja su localización, evolución histórica, características arquitectónicas y tecnológicas, mediante reconstrucciones realizadas por métodos de diseño gráfico industrial, modelado tridimensional y animación por ordenador.

La idea parte del estudio científico del patrimonio molinar de Andalucía desde un punto de vista interdisciplinar donde se analizan los casos existentes en nuestra región desde una perspectiva histórica, arqueológica, arquitectónica y, especialmente desde la iniciativa de este proyecto, desde el punto de vista de la ingeniería, algo no tratado con la suficiente profundidad en estudios anteriores sobre el tema.

Dentro del proyecto también se ha utilizado la realidad aumentada como una herramienta al servicio de la recuperación y difusión de este patrimonio industrial, presentando los contenidos del mismo en el *II Congreso Internacional de Arqueología e Informática Gráfica, Patrimonio e Innovación, Arqueológica 2.0*, celebrado en Sevilla entre los días 16 y 19 de junio de 2010 en la comunicación titulada *Realidad Aumentada Aplicada al Patrimonio Histórico Molinar* (Castro-García et al., 2011).

La aplicación de realidad aumentada dentro de dicho proyecto consiste en asociar los modelos virtuales tridimensionales realizados con técnicas infográficas como el láser escáner 3D, con un determinado marcador utilizando las librerías *FLARToolkit*. Así, se pretende implementar la aplicación de realidad aumentada de manera que sea accesible fácilmente a través de la red por cualquier usuario. Para ello se creó un portal web dedicado al Patrimonio Histórico Molinar Eólico Andaluz donde se encuentran los resultados del proyecto como fichas catalográficas de los ejemplos inventariados, los modelos tridimensionales, etc., junto a un recurso donde a través de la realidad aumentada, el usuario podrá observar en sus manos un molino de viento de forma virtual. A través de la

webcam del ordenador y tras imprimir el respectivo marcador, el usuario que accede a la aplicación mostrará el marcador para que sea capturado por la webcam y el sistema automáticamente generará el modelo virtual tridimensional del molino de viento que se corresponde con el mismo. Esto es posible gracias a que el sistema utiliza el marcador para insertar el modelo virtual dentro del entorno real del usuario a través de la imagen captada por la webcam mediante las tareas de renderizado que se encargan de insertar el modelo virtual correctamente dentro de la escena a partir del marcador.



FIGURA 94. IMAGEN DE UN USUARIO CON EL MODELO TRIDIMENSIONAL ANIMADO DE UN MOLINO DE VIENTO QUE SE CORRESPONDE CON EL MARCADOR (CASTRO GARCÍA ET AL., 2011: 85).

Como consecuencia de este proyecto, podemos extraer algunas conclusiones derivadas de la utilización de la tecnología de realidad aumentada en el campo patrimonial como es este caso. Como hemos visto, resulta posible realizar una aplicación de realidad aumentada a partir de los recursos disponibles resultantes de otros estudios como los modelos virtuales realizados por *AutoCAD* y *3DStudio Max* destinados a la base de datos SIG, constituyendo

una forma más de difundir el trabajo realizado en investigaciones previas. Por otra parte, la utilización de técnicas infográficas como el modelado de escáner láser 3D, permiten obtener modelos virtuales de gran precisión y detalle, evitando cualquier tipo de técnica invasiva sobre el patrimonio a la hora de realizar los estudios referentes al objeto cultural. También debemos destacar que la experiencia de la aplicación web está basada en una interfaz tangible de usuario, que permite manipular un modelo virtual como si se tratara de un objeto físico real, por lo que se trata de una forma atractiva e intuitiva de interactuar con la aplicación de realidad aumentada abriendo grandes posibilidades para su uso con fin turístico y divulgativo.

- PLATAFORMA RASMAP – REALIDAD AUMENTADA MÓVIL PARA
LA CONSERVACIÓN DEL PATRIMONIO

Otra de las funcionalidades que la tecnología de realidad aumentada puede prestar al campo patrimonial, y que ha sido desarrollada recientemente, es la de ser una herramienta para los profesionales que actúan sobre la conservación del patrimonio a través del diagnóstico de las posibilidades de intervención. Se trata de un Asistente Móvil personal que se desarrolla en dispositivos móviles, el cual está basado en una plataforma denominada RASMAP, que guía al usuario para realizar el diagnóstico de conservación de

un inmueble desde la observación directa del mismo. Una de las experiencias desarrolladas en el centro histórico de Labraza (Álava), constaba de un PDA que se utilizaba como recurso de información sobre determinados elementos constructivos, opciones de accesibilidad a espacios públicos, etc. Por el entorno había repartidos varios marcadores que al ser enfocados con la cámara del PDA, ofrecía varios recursos que permitían ver las posibilidades de intervención mediante gráficos virtuales que se superponían a la imagen real del inmueble.

Otra de las experiencias realizadas, fue en Segovia, en la que a través de un PC Ultramóvil, se analizaba el impacto visual de una intervención en el Teatro Cervantes de la ciudad. Así, a través de la cámara del dispositivo y el asistente, se ofrecía una imagen aumentada del entorno del edificio con las propuestas constructivas con la intención de evaluar la incidencia y soluciones que se podían aportar.



.....

FIGURA 95. ASISTENTE PERSONAL MÓVIL UTILIZANDO LA PLATAFORMA RASMAP PARA ANALIZAR EL IMPACTO VISUAL DE UNA INTERVENCIÓN EN EL TEATRO CERVANTES DE SEGOVIA (IZKARA, 2010: 171).

Esta propuesta desarrollada en la tesis, Realidad Aumentada Móvil para la Conservación del Patrimonio, de José Luis Izkara, permitiría la utilización de esta tecnología, para visionar in situ, las propuestas de intervención y el correspondiente resultado previamente a su desarrollo.

BIBLIOGRAFÍA

- ACIÉN MARTÍNEZ, F., BARRIOS ARAGÓN, E., RUIZ AGUILAR, A., y VÁZQUEZ FERNÁNDEZ-BACA, J. L. (2010): «Mirador basado en la tecnología de realidad aumentada para su ubicación en yacimientos arqueológicos», *Virtual Archaeology Review Journal*, vol. 1, nº 2, pp. 41 – 43.
- AGUILÓ, C., LORÉS, J., y JUNYENT, E. (2001): «Enhanced cultural heritage environments by augmented reality systems», en AA. VV., *Proceedings of the Seventh international Conference on Virtual Systems and Multimedia*, Washington DC, IEEE Computer Society, pp. 357 - 364.
- ALONSO, N., BALAGUER, A., BORI, S., FERRÉ, G., JUNYENT, E., LAFUENTE, A., LÓPEZ, J. B., LORÉS, J., MUÑOZ, D., SENDÍN, M., y TARTERA, E. (2001): «Análisis de escenarios de futuro en realidad aumentada. Aplicación al yacimiento arqueológico de Els Vilars», *Interacción'2001, 2º Congreso Internacional de Interacción Persona-Ordenador*, disponible en http://griho2.udl.cat/publicacions/2001/Interaccion_2001_-_Realidad_Aumentada.pdf [consultado: 25.12.2012].
- ALZUA-SORZABAL, A., LINAZA, M. T., y SUSPERREGUI, A. (2006): «Providing on-site augmented information to tourists», en Hitz, M., Sigala, M., Murphy, J.

- (Eds.), *Information and Communication Technologies in Tourism*, Viena, Springer, pp. 58 - 66.
- BALAGUER, A., y LORÉS, J. (2001): «Scenario based design of augmented reality systems applied to cultural heritage», en AA. VV., *Proceedings of the First Panhellenic Conference with International participation in Human-Computer Interaction 2001*, disponible en http://griho2.udl.es/publicacions/2001/Vilars_RA.pdf [consultado: 24.09.2012].
 - BÉRCHEZ, J., y GÓMEZ-FERRER M. (2008): «El presbiterio barroco de la catedral de Valencia», *La Catedral de Valencia. Una ciudad y su templo*, Villanova di Castenaso (Bologna): FMR, pp. 21 - 57.
 - BIOSCA, J. M., NAVARRO, S., y LERMA, J. L. (2007): «Modelado tridimensional de una bóveda barroca mediante la combinación de laser escáner y fotogrametría», *7th Semana Geomática*, disponible en <http://jllerma.webs.upv.es/papo21.pdf> [consultado: 22.10.2012].
 - CASTRO, M., ROJAS, J. I., y CARRANZA, M. P. (2011): «Realidad aumentada aplicada al patrimonio histórico molinar», *Virtual Archaeology Review*, vol.2, nº 3, pp. 83 - 86.
 - FRITZ, F., SUSPERREGUI, A., y LINAZA, M.T. (2005): «Enhancing cultural tourism experiences with augmented reality technologies», en M. Mudge, N. Ryan, y R. Scopigno (eds.), *Proceedings of the 6th International Symposium on Virtual Reality*,

Archaeology and Intelligent Cultural Heritage, Italia, The Eurographics Association, s. p.

- FUNDACIÓN SANTA MARÍA LA REAL, (2008): «Románico Norte: un nuevo modelo de restauración y gestión del patrimonio», *Restauro: Revista internacional del patrimonio histórico*, nº 2, pp. 44-51.
- GRANOLLERS, T., LORÉS, J., RAIMAT, G., JUNYENT, E., y TARTERA, E. (2003): «Análisis y diseño de una visita guiada a la fortaleza de Arbeca en realidad aumentada», en Julia Beltrán de Heredia Bercero e Isabel Fernández del Moral (coord.), *II Congreso Internacional sobre musealización de yacimientos arqueológicos: nuevos conceptos y estrategias de gestión y comunicación*, Barcelona, Museu d'Història de la Ciutat, pp. 265-269.
- GRANOLLERS, T., LORÉS, J., RAIMAT, G., JUNYENT, E., y TARTERA, E. (2002): «Vilars. A new dialogue model applying augmented reality», en AA. VV., *Proceedings of the 9th International Workshop Design, Specification, and Verification of Interactive Systems*, disponible en [http://griho2.udl.es/publicacions/2002/Vilars_A_new_dialogue_model_applying_AR_\(Rostock\)_OK.pdf](http://griho2.udl.es/publicacions/2002/Vilars_A_new_dialogue_model_applying_AR_(Rostock)_OK.pdf) [consultado: 08.12.2012].
- IZKARA, J. L. (2010): *Realidad aumentada móvil para la conservación del patrimonio*. Tesis Doctoral. Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Bilbao, Universidad del País Vasco.

- JIMENO, A., y ATAURI, D. (2002): «Interpretación de yacimientos arqueológicos mediante técnicas de realidad aumentada. Aplicación al yacimiento de Numancia», *III Jornadas Europeas "Empleo y Patrimonio Cultural, Promoción Económica y Nuevas Tecnologías en la Sociedad de la Información y del Conocimiento" (CULTURTEC 2002)*, [CD-ROM]. Madrid.
- JIMENO, A., y ATAURI, D. (2006): «La realidad aumentada aplicada a la interpretación de yacimientos arqueológicos: el caso de Numancia», *Tecnologías de la Información y Comunicación (TICs), Arte y Patrimonio Cultural: Aplicaciones, Desarrollo Local y Aprendizaje Informal. Primer Seminario Internacional celebrado en Donostia-San Sebastián el 5 de mayo de 2003*, Aurkene Alzua Sorzabal (coord.), San Sebastián, Universidad de Deusto, pp. 274 - 287.
- LINAZA, M. T., GARCÍA, A., TORRE, I., y TORRES, J. I. (2008): «Interacting with augmented assets in cultural tourism», *Transactions on Edutainment I*, A. El Rhabili, (ed.), Lecture Notes in Computer Science, vol. 5080, Berlin, Springer-Verlag, pp. 107-117.
- MAGNENAT-THALMANN, N., CORDIER, F., SEO, H., y PAPAGIANAKIS, G. (2004): «Modeling of bodies and clothes for virtual environments», *International Conference on Cyberworlds*, MIRA Lab, Switzerland, Geneva University, pp. 201 – 208.

- NAVARRO, M. (2008): «Los ángeles músicos de la catedral de Valencia en su contexto histórico», *La Catedral de Valencia. Una ciudad y su templo*. Villanova di Castenaso (Bologna), FMR, pp. 59 - 98.
- OWEN, R., BUHALIS, D., y PLETINCKX, D. (2005): «Visitors' evaluations of ICTs used in cultural heritage», M. Mudge, N. Ryan y R. Scopigno (eds.), *Proceedings of the VAST Conference, Aire-la-Ville - Switzerland*, Eurographics Association, pp. 129 – 136.
- PAPAGIANNAKIS, G., PONDER, M., MOLET, T., KSHIRSAGAR, S., CORDIER, F., MAGNENAT-THALMANN, N., y THALMANN, D. (2002): «LIFEPLUS: revival of life in ancient Pompeii», *Proceedings of the 8th International Conference on Virtual Systems and Multimedia (VSMM '02)*, Gyeongju, Korea, pp. 25 – 27.
- PAPAGIANNAKIS, G., SCHERTENLEIB, S., O'KENNEDY, B., AREVALO-POIZAT, M., MAGNENAT-THALMANN, N., STODDART, A., y THALMANN, D. (2005): «Mixing virtual and real scenes in the site of ancient Pompeii», *Computer Animation Virtual Worlds*, vol. 16, nº 1, pp. 11-24.
- PLETINCKX, D., CALLEBAUT, D., KILLEBREW, A. E., y SILBERMAN, N. A. (2000): «Virtual reality heritage presentation at Ename», *IEEE MultiMedia*, vol. 7, nº 2, pp. 45 – 48.

- PORTALÉS, C. (2008): *Entornos multimedia de realidad aumentada en el campo del arte*. Tesis doctoral dirigida por María José Martínez-De-Pisón Ramón, José Luis Lerma García. Universidad Politécnica de Valencia.
- PORTALÉS, C., GINER, F., y SANMARTÍN, F. (2005): «Back to the 70's», *International Conference on Advances in Computer Entertainment Technology (ACE'05)*, Valencia, pp. 209 - 212.
- PORTALÉS, C., GINER, F., y SANMARTÍN, F. (2005b): «Urbanmix», *Congreso Internacional Nuevos Materiales y Tecnologías para el Arte*, Madrid, pp. 417 - 423.
- PORTALÉS, C., LERMA, J. L., NAVARRO, S. (2010): «Augmented reality and photogrammetry: A synergy to visualize physical and virtual city environments», *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, nº 65, pp. 134 - 142.
- PORTALÉS, C., LERMA, J. L., PÉREZ, C. (2009): «photogrammetry and augmented reality for cultural heritage applications», *The Photogrammetric Record*, vol. 24, nº 128, pp. 316 – 331.
- PRIETO, J. C. (2007): «El plan del Románico Norte: un modelo de desarrollo basado en el patrimonio», en José Javier Rivera Blanco (coord.), *Actas del V Congreso Internacional "Restaurar la Memoria"*, Valladolid, pp. 73-86.
- RUIZ, D. (2011): «La realidad aumentada: una nueva herramienta para la interpretación y conocimiento del patrimonio cultural», en M. Gértrudix, F.

- Gértrudix (coord.), *Actas II Congreso Internacional Sociedad Digital: espacios para la interactividad y la inmersión*, vol. 1, pp. 31 – 43.
- RUIZ, D. (2011): «Realidad aumentada y patrimonio cultural: nuevas perspectivas para el conocimiento y la difusión del objeto cultural», *E-rph, Revista Electrónica de Patrimonio Histórico [en línea]*, nº 8, pp. 92 - 113, disponible en <<http://www.revistadepatrimonio.es/revistas/numero8/difusion/estudios2/articulo.php>> [consultado: 25.01.2013].
 - SALA, D. (2006): «El retablo de plata de la catedral de Valencia», disponible en <http://www.lasprovincias.es/prensa/20061229/cultura/retablo-plata-catedral-valencia_20061229.html> [consultado: 20.10.2012].
 - SCHNÄDELBACH, H., KOLEVA, B., FLINTHAM, M., FRASER, M., IZADI, S., CHANDLER, P., FOSTER, M., BENFORD, S., GREENHALGH, C., y RODDEN, T. (2002): «The Augurscope: a mixed reality interface for outdoors», en AA. VV., *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems: Changing Our World, Changing Ourselves*, New York, ACM, pp. 9-16.
 - SCHNÄDELBACH, H., KOLEVA, B., PAXTON, M., TWIDALE, M., BENFORD, S., y ANASTASI, R. (2006): «The Augurscope: refining its design», *Presence: Teleoperators and Virtual Environments*, vol. 15, nº 3, pp. 278-293.
 - STRICKER, D., DÄHNE, P., SEIBERT, F., CHRISTOU, I. T., ALMEIDA, L., e IOANNIDIS, N. (2001): «Design and development issues for ARCHEOGUIDE: an

- augmented reality based cultural heritage on-site guide», en AA. VV., *Proceedings of the Euro Image ICAV 3D Conference in Augmented Virtual Environments and Three-Dimensional Imaging*, disponible en <http://archeoguide.intranet.gr/papers/publications/ARCHEOGUIDE-ICAV3D%2001.pdf> [consultado: 10.08.2012].
- STRICKER, D., PAGANI, A., y ZÖLLNER, M. (2009): «In-situ visualization for cultural heritage sites using novel augmented reality technologies», *Virtual Archaeology Review*, vol. 1, nº 2, pp. 37 - 41.
 - VLAHAKIS, V., IOANNIDIS, N., KARIGIANNIS, J., TSOTROS, M., y GOUNARIS, M. (2002): «Virtual reality and information technology for archaeological site promotion», *5th International Conference on Business Information Systems*, disponible en <http://archeoguide.intranet.gr/papers/publications/ARCHEOGUIDE-BISo2.pdf> [consultado: 12.03.2013].
 - VLAHAKIS, V, PLIAKAS, T., DEMIRIS, A, e IOANNIDIS, N (2004): «Experiences in applying augmented reality techniques to adaptive, continuous guided tours», *International Federation for Information Technology and Travel & Tourism (IFITT) ENTER 2004*, disponible en http://resumbrae.com/vro4/vlahakis_slides.pdf [consultado: 26.01.2013].

- VLAHAKIS, V., PLIAKAS, T., DEMIRIS, A., e IOANNIDIS, N. (2003): «Design and application of the LIFEPLUS augmented reality system for continuous, context-sensitive guided tours of indoor and outdoor cultural sites and museums», en AA. VV., *Proceedings of the Conference on Virtual Reality, Archeology, and Cultural Heritage*, Geneve, Eurographics Association, pp. 151-159.
- VLAHAKIS, V., IOANNIDIS, N., KARIGIANNIS, J., TSOTROS, M., GOUNARIS, M., STRICKER, D., GLEUE, T., DAEHNE, P., y ALMEIDA, L. (2002b): «Archeoguide: an augmented reality guide for archaeological sites», *IEEE Computer Graphics and Applications*, vol. 22, nº 5, pp. 52 - 60.
- VLAHAKIS, V., KARIGIANNIS, J., TSOTROS, M., GOUNARIS, M., ALMEIDA, L., STRICKER, D., GLEUE, T., CHRISTOU, I. T., CARLUCCI, R., e IOANNIDIS, N. (2001): «Archeoguide: first results of an augmented reality, mobile computing system in cultural heritage », en AA. VV., *Proceedings of the 2001 Conference on Virtual Reality, Archeology, and Cultural Heritage*, New York, ACM, pp. 131-140.
- YAMANE, L., y LORÉS, J. (2004): «Els Vilars: a study of a cultural heritage augmented reality device», *Interacción 2004*, Lleida, pp. 62 – 69, disponible en <http://www.aipo.es/articulos/3/09.pdf> [consultado: 27.09.2010].
- ZOELLNER, M., KEIL, J., DREVENSEK, T., WUEST, H. (2009): «Cultural Heritage Layers: Integrating Historic Media in Augmented Reality», en AA. VV., *Proceedings*

of the 2009 15th international Conference on Virtual Systems and Multimedia,
Washington, DC, IEEE Computer Society, pp. 193-196.

9. REALIDAD AUMENTADA Y CREACIÓN ARTÍSTICA

"If Andy Warhol set out to create a distinctly American art form in the 20th century, we identify with those who seek to create a distinctly global art form in the 21st."

John Craig Freeman (augmented reality artist)

En los albores del siglo XXI nuestra sociedad vive conectada a la tecnología, una afirmación fácilmente constatable en las numerosas instantáneas que muestran a nuestro alrededor el uso de algún dispositivo tecnológico de última generación. Los avances que se han sucedido en los últimos años, junto con la implantación cada vez mayor de éstos en la población actual, han dado como resultado la proliferación de los más diversos artilugios, destacando sobremanera aquellos portátiles, que nos sitúan en el advenimiento de lo que algunos han denominado como la era del silicio.

En este contexto es donde la realidad aumentada (AR en sus siglas en inglés), ha irrumpido con más fuerza despertando un gran interés dentro del campo del arte, adquiriendo un importante desarrollo en manos de artistas que exploran esta nueva tecnología y que muestran un creciente interés como recurso para su obra creativa.

Un interés que incluso ha sido promovido dentro del *International Symposium on Mixed and Augmented Reality (ISMAR)*, la cita anual de carácter internacional más importante sobre

realidad aumentada, que en los últimos años ha contado con una sección propia dedicada al arte y las humanidades, y que en su edición de 2011 celebrada en Basilea (Suiza), incluyó una muestra paralela al simposio en la que se invitaba a los artistas que trabajaban con realidad aumentada a exponer sus obras y participar en el mismo.

- LA REALIDAD AUMENTADA EN EL CONTEXTO DEL ARTE DE LOS NUEVOS MEDIOS

Las nuevas tecnologías representan en la actualidad un importante recurso que participa en los diferentes procesos de creación artística, constituyendo una herramienta habitual que el artista debe conocer para plasmar sus ideas y conceptualizaciones con el fin de ser transmitidas a la sociedad.

El papel que las nuevas tecnologías han supuesto en el campo del arte ha destacado notablemente durante las últimas décadas pero no hemos de obviar la larga tradición existente entre ambos. Así, el binomio arte-ciencia ha estado presente en la vida de los hombres desde que comenzaron sus primeras manifestaciones a través de las herramientas o útiles para grabar en piezas de marfil o esculpir la piedra, las diferentes técnicas de fundición para obtener los modelos en bronce de las esculturas del mundo clásico, o el descubrimiento de procesos químicos que permitían elaborar técnicas pictóricas que produjeron un desarrollo de la pintura que ha llegado hasta nuestros días.

El siglo XX ha aportado una gran variedad de avances científicos y descubrimientos que no han sido ajenos a las aportaciones creativas de los artistas de vanguardia que han hecho uso de los mismos como nuevos métodos de expresión. El descubrimiento de la fotografía o el cine, equiparados con notoriedad a otras artes tradicionales, han constituido hitos en el desarrollo de nuevas formas de manifestar inquietudes y nuevos conceptos artísticos como la aparición del videoarte que ha sido una de las interpretaciones que han surgido a partir de estos nuevos elementos.

La denominada "era digital" en la que nos hallamos, ha supuesto un nuevo paradigma en el que han surgido nuevos hitos como el arte digital. Las tecnologías de la información y comunicación han mostrado su poderosa capacidad de introducirse en nuestra sociedad y el arte no ha sido un ente ajeno a esta realidad. El NET.Art, el arte del ciberespacio, que tiene su plasmación en la red de redes Internet, cobra especial importancia en este desarrollo atendiendo a la nueva dimensión de globalización de la cultura y por ende del arte, que nos aporta esta plataforma.

Esta era digital también ha supuesto un paso más en el acercamiento del arte a la realidad, ya que ha pasado de las imágenes 2D proporcionadas por el cine y la fotografía, al espacio tridimensional a través de la realidad virtual y su capacidad de generar entornos en 3D, que han sido la apuesta de los artistas más vanguardistas que han transitado por los albores del siglo XXI.

La presencia de la realidad aumentada en el campo del arte es un hecho asociado a los recursos vanguardistas de nuestro arte actual, que aunque ha tenido una fuerte y rápida implantación en diferentes áreas de conocimiento, es una tecnología cuya trayectoria ha abarcado principalmente la primera década del siglo XXI.

Previamente, se encontraba asociada a otra tecnología mucho más conocida en nuestra sociedad como es la realidad virtual. Un término ampliamente arraigado y con numerosas aplicaciones en diferentes ámbitos incluidos los concernientes al campo del arte, teniendo un papel de experimentación consolidado en la actualidad. La inclusión de nuevos mundos sintéticos generados por ordenador responde a un gran número de obras de renombre como pueden ser los trabajos de la artista canadiense Charlotte Davies *Osmose* (1995) y *Ephemere* (1998), o aquellos desarrollados para la instalación *CAVE (Cave Automatic Virtual Environment)* que constituyen algunos de los paradigmas en la creación de nuevos espacios virtuales.

Por su parte, la realidad aumentada es un nuevo término que se adentra progresivamente en nuestra sociedad, y que está teniendo un ámbito de aplicación cada vez más amplio, llamando de igual forma la atención a varios artistas que han utilizado esta nueva tecnología en su obra.

El desarrollo de las tecnologías de lo virtual en este campo, dentro de las cuales se enmarca ahora la realidad aumentada, ha supuesto tradicionalmente la creación de obras que se desarrollaban en un mundo sintético y separado del mundo real, un mundo paralelo que aunque basado muchas veces en la realidad, conformaba un ente aislado.

Sin embargo, la realidad aumentada aporta un cambio sustancial en este planteamiento ya que aquí es posible que dos mundos que poseen naturalezas diferentes queden unidos en un mismo espacio, donde lo real y lo virtual actúan conjuntamente de forma inseparable en lo que se denomina entornos de realidad mixta o mezclada (*mixed reality*), que quedó definida dentro del «continuo de la virtualidad» (Milgram y Kishino, 1994). En éste se sitúan en un extremo los entornos reales y en el otro lo entornos virtuales, de manera que el espacio intermedio queda ocupado por aquellos entornos en lo que lo real y lo virtual se combinan indistintamente, de ahí procedería el término aludido anteriormente de realidad mezclada. Según el grado de virtualidad presente en esos entornos podremos hablar de virtualidad aumentada, en la que predominan los gráficos generados por ordenador, y de realidad aumentada, en la que el grado de virtualidad en un entorno real no superaría el cincuenta por ciento.

- REALIDAD MIXTA O MEZCLADA EN EL CAMPO DEL ARTE

Uno de los conceptos en estrecha relación con el de realidad aumentada, ha sido el de realidad mixta o mezclada para aludir de la misma forma a aquellos escenarios que relacionan un espacio físico real con la simulación de un espacio virtual, donde no quedan bien establecidos los límites de uno y otro. En este caso el usuario convive paralelamente en dos mundos diferentes pero interconectados, donde además de permitir la interacción del usuario con el entorno virtual también da lugar a que objetos físicos del entorno inmediato del usuario sirvan como elementos de interacción con el entorno virtual.

Las creaciones artísticas basadas en la denominada realidad mixta han tenido una importante presencia en muchas obras que jugaban con esa dualidad entre lo real y lo virtual. *Gulliver's World* es una instalación presentada en el *Ars Electronica Futurelab* en la edición de 2004 (actualmente forma parte del *Ars Electronica Museum* en la ciudad austriaca de Linz), y que fue el resultado de un trabajo desarrollado dentro del *Mixed Reality Lab*, el *Human Interface Lab of Osaka* y la compañía *Zaxel*. La instalación introducía al público infantil en el proceso de creación, diseño y ejecución teatral al mismo tiempo que ofrecía una experiencia virtual para todo el público asistente, en la que el usuario exploraba el camino desde lo material a lo virtual a través de interfaces de tipo háptico. *Gulliver's World* constaba de varias estaciones que actuaban como un asistente en la creación de

personajes, escenarios o acciones que cobraban vida en un mundo virtual que se configuraba según los parámetros introducidos desde el mundo físico real. Éstos podían ser desde personajes modelados en plastilina, dibujos digitales, o piezas con marcas que representaban ciertas configuraciones que eran reconocidos por el sistema de cámaras, que de igual forma también reconocían los movimientos de los usuarios. El punto central de la instalación se denominaba *Gulliver's World Stage* conformado por una superficie que servía de escenario colaborativo donde varios usuarios incluían todos los elementos físicos producidos en las demás estaciones, junto a las informaciones digitales recogidas del mundo físico real, de forma que se trasladaban a una pantalla en la que tenía lugar la puesta en escena de las diferentes historias. La modificación de los elementos físicos reales colocados en la superficie estaba estrechamente ligada a la escena virtual, generando una aplicación de realidad mixta a través de una interfaz colaborativa de tipo háptico en la que se daban lugar escenas sociales virtuales según la actuación de cada usuario (Lindinger et al., 2006; Lindinger et al., 2006b).

Algunas de las obras creadas bajo el concepto de realidad mixta han estado basadas en videojuegos⁵² que adoptan itinerarios de un determinado escenario real pero recreando otro escenario completamente diferente. Así el usuario encuentra un mismo escenario

⁵² Conviene destacar aquí los estudios referidos la temática de videojuegos como son la tesis presentada por Jorge Ignacio Mora Fernández, *Interfaces y expresiones hipermedia: análisis de las más interactuadas por los adolescentes para su aplicación en la comunicación sobre contenidos éticos y culturales* (UCM) y también el trabajo doctoral de Ximena Paula Hidalgo Vásquez titulado *Videojuegos: un arte para la historia del arte* (UGR).

real/virtual, pero que se corresponde con dos mundos o dimensiones diferentes, llevándose a cabo una experiencia de realidad mixta o mezclada.

Este es el caso de algunas obras como *Can You See Me Now?* un proyecto desarrollado en el *Mixed Reality Laboratory* de la Universidad de Nottingham (Reino Unido), que contó con la participación del grupo artístico Blast Theory, siendo presentado en varios eventos dedicados al arte entre los que se encuentra la feria de *Art Futura* celebrada en 2004 que tuvo lugar en la ciudad de Barcelona (España). Ésta edición se presentaba bajo el epígrafe de «Realidad Aumentada», y planteaba la conexión entre el espacio urbano, el espacio social y el espacio íntimo a través de las redes, que se hallan interrelacionados conformando el espacio de la información. *Can You See Me Now?* cuestionaba el papel protagonista del uso de dispositivos electrónicos portátiles, como los teléfonos móviles, por parte de un amplio rango de población en la que se incluyen sectores sociales normalmente excluidos del acceso a las nuevas tecnologías (AA. VV., 2004).

En la aplicación se diferenciaban dos espacios, uno real que se correspondía con las calles de una determinada ciudad, mientras que el otro reproducía el plano de la misma ciudad pero virtualmente y a través de volúmenes geométricos sin detalles. Unos jugadores-corredores se colocaban en las calles de la ciudad real equipados con dispositivos móviles a través de los cuales controlaban el escenario virtual, en el que unos jugadores online se presentaban como avatares, al mismo tiempo que también visionaban la posición de los corredores en la aplicación online de la ciudad virtual. El juego consistía en que los

corredores debían conseguir escapar de los jugadores online a través de las referencias que el dispositivo móvil, equipado con GPS y *wi-fi*, le mostraba sobre la situación y posición de los mismos en el plano virtual. Los avatares contaban con algunos inconvenientes en su ciudad virtual, como no poder salir de la zona de juego, atravesar las barreras, o entrar en los edificios. Por su parte, los corredores encontraban obstáculos en la ciudad real como elementos urbanos, automóviles o personas, que no aparecían en el plano virtual y que podían dificultar el paso de los corredores. Cuando un jugador conseguía aproximarse dentro de un radio de cinco metros a uno de los corredores, éste se consideraba como capturado y quedaba eliminado (Benford et al., 2006). *Can You See Me Now?* mostraba así la capacidad de “encontrarse” entre esos dos mundos o dimensiones, compartiendo entonces un mismo espacio en el que la línea que separa lo real de lo virtual no quedaba claramente definida.



.....
FIGURA 96. IMAGEN DE *CAN YOU SEE ME NOW?*, QUE MUESTRA A LOS CORREDORES EN LA CIUDAD REAL CON EL DISPOSITIVO PORTÁTIL QUE LES VA INDICANDO EN EL PLANO VIRTUAL DE LA CIUDAD, LA POSICIÓN DE LOS JUGADORES ONLINE Y LA DIRECCIÓN EN LA QUE ALEJARSE PARA EVITAR SER CAPTURADOS (BENFORD ET AL., 2006: 6).

El mismo planteamiento que la obra de *Blast Theory* fue tomado para el desarrollo de un proyecto que tuvo lugar entre el *Center for Computer Games and Virtual Worlds* de la Universidad de California (EE. UU.), y el *Mixed Reality & Integration Laboratory* de la Universidad de Sejong (Korea). Éste pretendía desarrollar un prototipo de videojuego

basado en realidad aumentada que combinaba el clásico juego *arcade* de circuitos *OutRun* con un vehículo real. Aquí se diseñó un vehículo con una cabina con una pantalla que estaba conectada a dos cámara que se encontraban en la parte frontal del vehículo. La función del sistema era convertir las imágenes reales capturadas por la cámara en imágenes de un videojuego de 8-bit, recreando una experiencia de realidad mixta. Aquí el usuario conduciría el vehículo siguiendo el circuito del videojuego, que a su vez se corresponde con el espacio real que le rodea, de modo que entraría en contacto con la realidad a través de una imagen generada virtualmente. La finalidad del proyecto era mostrar las posibilidades que este sistema de realidad mixta, en el que el límite entre realidad y virtualidad quedan difuminados en la percepción del individuo, tenía para proyectos de arte electrónico basados en la tecnología de realidad aumentada (Hertz et al., 2010; Hertz, 2011).



FIGURA 97. *OUTRUN*. IMAGEN DEL PROTOTIPO DE VEHÍCULO CON LA CABINA QUE CONTIENE LA PANTALLA DEL JUEGO Y LOS MANDOS DE DIRECCIÓN (HTTP://WWW.CONCEPTLAB.COM/OUTRUN).

También relacionado con el mundo de los videojuegos y experiencias de realidad mixta, encontramos *5th Ave. Frogger*, una obra del artista Tyler DeAngelo presentada en la muestra *The Art of Video Games* que tuvo lugar en el *Smithsonian American Art Museum* (Washington D. C., Estados Unidos) durante 2012. Ésta recogía la trayectoria de cuarenta años de varios de los videojuegos más famosos que han recorrido el mundo como un medio

artístico. Con motivo del treinta aniversario del videojuego arcade *Frogger* lanzado en la década de los ochenta, el artista ideó una revisión del mismo imaginando cómo pudo haber sido si hubiese sido creado en nuestros días. Para ello hizo uso de la tecnología de realidad aumentada, que fue implementada en una de las características consolas arcade. El objetivo de éste videojuego consistía en hacer llegar a una rana hasta su hogar atravesando una carretera congestionada de coches a los que debía esquivar. Para esta versión renovada se tomó como escenario real la mítica quinta avenida de Nueva York y los numerosos automóviles que la atraviesan diariamente. El sistema constaba de una cámara instalada en uno de los edificios cercanos que captaba y reconocía la trayectoria de los vehículos y mandaba la información a la consola arcade instalada a pie de calle en una de las manzanas de la avenida. En la pantalla aparecía la rana tradicional de forma virtual, aunque en este caso los coches que tenía que esquivar no atendían a unos parámetros computacionales sino que eran reales y se correspondía con el tráfico que se producía en tiempo real en la quinta avenida.

- REALIDAD AUMENTADA ESPACIAL: LA TÉCNICA DEL “TRAMPANTOJO” EN EL SIGLO XXI

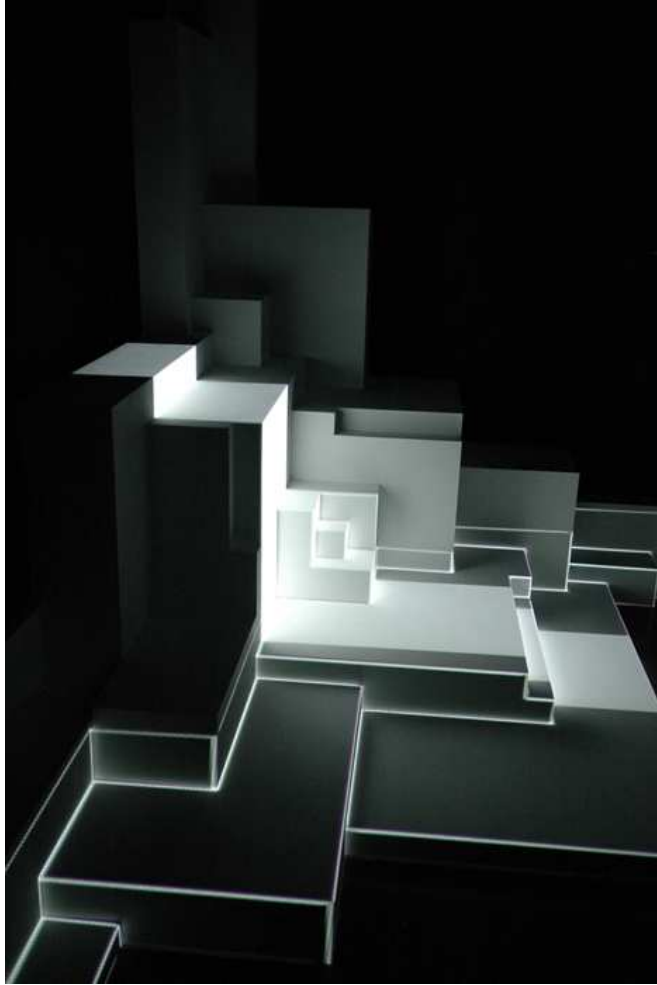
La realidad aumentada espacial (Raskar, 1998; Bimber et al., 2005), ha sido concebida como un sub-dominio derivado de la tecnología de realidad aumentada y que se

caracteriza porque no es necesaria la utilización de ningún *display* intermediario (pantalla, PDAs, teléfonos móviles, etc.) para poder visionar la información digital recubriendo el espacio real. En este caso, se trata de video-proyecciones dirigidas sobre una superficie sólida generando nuevas formas ilusorias, transformando la realidad a través de las proyecciones de luz. El principal reto de la realidad aumentada espacial, es realizar una correcta calibración (*mapping*) entre las imágenes digitales y las formas geométricas sobre las que serán proyectadas. Por otra parte, se trata de instalaciones estáticas que sólo pueden tener lugar en espacios con baja luminosidad que permitan conseguir el efecto de ilusión que se crea. La realidad aumentada espacial es un término que actualmente ha cedido su protagonismo a otro mucho más conocido dentro del ámbito artístico-creativo como es el de *video-mapping*⁵³, el cual goza actualmente de una gran difusión para denominar a este tipo de obras generadas a través de video-proyecciones. Son muchos los casos encontrados que utilizan esta técnica pero que en el contexto de esta investigación nos referiremos a ellos de forma restringida a aquellas obras que han utilizado el término específico, dejando al margen aquellas otras que forman parte ya de un nuevo ámbito de examen desligado del término de realidad aumentada.

⁵³ Actualmente se está realizando un trabajo doctoral por Lara F. Portolés Argüelles (UOC), que centra sus estudios en la manifestación del *video-mapping* en el espacio urbano.

La realidad aumentada espacial ha tenido varias aplicaciones entre las que el campo del arte ha mostrado especial interés, conformando un recurso de experimentación y creación para artistas vanguardistas de la última década.

Uno de los que ha adquirido mayor reconocimiento a nivel internacional por sus obras, ha sido el artista Pablo Valbuena que con la instalación *Augmented Sculpture Series*, presentada en varias muestras como la edición de 2007 de *Ars Electronica* en Linz (Austria), jugaba con el concepto de combinar el mundo físico con lo virtual a través de proyecciones de luz. Aquí el artista pretendía hacer alusión a la temporalidad de lo espacial creando una obra en la que se modelaban volúmenes y espacios jugando con las formas, entre lo real y lo virtual. Consistía en utilizar una serie de estructuras geométricas planas sobre las que se incidían video-proyecciones que modificaban esos volúmenes, recreando espacios tridimensionales a partir del elemento virtual.



.....
FIGURA 98. *AUGMENTED SCULPTURE SERIES*. AQUÍ APARECE LA INSTALACIÓN CON LA
ESTRUCTURA DE VOLÚMENES GENERADOS CON LA VIDEOPROYECCIÓN DE LUZ
([HTTP://WWW.PABLOALBUENA.COM](http://www.pabloalbuena.com)).

Esta misma concepción fue desarrollada en otra instalación similar pero al aire libre, denominada *Entramado* (2007), que tuvo lugar en la Plaza de las Letras de Madrid. Esta instalación, siguiendo la estela de su predecesora, transformaba los elementos del mobiliario urbano de la plaza a través de proyecciones de luz en movimiento. De esta forma se superponían dos niveles espaciales, el real y el virtual, creando un espacio aumentado que generaba confusión en el espectador sobre el entorno circundante. Otra instalación en espacios urbanos a mayor escala, sería la realizada en el contexto del *Today's Art '08* en Den Haag (Holanda), donde el edificio *The Hague City Hall* se convertía en una estructura orgánica mediante las proyecciones de luz sobre su fachada que simulaban espacios tridimensionales irreales.

Otras obras que el artista ha creado basadas en esta concepción de la realidad aumentada espacial han sido *Quadratura*⁵⁴(2010) que fue instalada en las inmediaciones rehabilitadas del Centro de Creación Contemporánea *Matadero* en Madrid, y *Para-Sites* (2010) presentada en LABoral - Centro de Arte (Gijón, España), en los que los espacios arquitectónicos adquirieron nuevos volúmenes gracias a las proyecciones de luz.

⁵⁴ El término "quadratura" se utilizaba en época barroca para designar las ilusiones arquitectónicas basadas en la técnica del trampantojo y que cubrían los muros y cúpulas de los edificios de la época.



.....
FIGURA 99. *THE HAGUE CITY HALL* (2008). INSTALACIÓN URBANA DEL ARTISTA PABLO VALBUENA EN LA QUE A TRAVÉS DE LA PROYECCIÓN DE GRÁFICOS TRIDIMENSIONALES ES POSIBLE CREAR NUEVOS VOLÚMENES Y FORMAS, DONDE EL ESPACIO ARQUITECTÓNICO ADQUIERE NUEVOS Matices PLÁSTICOS ([HTTP://WWW.PABLOVALBUENA.COM](http://www.pablovalbuena.com)).

Al hacer referencia a los trabajos artísticos realizados por Pablo Valbuena basados en el mencionado concepto de realidad aumentada espacial, puede observarse una tendencia a aquellas instalaciones situadas en espacios abiertos siendo un tipo de manifestación predominantemente urbana.

A este respecto en junio de 2009 tuvo lugar en París, durante el festival *Futur en Seine*, la presentación de *Bateau Ivre* una obra del artista Bertrand Planes que ha diseñado algunas instalaciones basadas en la denominada realidad aumentada espacial (Jacquemin et al., 2010). Este caso concreto se desarrolló en la ribera del río Sena, en la que un barco realizaba una travesía nocturna por un París diferente gracias a la utilización de proyecciones de luz tridimensionales sobre la arquitectura industrial y parques que se encontraban en el recorrido. *Bateau Ivre* pretendía potenciar una nueva visión de París diferente a la que se ofrecía al turismo masivo de la ciudad que se concentra en la arquitectura monumental, mostrando la arquitectura industrial y nuevos paisajes que ofrece la ciudad contemporánea junto a la ribera. Como novedad técnica, presentaba la capacidad de que era una instalación móvil puesto que los dispositivos se ubicaban en el barco y desde aquí proyectaban los gráficos virtuales sobre las diferentes arquitecturas a medida que discurría por el río.



.....
FIGURA 100. *BATEAU IVRE*. IMÁGENES QUE MUESTRAN LA ARQUITECTURA Y PAISAJE DE LA RIBERA DEL SENA DURANTE LA TRAVESÍA EN LA QUE LAS PROYECCIONES DE LUZ OFRECEN UNA IMAGEN DIFERENTE DEL PARÍS TURÍSTICOS MÁS CONVENCIONAL MEDIANTE LA REALIDAD AUMENTADA ESPACIAL (JACQUEMIN ET AL., 2010, P. 1362).

- LA OBRA AUMENTADA

- Marco teórico-artístico

La incursión de la realidad aumentada en el campo del arte puede considerarse la última incorporación dentro del denominado arte de los nuevos medios (en inglés *media art*). En él encontramos aquellas manifestaciones que tienen que ver con el video, la animación, el NET.Art, el arte interactivo o el arte virtual, que en palabras del autor Frank Popper, están comenzando a predominar las teorías de la imagen y el arte (Popper, 2007: 3). El uso de las nuevas tecnologías en este ámbito supone para la experimentación de vanguardia un amplio campo de actuación que ha supuesto cambios importantes en la forma de concebir el arte causando una transformación histórica que afecta a todas las prácticas artísticas.

Por su parte, la creciente presencia de la realidad aumentada especialmente en relación al arte, es debido en parte a su configuración, en la que a diferencia de la realidad virtual, no consiste en crear un mundo sintético paralelo y separado del mundo físico. La realidad aumentada, en su capacidad de combinar el mundo real con el virtual, ofrece un nuevo concepto de la obra virtual tridimensional, consiguiendo insertarla en un espacio real, adquiriendo una materialidad, que aunque ficticia, hace que rompa las fronteras del mundo cibernético.

Esta nueva percepción de la obra digital, que se inserta en escenarios reales, ofrece nuevas posibilidades para el artista que, tras varios años donde la obra digital se encontraba separada del mundo real, ahora es capaz de saltar los límites de los dispositivos hardware y crear, no para el mundo virtual, sino ya para el mundo real. La potencialidad que la realidad aumentada representa, así como la producción de nuevos conceptos y planteamientos dentro de la obra del artista, basados en la estética de la interacción, la participación, o el dinamismo, han conseguido que contemos con una importante representación en la vanguardia artística de nuestros días.

Centrándonos en los aspectos técnicos necesarios para la consecución de estos espacios aumentados, es necesaria la utilización de un hardware adicional mediante sistemas que constan de cámara y un *display* o pantalla, así como de un procesador que realice las tareas informáticas necesarias. El funcionamiento de los mismos actuará de manera que la imagen real del entorno circundante será captada por la cámara del dispositivo y en el *display* se mostrará la imagen aumentada, al superponer a la imagen real los gráficos virtuales correspondientes mediante técnicas computacionales de reconocimiento. Estas aplicaciones también cuentan con sistemas de geoposicionamiento, que hacen posible situar al espectador en un punto concreto, saber hacia dónde está mirando y qué objeto en cuestión, para que esta hibridación entre lo real y lo virtual actúe de la forma más precisa y realista posible. En relación al arte con realidad aumentada, podemos decir que en los

últimos años ha encontrado un importante desarrollo en relación con la implantación de los dispositivos tecnológicos de última generación, en especial aquellos portables como pueden ser los teléfonos móviles inteligentes o *smartphone*, o las denominadas tabletas, cuyo procesadores y posibilidades que ofrecen gracias a Internet, y también al desarrollo de los sistemas de geoposicionamiento, representa una de las interfaces más comunes en las instalaciones de realidad aumentada.

Sin embargo las interfaces basadas en el uso de dispositivos portables no son las únicas ya que también se encuentran las denominadas interfaces tangibles de usuario (Ishii, y Ullmer, 1997) que están basadas en el uso de marcas, que también han sido utilizadas en el campo de la creación artística con realidad aumentada. A diferencia de la utilización de dispositivos móviles, aquí el propio usuario es el que manipula la marca que sirve de referente para situar el objeto virtual en el espacio real, por lo que la interacción del espectador se produce en primera persona sin ningún tipo de elemento hardware o dispositivo que actúen como intermediario. De la misma forma que se ha observado a lo largo de esta tesis doctoral los primeros ensayos estuvieron centrados en interfaces que tienen como elemento principal el uso de marcas y dispositivos de bajo coste, a la misma vez que la práctica inexistencia de un elemento hardware entre el usuario y la obra.

Teniendo presente aquellos requisitos indispensables para la consecución de los entornos de realidad aumentada, podemos decir de forma general que el arte de los nuevos medios, se encuentra estrechamente ligado al uso de un determinado dispositivo unido al crecimiento y hegemonía de lo digital. Desde que Myron Krueger en su tesis doctoral de 1974, definió la interacción humano-máquina como una forma de arte, han sido muchas las interfaces desarrolladas en este campo donde la interacción con los gráficos, los dispositivos, o la simple navegación por un entorno virtual han sido objeto de experimentación por los artistas que exploran nuevas prácticas en las que el cuerpo y el pensamiento actúan activamente desempeñando nuevos roles.

Por otra parte, en el ámbito de la creación artística, la realidad aumentada se convierte en un medio con el que el artista expresa sus ideas con el fin de conseguir crear una determinada obra de arte. Pero en este proceso creativo, al igual que en otras manifestaciones del arte de los nuevos medios, el artista necesita desarrollar una técnica, que consiste en saber utilizar esa tecnología o un dispositivo de la forma correcta, apareciendo una tipología de artista que tiene que conocer las técnicas computacionales y la programación. En el caso de la realidad aumentada también es necesario conocer el funcionamiento de la misma y el software empleado, es aquí donde surge la figura del que ya comienza a denominarse como el *ARTist*.

Actualmente, hay desarrollados varios tipos de *software* que facilitan a los artistas que no son programadores el uso de esta tecnología evidenciando la importancia que ha cobrado en este campo, frente a otras disciplinas en las que la realidad aumentada también tiene un papel destacado. Entre los más utilizados podemos señalar las librerías *ARToolkit* y sus variantes, diseñadas para la creación de aplicaciones basadas en el uso de marcas, *D.A.R.T.* (MacIntyre et al., 2003), un sistema de programación que aporta las herramientas necesarias para la incursión de objetos virtuales en el mundo real, o los buscadores *Layar* y *Junaio* que actúan como plataformas para el desarrollo de aplicaciones de realidad aumentada en dispositivos móviles, y que en los últimos años han cobrado un importante protagonismo como consecuencia de su mayor implantación.

Dejando a un lado las características técnicas presentes en la consecución de esta tecnología, el artista también ha hecho una labor en la que la realidad aumentada ha aportado nuevas conceptualizaciones en el mundo del arte dado que la creación de estos espacios híbridos supone la conquista del espacio físico a través de lo virtual. Frente a los límites que conocemos en el mundo real, lo virtual goza de total libertad, inundando el espacio físico y llevando la imaginación hasta límites que superan las leyes de la física. Para algunos autores (Stapleton y Davies, 2011:53), la ilusión goza de un rol muy importante en los entornos de realidad mixta o mezclada, en los que interviene como aliado de esa combinación entre lo real y lo virtual. Esa relación que se establece entre percepción e

ilusión, entre la imagen virtual y la realidad es otra de las claves que ha llevado a un gran interés por parte de los artistas a experimentar con esta nueva tecnología.

- La aparición del colectivo *ManifestAR* y el *AR Art Manifesto*

Aunque todavía en nuestros días la realidad aumentada y su aplicación en arte están en una fase de pre-consolidación, es importante remarcar que ya ha comenzado a dar sus primeros pasos para definirse como un movimiento artístico con entidad propia.

La década de 2000 representa el primer período de experimentación por parte de los artistas en la utilización de la realidad aumentada para su obra creativa. El carácter pionero de muchas de estas obras forma parte de los prolegómenos de esta nueva práctica que en la actualidad, y sin miedo a equivocarnos, podemos decir que ha alcanzado un desarrollo exponencial superando en parte la implantación de esta tecnología en espacios expositivos como pueden ser los centros museísticos o los ámbitos patrimoniales.

Entre los primeros pasos de esta nueva práctica artística y su consolidación señalaremos la aparición de un grupo de ciberartistas que se hacen denominar como *ManifestAR*, cuyos miembros fundadores coincidieron en una serie de intervenciones y colaboraciones con

realidad aumentada que estuvieron en los inicios de la conformación de este colectivo cuya principal premisa es la idea de intervenir en el espacio público mediante el uso de esta tecnología. Los miembros fundadores, Mark Skwarek, Sander Veenhof, Tamiko Thiel, Will Pappenheimer, John Craig Freeman, Christopher Manzione, Geoffrey Alan Rhodes, y John Cleater, vieron en esta nueva tecnología una forma de expresión artística en la que experimentan con la mezcla de lo físico y lo virtual, y con la reexploración del espacio que nos rodea.

Como ellos mismos lo definen, este nuevo movimiento responde a una colaboración entre los diferentes artistas, una confluencia entre el arte y la tecnología y especialmente supone la aparición de una práctica artística global.

A los miembros fundadores ha de añadirse una veintena de artistas internacionales que avalan con sus obras la aparición del llamado *AR Art*. Éstos, tomando parte en una declaración de intenciones, firmaron y publicaron en enero de 2011 lo que se conoce como el *AR Art Manifesto* que sigue la estela de otros manifiestos de arte que tuvieron su origen durante el periodo de las vanguardias artísticas con el futurismo y el llamado *Manifiesto de los pintores futuristas* (1909), hasta nuestros días, siendo uno de los últimos el *The Digital Humanities Manifesto 2.0* (2009). Desde su aparición han sido muchos medios en los que se han difundido, ya sea en publicaciones escritas, o en televisión como *Les Spatialistes Manifesto* (1952). Ahora internet constituye un medio utilizado para estos propósitos, abriéndose un amplio espectro de manifiestos que contienen diferentes intencionalidades.

El *AR Art Manifesto* constituye un texto publicado en la red que al igual que muchos de sus predecesores está redactado utilizando la retórica y las visiones utópicas. Es una declaración por la que la labor de estos artistas pretende diferenciarse de otras manifestaciones del arte como puede ser el arte virtual, aunque no constituye una reacción contra otra corriente artística como pudieron ser el *I Am For An Art... Manifesto* (1961) o el *Neo-Concrete Manifesto* (1959).

Este manifiesto además de poner las bases para la definición del nuevo momento que constituye para el arte el uso de la realidad aumentada, como un arte subversivo y activista con un papel en nuestra sociedad actual, especifica las premisas del grupo *ManifestAR* a través de su intervención en el espacio público, como una forma de arte encubierto pero a la misma vez constituyendo un arte de dominio público abierto a la sociedad.

Una de las primeras incursiones de este grupo de ciberartistas fue *We AR in MoMa*⁵⁵, una exposición experimental que tuvo como escenario el *Museum of Modern Art* de Nueva York, en la que al margen de esta institución se instalaron las obras de un gran número de artistas cuyos trabajos virtuales ocuparon las diferentes plantas del edificio. Sander Veenhof y Mark Skwarek fueron los organizadores de este proyecto al que denominaron como *art invasion*, que pretendía mostrar de forma radical las nuevas posibilidades e implicaciones que la realidad aumentada estaba consiguiendo en el campo de la creación y la cultura. Para los visitantes regulares del MoMA, esta exposición era totalmente invisible,

⁵⁵ <http://www.sndrv.nl/moma/> [consultado: 28.02.2013].

sin embargo para aquellos que hicieran uso de su dispositivo móvil y a través de una aplicación para *Layar*, el museo mostraba junto a las obras de su exposición permanente, un conjunto de esculturas aumentadas de los diferentes artistas.

A partir de esta primera experiencia han sido varias las acciones en las que el grupo *ManifestAR* ha utilizado la realidad aumentada como una forma de arte público. Una de las más destacadas fue su presencia durante la 54ª edición de la Bienal de Venecia en el año 2011⁵⁶. De forma similar a la experiencia de Nueva York, en la muestra se presentó un pabellón virtual extra que estaba formado por las creaciones de realidad aumentada de los diferentes artistas, y que se encontraban repartidas por el espacio expositivo de la bienal. Aquí, los visitantes podían visualizar mediante el uso de sus dispositivos móviles las diferentes obras aumentadas que se encontraban en *le Giardini* junto a los demás pabellones, o como novedad de este pabellón virtual, en la emblemática Plaza de San Marcos. Con la presencia del denominado *AR pavillion*, se pretendía mostrar el trabajo de los artistas que utilizaban esta nueva tecnología y las posibilidades de combinar el espacio virtual con el real.

- Intervención y exhibición en el espacio público con realidad aumentada

⁵⁶ <http://www.manifestar.info/venicebiennial2011/> [consultado: 21.02.2013].

Como uno de los postulados del grupo *ManifestAR*, el uso de la realidad aumentada en el campo de la creación artística ha supuesto nuevas experiencias pero sin duda uno de los ámbitos en los que esta nueva tecnología está experimentando un gran crecimiento, ha sido en el desarrollo de un arte público, con un carácter subversivo y activista en la mayoría de los casos, y abierto libremente a los espectadores, características que son innatas a este tipo de arte urbano. No hay que olvidar que a este hecho contribuye la creciente implantación de los teléfonos móviles inteligentes o *smartphone*, que se han convertido en un elemento indispensable para el desarrollo de este arte con realidad aumentada en espacios públicos.

A este respecto han tenido lugar varias exhibiciones que como único pretexto utilizaban la realidad aumentada para ubicar sus creaciones artísticas en contextos urbanos de diferentes ciudades.

Unas de las primeras es el denominado *Virtual Public Art Project*⁵⁷, desarrollado por el artista Chris Manzione, que es una plataforma de realidad aumentada basada en el uso de dispositivos móviles y una aplicación para *Layar*, para exhibición de obras de arte en el entorno urbano. Fue inaugurada en marzo de 2010, sucediéndose varias muestras en las que varias esculturas virtuales emergían dentro del espacio urbano de varias ciudades a nivel internacional.

⁵⁷ Página web de *Virtual Public Art Project*: <http://www.virtualpublicartproject.com/> [consultado: 27.02.2013].

De la misma forma encontramos la exhibición denominada *Bushwick AR Intervention* (2010)⁵⁸, cuyo curador fue el artista Mark Skwarek y que tuvo como escenario para ubicar los trabajos de realidad aumentada de varios artistas, el vecindario de Bushwick de Brooklyn (Nueva York, EE. UU.), o también el *Wintermoot Ar Festival*⁵⁹ (Anchorage, Alaska) promovido por la institución vanguardista *Out North Contemporary Art House*, que estaba centrado en el arte que engloba las experiencias de realidad aumentada y realidad mixta o mezclada.

Una de las premisas que se pretende con estas muestras es promover y promocionar la obra de los artistas tanto locales como internacionales que experimentan con nuevos medios, difundiendo la actividad de esta nueva forma de expresión basada en la realidad aumentada.

En estos casos el entramado urbano adquiere nuevas funcionalidades y se convierte en el espacio expositivo por excelencia para presentar las obras virtuales de estos artistas, que se presenta de una forma abierta a todo un público heterogéneo.

Además, en el contexto de estas propuestas como la denominada *(Un)seen Sculptures* que celebró su segunda edición Rozelles, un barrio situado a las afueras de Sydney (Australia), en marzo de 2012, se invitaba a los nuevos artistas a experimentar con esta nueva

⁵⁸ Página web de la *Bushwick AR Intervention*: <http://bushwickarintervention.wordpress.com/> [consultado: 27.02.2013].

⁵⁹ Página web del *Wintermoot Ar Festival*: <http://nshafer.com/wintermoot/> [consultado: 22.01.2013].

tecnología ofreciendo desde la misma organización la información necesaria para llevar a cabo la creación de una obra aumentada.

También existen otras muestras cuya finalidad tiene un objetivo concreto, como es el caso de *AR Occupy Wall Street*, un evento de intervención urbana a través de la realidad aumentada, al que se le añadía un componente de arte-protesta encabezada por el artista Mark Skwarek denominada de la misma forma *AR Occupy Wall Street*⁶⁰ (2011). Este movimiento invitaba a los diferentes artistas a realizar diferentes trabajos virtuales, y mediante esta tecnología ocupar este espacio simbólico del poder financiero como método de protesta encubierta, en la que a través de diferentes dispositivos móviles, los gráficos virtuales inundaban la zona acordonada por un cinturón policial.

- Nuevos campos de experimentación y conceptualización para el arte

La potencialidad que esta nueva tecnología representa, así como la producción de nuevos conceptos y planteamientos dentro de la obra del artista, basados en la estética de la interacción, la participación, o el dinamismo, han conseguido que contemos con una importante representación en la vanguardia artística de nuestros días, en los que la realidad aumentada ha llegado a tener presencia en diferentes prácticas y ámbitos de creación.

⁶⁰ Página web del movimiento *AR Occupy Wall Street*: <http://aroccupywallstreet.wordpress.com/> [consultado: 28.02.2013].

En relación al proceso creativo encontramos los proyectos desarrollados en el ya mencionado en otros epígrafes de esta tesis doctoral, *Human Interface Technology Laboratory* de Nueva Zelanda (HIT Lab NZ), que en la conferencia anual del *HIT Lab* de 2005 presentaron cinco aplicaciones interactivas basadas en esta tecnología a través del uso de marcas. *Le Artist* fue una de ellas donde los usuarios podían actuar como pintores mediante la manipulación de unas marcas que se convertían en trazos virtuales de color en una pantalla. Una cámara web capturaba la escena y los movimientos de dichas marcas convirtiéndolos en "pinceles virtuales". Además, éstas estaban colocados sobre un pliego de papel en el que los usuarios podían dibujar sus propios motivos con pinceles y lápices reales, conformando una obra artística donde la interacción y la mezcla entre lo virtual y lo real mostraban las perspectivas de esta tecnología para los artistas (Grasset et al., 2007).

En la conferencia *CONVERGE 2005*, también se presentaron desde el *HIT Lab* cuatro proyectos que habían sido realizados en colaboración de artistas neozelandeses. En *The Branch on Branch v3.1*, los usuarios manipulaban unos cubos mientras que aparecían varios fragmentos de un poema proyectados sobre una pantalla. A través del movimiento y orientación de los cubos, que contenían marcas asociadas a fragmentos del poema en cada una de sus caras, era posible interactuar en la creación de un poema virtual. En la

proyección también se incluían las siluetas abstractas de los usuarios mezcladas con varios motivos de texturas digitales (Grasset et al., 2007).

El proyecto *Tagged in motion* (2008), desarrollado por la agencia de comunicación interactiva e innovación Jung von Matt / next, consiste en plasmar el arte del graffiti en un escenario virtual. Para ello se contó con la presencia del artista internacional alemán, DAIM, que prestó su bagaje en la representación de obras de esta tipología con el fin de obtener un resultado cercano a la realidad, al mismo tiempo que ejecutado por un profesional en el medio que pudiera expresar su interés en la utilización de esta tecnología para la ejecución de su obra. En el ensayo realizado se usaron unas marcas, una de ellas para identificar la posición del artista y otra para situar el aerosol virtual en el espacio de manera que los movimientos y trazos fueran registrados por tres cámaras posicionadas a su alrededor. A medida que el artista desplazaba la marca-aerosol, aparecía un graffiti virtual en 3D flotando en el espacio adoptando las más diversas formas. Además el sistema ofrecía una amplia paleta de colores y texturas con la que experimentar y crear una obra original.

Esta práctica que se encontraría dentro del arte generativo, permitía al artista una nueva forma de creación al utilizar el espacio real como un fondo sin límites donde plasmar su obra, que adquiriría nuevos matices al experimentar con la tridimensionalidad y la perspectiva.

De la misma forma una de las obras más destacadas dentro del denominado arte generativo es *Konstruct* (2011). Sus creadores James Alliban y Juliet Lall, diseñaron una aplicación de realidad aumentada para *iPhone* que permite generar esculturas virtuales usando la voz del usuario. Para esta experiencia se coloca el dispositivo móvil frente a una marca que es reconocida por el sistema y a partir de la cual aparecerán las formas virtuales. El usuario podrá hablar, susurrar o soplar a través del micrófono del *iPhone* y automáticamente se convertirán en figuras virtuales que invaden el espacio circundante variando en función de la escala de volumen del sonido. Las formas que se generarán mediante la aplicación están basadas en principios geométricos predeterminados por los artistas dentro de los cuales el usuario puede seleccionar una paleta de formas 3D y colores que serán combinados variablemente, participando de esta forma en la creación una nueva escultura virtual que además puede ser guardada como una instantánea en el dispositivo. Esta experiencia permite al espectador participar en el proceso creativo, algo que forma parte del anteriormente denominado arte generativo, donde el artista establece unos parámetros variables, de modo que da libertad de generar una variante de la obra según cada individuo.

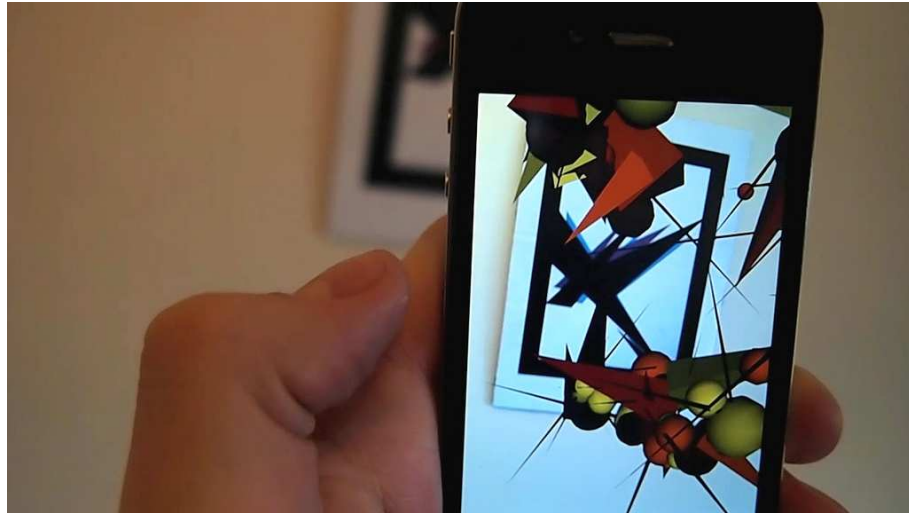


FIGURA 101. *KONSTRUCT* (2011). LA APLICACIÓN DE REALIDAD AUMENTADA PARA *IPHONE* QUE PERMITE GENERAR ESCULTURAS VIRTUALES USANDO LA VOZ DEL USUARIO ([HTTP://WWW.THEWORLDISON.COM](http://www.theworldison.com)).

Project Paperclip (2012) es una exposición de fotografía ideada por el artista portugués Nuno Serrão, en la que se utilizaba la realidad aumentada para evocar paisajes sonoros que complementaban la experiencia visual de las dieciséis fotografías que la conformaban. El artista tuvo presente que la visión de cada instantánea fuera acompañada de una ambientación auditiva de modo que la comunicación con el público en esta muestra no fuese únicamente visual. Para ello creó un *app* disponible para dispositivos portátiles como móviles *iPhone* o tabletas que podría ser descargada de la página web de *iTunes*. En el

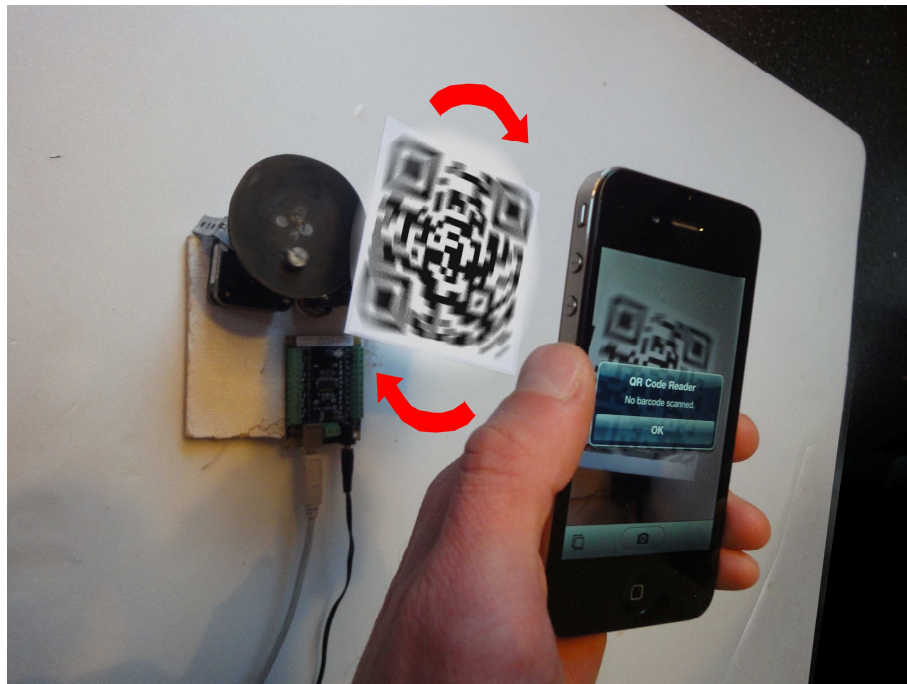
momento en el que el usuario activaba la aplicación, ésta reproducía un paisaje sonoro en función de algunos factores del ambiente que rodeaba al visitante en ese momento y que modificaban la audición. Éstos variaban según el tiempo meteorológico que hiciese ese día, el nivel de ruido que hubiese en la sala, el movimiento y localización del visitante, así como su propia voz. El artista se sirvió del concepto de realidad aumentada como un puente que servía para unir el mundo físico real y el universo digital para conformar nuevos ambientes.

La experimentación con realidad aumentada en creación artística ha tenido algunas aplicaciones que van más allá de su correcto funcionamiento, especialmente en lo que se refiere a las aplicaciones basadas en el uso de marcas como es el caso de *Hallucinatory AR* (2007) y en *FrustratAR* (2011). La primera, una obra de Helen Papagiannis, fue el resultado de un funcionamiento errático del software de reconocimiento utilizado en estas aplicaciones, donde una imagen/marca no programada previamente fue detectada por la aplicación generando contenidos virtuales de forma errática. De este modo se obtenían formas prismáticas y deformadas de la imagen de vídeo que debía visionar, apareciendo imágenes aparentemente disparatadas y discordantes que entraban y salían del campo de visión del usuario (Papagiannis, 2011).

Retomando las palabras de la artista, la experimentación con realidad aumentada tiene nuevas perspectivas en el campo del arte, ya que esos problemas técnicos que podrían ser considerados como un desastre para un experto informático, sin embargo para el artista

ofrecen nuevas posibilidades de expresión y nuevas formas visuales (Papagiannis, 2011: 63).

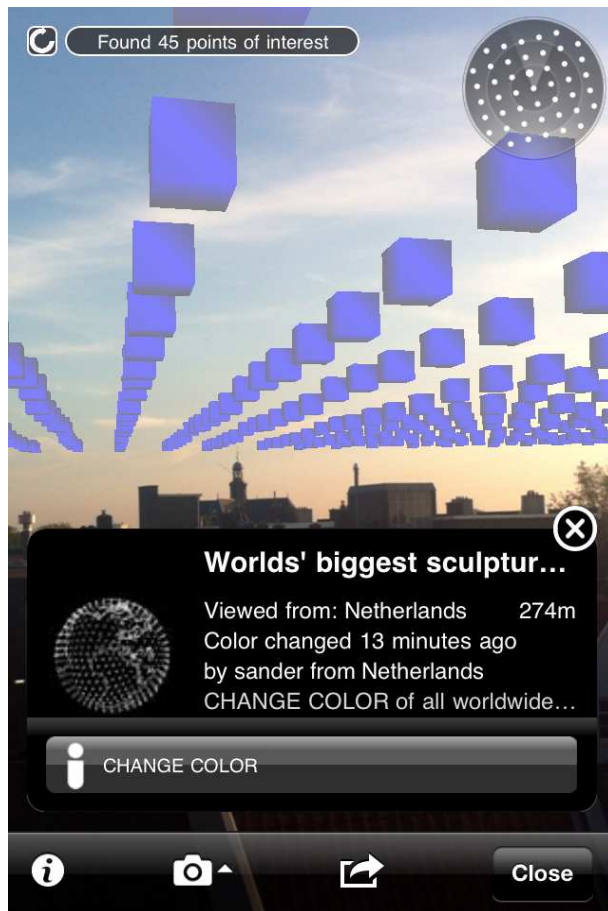
Por lo que respecta a *FrustratAR*, presentada en varias muestras que tuvieron lugar en la ciudad de Ámsterdam durante 2011, el artista Sander Veenhof creó una aplicación también basada en el uso de una marca, pero en este caso estaba conectada a un mecanismo giratorio de manera que cuando el usuario se acercaba a la marca con la cámara del dispositivo móvil ésta comenzaba a girar impidiendo que el software reconociera la marca y frustrando el correcto funcionamiento de la tecnología de realidad aumentada.



.....

FIGURA 102. *FRUSTRATAR*. UNA OBRA DE SANDER VEENHOF EN LA QUE EXPERIMENTABA CON LA TECNOLOGÍA DE REALIDAD AUMENTADA AL UTILIZAR LAS TÉCNICAS DE RECONOCIMIENTO DE MARCAS COMO EL *LEITMOTIV* DE DE SU OBRA. AQUÍ CUANDO EL DISPOSITIVO ERA ACERCADO A LA MARCA, ÉSTA COMENZABA A GIRAR ACCIONADA POR UN MECANISMO FRUSTRANDO EL RECONOCIMIENTO Y LECTURA DE LOS GRÁFICOS VIRTUALES ASOCIADOS LA MARCA ([HTTP://WWW.SNDRV.NL](http://www.sndrv.nl)).

La realidad aumentada también ha aportado dentro del campo del arte la posibilidad de realizar nuevas obras que hasta la fecha sólo formaban parte de un mundo sintético separado y que no tenía su presencia en el mundo físico, que en muchos casos representan nuevos hitos dentro del arte, como la obra del artista holandés Sander Veenhof que creó lo que pretende ser la escultura interactiva más grande del mundo. Se trata de unos bloques virtuales que se encuentran suspendidos en el cielo conformando un entramado que va creciendo progresivamente a una velocidad de un metro por día, de manera que aumenta sus dimensiones cubriendo poco a poco la cúpula celeste de la Tierra. *Biggâr* fue lanzada en noviembre de 2010 desde el *Stedelijk Museum* de Ámsterdam, y ha llegado a expandirse a un total de 115 países hasta la fecha. Los usuarios que dispongan de un dispositivo móvil que tengan acceso a la aplicación para *Layar*, podrán contemplar la obra desde su ciudad e interactuar con la misma, ya que a través de la aplicación se puede seleccionar que la red de bloques cambie de color instantáneamente (rojo, amarillo o azul). En *Biggâr* el artista consigue crear una obra de arte viva e ilimitada, expandiendo los límites del espacio físico a través de la realidad aumentada, generando una obra inusitada.



.....
FIGURA 103. *BIGGÂR* CREADA POR EL ARTISTA HOLANDÉS SANDER VEENHOF DONDE UNOS BLOQUES VIRTUALES SUSPENDIDOS EN EL CIELO CONFORMAN UN ENTRAMADO QUE CUBRE PROGRESIVAMENTE LA CÚPULA CELESTE DE LA TIERRA ([HTTP://WWW.SNDRV.NL](http://www.sndrv.nl)).

Otro de los aspectos que se hace patente en el arte con realidad aumentada es que no son obras efímeras sino que permanecen en ese espacio híbrido, aunque en parte "invisible", como parte integrante del mismo ya que en el mundo virtual tiempo y espacio son dos elementos que sortean las leyes del mundo físico. Esta particularidad fue tomada en cuenta en *Monument #TLE-001* un monumento conmemorativo del artista Hercules Linton, que mediante esta tecnología se sitúa sobre la superficie del Mar Báltico a orillas de la ciudad de Tallin (Estonia), en el denominado golfo de Riga. La obra, que surgió en el contexto del *Virtual Public Art Project*, fue un presente de la *Pedalto Institution for Incorporated Art* sita en California (E.E.U.U.), a la ciudad en memoria de la llegada de la *Delegation And Fact Finding Mission*, una comitiva cultural que pretendía dar a conocer la institución y estrechar relaciones de tipo artístico-cultural a nivel internacional que tuvo lugar durante agosto de 2010.

Las experiencias comentadas, muestran como la realidad aumentada ha contribuido con nuevos conceptos y planteamientos a la práctica del arte, pero también ha sido objeto para la reinterpretación aumentada de obras ya existentes, de igual forma que ha venido ocurriendo a lo largo de la historia del arte en la que los nuevos movimientos artísticos quisieron aportar su visión con una nueva plástica.

La artista Helen Papagiannis, tuvo en mente la obra del artista David Hockney para una de sus primeras obras, a la que denominó como *AR Joiners* (2008), en la que experimentaba con la tecnología de realidad aumentada. Hockney realizó varias composiciones en las que utilizaba una técnica basada en el collage mediante la cual insertaba varias fotografías que se correspondían con segmentos o fragmentos de una misma escena, de manera que al unirlos conformaban la imagen final. Basándose en esa misma forma de componer, en *AR Joiners* se recurrió a una instalación de realidad aumentada basada en el uso de marcas que tenían asociado un contenido virtual que se correspondía con un segmento de vídeo. Las marcas eran manipuladas por el usuario que poco a poco iba juntando los diferentes fragmentos hasta conseguir una imagen de vídeo completa obteniendo un collage en movimiento (Papagiannis, 2009).

Eddie Murphy and Mae West: Return to Bushwick, es uno de los trabajos basados en el uso de la realidad aumentada en los que la artista Tamiko Thiel tomó como inspiración el cuadro del pintor surrealista René Magritte titulado *Golconda* (1953), en el que descendían del cielo repetidas figuras del misterioso hombre con bombín y traje negro. La obra fue realizada para la denominada *Bushwick AR Intervention* (2010), una exhibición de arte público que tuvo como escenario el vecindario de Bushwick de Brooklyn (Nueva York, EE. UU.), en la que se daba homenaje a las dos figuras más famosas que nacieron en este barrio. La artista hizo que regresaran a éste de forma virtual, mediante el uso de un

dispositivo móvil, presentando repetidamente las figuras de Eddie Murphy y Mae West sobrevolando sus calles, al igual que los hombres del bombín del pintor belga.



.....
FIGURA 104. *EDDIE MURPHY AND MAE WEST: RETURN TO BUSHWICK* (2010), DONDE LA ARTISTA TAMIKO THIEL TOMÓ COMO INSPIRACIÓN EL CUADRO DEL PINTOR SURREALISTA RENÉ MAGRITTE TITULADO *GOLCONDA* (1953), EN EL QUE DESCENDÍAN DEL CIELO REPETIDAS FIGURAS DEL MISTERIOSO HOMBRE CON BOMBÍN Y TRAJE NEGRO ([HTTP://WWW.MISSION-BASE.COM](http://www.mission-base.com)).

De la misma forma *Metro-NeXt* (2011) toma como *leiv motiv* la obra del artista alemán Martin Kippenberger que imaginó una red de metro global que conectaba ciudades repartidas por todo el mundo a la que denominó *Metro-Net*. Para llevar a cabo su idea, construyó algunas entradas de metro en diferentes ciudades que aunque no conducían a ninguna línea subterránea conceptualizaba esa conexión entre pueblos. Este concepto fue el que retomaron los artistas John Craig Freeman, Lalie S. Pascual y Caroline Bernard para reinventar la obra del artista alemán mediante el uso de la realidad aumentada con el nombre de *Metro-NeXt*. Éstos crearon virtualmente una boca de metro que ubicaron en centros neurálgicos de las ciudades de Philadelphia (Pensilvania, EE.UU.), Boston (Massachusetts, EE.UU.) y la ciudad suiza de Lausanne. Se establecieron como estaciones que interconectaban indistintamente estas tres urbes, de modo que cuando el usuario ataviado con un dispositivo móvil se acercaba a la entrada aparecía el mensaje “*teleport now*”. Esto permitía realizar el viaje por teletransportación apareciendo en la pantalla una imagen virtual de la salida de metro en la ciudad de destino con un poema en referencia al lugar que estaba visionando.

Tomando como ejemplo esa reinterpretación de la obra de arte a través de la realidad aumentada, una de sus particularidades de la misma es la posibilidad de que lo virtual pueda convivir en el mundo físico sin alterar su naturaleza. Este hecho es el que ha permitido ver creaciones insólitas hasta la fecha en la que una obra de arte original es

utilizada como soporte para aumentar una nueva como pudo verse en *Frenchising Mona Lisa*, donde la icónica obra de Leonardo da Vinci, la Mona Lisa, fue objeto para una instalación de realidad aumentada que pudo verse en el Museo del Louvre en enero de 2011. Aquí el artista Amir Baradaran tomaba esta imagen tan ligada a la historia del pueblo francés, para hacerse eco de la nueva situación en el país galo sobre la inmigración y controversias culturales. La Francia actual cuenta con una importante población de religión musulmana que entronca con los valores de esta nación laica, generando una gran controversia en los últimos años que atañe a cuestiones de índole política y social. El artista diseñó una instalación en la que a través de la cámara de un dispositivo móvil y una aplicación descargada desde la plataforma *Junaio*, los espectadores podían apreciar a una Mona Lisa adaptada a los nuevos tiempos que impasible al paso de los años, recobraba vida para colocarse sobre la cabeza una bandera de Francia a modo del *hiyab* o vestimenta femenina islámica. Con esta acción el artista pretendía llamar la atención sobre la creación de una nueva iconografía (post)nacional que haga frente a las dos posturas.



.....
FIGURA 105. *FRENCHISING MONA LISA* (2011). AQUÍ EL ARTISTA AMIR BARADARAN IDEÓ UNA
INSTALACIÓN DE REALIDAD AUMENTADA CENTRADA EN LA ICÓNICA OBRA DE LEONARDO DA
VINCI, LA MONA LISA, QUE RECOBRABA VIDA PARA COLOCARSE SOBRE LA CABEZA UNA
BANDERA DE FRANCIA A MODO DEL *HIYAB* O VESTIMENTA FEMENINA ISLÁMICA
([HTTP://WWW.RPP.COM.PE](http://www.rpp.com.pe)).

Por tanto esa reinterpretación de la obra de arte se hace desde un punto de vista plástico a través de la virtualidad, pero también adquiere un nuevo significado, donde el artista ofrece una visión metafórica para llevar a cabo sus ideas. Por ejemplo, en *Great Firewall of*

China (2011), una instalación de realidad aumentada donde el colectivo de artistas chinos *4Gentlemen*, realiza una metáfora con la Gran Muralla China como protagonista, en la que denuncian la censura a la libertad de expresión que el gobierno chino realiza a través del control de la información en el ciberespacio. Mediante el uso de una aplicación para dispositivos móviles, la Gran Muralla aparece en llamas mediante la superposición de unos gráficos virtuales localizados mediante coordenadas GPS. Aquí el gran bastión construido para hacer frente a los ataques de los nómadas del norte al Imperio Chino, es reinterpretado como un gran "contrafuegos" de la era de la información que se transforma en un aliado del poder para evadir los ataques al gobierno actual. *Great Firewall of China* pretende conseguir una imagen impactante del monumento centenario pero sin atentar contra el valor patrimonial que representa, utilizando la realidad aumentada como un recurso de expresión virtual en el que el artista materializa sus ideas creativas.



.....
FIGURA 106. *GREAT FIREWALL OF CHINA* (2011), UNA INSTALACIÓN DE REALIDAD AUMENTADA DONDE EL COLECTIVO DE ARTISTAS CHINOS *4GENTLEMEN*, REALIZA UNA METÁFORA CON LA GRAN MURALLA CHINA COMO PROTAGONISTA, EN LA QUE DENUNCIAN LA CENSURA A LA LIBERTAD DE EXPRESIÓN QUE EL GOBIERNO CHINO REALIZA A TRAVÉS DEL CONTROL DE LA INFORMACIÓN EN EL CIBERESPACIO ([HTTP://FOURGENTLEMEN.BLOGSPOT.COM.ES](http://fourgentlemen.blogspot.com.es)).

El uso de la realidad aumentada en la creación artística también ha jugado con la inmaterialidad de los gráficos virtuales, que ante una aparente invisibilidad, gozan de total libertad en los ya aludidos entornos aumentados ya que en el mundo virtual no existen las barreras ni condicionantes propios del mundo físico que limiten la labor creativa del artista. Esto lo encontramos en la exposición *Walls to the people* (2012), perteneciente al artista

visual y músico João Paulo Feliciano, que tuvo como escenario la Casa de Serralves⁶¹ de Oporto (Portugal), que alberga la fundación y museo del mismo nombre. La muestra consistía en una instalación basada en la tecnología de realidad aumentada que transformaba las fachadas del edificio en un lienzo sobre el que aparecían diferentes grafitis cubriendo toda la superficie. Esta experiencia, diseñada para dispositivos móviles, permitía observar el exterior de la Casa de Serralves con varios grafitis a semejanza de los que se encuentran en los espacios públicos urbanos. La intencionalidad de esta muestra pretendía mostrar una reinterpretación virtual del carácter subversivo de las obras de grafiti que además permitía tener una imagen original e inusual para los visitantes del inmueble cultural.

⁶¹ Página web de la Fundación Casa de Serralves: <http://www.serralves.pt> [consultado: 16.01.2013].



FIGURA 107. *WALLS TO THE PEOPLE*. LA CASA SERRALVES DE OPORTO SIRVIÓ COMO UN LIENZO PARA LAS PINTADAS VIRTUALES REALIZADAS POR EL ARTISTA JOÃO PAULO FELICIANO PONIENDO DE MANIFIESTO EL CARÁCTER SUBVERSIVO DEL ARTE URBANO Y OFRECIENDO UNA NUEVA VISIÓN DEL INMUEBLE PORTUGUÉS ([HTTP://WWW.ELMUNDO.ES](http://www.elmundo.es)).

En otros casos las interpretaciones han ido más allá en la transformación de nuestra percepción del mundo centrándose en hacer visibles aquellos elementos cotidianos que pasan desapercibidos a nuestros ojos. En *Red Libre, Red Visible* (2004), los artistas españoles Clara Boj y Diego Díaz, se basaban en el concepto de la transmisión de datos a

través de redes de comunicación haciendo visibles esos "datos invisibles" mediante la tecnología de realidad aumentada. Así, el mundo actual está invadido por ese intercambio de información aunque no la podamos observar a simple vista. Con esta idea se pretendía hacer alusión a la libertad que existe en las redes digitales que muchas veces están condicionadas por factores de tipo cultural, económico o político y que inciden en el receptor final. El proyecto consistía en hacer visibles esos datos que se transmiten en el espacio urbano a través de objetos virtuales que volaban por ese espacio, que se identifican con una determinada red y que según la actividad de la misma, adoptaban una configuración u otra, modificando nuestra percepción del mundo, haciendo visibles esos "datos invisibles". Por otra parte, también se señalaron puntos de red libre, donde se colocaron unas marcas, en los que existía un acceso libre a la red. Así cuando el usuario enfocaba la marca con la cámara del dispositivo, en la pantalla aparecían diferentes objetos virtuales suspendidos en el aire como símbolo de la conexión establecida con la red (Boj et al., 2008).



FIGURA 108. *RED LIBRE, RED VISIBLE*. AQUÍ APARECEN LOS OBJETOS VIRTUALES VOLANDO SOBRE EL ESPACIO URBANO QUE REPRESENTAN EL ESTABLECIMIENTO DE CONEXIONES A TRAVÉS DE LA RED DIGITAL. A LA IZQUIERDA, SE ENCUENTRA UNO DE LOS PUNTOS DE "RED LIBRE" SEÑALADO CON UN MARCADOR QUE ES RECONOCIDO POR LA APLICACIÓN A TRAVÉS DE LA WEBCAM DEL ORDENADOR PORTÁTIL ([HTTP://WWW.LALALAB.ORG](http://www.lalalab.org)).

En *Observatorio* (2008), nuevamente los artistas Clara Boj y Diego Díaz, se basaban en el concepto de la transmisión de datos a través de redes de comunicación haciendo visibles esos "datos invisibles" a través de la tecnología de realidad aumentada. Esta instalación

interactiva fue presentada en la muestra *Banquete_ nodos y redes* donde se presentaron más de treinta obras digitales e interactivas en el contexto del Centro de arte LABoral en Gijón (España).

La idea principal de *Observatorio* era el mapeo de redes inalámbricas tipo *wi-fi* existentes en la ciudad de Gijón mediante la instalación, en la denominada torre de la LABoral, de un mirador público turístico, de una especie de periscopio que permitía tener panorámicas de 180° de toda la ciudad. Éste se encontraba equipado con una cámara que captaba la imagen de la ciudad en tiempo real y la mostraba en la pantalla de este observatorio y antena *wi-fi* que detectaba las redes existentes. La imagen aumentada contenía información de dichas redes relativa a su ubicación en la cartografía de la ciudad, el nombre y si era pública o privada. También formando parte de esta instalación se encontraba una video-proyección en la sala de exposición donde se visionaban la imágenes panorámicas recogidas por el observatorio, pero únicamente cuando se había establecido conexión entre el periscopio situado en la torre y una red *wi-fi* libre.

La idea que los artistas querían transmitir era la de poner de manifiesto la existencia de una infraestructura comunicativa que en la mayoría de los casos es de ámbito privado impidiendo la conexión a las redes. Cuando no existía comunicación entre la torre y la sala de exposición mostraban este planteamiento, ya que consideraban como un derecho el acceso a la sociedad de la información y al ciberespacio de forma libre y gratuita.

La realidad aumentada, también tiene un papel dentro del arte interactivo, dado que la posibilidad de interactuar con los gráficos virtuales se establece como elemento conformador de la obra, en la que se produce una interrelación entre el público y el artista. En estos trabajos el artista debe atender a esa relación dentro del proceso creativo en el que además de seguir su propio impulso surge la responsabilidad de la participación del espectador como parte integrante de la obra. Atendiendo nuevamente al autor Frank Popper respecto a la definición de interactividad, éste nos dice que puede ser interpretada como la capacidad del usuario para manipular y experimentar directamente con un medio, y para comunicarse con otros usuarios a través del mismo (Popper 2007: 181). Pero los tipos de interacción también están determinados por las interfaces que se establecen entre el usuario y los gráficos generados por ordenador. Al hablar de las interfaces que se establecen en las instalaciones con realidad aumentada encontramos lo que se denomina como interfaces tangibles basadas en el uso de marcas con las que el usuario interactúa llegando a ser el protagonista generando realidades inesperadas que suscitan improvisación, invención, imaginación o sorpresa entrando en la dinámica del juego.

El Certamen Andaluz de Artes Plásticas, en su edición de 2005, celebrado en la ciudad de Málaga, contó con la presencia de una obra en la que se utilizaba la tecnología de realidad aumentada bajo el título de *Snap City*, por el artista cordobés Daniel Palacios. La instalación se presentaba como un juego de mesa y consistía en la recreación de una

estancia con cojines alrededor de una mesa o tarima sobre la que había diferentes marcas, y frente a una pantalla. Las marcas representaban unos cubos virtuales sustentados en el aire y girando sobre sí mismos, que eran observados a través de la pantalla. Éstos ofrecían imágenes en cada una de sus caras, a las que se contraponían otras imágenes, realizando un contraste de conceptos entre unos cubos y otros (AA. VV., 2005).

La presentación de obras en las que se establecen interfaces donde el espectador cuenta con un papel dentro de la misma es una experiencia común en este tipo de instalaciones. En la edición de *ARCO '06* los artistas valencianos Clara Boj y Diego Díaz participaron con una obra denominada *Ciudadano! Frágil!*. Aquí se encontraba una instalación interactiva que consistía en un pedestal frente a una pantalla en la que se veía reflejada la imagen aumentada del mismo, apareciendo un jarrón virtual de cerámica china. Se invitaba a los visitantes, que también se veían reflejados en la pantalla, a interactuar con la obra virtual como si se tratara de un objeto real, pero con la sorpresa de que siempre acababa cayendo al suelo. Unos segundos más tarde, un personaje digital portando una marca traía un nuevo jarrón virtual que colocaba sobre el pedestal, comenzando de nuevo el proceso. La pieza de cerámica china, no reproducía la decoración de una obra existente sino que utilizaba símbolos contemporáneos como el logo de la licencia *Creative Commons*. El concepto que albergaba esta instalación era cuestionar la situación del arte digital y los modos de

producción y distribución, en los que se cuestiona el valor de la obra artística respecto a su originalidad e idea de único.



FIGURA 109. *CUIDADO! FRÁGIL!*. INSTALACIÓN DE ARCO '06, EN LA QUE APARECE EL PEDESTAL CON EL JARRÓN DE CERÁMICA VIRTUAL, Y LOS VISITANTES INTERACTUANDO CON ÉSTE SIN PODER EVITAR QUE CAIGA AL SUELO Y SE ROMPA IRREMEDIABLEMENTE ([HTTP://WWW.LALALAB.ORG/](http://www.lalalab.org/)).

Aunque el uso de marcas tuvo un protagonismo predominante en estas experiencias interactivas, también citaremos *AR Magic System* (2007), de los artistas Clara Boj y Diego Díaz, que a través de la tecnología de realidad aumentada y la técnica del reconocimiento facial permitía cambiar los roles de los personajes situados frente a una pantalla en la que

se veían reflejados pero con la cara del individuo de al lado. La propuesta trataba de crear un espacio interactivo que permitía que cualquier persona pudiera ejecutar determinados trucos de magia y transformarse por un momento en un mago.

De la misma forma *AR Wonder Turner* (2010), de la artista Helen Papagiannis supone una obra interactiva en la que el espectador puede sentirse protagonista de la instalación. Ésta consta de unos cubos giratorios con marcas en cada una de sus caras laterales que conforman una torre a escala humana. Una pantalla situada frente a la torre reflejaba la imagen aumentada de la instalación en la que cada cubo contenía secuencias de vídeo que representaban cabezas, cuerpos o extremidades de personas o animales. De esta forma los espectadores llegaban a generar personajes híbridos girando los cubos mediante un proceso creativo fruto de esa interacción con la obra, a través de la imaginación y el azar de las numerosas combinaciones.



.....
FIGURA 110. LA INSTALACIÓN *AR WONDER TURNER*, BASADA EN LA TECNOLOGÍA DE REALIDAD AUMENTADA MEDIANTE EL USO DE MARCADORES, PROPONE LA INTERACCIÓN DE LOS VISITANTES CREANDO PERSONAJES HÍBRIDOS ENTRE LO VIRTUAL Y LO REAL (PAPAGIANNIS, 2010: 28).

La posibilidad de interactuar con las diferentes marcas hace que en estas experiencias artísticas el usuario sea protagonista de la misma entrando en la dinámica del juego como la obra presentada por el neozelandés Julian Oliver. *LevelHead* (2008) se trataba de una instalación formada por unos cubos que contienen marcas en cada una de sus caras, colocadas frente a una cámara que proyecta la imagen aumentada sobre una gran pantalla. Así, cada cara del cubo se corresponde con el interior de una estancia y un personaje virtual, que en función de la inclinación que adopte se desplazará por su interior hasta llegar a una salida que le conduce a otra estancia que habrá que buscar en otra de las caras del cubo. El personaje deberá atravesar cada una de las estancias y encontrar la salida que le permita salir hacia otro de los cubos que constituye un nivel superior con nuevos espacios. La aplicación convierte al espectador en parte integrante de la obra al tener que interactuar con los cubos, entrando a formar parte de un juego en el que la memoria tiene un papel importante ya que debe de recordar las diferentes estancias por las que ha pasado el personaje y buscar una nueva salida. El resultado final será que el personaje consiga hallar la salida en el último cubo-nivel y salga al exterior.



.....
FIGURA 111. *LEVELHEAD*. CONFIGURACIÓN DE LA INSTALACIÓN CON EL CUBO COMPUESTO POR MARCAS EN CADA UNA DE SUS CARAS FRENTE A UNA CÁMARA WEB QUE MOSTRARÁ LA IMAGEN AUMENTADA EN LA PANTALLA CON UN ESPACIO ARQUITECTÓNICO POR EL QUE DEBERÁ NAVEGAR EL PERSONAJE VIRTUAL ([HTTP://JULIANOLIVER.COM](http://julianoliver.com)).

En *52 Card Cinema* el artista G. A. Rhodes presentaba una instalación de realidad aumentada basada en el uso de marcas donde el azar tenía un protagonismo que pone de manifiesto la interacción y el juego como elementos recurrentes. Aquí se recurría a una baraja de cartas con una marca diferente que quedaba asociada a un fragmento de video

que se correspondía con una secuencia de cine. Existen dos versiones, *52 Card Psycho* (2009) y *52 Card ARambo* (2010), que se centraba en dos secuencias pertenecientes al film *Psycho* de Alfred Hitchcock y a la película de acción *Rambo*. A medida que el usuario lanzaba las cartas, aparecían varios fragmentos de vídeo de esa misma secuencia que se reproducían repetidamente, de modo que al completar la baraja parecía la escena en su totalidad que se reestructuraba de forma diferente con cada nueva tirada de cartas. Según el artista, en esta obra la unión entre el cine y la realidad aumentada lleva a cuestionar la naturaleza de la imagen cinematográfica ya que la imagen digital es enajenada desde el tiempo y el espacio: cada fragmento de información se materializa hasta interactuar con la película como un juego de cartas que se corresponden con una serie de secuencias, repetidas indiferentemente, que se reproducen y reestructuran nuevamente. El azar presenta aquí un protagonismo que pone de manifiesto la interacción y el juego como elementos recurrentes en las instalaciones de realidad aumentada basadas en marcas.



.....
FIGURA 112. 52 *CARD PSYCHO* (2009). INSTALACIÓN DE REALIDAD AUMENTADA MEDIANTE EL
USO DE MARCAS QUE CONTIENEN FRAGMENTOS DE LA SECUENCIA DE LA DUCHA DEL FILM
PSYCHO DE ALFRED HITCHCOCK. FOTO G. A. RHODES

Otro tipo de interfaces que se encuentran en las instalaciones de realidad aumentada son aquellas en las que se utiliza un dispositivo móvil, que especialmente han tenido un importante desarrollo en los últimos años como consecuencia de la implantación de los llamados teléfonos inteligentes o *smartphone*. En estas aplicaciones la interacción se produce a través de la pantalla que bien puede darse con los gráficos virtuales o con el mismo dispositivo.

A este respecto podemos citar *Sky Pavilions*, presentada en varias exhibiciones durante el año 2011, como el *Dumbo Arts Festival* de Nueva York o la Bienal de Venecia, es una propuesta del artista John Cleater que mediante la realidad aumentada, consigue crear unas formas virtuales elásticas con superficie reflectante a modo de nubes que invaden el espacio público. Los espectadores, a través de la aplicación para *Layar* diseñada para dispositivos móviles, consiguen interactuar con las formas que aparecen a su alrededor y que al tocarlas sobre la pantalla comienzan a elevarse y aumentar su tamaño hasta posicionarse en el cielo.



.....
FIGURA 113. *SKY PAVILIONS*, UNA APLICACIÓN PARA *LAYAR* QUE MEDIANTE LA REALIDAD AUMENTADA, CONSIGUE CREAR UNAS FORMAS VIRTUALES ELÁSTICAS CON SUPERFICIE REFLECTANTE A MODO DE NUBES QUE INVADEN EL ESPACIO PÚBLICO ([HTTP://PAST.DUMBOARTSFESTIVAL.COM](http://past.dumboartsfestival.com)).

Otro ejemplo en el que el espectador puede sentirse formando parte de la obra, puede verse en *Jasmine Rain (birdcage)* de Tamiko Thiel, donde una jaula de oro gigante circunda al espectador que podrá observar desde su interior una lluvia de jazmines. El contraste entre el abigarrado espacio en el interior de la jaula y la amplitud del exterior hace captar la atención del espectador no sólo a través de las imágenes sino por la modificación de su

espacio circundante por el cual puede navegar, aunque siempre dentro de los límites virtuales de la caja.

La experiencia de la navegación en entornos de realidad aumentada constituye también una forma de interacción en la que el uso de dispositivos móviles adquiere un papel protagonista. Aquí, y a diferencia del arte virtual, no supone una inmersión total en un entorno sintético, sino que muestra el espacio que nos rodea aumentado con contenidos virtuales que enriquecen esa percepción del mundo físico como pudo verse en el contexto del *International Symposium on Mixed and Augmented Reality* de 2011, donde tuvo lugar un proyecto artístico de realidad aumentada en el parque de St. Johans Park de la ciudad de Basilea (Suiza). *LifeClipper3* es una obra del artista Jan Torpus en la que el usuario navega en escala 1:1 por un espacio entre lo real y lo virtual. Aquí el usuario era equipado con sistema portátil de GPS y sensores que permitían situarlo en el espacio y tiempo, y unos visores de realidad aumentada (Torpus y Tobler, 2011). Cuando éste comenzaba su paseo por el citado parque, se añadían texturas y transparencias sobre la morfología del paisaje, junto a criaturas fantásticas de plantas, animales o avatares. Para una experiencia más completa se añadían sonidos digitales, que recreaban efectos meteorológicos. La intencionalidad del artista sobre el usuario era la de cambiar su percepción diaria del mundo, con la creación de un mundo híbrido en el que se experimenta con un ambiente

climático y un ecosistema que crearan una experiencia enriquecedora para el usuario, a partir de la creación de entornos de realidad aumentada.



.....
FIGURA 114. *LIFECLIPPER3* (2011). VISIÓN A TRAVÉS DEL *DISPLAY* CON UNA IMAGEN AUMENTADA DEL PARQUE DE ST. JOHANNIS DE LA CIUDAD DE BASILEA (SUIZA). FOTO: JAN TORPUS.

Esta misma idea, de aumentar la experiencia del espectador en el mundo físico, fue tenida en cuenta en *Borealises*, una colaboración dentro del *Virtual Public Art Project*, en la que el artista Nathan Shafer recreaba virtualmente una aurora boreal en el cielo de su ciudad natal Anchorage (Alaska, EE. UU.), donde la actual contaminación lumínica y acústica no permiten disfrutar del espectáculo de estas luces del norte en todo su esplendor. La idea era hacer visible mediante el uso de un dispositivo móvil, un modelo animado tridimensional de una aurora boreal que permitiera observarlas desde cualquier punto de la ciudad. Además la experiencia ha sido llevada a otras exhibiciones pudiendo ver este fenómeno en ciudades como Brooklyn (Nueva York, EE. UU.), en la que por su latitud este tipo de fenómenos son inusitados, o Melbourne (Australia) en la que la experiencia se denominó *Australises*, nombre que reciben las auroras polares en el hemisferio sur.

The Artvertiser (2010), es una obra en la que también se transformaban espacios físicos mediante la inclusión de lo virtual. Aquí se exploraba la potencialidad del espacio urbano de las grandes ciudades, dedicado casi en exclusividad a los anuncios comerciales. El artista Julian Oliver consideró la propuesta como una reclamación en la que se demandaba la propiedad de este espacio para uso público, en la que cada anuncio se transformaba en una obra de arte. A través de un dispositivo móvil como un *smartphone* o unos binoculares de realidad aumentada diseñados para la ocasión, se invitaba a los transeúntes a mirar a través del *display* del dispositivo para buscar aquellos anuncios situados en el entorno

urbano que automáticamente eran convertidos virtualmente en imágenes o vídeos realizadas por diferentes artistas.



FIGURA 115. *THE ARTVERTISER* MUESTRA LA POSIBILIDAD DE CONVERTIR LOS ESPACIOS PUBLICITARIOS URBANOS EN GALERÍAS DONDE SE EXPONGAN LAS OBRAS DE ARTISTAS MEDIANTE EL USO DE LA REALIDAD AUMENTADA ([HTTP://THEARTVERTISER.COM/](http://theartvertiser.com/)).

Esta misma idea fue tenida en cuenta para la aplicación *AR | AD Takeover (Augmented Reality Advertising Takeover)* desarrollada para el buscador móvil de realidad aumentada *Junaio*. Ésta se enmarcaba dentro de una campaña de arte público en la que participaron cinco artistas, Ron English, John Fekner, PosterBoy, Doctor D y Ox, que expusieron sus

obras en Times Square de Nueva York durante julio de 2011. Ante la casi exclusividad del uso de los espacios públicos (andenes de metro, paradas de bus o vallas publicitarias) para campañas comerciales, la aplicación de realidad aumentada fue utilizada para ocupar esos espacios destinados a los anuncios por las obras de los artistas, convirtiendo el cotidiano Times Square en una improvisada exposición urbana y como una forma de democratización del espacio urbano (Biermann et al., 2012).

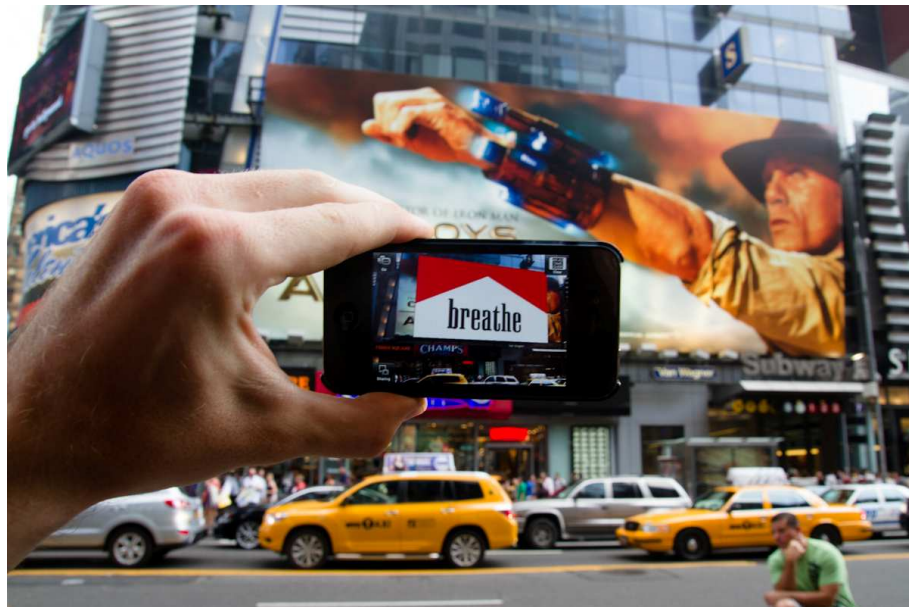


FIGURA 116. APLICACIÓN *AR | AD TAKEOVER* DONDE SE UTILIZABA EL ESPACIO URBANO COMO UN GRAN LIENZO PARA COMPARTIR DIFERENTES OBRAS CREATIVAS REIVINDICANDO LA DEMOCRATIZACIÓN DEL MISMO ([HTTP://WWW.THEHEAVYPROJECTS.COM](http://www.theheavyprojects.com))

También las posibilidades que el uso de la realidad aumentada tiene para integrarse en el mundo real, han servido al artista para realizar obras que tienen un componente de arte subversivo y activista gracias a su naturaleza de permanecer "invisible" ocupando el espacio virtual. Este hecho ha sido especialmente puesto en boga por los componentes del colectivo *ManifestAR* cuya actividad en este sentido ocupa gran parte de sus obras a las que denominan como *AR Intervention*.

La artista Tamiko Thiel participó en la *AR Intervention* que tuvo lugar en el vecindario de Bushwick de Brooklyn en Nueva York, con una obra que denominó como *Seven Portraits for Maria Hernandez*. Ésta hacía mención a una activista de Bushwick que pasó a la historia por su lucha, participación y trabajo constante en éste área para erradicar el tráfico de drogas entre sus habitantes, llegando a morir asesinada por varios disparos. Aquí el *leitmotiv* de la experiencia de realidad aumentada consistía en una aplicación para dispositivos móviles emplazada en el parque de Bushwick (dedicado en memoria de la activista), en la que aparecían siete retratos de mujeres que se apreciaban únicamente como siluetas en oro. Para la artista no fue posible encontrar una fotografía en Internet de María Hernández, por lo que utilizó aleatoriamente las fotografías de siete mujeres con el

mismo nombre encontradas en la red para conmemorar de forma "invisible" la labor contra la comercialización de la droga realizada para la comunidad.

La misma artista en la obra *Shades of Absence* muestra el compromiso con la libertad de expresión y la censura, haciendo referencia a aquellos artistas contemporáneos que han sido víctimas de censura en sus obras. La experiencia de realidad aumentada para dispositivos móviles, presenta las siluetas en oro de esos artistas rodeados por una nube de términos subversivos o de censura. Esta aplicación está conectada a una base de datos a la que se puede acceder tocando sobre la pantalla del dispositivo, que reúne los casos de todos aquellos artistas contemporáneos menos conocidos que no han tenido el apoyo público para la libre exposición de sus obras. *Shades of Absence* cuenta con tres versiones hasta la fecha presentadas en el contexto de la Bienal de Venecia de 2011: «Public Void» centrado en aquellos artistas que han sido censurados por exponer en espacios públicos, «Schlingensief Gilded» dedicado a la figura del controvertido artista alemán Christoph Schlingensief, y «Outside Inside» donde se recogen los casos de artistas que han sido protagonistas de arresto o violencia.



.....
FIGURA 117. *SHADES OF ABSENCE: PUBLIC VOIDS* (2011). INTERVENCIÓN CON REALIDAD AUMENTADA EN LA PLAZA DE SAN MARCOS PARA LA BIENAL DE VENECIA DE 2011.

Ese carácter activista y reivindicativo pudo verse también en la experiencia de realidad aumentada desarrollada por los artistas Mark Skwarek, Damon Baker, y Will Pappenheimer durante junio de 2012, que emularon la devolución a su enclave original de las esculturas de la antigua acrópolis de Atenas, conocidas también como los mármoles de Elgin, que se ubican en el *British Museum* de Londres. A través del uso de un dispositivo

móvil como *smartphone* o una tableta, y mediante una aplicación para la plataforma *Layar*, los visitantes de la sala 18 del museo podían experimentar cómo los soportes y las carteles de identificación aparecían sin sus respectivas esculturas mostrando el espacio vacío de obras de arte en lo que los artistas denominaron como *art thief* (arte ladrón).



.....
FIGURA 118. IMAGEN DE LA APLICACIÓN DE REALIDAD AUMENTADA CREADA POR LOS ARTISTAS MARK SKWAREK, DAMON BAKER, Y WILL PAPPENHEIMER EN LA QUE SE MOSTRABA LA POSTURA DE ÉSTOS AL DEVOLVER LAS ESCULTURAS DEL PARTENÓN GRIEGO DESDE LAS MISMAS SALAS DEL *BRITISH MUSEUM* DE LONDRES (MARKSKWAREK.BLOGSPOT.COM).

El conflicto bélico entre Estados Unidos e Irak también ha sido tenido en cuenta para una experiencia de realidad aumentada dentro del trabajo de los artistas Mark Skwarek y John Craig Freeman. En *U.S. / Iraq War Memorial*, se tomaron los datos publicados en *The Guardian* a través de *Wikileaks Iraq war logs*, que mostraba mediante el uso de la geolocalización una cartografía con los lugares donde cayeron los combatientes de ambos bandos sobre territorio iraquí. Esta cartografía fue trasladada al territorio norteamericano conservando las coordenadas de longitud y latitud, y tomando como punto de referencia el centro de la ciudad de Washington D. C. haciéndolo coincidir con la capital Bagdad. El público, a través de la aplicación móvil para Layar, podía localizar esos puntos que aparecían representados como féretros que cubrían las calles y lugares públicos de Washington D. C. (u otras localidades cercanas), en memoria a los combatientes muertos en la ciudad de Bagdad.

También las posibilidades que el uso de la realidad aumentada tiene para modificar el mundo real, han servido al artista para realizar obras que tienen un componente de arte comprometido como la propuesta y/o movimiento (con continuidad en la actualidad) encabezada por el artista Mark Skwarek denominada *AR Occupy Wall Street*⁶² (2011). En ésta, a través de la realidad aumentada, se invitaba a ocupar este espacio simbólico del poder financiero como método de protesta encubierta, en la que a través de diferentes

⁶² Página web del movimiento *AR Occupy Wall Street*: <http://aroccupywallstreet.wordpress.com/> [consultado: 14.12.2012].

dispositivos móviles, los gráficos virtuales inundaban la calle y fachada del edificio con mensajes reivindicativos.



FIGURA 119. *JACKPOT!* (2011). OBRA DEL ARTISTA MARK SKWAREK DENTRO DEL MOVIMIENTO *AR OCCUPY WALL STREET* EN EL QUE A TRAVÉS DE LA REALIDAD AUMENTADA SE REALIZAN COMPOSICIONES DE PROTESTA FRENTE AL ENTE FINANCIERO. FOTO: MARK SKWAREK.

Dentro de la *AR Intervention* que tuvo lugar durante la Bienal de Venecia de 2011, encontramos una obra de los artistas Lily & Honglei (junto a la colaboración del artista John Craig Freeman) que titularon como *The Crystal Coffin – Virtual China Pavilion*. Ésta estaba

diseñada para dispositivos portátiles a través de la plataforma Layar, que permitía aumentar los gráficos virtuales en los espacios de la bienal como le Giardini o la Plaza de San Marcos. Aquí se reproducía virtualmente el féretro de cristal de Mao Zedong ubicado desde 1977 en la plaza de Tian'anmen en Pekín (China). El mensaje teórico que pretendían con esta obra era contrastar la transformación del país chino durante el último siglo convirtiéndose en una sociedad moderna con una posición política y económica muy importante internacionalmente, con este símbolo impasible al paso de los años que recuerda el régimen autoritarista. Según los artistas los acontecimientos ocurridos en la primavera de 2011 donde hubo unas fuertes medidas de represión en las que fueron apresados varios miembros de grupos religiosos e intelectuales, han hecho reavivar la llama de las políticas maoístas y la incertidumbre del rumbo que conducirá a la sociedad china en el futuro. El féretro de cristal ocupando el centro del Pabellón virtual de China en la bienal, en el que se recurría a la arquitectura tradicional china decretado por el Ministerio de la Construcción, hacía alusión a esta situación retratada por los artistas.

La temática medioambiental también tiene su representación dentro de las intervenciones en el espacio público con realidad aumentada. El artista John Craig Freeman puso de manifiesto en *Decharge de rebut toxique*, la importancia de reconsiderar las políticas sobre energías nucleares tras el accidente ocurrido en la ciudad japonesa de Fukushima. La experiencia ha tenido lugar en el contexto de varias muestras celebradas en ciudades como

Boston (2010), París (2011) o Sydney (2012) en las que el público podía apreciar a través de su dispositivo móvil, cómo los emblemáticos espacios públicos de cada ciudad eran ocupados por depósitos con residuos radioactivos, ofreciendo una imagen para la reflexión sobre la contaminación del planeta.

Por su parte, en *Leak in Your Own Home Town* (2010), los artistas Mark Skwarek y Joseph Hocking utilizaron la realidad aumentada como un elemento de protesta en relación a los vertidos procedentes de la plataforma petrolífera *Deepwater Horizon* de la empresa *BP* (*British Petroleum*) que accidentalmente derramaron en el golfo de México grandes cantidades de crudo en el año 2010. Los artistas desarrollaron una aplicación para *iPhone* que se centraba en el logo de la empresa *BP*, de manera que cuando la cámara del dispositivo captaba la imagen del mismo aparecía virtualmente en su lugar una tubería emanando petróleo, de la misma forma que los vertidos se estaban produciendo bajo la superficie del mar. Aquí se pretendió utilizar el propio logo de *BP* como una marca activista contra la misma empresa mediante la aplicación de realidad aumentada creada por los artistas.



.....
FIGURA 120. *LEAK IN YOUR OWN HOME TOWN* (2010), LOS ARTISTAS MARK SKWAREK Y JOSEPH HOCKING MOSTRABA UNA APLICACIÓN DE REALIDAD AUMENTADA QUE ALUDÍA A UN TEMA DE DENUNCIA MEDIOAMBIENTAL OCURRIDO EN EL GOLFO DE MÉXICO DONDE HUBO UN VERTIDO DE PETRÓLEO PROCEDENTE DE UNA PLATAFORMA DE LA EMPRESA *BP* ([HTTP://THELEAKINYOURHOMETOWN.WORDPRESS.COM/](http://theleakinyourhometown.wordpress.com/)).

En el contexto del *DUMBO Art Festival*, un evento dedicado al arte, la música y las performances, celebrado en el condado de Brooklyn (Nueva York, EE.UU.) en su edición de 2012, el artista Will Pappenheimer contribuyó con varios proyectos de realidad aumentada que tenían como trasfondo una iniciativa denominada *bUD - Bureau of Urban Devolution* (2011), que pretendía poner el punto de mira en las energías renovables y en las ciudades sostenibles. Uno de ellos titulado como *Sky Mills* consistía en aumentar un parque del condado de Brooklyn, Nueva York, con unos molinos de viento en alusión a la producción de energía eólica necesaria para esta área. El diseño de estos molinos virtuales mezcla de lo tradicional y lo futurista, contaba con una combinación de colores ópticos con efecto hipnótico relajante, mientras que un avión, impulsado por la potencia generada por los mismos, escribía mensajes y dibujos en el cielo, con el fin de que la presencia de estos molinos en el parque resultara agradable a los visitantes escépticos.

Este planteamiento de *bUD* también tuvo su plasmación en otra aplicación para dispositivos portátiles denominada *Forestation* que permitía mediante la realidad aumentada transformar un terreno desintegrando los edificios preexistentes en el aire y convertirlo instantáneamente en un lugar con árboles. Por otra parte también encontrábamos *Revolving Bridges*, que afectaba a la arquitectura existente a favor de dar más opciones al uso del transporte público y la vivienda. En este último caso, para facilitar un mayor movimiento y el tráfico a pie en la zona de East River, los puentes de Manhattan

y Brooklyn podían girar 360° inspirándose en el prototipo diseñado por Leonardo da Vinci, interconectado varios puntos diferentes.

El uso de la realidad aumentada como recurso para el arte-denuncia también ha puesto su interés en el tráfico ilegal de órganos, mostrando la cara más comprometida de los artistas que utilizan esta nueva tecnología como forma de expresión. *Chinese Take Out* es un trabajo realizado por Lily & Honglei, en colaboración de John Craig Freeman, presentado en la Bienal ZERO1 celebrado en la ciudad de San Francisco en 2012, que denunciaba el lucrativo negocio de la venta de órganos del gobierno chino. Una práctica que en 2007, bajo una investigación de David Matas y David Kilgour, puso de manifiesto que muchos de los detenidos como presos políticos o de conciencia, especialmente practicantes de Falun Gong, eran asesinados para comerciar con sus órganos. Los artistas eligieron varios de los enclaves de la ciudad para ubicar una experiencia de realidad aumentada para dispositivos móviles que consistía en un sistema de cables teleféricos que en lugar de cabinas transportaban lo típicos embalajes de comida china para llevar con el letrero de *human organ* impreso en los mismos, haciendo alusión al tráfico de órganos chino de víctimas de la represión por parte del gobierno.



.....
FIGURA 121. LOS ARTISTAS LILY & HONGLEI, EN COLABORACIÓN DE JOHN CRAIG FREEMAN,
PRESENTARON EN LA BIENAL *ZERO1* UNA OBRA DENOMINADA *CHINESE TAKE OUT*, QUE
DENUNCIABA EL LUCRATIVO NEGOCIO DE LA VENTA DE ÓRGANOS DEL GOBIERNO CHINO
([HTTP://LILYHONGLEI.WORDPRESS.COM](http://lilyhonglei.wordpress.com)).

BIBLIOGRAFÍA

- AA. VV. (2005): *Certamen Andaluz de Artes Plásticas 2005*, Málaga, Instituto Andaluz de la Juventud.
- AA. VV., (2004): *Art Futura 2004. Realidad Aumentada*, Barcelona, ArtFutura.
- ASCOTT, R. (edit.) (2000): *Art, technology, consciousness mind@large*, Bristol, Intellect Books.
- AZUMA, R. (1997): «A survey of augmented reality», *Presence: Teleoperators and Virtual Environments*, vol. 6, nº 4, 355 – 385.
- AZUMA, R., BAILLOT, Y., BEHRINGER, R., FEINER, S., JULIER, S., y MACINTYRE, B. (2001): «Recent advances in augmented reality», *IEEE Computer Graphics and Applications*, vol. 21, nº 6, 34 – 47.
- BENFORD, S., CRABTREE, A., FLINTHAM, M., DROZD, A., ANASTASI, R., PAXTON, M., TANDAVANITJ, N., ADAMS, M., y ROW-FARR, J. (2006): «Can you see me now?», en AA. VV., *ACM Trans. Comput.-Hum. Interact.*, 13(1), 100-133.
- BIERMANN, B.C., SEILER, J., y NUNES, CR. (2011): «The AR | AD Takeover: augmented reality and the reappropriation of public space», disponible en <http://www.academia.edu/756642/The_AR_AD_Takeover_Augmented_Reality_and_the_Reappropriation_of_Public_Space> [consultado: 12.01.2013].

- BIMBER, O., RASKAR, R. (2005): *Spatial augmented reality: merging real and virtual worlds*, Wellesley, Mass., A K Peters.
- BOJ, C. y DÍAZ, D. (2008): «The Hybrid City: augmented reality for interactive artworks in the public space», en Ch. Sommerer, L. C. Jain y L. Mignonneau (eds.), *The Art and Science of Interface and Interaction Design*, pp. 141 – 161.
- CHRISTIANE, P. (2003): *Digital art*, London, Thames & Hudson.
- CRAIG, J. (2012): «ManifestAR: an augmented reality manifesto», en Mcdowall, I. E., y Dolinsky, M. (edit.), en *Proceedings of SPIE-IS&T Electronic Imaging (SPIE)*, vol. 8289, disponible en <<http://dx.doi.org/10.1117/12.906807>> [consultado: 19.07.2012].
- GRASSET, R., WOODS, E., y BILLINGHURST, M. (2007): «Art and Mixed Reality: New Technology for Seamless Merging Between Virtual and Real», en *Proceedings of DAC 2007 (PERTHDAC)*, disponible en <http://www.hitlabnz.org/images/o/od/2007_-_Art_and_Mixed_Reality_New_Technology_for_Seamless.pdf> [consultado: 28.10.2012].
- GRAU, O. (2003): *Virtual art: from illusion to immersion*, Cambridge, MIT Press.
- HERTZ, G., LEE, J. W., y GUEVARA, C. (2010): «OutRun: Exploring seamful design in the development of an augmented reality art project», en AA. VV., *IEEE*

International Symposium On Mixed and Augmented Reality - Arts, Media, and Humanities (ISMAR-AMH), pp. 33 - 38.

- ISHII, H., y ULLMER, B. (1997): «Tangible bits: towards seamless interfaces between people, bits and atoms», en AA. VV., *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, pp. 234 - 241.
- JACQUEMIN, C. WAI KIT CHAN, y COURGEON, M. (2010): «Bateau Ivre: an artistic markerless outdoor mobile augmented reality installation on a riverboat», en AA. VV., *Proceedings of the international conference on Multimedia (MM '10)*, pp. 1353 - 1362.
- KRUEGER, M. W. (1976): *Computer Controlled Responsive Environments*. Ph.D. Dissertation, The University of Wisconsin, Madison.
- LINDINGER, C., HARING, R., HÖRTNER, H., KUKA, D., y KATO, H. (2006b): «Multi-user mixed reality system 'Gulliver's World': a case study on collaborative edutainment at the intersection of material and virtual worlds», *Virtual Reality*, vol. 10, nº 2, pp. 109-118.
- LINDINGER, C., HARING, R., HÖRTNER, H., KUKA, D., KATO, K. (2006): «Mixed reality installation 'Gulliver's World': interactive content creation in nonlinear exhibition design», en Göbel, S., Malkewitz, R., y Iurgel, I. (eds.), *TIDSE 2006*, Berlin Heidelberg, Springer, pp. 312 – 323.

- MACINTYRE, B., GANDY, M., BOLTER, J., DOW, S., Y HANNIGAN, B. (2003): «DART: the designer's augmented reality toolkit», en AA. VV., *Proceedings of the 2nd IEEE/ACM International Symposium on Mixed and Augmented Reality (ISMAR '03)*, Washington, IEEE Computer Society, pp. 329 - 337.
- MANOVICH, L. (2006): «The poetics of augmented space», *Visual Communication*, nº 5, pp. 219-240,
- MILGRAM P., y KISHINO, F. (1994): «A Taxonomy of Mixed Reality Visual Display», *Institute of Electronics, Information and Communication Engineers (IEICE) Trans. Information and Systems*, vol. E77-D, nº 12, pp. 1321-1329.
- MUNGI, A., ELORZA, C., y BILLELABEITIA, I. (2004): *Arte y pensamientos en la era tecnológica*, Universidad del País Vasco, Bilbao.
- P. CHRISTIANE 2003: *Digital art*. London.
- PAPAGIANNIS, H. (2009): «Augmented Reality (AR) joiners, a novel expanded cinematic form», en AA. VV., *IEEE International Symposium on Mixed and Augmented Reality - Arts, Media and Humanities*, pp. 39 - 42.
- PAPAGIANNIS, H. (2010): «Wonder Turner and The Amazing Cinemagician augmented reality and mixed reality art installations», en AA. VV., *Proceedings of the 2010 IEEE International Symposium On Mixed and Augmented Reality - Arts, Media, and Humanities (ISMAR-AMH)*, pp. 27 – 32.

- PAPAGIANNIS, H. (2011): «The role of the artist involving AR as a new medium», en AA. VV., *IEEE International Symposium on Mixed and Augmented Reality (ISMAR) – Arts, Media, and Humanities*, Basel, 61 - 65.
- POPPER, F. (2007): *From technological to virtual art*, Cambridge, MIT Press.
- RASKAR, R., Welch, G., Fuchs, H. (1998): «Spatially Augmented Reality», en *First IEEE Workshop on Augmented Reality (IWAR'98)*, pp. 11 – 20.
- RUIZ, D. (2011): «La realidad aumentada y su dimensión en el arte: la obra aumentada», *Arte y políticas de identidad*, vol. 5, 129 – 144.
- RUIZ, D. (2012): «La realidad aumentada en el campo del arte: nuevas formas de experimentación y conceptualización entre lo real y lo virtual», en J. L. Crespo (coord.), *Discursos sobre arte digital*, Málaga, Universidad - Grupo EUMEDNET, pp. 75 – 88.
- STAPLETON, C., y DAVIES, J. (2011): «Imagination: the third reality to the virtuality continuum», en AA. VV., *Proceedings of the 2011 IEEE International Symposium on Mixed and Augmented Reality--Arts, Media, and Humanities (ISMAR-AMH '11)*, Washington, IEEE Computer Society, 53-60.
- THIEL, T. (2011): *Cyber-Animism and Augmented Dreams*, Leonardo Electronic Almanac (LEA), Istanbul.

- TORPUS J., y TOBLER B. (2011): «lifeClipper3 - An Augmented Walking Experience», en AA. VV., *Proceedings of the 10th International Symposium on Mixed and Augmented Reality*, 73 – 82.
- TORPUS, J. L. (2010): *lifeClipper3*, disponible en http://lifeclipper3.torpus.com/lc3_inhalte/lc3_documents/script.pdf [consultado: 23.07.2012].

Referencias web

- Exhibiciones
 - Página web de la *Bushwick AR Intervention*: <http://bushwickarintervention.wordpress.com/>
 - Página web de *Virtual Public Art Project*: <http://www.virtualpublicartproject.com/>
 - Página web del movimiento *AR Occupy Wall Street*: <http://aroccupywallstreet.wordpress.com/>
- Artistas

- Página web de 4Gentlemen: <http://augmentationistinternational.wordpress.com/>
 - Página web de Amir Baradaran: <http://amirbaradaran.com/>
 - Página web de Helen Pappagiannis: <http://augmentedstories.wordpress.com/>
 - Página web de James Alliban y Juliet Lall: <http://jamesalliban.wordpress.com>
 - Página web de John Cleater: <http://www.cleater.com/>
 - Página web de John Craig Freeman: <http://johncraigfreeman.wordpress.com/>
 - Página web de Lily & Honglei : <http://www.lilyhonglei.com/>
 - Página web de Lily & Honglei:
<http://lilyhonglei.wordpress.com/ongoing/collaborations-on-ar-projects/>
 - Página web de Mark Skwarek: <http://www.markskwarek.com/>
 - Página web de Nathan Shafer: <http://nshafer.com/>
 - Página web de Pablo Valbuena: <http://www.pablovalbuena.com>
 - Página web de Sander Veenhof: <http://www.sndrv.nl/>
 - Página web de Tamiko Thiel: <http://www.mission-base.com/tamiko/>
 - Página web de The AR Art Manifesto: <http://www.manifestar.info/>
 - Página web de Will Pappenheimer: <http://www.willpap-projects.com/>
 - Página web del grafitero alemán, DAIM: <http://daim.org/site/en>
- Obras

- Página web de *52 Card Psycho*: <http://52cardpsycho.com/>
- Página web de *LifeClipper3*: <http://www.lifeclipper3.torpus.com/>
- Página web de *Metro-NeXt*: <http://metronext.wordpress.com>
- Página web de *Project Paperclip* :
<http://www.urbanistasdigitais.pt/projectpaperclip/>
- Página web de *Red Libre, Red Visible*:
<http://www.lalalab.org/?q=es/taxonomy/term/40>
- Página web de *The Artvertiser*: <http://theartvertiser.com/>

10. EMPRESAS Y CENTROS PARA LA IMPLANTACIÓN DE LA REALIDAD AUMENTADA EN ESPACIOS PATRIMONIALES

En el desarrollo y evolución que la realidad aumentada ha tenido en entornos patrimoniales, debemos de tener en cuenta el papel de aquellas empresas o centros que constituyen focos de innovación y que han favorecido la implantación de esta tecnología en este tipo de contextos, mediante diferentes soluciones que han diversificado las aplicaciones sobre la misma y que contribuyen al afianzamiento de la misma como recurso de interpretación del objeto cultural.

- METAIO

*Metaio GmbH*⁶³ es una empresa de carácter internacional con sedes en Munich (Alemania) y San Francisco (California) que está especializada en la tecnología de realidad aumentada a través de desarrollo de soluciones de hardware y dispositivos, software y aplicaciones, creación de contenidos, y su distribución a diferentes marcas y empresas.

La empresa fue fundada en 2003 formando parte del consorcio alemán ARVIKA junto a otros entes como Siemens, BMW y VW, centrado en el desarrollo, producción y servicios de realidad aumentada. A partir de ese momento, *Metaio* ha obtenido varios reconocimientos

⁶³ Página web de *Metaio GmbH*: <http://www.metaio.com/> [consultado: 19.01.2013].

como el *CBIT Innovation Award* (2004), el *Deustcher Internetpreis* (2007), y siendo ganadores del *Tracking Contest* en ISMAR 2011.

En 2005 introducen en el mercado dos productos como son *Metaio SDK* y *Metaio Engineer* que constituyen herramientas para el desarrollo de aplicaciones de realidad aumentada.

En su trayectoria son remarcables algunos hitos a nivel mundial dentro de esta empresa como la primera campaña publicitaria basada en el uso de marcas para el modelo de automóvil MINI (2008), o el más reciente lanzamiento en 2010 del buscador *Junaio* una plataforma para el desarrollo de aplicaciones de realidad aumentada en dispositivos móviles que ha llegado a tener una importante presencia en la creación de contenidos con esta tecnología.

Uno de los pasos más importantes dentro de esta empresa fue la adquisición en 2008 de la firma noruega *ARMUSEMENT* especializada en la creación de aplicaciones de realidad aumentada. Algunos de los productos diseñados en la misma relacionados con el patrimonio cultural fue el caso del sistema *ARENGINE* que tuvo como escenario de validación el *Museum of Cultural History* de Oslo (Noruega). Aquí se proveía a los visitantes de unas gafas de realidad aumentada cuyo prototipo también fue desarrollado dentro de la empresa con el cual podía asistir a escenarios aumentados dentro del museo. La experiencia consistía en incluir personajes virtuales dentro de las estancias recreadas en la exposición que se encontraban realizando tareas cotidianas tanto domésticas como artesanales a modo de los *living history*, contextualizando de esta forma dichas

recreaciones. También ofrecían otras posibilidades como la de ampliar la información de los objetos expuestos en las salas de exposición permanente mediante contenidos digitales asociados.

También en 2008 *Metaio* colaboró con la empresa japonesa *DNP (Dai Nippon Printing)* dentro del *Louvre - DNP Museum Lab* en Tokio (Japón) desarrollando varias guías personales para explorar nuevos enfoques sobre las obras de arte contenidas en espacios expositivos. La idea estuvo pensada para dispositivos portátiles, específicamente para un PC ultra móvil, que el usuario utilizaba en su recorrido por la exposición. En primer lugar un personaje virtual animado, llamado Hubert Robert, daba la bienvenida al visitante y subido en un globo iba conduciéndolo a los distintos módulos donde unos carteles interactivos ofrecían información adicional y animaciones a través del *display* del dispositivo. En la sala donde se ubicaban los objetos de arte, la aplicación de realidad aumentada contenía etiquetas flotantes que aportaban datos sobre las mismas, o también se ofrecían reconstrucciones virtuales de las piezas como por ejemplo el proceso de restauración de una cerámica islámica que ayudaba a comprender los avatares que había sufrido la pieza.



FIGURA 122. LOUVRE - DNP MUSEUM LAB. UTILIZACIÓN DE UNA DE LAS GUÍAS PERSONALES BASADAS EN REALIDAD AUMENTADA PARA EXPLORAR NUEVOS ENFOQUES SOBRE LAS OBRAS DE ARTE CONTENIDAS EN ESPACIOS EXPOSITIVOS. AQUÍ LA CÁMARA DEL DISPOSITIVO IDENTIFICA LA MARCA ASOCIADA AL PANEL APARECIENDO EL CONTENIDO VIRTUAL TRIDIMENSIONAL ASOCIADO (MUSEUMLAB.EU).

Las visiones de futuro dentro de *Metaio* cuentan con la implantación de la realidad aumentada en dispositivos móviles tipo *smartphones* con fecha de 2014, poniendo de manifiesto el avance de esta tecnología y su aplicación en la vida cotidiana.

- MINDSPACE

La compañía neozelandesa *MindSpace Solutions*⁶⁴ funciona como una spin-out del *Human Interface Technology Laboratory* de Nueva Zelanda (HIT Lab NZ), fundada por Eric Woods que actualmente forma parte del laboratorio como gestor de proyectos multimedia.

La compañía tiene un objetivo centrado en crear soluciones tecnológicas destinadas a los campos de la educación y la creatividad mediante la creación de interfaces humano-máquina amigables que favorezcan el conocimiento y aprendizaje de una forma fácil y eficaz. Además, también ofrece servicios de desarrollo y consultoría para proyectos relacionados con la tecnología, contenidos multimedia, educación y negocios.

La tecnología de realidad aumentada ocupa un lugar preeminente en las soluciones ofrecidas que parten de las numerosas investigaciones y proyectos desarrollados dentro del HIT Lab y que han incurrido en el mercado a través de esta compañía.

Entre sus proyectos educativos se encuentra el *eyeMagic AR storybook*, una historia de animación 3D que ilustra las páginas de un libro mediante el uso de marcas que aparecen junto al texto.

Dentro de ámbito museístico también se encuentran algunas soluciones de carácter educativo comentadas en profundidad en los capítulos anteriores como *AR Volcano Kiosk*, una experiencia también basada en la solución del libro aumentado en el que una serie de

⁶⁴ Página web de *MindSpace Solutions* : <http://www.mindspacesolutions.com> [consultado: 20.01.2013].

modelos tridimensionales animados muestran la actividad geológica de la tierra relacionada con volcanes, fallas o terremotos. De igual forma *Virtual Solar System*, permitía manipular una serie de marcas que se correspondían con los modelos virtuales 3D de los planetas del sistema solar que debían ser alineados en su órbita correspondiente alrededor del sol.

También dentro de esta empresa tuvo lugar la gestión de proyectos relacionados con el arte, facilitando el acercamiento de la tecnología de realidad aumentada a varios artistas neozelandeses que trabajaron conjuntamente con los estudiantes del HIT Lab, con el fin de familiarizarse y poner en práctica esta tecnología. Los trabajos fruto de esta experiencia fueron presentados en la convención *Converge 05*.

En el aspecto de asesoramiento *MindSpace* ha estado relacionado con varias investigaciones que han surgido dentro del entorno universitario. Es el caso de la colaboración con el *Macmillan Brown Centre* de la Universidad de Canterbury (Christchurch, Nueva Zelanda), donde se proporcionó asistencia para el modelado y digitalización 3D de varios artefactos polinesios evidenciando sus ventajas para la preservación, la difusión, la investigación y la utilización de este patrimonio arqueo-etnológico en aplicaciones virtuales. La labor de la empresa consistió en aplicar texturas a los modelos tridimensionales obtenidos con escáner láser, utilizando fotografía de los objetos reales sobre las formas obtenidas. También se tuvo en cuenta la realidad aumentada para el

desarrollo de las mencionadas aplicaciones virtuales, ya que a través de esta tecnología era posible poder interactuar con los modelos tridimensionales.

Otra aportación de la empresa para las investigaciones de la Universidad de Canterbury tuvo lugar en un estudio de tafonomía (paleontología forense) del fósil marino de un Plesiosaurio conservado en el Museo de Canterbury. El trabajo de digitalización suponía algunos inconvenientes dado que era un fósil de grandes dimensiones (2m. x 2m.) y se encontraba fragmentado en quince partes debido a un accidente durante su transporte. La aportación de *MindSpace* consistió en integrar esas partes fragmentadas y digitalizadas previamente con escáner láser 3D, en un modelo único optimizando la geometría de visualización tridimensional y manipulación en un procesador, así como la presentación del fósil para su análisis con curvas de nivel. Además dos simulaciones de realidad aumentada con carácter didáctico fueron creadas a partir de los modelos digitalizados de partes del fósil.

Esta empresa presenta algunas aplicaciones de realidad aumentada de cara al mercado siendo una de ellas el *Binocular Digital Station*. Se trata de unos prismáticos sobre la idea tradicional de los miradores turísticos pero que cuentan con la tecnología de realidad aumentada para superponer información digital (vídeo, imágenes, audio o texto) sobre la imagen panorámica que se obtiene de los mismos. Se propone para ser instalado en sitios históricos, museos, enclaves paisajísticos o exhibiciones. Entre las nuevas posibilidades que ofrece cuenta con un sistema monedero para rentabilizar el dispositivo, además de ofrecer

una nueva experiencia a los visitantes prolongando su tiempo de visita. En 2009 fue instalado en la galería Ngā Taonga del Museo de Canterbury, dedicada a los artefactos de los maoríes primitivos, permitiendo contextualizar los objetos mediante diferentes recursos virtuales.

Imaginality es otra de las soluciones que ofrece *MindSpace* que consiste en una pack con 12 paletas que llevan unas marcas impresas que están diseñadas para instalaciones educativas sencillas provistas de una cámara web y una pantalla. Cada marca al ser colocada frente a la cámara web se corresponde con varios modelos virtuales tridimensionales que serán visionados en la pantalla. A través de estos módulos se pretende transmitir el aprendizaje de contenidos abstractos de una forma fácil para los estudiantes a través de la tecnología de realidad aumentada, como las partes del corazón humano que se conforman como un puzle virtual que se consigue uniendo las diferentes marcas, u otros módulos relacionados con las fases de la luna, los planetas del sistema solar o las estructuras moleculares.

Al igual que otras empresas o compañías, *MindSpace Solutions* surge como necesidad de dar una salida comercial y de difusión a las numerosas investigaciones que se producen dentro de los centros de investigación, en esta caso el HIT Lab de Nueva Zelanda, donde la realidad aumentada centra un amplio número de propuestas y estudios que tienen como finalidad el campo cultural y educativo.

- TOTAL IMMERSION

*Total Immersion*⁶⁵ es una empresa que está centrada en el desarrollo de aplicaciones con realidad aumentada a nivel internacional. El software patentado dentro de la misma denominado D'Fusion®, es el encargado de combinar el mundo real con el virtual de una forma realista insertando en tiempo real gráficos interactivos tridimensionales en la imagen de video del mundo real. Actualmente ejerce a nivel mundial con diferentes oficinas repartidas por todo el mundo como París, Los Ángeles, Hong Kong, Sao Paulo o México.

La empresa fue cofundada en 1998 por Valentin Lefevre, un trabajador de una compañía francesa que fabricaba simuladores de vuelo, y Bruno Uzzan que desarrollaron un simulador de entrenamiento que permitía correr en las calles de diferentes ciudades del mundo.

En 2004 fue el momento en el que tuvo lugar la primera experiencia de realidad aumentada con el software desarrollado dentro de la empresa ganando el premio «Demogod» en el congreso tecnológico *DEMO* en la edición de ese mismo año.

A partir de ese momento la expansión y difusión de *Total Immersion* ha ido incrementándose hasta convertirse en uno de los referentes a nivel mundial trabajando con conocidas marcas. Actualmente la visión de futuro de la empresa está enfocada a las

⁶⁵ Página web de la empresa *Total Immersion*: <http://www.t-immersion.com/> [consultado: 19.01.2013].

aplicaciones de realidad aumentada para dispositivos portátiles que comienzan a tener una gran importancia en estos momentos.

En su trayectoria encontramos algunas relaciones con el ámbito cultural especialmente para el desarrollo de instalaciones con un componente didáctico.

Uno de los casos está en relación con el socio alemán *Aurea*, una empresa dedicada al márketing y al denominado *edutainment*, que trabaja junto a la marca mundial en el desarrollo de aplicaciones de realidad aumentada. Ambos desarrollaron un prototipo de quiosco en el *Gulf Coast Exploreum Science Center* (Mobile, Alabama), compuesto por una pantalla y una cámara para llevar a cabo una experiencia con marcas que tenía como contenido la exploración del corazón humano. El componente pedagógico destinado al público más joven permitía manipular las marcas por los visitantes que se veían en la pantalla con el modelo tridimensional. Una serie de etiquetas emergente ofrecía textos que explicaban las partes y funcionamiento del corazón, así como fotografías reales que lo complementaban.

En 2011 colaboró junto a dos organizaciones medioambientales, *Montrose Settlements Restoration Program* y *Pavement LA*, en el desarrollo de un quiosco para el *SEA Lab* en *Redondo Beach* (Los Ángeles, California), donde a través de la realidad aumentada se pretendía concienciar al público más joven sobre la contaminación y sus efectos en el medioambiente, flora y fauna.

La instalación estaba compuesta por una pantalla y una cámara que captaba la imagen real de los visitantes portando unas tarjetas que eran reflejados en la pantalla con el contenido virtual asociado. En este caso se pretendía concienciar sobre la contaminación costera a causa de los vertidos y la consecuente desaparición de especies que habitan en este ecosistema como aves marinas nativas o peces que se encuentran en peligro. Los visitantes podían interactuar con el modelo virtual de estas especies al mismo tiempo que aparecían etiquetas digitales con información textual. La experiencia finalizaba con un vídeo de corta duración que ilustraba los contenidos virtuales.

- YDREAMS

*YDreams*⁶⁶ es una empresa de creación portuguesa que tiene su principal sede en Caparica cercana a la ciudad de Lisboa, pero que actualmente cuenta con oficinas en Barcelona (España) y Río de Janeiro (Brasil). Esta surgió como una iniciativa por parte de algunos trabajadores de GASA, un laboratorio de Investigación de la Facultad de Ciencia y Tecnología de la Universidade Nova de Lisboa, que en el año 2000 fundarían *Ideias Interactivas*, que posteriormente pasaría a llamarse *YDreams*. A finales de 2004, se inauguró *YDreams Med* en el barrio barcelonés de El Born, que sería la primera filial de la

⁶⁶ Página web de *YDreams*: <http://www.ydreams.com> y canal de la empresa en *Youtube*: <http://www.youtube.com/user/yardreams> donde se pueden encontrar las aplicaciones y productos basados en realidad aumentada [consultado: 15.01.2013].

empresa en España y que pretendía expandirse por el mercado mediterráneo y latinoamericano.

YDreams se caracteriza por crear soluciones interactivas en las que la interfaz persona-computador no esté mediatizada por ningún tipo de hardware, sino que esté basada en el denominado *Reality Computing*, que consiste en integrar el medio digital en el mundo real a través de sistemas de sensores capaces de detectar al usuario e interactuar con él. Esta nueva concepción ofrece sistemas novedosos de comunicación y acceso a la información, y es aquí donde se enmarca la tecnología de realidad aumentada, sobre la cual se han desarrollado varios proyectos erigiéndose como una de las principales apuestas de la empresa. Además, desde 2009, *YDreams* pertenece a *The AR Consortium*, que representa a un grupo de ocho empresas pioneras a nivel internacional que apuestan por la tecnología de realidad aumentada en el desarrollo y creación tecnológica, así como sus herramientas, aplicaciones, soluciones y contenidos.

Fruto del trabajo que se realiza dentro de *YDreams*, fueron galardonados con el premio *Auggie Award* en el contexto del ARE 2010, la primera conferencia internacional dedicada a los avances en el sector y que fue organizado por un grupo de empresas líderes en la industria de esta tecnología.

La presencia de *YDreams* en España desde la creación de la filial barcelonesa ha sido patente en varios eventos como la Feria del Turismo de Madrid, en la que *YDreams Med* fue la responsable de los contenidos interactivos y tecnológicos del stand de Turismo de

Madrid, recibiendo el premio al Mejor Stand de las Comunidades Autónomas. En éste se mostraron varios recursos como una instalación de realidad aumentada en la que los visitantes se veían reflejados en una gran pantalla donde aparecían viñetas de cómic virtuales saliendo de sus cabezas con frases divertidas y ocurrentes referentes al turismo de Madrid; o la presentación de ocho Libros Mágicos con los que los asistentes podían interactuar.

El Centro de Visitantes «El Faro», de la Ciudad Grupo Santander en Bobadilla del Monte (Madrid), fue hasta la fecha de su inauguración, en febrero de 2010, el proyecto de mayor envergadura realizado por *YDreams*, donde se ofrecía una solución global en la que participaban las tecnologías de vanguardia para presentar la historia del grupo financiero y su presencia internacional. Aquí encontramos desde robots-guía, a pantallas táctiles multimedia y aplicaciones de realidad aumentada que fueron desarrolladas en uno de los capítulos previos.



FIGURA 123. INTERIOR DEL CENTRO DE VISITANTES «EL FARO» CON ESTRUCTURA DE CRISTAL Y LAS COLUMNAS CON PANELES DE LEDs. SOBRE EL SUELO LOS ROBOTS-GUÍA, DE LOS QUE SE MUESTRA UN PRIMER PLANO, PRINCIPAL ATRACCIÓN DEL RECINTO. ©YDREAMS.

Junto a este, el Centro de Interpretación de la Tecnología - BTEK de Bizcaia, representó otro paradigma de los proyectos realizados en España. El diseño de todas las aplicaciones interactivas, estuvo basado en novedosas soluciones como tecnología 3D, realidad aumentada, procesamiento de imágenes y reconocimiento gestual, a través de interfaces intuitivas y lúdicas, pero que pretendían transmitir los conocimientos científico-tecnológicos más punteros que se desarrollan en el Parque de la Tecnología de Bizcaia.

Por otra parte, a lo largo de la trayectoria de *YDreams* se han desarrollado algunos productos basados en la tecnología de realidad aumentada como son los *Virtual Sightseeing*. Se trata de unos observatorios con apariencia similar a un mirador turístico, aunque en estos es posible añadir información virtual sobre los puntos de interés que se divisan con el visor. Este proyecto que utiliza la tecnología con un fin turístico y cultural, permite obtener información adicional en varios formatos multimedia como texto, vídeo fotografías, etc. *Virtual Sightseeing* ha sido instalado ya en varios enclaves como el Centro de Interpretación Medioambiental de Ponta do Sal (Lisboa) y el mirador del Panteón Nacional de Lisboa.

En 2009, se creó *YVisión*, una plataforma de programación para crear fácilmente aplicaciones multimedia interactivas mediante la integración de diversas herramientas tecnológicas, una demo denominada *Playing in an Augmented World* (Jugando con el mundo aumentado). Ésta muestra la relación de usuarios con objetos virtuales 3D en un entorno físico real, recibiendo una mención de honor en el Show Off del concurso MIX09 de Microsoft que pretende incentivar la labor de los programadores dentro del sector.

Otros trabajos de realidad aumentada han sido la aplicación de visualización *Flyar* para la red social *Twitter*, que permite verse a los usuarios en la pantalla del ordenador rodeados de animaciones virtuales como pájaros revoloteando a su alrededor o que vuelan hacia ellos para entregarles los *tweets* entrantes. Además, pueden interactuar con los contenidos

virtuales mediante el movimiento corporal, o mediante sonido, pues es posible llamar a uno de los pájaros para entregarles un mensaje o hacer caer hojas de los árboles.

También desarrolló una experiencia de realidad aumentada en el contexto de los trabajos de restauración del Cristo Redentor de Brasil, denominada *Para Sempre Cristo Redentor* para promover las actuaciones realizadas en el monumento. Consistía en una marca que podía imprimirse desde el ordenador personal de cada usuario y una aplicación web. Cuando la marca se mostraba delante de la webcam aparecía un modelo virtual tridimensional del Cristo Redentor con varios puntos de interés señalados que al hacer click sobre ellos, aparecía una etiqueta con información detallada sobre cada uno.

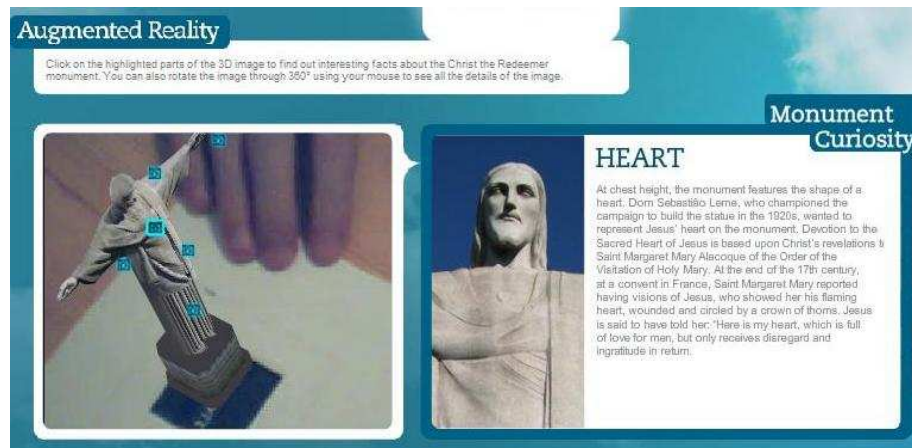


FIGURA 124. APLICACIÓN WEB DE REALIDAD AUMENTADA SOBRE EL CRISTO REDENTOR DE RÍO DE JANEIRO, EN LA QUE EL USUARIO IMPRIME Y COLOCA DELANTE DE SU WEBCAM UN MARCADOR QUE LA APLICACIÓN RECONOCE Y PRESENTA EL MODELO VIRTUAL DEL MONUMENTO. ÉSTE CONTIENE UNA SERIE DE PUNTOS DE INTERÉS QUE AL PULSAR SOBRE ELLOS APARECE INFORMACIÓN ADICIONAL QUE DESCRIBE LA OBRA. CAPTURA TOMADA POR EL AUTOR.

Actualmente, la plataforma de realidad aumentada de *YDreams* ofrece planteamientos innovadores que superan algunas de las experiencias realizadas hasta la fecha con esta tecnología. Así, se ha diseñado un sistema con cámaras de detección por profundidad que permite determinar la posición en 3D de los usuarios y los objetos del entorno real, en relación a los gráficos virtuales generados por ordenador en tiempo real. Esto presenta una gran ventaja como la de eliminar la utilización de marcadores en la interfaz persona-ordenador, ya que los objetos virtuales añadidos a la imagen de vídeo, reaccionan ante los

movimientos y posición del usuario como si se tratara de objetos tangibles. Además, este sistema no se muestra sensible a los cambios de luz, movimientos de cámara, o fondos “ruidosos”, inconvenientes que se presentaban en la conocida aplicación de realidad aumentada mediante el uso de marcadores.

Este paso, realizado por la empresa *YDreams*, abre nuevas e interesantes posibilidades que ayudarán a explorar el potencial que la tecnología de realidad aumentada tiene dentro de aplicaciones cotidianas para nuestra sociedad.

- ARPA-SOLUTIONS

Ubicada en el Parque Tecnológico de Andalucía (Málaga), se encuentra una de las empresas pioneras a nivel nacional en la implantación de la tecnología de realidad aumentada en el campo del patrimonio cultural con varios ejemplos que demuestran su capacidad de llevar los nuevos avances tecnológicos a escenarios reales.

La empresa *Arpa-Solutions*⁶⁷ fue fundada por tres socios titulados en Ingeniería de Telecomunicación que en 2005 se presentaron al *Concurso Spin-off de la Universidad de Málaga* en el que recibieron uno de los premios otorgado por la Confederación de

⁶⁷ Página Web de *Arpa-Solutions*: <http://www.arpa-solutions.net/> y canal de *Youtube* <http://www.youtube.com/user/arpasolutions> [consultado: 09.02.2013].

Empresarios, comenzando su andadura dentro de las oficinas de la Universidad de Málaga en el Parque Tecnológico de Andalucía.

Desde ese momento han sido galardonados con varios premios y menciones por parte de diferentes instituciones y organismos como el *IV Premio Joven Emprendedor de la provincia de Málaga*, finalista del *Premio Junior de Empresas* (2006), que organiza el Instituto Municipal para la Formación y Empleo de Málaga (IMFE), el primer premio del *V Concurso de Emprendedores Universitarios* (2008), promovido por Grupo Joly, la Escuela de Negocios EOI y la Agencia de Innovación y Desarrollo de Andalucía (IDEA), el *Premio Andalucía Sociedad de la Información* (ASI) (2008), por su labor en el desarrollo de la sociedad de la información y conocimiento de Andalucía, finalistas de los *Premios Open Mind Awards* (2008) otorgados por la Consejería de Innovación, Ciencia y Empresa de la Junta de Andalucía, y ganadores del *I Premio Joven Empresa Innovadora Universitaria Spin-off* (2009) de la Fundación Zaragoza Ciudad del Conocimiento, y el *Premio Mejor Empresa Junior 2011* por el Colegio Ingenieros Telecomunicaciones, entre otros.

La presencia de aplicaciones creadas por *Arpa-Solutions* en diferentes ferias ha puesto de manifiesto la relación y compromiso que existe entre la empresa malagueña y la difusión del patrimonio histórico andaluz.

La empresa se centra en unos pilares de actuación fundamentales que son la publicidad y el marketing, los museos y centros de interpretación, la educación y la fabricación industrial, centrándose en la mejora de interfaces hombre-máquina mediante la creación de un

hardware y un software especializado. Dentro de éstos encontramos las aplicaciones basadas en marcas y el «libro aumentado», ya introducidos en el mercado, el diseño de interiores mediante la combinación de mobiliario virtual tridimensional a escala 1:1, y el desarrollo del producto *ARViewer*[®], un mirador virtual basado en la tecnología de realidad aumentada que pretende ser una herramienta de visualización *in situ*, enfocada a la reconstrucción patrimonial y de contextos arqueológicos entre otros fines.

La plataforma *DARAM*[®], el software para realidad aumentada creado por *Arpa-Solutions*, ha tenido varias aplicaciones en el campo cultural, dentro del ámbito nacional e internacional. La plataforma, que se basa en el funcionamiento de la tecnología de realidad aumentada, permite incluir información virtual en tres dimensiones en escenarios reales. Este software tiene varias aplicaciones como son la utilización de marcadores que representan objetos virtuales en 3D, o también el reconocimiento facial en tiempo real y de forma automática que posibilita incluir los gráficos virtuales en la escena real sin la intervención de ningún tipo de marcador u otro elemento físico, obteniendo una interfaz mucho más natural e intuitiva.

En la Feria Internacional del Turismo 2006 (FITUR '06), presentaron la aplicación basada en realidad aumentada denominada «Libro de Monumentos Andaluces», realizado por encargo para la empresa Turismo Andaluz. La innovación y atractivo del proyecto hizo que alcanzara una gran acogida y llevara a futuras colaboraciones fuera de las fronteras españolas, repitiendo la misma aplicación con el stand de México para FITUR 2007. En

ambas ocasiones se presentó un libro que contenía diferentes marcas, que al ser mostradas delante de una cámara, se veían reflejados en una pantalla, y sobre las páginas del libro, cada uno de los monumentos mediante una reproducción virtual tridimensional que permitía observarlos como si fueran maquetas reales de los mismos, manipulando la posición y orientación de las marcas contenidas en el libro. En el caso de FITUR '06, se mostraban modelos virtuales de las catedrales de Málaga, Cádiz, Sevilla, o el Monumento a Colón de Huelva, entre otros.

También el stand de Málaga para FITUR '07, mostraba una aplicación desarrollada por *Arpa-Solutions*. En este caso partía de la metáfora del libro aumentado aunque aquí consistía en una bandeja circular con una marca impresa que se mostraba a la cámara apareciendo el monumento malagueño tridimensional correspondiente. Además, una serie de etiquetas situadas en la base del mismo, contenían información textual de tipo descriptivo. Este cambio permitía manejar el modelo virtual con mayor facilidad, observándolo desde varias perspectivas, y también ofrecía contenidos relacionados con el modelo aumentado que representaba.

Este mismo recurso será el que se emplee en las aplicaciones museográficas basadas en realidad aumentada desarrolladas por *Arpa-Solutions*, debido a que presenta, como mencionábamos anteriormente, una interfaz natural e intuitiva para su utilización en este tipo de entornos, además de mostrar unos contenidos de forma atractiva y didáctica. Su puesta en práctica fue posible en dos casos andaluces, más concretamente, el Museo de la

Autonomía de Andalucía (Coria del Río, Sevilla), y el Centro de Interpretación de la Orden Militar de Calatrava en Alcaudete (Jaén), ambos ejemplos desarrollados en los capítulos anteriores.

Por otra parte, en el año 2010, con motivo de la Exposición Universal de Shanghai (China), *Arpa-Solutions* estuvo presente en el Pabellón de España durante la celebración de la semana de Andalucía que tuvo lugar del 26 de julio al 1 de agosto, con varias instalaciones interactivas punteras e innovadoras a nivel mundial, basadas en la tecnología de realidad aumentada. Se trataba de dos puestos que bajo la denominación «Andalucía en tus manos», presentaban una serie de tarjetas con imágenes promocionales de Andalucía, a través de las cuales era posible ver unas maquetas virtuales de los monumentos más representativos de la región, o un vídeo promocional de los atractivos turísticos. Esto era posible gracias a una cámara que al capturar la imagen de la tarjeta correspondiente, aparecía en una pantalla el modelo virtual asociado y que el visitante podía manipular mediante la tarjeta, o en el caso del vídeo promocional, se reproducía instantáneamente al mostrar la tarjeta a la cámara. Otro de los puestos, «Andalucía te sienta bien», consistía en una innovadora aplicación basada en el reconocimiento facial desarrollada dentro de la plataforma software DARAM®. Aquí se pretendía acercar a los visitantes a la cultura y folclore andaluces mediante una experiencia en la que el usuario podía verse reflejado en

una pantalla luciendo un sombrero cordobés o una peinetita, pudiéndose ver convertidos en andaluces⁶⁸.



FIGURA 125. EXPOSICIÓN UNIVERSAL DE SHANGHAI 2010 (SHANGHAI, CHINA). DETALLE DE LA APLICACIÓN «ANDALUSIA FITS YOU WELL». PABELLÓN DE ESPAÑA. ©ARPA-SOLUTIONS.

⁶⁸ A pesar del uso de las nuevas nuevas tecnologías en eventos de gran relevancia en nuestra sociedad, siguen manteniéndose los estereotipos propios de una imagen tradicional y adulterada que continúa transmitiéndose fuera de nuestras fronteras.

Recientemente, también presentaron un producto basado en la tecnología de realidad aumentada denominado *ARViewer*[®]. Se trata de una pantalla táctil de grandes dimensiones con cámara incorporada que actúa como un mirador turístico superponiendo información virtual sobre la panorámica del visor. Éste tiene su aplicación práctica en enclaves paisajísticos y yacimientos arqueológicos, y permite acceder a información adicional sobre la imagen real/actual de los mismos.



FIGURA 126. *ARVIEWER*[®]. INSTALACIÓN EN EL MIRADOR DE LA ERMITA DE LA VIRGEN DE LA PEÑA (MIJAS, MÁLAGA). MODO ACTIVO: VISUALIZACIÓN AUMENTADA 2D. ©ARPA-SOLUTIONS.

Actualmente, la empresa malagueña representa un ejemplo pionero en la implantación de la tecnología de realidad aumentada, a través de propuestas novedosas y prácticas, que han permitido que muchos de sus proyectos hayan sido materializados en escenarios reales. Es el caso de los museos y centros de interpretación, para los que han desarrollado aplicaciones basadas en esta tecnología.

- GRUPO GIGA

A principios de los noventa comenzaron dentro del Departamento de Informática Gráfica de la Universidad de Zaragoza, las primeras actividades del Grupo de Informática Gráfica Avanzada (GIGA)⁶⁹, a cargo de su coordinador Francisco José Serón. Sus primeras actividades estaban dedicadas a los gráficos computacionales tradicionales, modulación geométrica, rendering y animación. Sin embargo, sus líneas de investigación se han ido expandiendo por otras áreas centradas en la simulación luminosa y la visualización biomédica. Dentro de éstas encontramos los trabajos relacionados con la realidad virtual y aumentada y la realidad mixta para los que se dispone de un laboratorio de investigación situado en el Centro Europeo de Empresas de Innovación de la Diputación General de Aragón.

⁶⁹ Página Web del Grupo GIGA: <http://giga.cps.unizar.es/> [consultado: 11.11.2012]

Los estudios y proyectos realizados dentro de GIGA, han estado al servicio de empresas e instituciones públicas como el Gobierno Español o la Comunidad de Aragón que han subvencionado los mismos, siendo registrado como Grupo Emergente de Investigación por el Gobierno de Aragón. También colabora con el Instituto Tecnológico de Aragón.

La investigación en realidad virtual y aumentada está centrada en diseñar y generar una iluminación realista entre entornos virtuales y reales, para la consecución de aplicaciones de realidad mixta. Esta línea resulta de gran importancia para el desarrollo de experiencias de realidad aumentada en las que se combina el mundo real con unos gráficos generados por ordenador constituyendo una imagen aumentada del entorno que nos rodea. Los trabajos en iluminación proporcionan un gran nivel de realismo a los gráficos virtuales que se añaden a escenarios reales. Según GIGA «ofrece a los usuarios la posibilidad de observar de una manera natural los resultados de las simulaciones ya que la visión domina nuestra percepción sensorial» (web del grupo GIGA).

Algunos de los trabajos relacionados con el patrimonio cultural han sido desarrollados dentro del grupo, ofreciendo experiencias interesantes en las que las nuevas tecnologías actúan como una potente herramienta para mostrar aquellos elementos de nuestro pasado que ya han desaparecido parcial o totalmente.

Uno de ellos fue la reconstrucción virtual del barrio musulmán de Sinhaya, que data de los siglos X al XII. Se trata de un antiguo arrabal de Zaragoza que apareció tras las actividades de excavación realizadas en 2001 bajo el Paseo de la Independencia de la ciudad para

construir un parking subterráneo. Tras el hallazgo se procedió a documentar exhaustivamente la morfología de todo el barrio, por un grupo de arqueólogos e historiadores que proporcionaron toda la documentación necesaria para el trabajo en GIGA. Así, a partir del modelado fotogramétrico de las partes existentes se continuó por el diseño de la reconstrucción virtual. Éste fue un modelo en 3D del barrio y el interior de algunas viviendas en el que primaron algunos elementos basados en la visualización. Aquí se aplicaron virtualmente varios recursos de iluminación, y se incluyeron en las escenas imágenes de actores reales caracterizados como los personajes de la épica, que ofrecían una imagen fotorrealística de mayor entidad (Gutiérrez et al., 2004).



.....
FIGURA 127. RECONSTRUCCIÓN VIRTUAL TRIDIMENSIONAL DEL YACIMIENTO DEL ARRABAL MUSULMÁN DE ZARAGOZA EN EL QUE EL GRUPO GIGA REALIZÓ LOS TRABAJOS FOTORREALÍSTICOS QUE TENÍAN QUE VER CON LA SIMULACIÓN LUMÍNICA Y LA INTRODUCCIÓN DE PERSONAJES REALES. FOTO: GIGA.

La importancia otorgada a una iluminación realista dentro de recreaciones virtuales ha sido objeto de otros estudios que ha tenido como escenario el Templo de Kalabsha en Egipto, en el que se dotó a los escenarios virtuales de una simulación lumínica que se correspondía

con la que tuvieron en el pasado y basado en los estudios que ofrecían esas imágenes en el tiempo (Gutiérrez et al., 2008).

También intervinieron en la exposición *La Seo, espacio real* realizada en Zaragoza, en la que se mostraba la imagen del edificio a través de los vestigios anteriores durante sus diferentes épocas. A través del recorrido, varios visores estereoscópicos mostraban en imágenes tridimensionales los edificios que habían ocupado anteriormente el lugar de la Seo actual: el templo romano, la portada y el ábside románicos, el claustro gótico y la mezquita árabe.

La realidad aumentada también ha sido una de las tecnologías utilizadas dentro del proyecto de reconstrucción virtual del patrimonio románico en Aragón que se centra en las ciudades de Bómbilis y Labitolosa. El proyecto, subvencionado por el Gobierno de Aragón, es una acción conjunta entre los grupos GIGA y URBS, especializado en la investigación en el campo de la arqueología, de la Universidad de Zaragoza. Dentro de éste surgió un audiovisual que se denominó *Arqueología Virtual*⁷⁰, que se presentó en la XXVI Bienal de Cine Científico de Ronda, siendo uno de los finalistas. Este trabajo partía de la idea «no es lo mismo imaginar que ver», y pretendía una labor pedagógica en la que se mostraba a los estudiantes de secundaria la importancia y valor del teatro romano que se encuentra en el yacimiento de Bómbilis. Su creación se realizó a través de los trabajos que durante varios años se llevan realizando por arqueólogos e historiadores que facilitaron toda la

⁷⁰ Este audiovisual puede verse a través del canal de *Youtube* del Museo de Calatayud en: <http://www.youtube.com/watch?v=oKgvOzcXONk> [consultado: 19.12.2012].

documentación y asesoramiento a los responsables del modelado digital que fueron los encargados de realizar la reconstrucción tridimensional de los restos y ofrecer la imagen del conjunto como si volviera a la vida. También se planteó dentro de este proyecto, y basándose en la tecnología de realidad aumentada, la posibilidad de ofrecer a los alumnos visitas al yacimiento in situ y que mediante un PDA o una pantalla de ordenador, se mostraría sobre los restos existentes su reconstrucción virtual ofreciendo una imagen aumentada basada en los estudios arqueológicos previos y el diseño del modelo virtual realizado por el grupo GIGA (Morales, 2010).

Así, la recreación de entornos aumentados propuesta por el grupo GIGA, cumple una función de enseñanza y desarrollo, en el cual el rigor y solidez de los gráficos virtuales es una de las premisas principales que se deben plantear en este tipo de proyectos con la intención de comprender y obtener información a partir de los mismos.



FIGURA 128. IMAGEN VIRTUAL DEL TEATRO ROMANO DE BÍLBILIS COMO RESULTADO DE LAS INVESTIGACIONES ARQUEOLÓGICAS REALIZADAS EN EL YACIMIENTO POR EL GRUPO URBS Y EL MODELADO TRIDIMENSIONAL A CARGO DEL GRUPO GIGA QUE IMPLEMENTÓ ESTOS GRÁFICOS EN UNA EXPERIENCIA DE REALIDAD AUMENTADA MÓVIL (MORALES, 2010).

- FUTURELAB

El laboratorio de aplicaciones futuras o FutureLab fue un grupo de investigación perteneciente a la Universidad Politécnica de Valencia cuya coordinación corrió a cargo del profesor Javier Jaén, desde donde se desarrollaron varias aplicaciones con realidad aumentada dentro del campo patrimonial, aunque los estudios con esta tecnología también abarcaron otras áreas como la medicina. Así, se pretendió que esta tecnología fuese útil para pacientes con daños cerebrales que sufren pérdidas cognitivas u otro tipo de

daños como por ejemplo la imposibilidad de vocalizar aquello que leen. La aplicación consistía en utilizar un dispositivo móvil personal como un PDA o un teléfono móvil y enfocar con la cámara a un objeto determinado del domicilio particular que llevaría colocado un marcador determinado. La aplicación sería capaz de detectar el marcador asociado al objeto y generar a través de la pantalla una etiqueta emergente con el nombre, escuchar cómo se pronuncia el objeto en otros idiomas, o ver otros objetos tridimensionales asociados al mismo. Este sistema ayudaría a los pacientes a realizar tareas para recuperar sus capacidades cognitivas desde su propio domicilio.

Otra aplicación, relacionada con el patrimonio cultural, fue la de implementar una aplicación de realidad aumentada en un dispositivo portátil provisto de una cámara, pantalla y un sistema operativo capaz de realizar las tareas computacionales necesarias. El desarrollo de un software por parte de FutureLab permitió realizar un prototipo por el cual enfocando con la cámara un determinado marcador, aparecía en la pantalla un modelo virtual tridimensional de un monumento que permitía recorrerlo desde varios ángulos a través del dispositivo. Así, esta experiencia tuvo lugar con obras como la Dama Ibérica de Valdés y el Edificio Veles e Vents y, fuera de Valencia, la Puerta de Alcalá de Madrid, o el Coliseo de Roma, mostrando las posibilidades que ofrecen dentro del área del patrimonio cultural. También se pretendía que este prototipo tuviera lugar dentro de entornos museísticos que permitía reconstruir piezas que se habían conservado en estado

fragmentario, como el caso de una vasija de barro, que permitiría observar la pieza completa virtualmente en el contexto real de la misma (UPV, 2008).

La iniciativa por parte de FutureLab de implementar aplicaciones de realidad aumentada a dispositivos móviles que se encuentran fácilmente en el mercado y que forman parte de nuestra vida cotidiana, mostraba ya las posibilidades futuras que la realidad aumentada tendría dentro de este campo, permitiendo obtener modelos virtuales que aumentan la información de una obra artística que estemos observando.

- VIRTUALWARE GROUP

Este grupo empresarial dedicado a desarrollar contenidos digitales interactivos multiplataforma basados en el uso de las nuevas tecnologías multimedia, y especialmente la realidad virtual, nació en 2004 en Bilbao a partir de tres socios fundadores. Desde entonces, *Virtualware Group*⁷¹ ha desempeñado una labor importante en la elaboración de aplicaciones basadas en esta tecnología, mediante el diseño de entornos virtuales combinados con sistemas y dispositivos de interacción que proporcionan al usuario una sensación de inmersión completa. Además, el desarrollo de las Tecnologías de la Información y comunicación (TICs) en los últimos años, ha dado cabida a la elaboración de trabajos que abarcan otras tecnologías como aplicaciones interactivas en 2D y 3D, *serious*

⁷¹ Página web de Virtualware: <http://www.virtualware.es/es/> y canal de Youtube: <http://www.youtube.com/user/virtualware2007> con los proyectos realizados por la empresa [consultado: 19.01.2013].

games, simuladores, videos panorámicos 360° o realidad aumentada, que se suman a las soluciones ofrecidas por *Virtualware Group*.

Actualmente este grupo empresarial se encuentra asociada desde 2010 a *Innodevices* que diseña y fabrica dispositivos y medios audiovisuales que a su vez es propietaria de *Activa Media Systems* que está dedicada a la distribución y fabricación de dispositivos táctiles.

Hasta la fecha ha realizado una gran cantidad de proyectos, con soluciones que abarcan varios sectores entre los que se incluyen Urbanismo y Construcción, Publicidad y Marketing, Turismo, Salud, Psicología, y Educación, como respuesta a la gran demanda que existe hacia herramientas innovadoras basadas en tecnologías interactivas.

Dentro del campo del patrimonio cultural también se han materializado varias experiencias que han mostrado las ventajas de la utilización de las nuevas tecnologías para diferentes fines. En 2008, *Virtualware* presentó en las II Jornadas sobre Realidad Virtual y Entornos Virtuales (JOVEVIR), la reproducción virtual de la Cueva de Santimamiñe, en la comarca vizcaína de Urdaibai. Su cierre en 1997, por síntomas graves de deterioro afectó al desarrollo sostenible de la zona. Sin embargo, la realización del modelo virtual a través de técnicas de escaneado láser 3D y fotografías digitales de precisión, que obtienen un gran nivel de detalle y fidelidad, dio como resultado que se instalara en las cercanías, en la ermita de San Mamés, una aplicación virtual que permitía visitar la cueva con un alto grado

de realismo e inmersión⁷². Aquí se habilitó una pantalla de 360º y mediante unas gafas de 3D, se podían recorrer los 350 metros de la cueva original repartido en diez salas.



.....
FIGURA 129. MODELADO VIRTUAL CON TEXTURAS DE UNA GRUTA DE LA CUEVA DE SANTIMAMIÑE QUE SE UTILIZA EN LA APLICACIÓN DE LA CUEVA VIRTUAL, DONDE PUEDE APRECIARSE EL REALISMO Y FIDELIDAD AL ORIGINAL. FOTO: *WIRTUALWARE GROUP*.

⁷² La revista electrónica de patrimonio histórico, e-rph, ofrece un completo artículo en su nº 3 (diciembre de 2008) del proceso de trabajo realizado para la obtención del modelo virtual 3D de la cueva de Santimamiñe. En: <http://www.revistadepatrimonio.es/revistas/numero3/difusion/experiencias/articulo3.php> [consultado: 11.12.2012].

El éxito y difusión obtenidos en la experiencia de Santimamiñe, hizo que se realizaran otras reconstrucciones de entornos patrimoniales como la cueva virtual de Ardales en el Centro de Interpretación de la Prehistoria de Guadalteba (Málaga), con la visita virtual a la denominada galería del Calvario. Otro de los trabajos de reconstrucción virtual relacionados en este caso con el patrimonio arqueológico, fue la digitalización 3D del yacimiento de Maspalomas para el Servicio de Patrimonio Histórico y Cultural del Cabildo de Gran Canaria. Se trata de un yacimiento que contiene un centenar de sepulturas pertenecientes a una necrópolis, que mediante su reconstrucción virtual facilita las tareas de estudio y medición, y resulta de gran interés de cara a la musealización del yacimiento ya que fue desmantelado debido a las obras de construcción de una autopista. Actualmente se han presentado algunas propuestas con realidad aumentada sobre este yacimiento, presentándose en algunas jornadas con fines de promoción cultural y patrimonial.

Por otra parte, la colaboración de *Virtualware* con espacios expositivos, pone de manifiesto la estrecha relación que existe actualmente entre las nuevas tecnologías y la difusión cultural. Así, el Centro de Interpretación Turística de Guadalajara (CITUG), instalado en el castillo de Torija, contiene una aplicación interactiva en la que el visitante puede acceder al castillo tridimensional para conocer los elementos turísticos de interés de Guadalajara y confeccionar su propio itinerario mediante contenidos multimedia. Además también cuenta con cuatro puestos táctiles interactivos que informan sobre los contenidos que

pueden encontrarse en cada planta del edificio, relacionados con la riqueza natural y cultural de la provincia. En el centro de interpretación BTEK, ya comentado en el capítulo dedicado a los espacios expositivos, se desarrolló una recreación virtual del Parque tecnológico de Zamudio, lugar en el que se encuentra. Se trata de una instalación con un tótem táctil, que mediante la interacción de los visitantes, muestra los proyectos tecnológicos que se están realizando en cada edificio del Parque.

El Museo de la Evolución Humana de Burgos cuenta también en sus instalaciones con un sistema multimedia desarrollado por la empresa *Virtualware* que consiste en un módulo interactivo provisto de un láser que actúa como un puntero sobre el corte vertical de un yacimiento arqueológico en el que pueden verse diferentes estratigrafías con materiales y sedimentos acumulados. La aplicación permite a los visitantes explorarlos mediante un mando que dirige el puntero láser y obtener información detallada que se muestra en la pantalla del módulo sobre diferentes aspectos como puede ser la palinología o estudio de los pólenes.

En julio de 2012 tuvo lugar la inauguración de una instalación multimedia en la cueva del Compressor del yacimiento de Atapuerca (Burgos, España) que presenta una visión estereoscópica donde los visitantes pueden asistir a un viaje virtual en el tiempo. «La Cueva del Tiempo», un proyecto pionero en Europa, contiene animaciones en 3D que muestran diferentes aspectos del yacimiento a través de sus cuatro etapas de evolución que se corresponden con las especies de homínidos que lo habitaron (*Homo antecessor*, *Homo*

heidelbergensis, *Homo neanderthalensis* y *Homo sapiens*) y sus formas de vida. Este recurso que centra la parte final de la visita a este espacio ilustrando las explicaciones del guía que acompaña a los visitantes a lo largo del recorrido, puede ser configurado para un periodo u otro en función del tipo de público que realice la visita. Además los contenidos de la instalación se encuentran diseñados en cuatro idiomas diferentes de forma que puede hacerse más accesible a varios tipos de público.

Como hemos mencionado anteriormente, la empresa *Virtualware* a lo largo de su trayectoria se ha ido diversificando en otras tecnologías interactivas como es el caso de la realidad aumentada. Al igual que con los proyectos basados en la recreación de entornos virtuales, las aplicaciones de esta nueva tecnología han abarcado varios sectores. En el Salón del Comic y Manga de Getxo (2009), se instaló una experiencia interactiva en la carpa dedicada al área del comic. Aquí, los visitantes se veían reflejados, a través de una cámara, en una gran pantalla en la que observaba una imagen aumentada, que combinaba el entorno real en el que se encontraban con unos gráficos generados por ordenador, que consistían en una armadura de caballero. El visitante se colocaba unos adhesivos en la mano y en el pecho que contenían unas marcas impresas, que al ser reconocidas por el sistema a través de la imagen de vídeo, generaba el objeto virtual asociado a cada uno de las marcas, que eran una armadura y una espada que el usuario podía mover como si se tratara de un objeto real.

En el contexto del II Forum Internacional de las Industrias Creativas celebrado en el Museo Marítimo de Bilbao (2010), se presentó una aplicación de realidad aumentada que seguía el sistema de reconocimiento de marcas. Aquí, se colocaban unas tarjetas con marcas impresas delante de la pantalla para que una cámara web capturara el escenario real con la marca. El sistema se encargaba de presentar en la pantalla al visitante que portaba la tarjeta con un objeto virtual que se correspondía con una "ruleta" de vídeos que girando la marca, se podían elegir los vídeos que se deseaban ver accediendo a un visionado más amplio del mismo. Se trataba de vídeos promocionales de los trabajos realizados dentro de *Virtualware* como el encierro virtual de San Fermín, la cueva virtual de Santimamiñe, etc.

Referente al campo de la Educación, dentro del programa *Eskola 2.0*, se ha trabajado en la aplicación «Big-Bang 2.0», que presenta el material educativo digital para el desarrollo de los conocimientos relacionados con la asignatura de Conocimiento del Medio Natural, Social y Cultural, que se corresponde con el Tercer Ciclo de Educación Primaria. Aquí, se utilizan varios recursos digitales para el aprendizaje de los contenidos y el desarrollo de las competencias educativas mediante ordenadores, portátiles o pizarras virtuales que se combinan con los métodos tradicionales de enseñanza. La realidad aumentada se emplea aquí con ese carácter didáctico de aprender interactuando con el ordenador, mediante aplicaciones basadas en el uso de marcadores que a través de la webcam del ordenador pueden observar modelos tridimensionales referentes a contenidos que complementan los recursos del aula.

También relacionado con la aplicación de esta tecnología al patrimonio turístico y cultural, *Virtualware*, junto a *Innodevices*, diseñaron un producto denominado como *InnoViewpoint*, basado en los miradores turísticos virtuales que actualmente tienen una segunda versión como *Innoview 2.0* con la participación de la marca *Active Media Systems*. Su funcionamiento mediante la tecnología de realidad aumentada consiste en la aparición de puntos de interés sobre una visión panorámica, que contienen información multimedia como vídeos que ofrecen una descripción de la oferta turística que se puede encontrar en cada lugar que en su más reciente prototipo cuentan con una pantalla táctil que permite interactuar al usuario con el dispositivo y los contenidos.

Virtualware también ofrece soluciones de realidad aumentada que se relacionan con las guías personales utilizadas en espacios expositivos mediante el uso de dispositivos portátiles como *smartphones*. Uno de los ejemplos más recientes llevados a cabo es la aplicación para *Android* «Las plantas y el hombre» del Real Jardín Botánico de Madrid (España) que forma parte de sus instalaciones desde 2013 y que se pretende implantar en otros dispositivos como *iPhone*. En este caso el visitante podrá descargar la aplicación de forma gratuita y enfocar con su *smartphone* alguna de las plantas seleccionadas y acceder a información ampliada que podrá también ser descargada para ser consultada una vez terminada la visita.

Con la perspectiva que nos ofrece *Virtualware Group*, podemos decir que el turismo actual constituye uno de los pilares básicos en los sectores en los que las nuevas Tecnologías de la

Comunicación y la Información, destacando la realidad aumentada, están teniendo una mayor incidencia; mientras que los materiales digitales para la educación también gozan de una gran acogida por parte de la sociedad de la era tecnológica. Dentro del campo patrimonial, las aplicaciones relacionadas con las nuevas tecnologías han sido varias, sobre todo aquellas en las que se han conseguido ejemplos que reproducían entornos virtuales fieles al original, o entornos aumentados con un alto grado de interactividad. Por otra parte, podemos decir que el objetivo primordial de *Virtualware*, es la difusión del patrimonio cultural a través del turismo, que mediante el uso de las nuevas tecnologías ofrece posibilidad de conservación y accesibilidad que muchas veces presentan los entornos patrimoniales.

- VICOMTECH

Bajo la denominación de Centro de Tecnologías de Interacción Visual y Comunicaciones, *VICOMTech*⁷³, se halla, dentro del Parque Tecnológico de San Sebastián, un centro de investigación aplicada que trabaja en el área de gráficos por ordenador interactivos y tecnología multimedia. Se trata de una asociación fundada por la *INI-GraphicsNet* del instituto *Fraunhofer-IGD*, y el grupo de radio-televisión vasca EITV. Tiene la categoría de Centro de Innovación y Tecnología (CIT) del Ministerio de Educación y Ciencia, además de convertirse desde 2007 en una asociación sin ánimo de lucro que tiene por objeto

⁷³ Página Web de VICOMTech: <http://www.vicomtech.es/castellano/html/index.html> [consultado: 22.02.2013].

responder a las necesidades de innovación de las diferentes empresas e instituciones mediante la investigación y desarrollo de proyectos en los que desarrollan tecnologías multimedia de interacción visual y comunicaciones.

Las investigaciones realizadas dentro de este centro, relacionadas con el desarrollo de la tecnología de realidad aumentada, son numerosas y vienen sucediéndose desde principios de esta década con más de una veintena de proyectos innovadores basados en esta tecnología.

En 2004, *VICOMTech* entró dentro del proyecto europeo *IMPROVE – Improving Display and Redering Technology for Virtual Enviroments* coordinado por el *Fraunhofer IGD* y que incluía otras empresas y centros de investigación que trabajaban en áreas relacionadas con la creación de entornos virtuales. Dentro de este proyecto se crearon componentes software y hardware diseñados para el desarrollo de plataformas de realidad virtual y aumentada, cuyos resultados vieron la luz en 2008.

Otro proyecto a nivel europeo de gran trascendencia fue *CINeSPACE* en el que participaban otros centros tecnológicos como *Fraunhofer IDG* (Darmstadt, Alemania) y *The Lighthouse* (Glasgow, UK). Se pretendía crear un sistema audiovisual con fines turístico-culturales que permitía acceder a información interactiva a través de un dispositivo móvil mientras paseaban por una determinada ciudad. Este proyecto partía del concepto de considerar el cine como parte integrante del patrimonio cultural, y pretendía crear una obra a partir de varias secuencias compartidas a través de dispositivos portátiles en tres ciudades

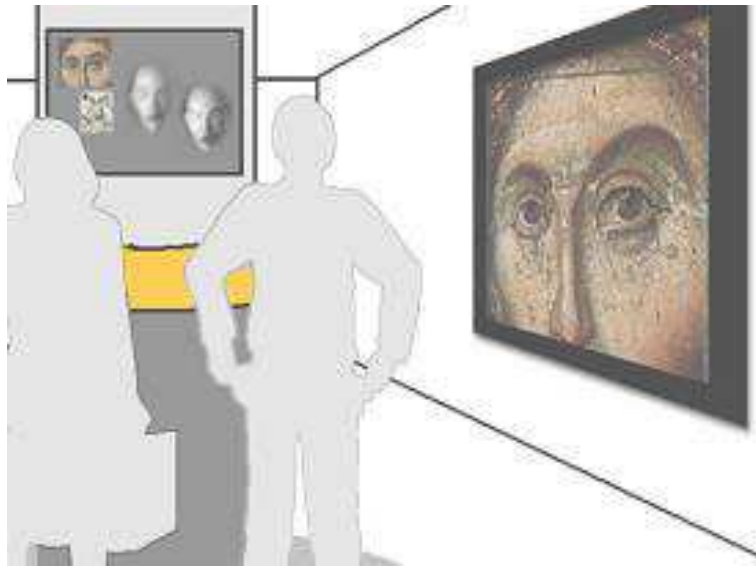
diferentes: San Sebastián, Glasgow y Venecia. Los usuarios se equipaban con una HMD inalámbrico con una pantalla y unos auriculares. Una cámara incorporada al HMD enviaba la imagen de vídeo que se correspondía con el punto de vista del usuario, a una base de datos mediante una red inalámbrica local (WLAN), o una conexión 3G. Aquí se recreaban escenas con la acción conjunta de otros usuarios que se mostraban en la pantalla del HMD combinando la imagen real con la imagen añadida fruto de esa experiencia colaborativa.

Dentro del sector del turismo encontramos el proyecto PRISMA que pretendía obtener un nuevo sistema de visualización tridimensional basado en la tecnología de realidad aumentada, que ofreciera narraciones digitales interactivas o contenidos multimedia aplicado en entornos turístico-culturales.

El proyecto VISIÓN, junto con Telefónica I+D y otros referentes en el sector de las TICs, consistía en la utilización de la tecnología de realidad aumentada y tracking para desarrollar un sistema de Comunicación de Vídeo de nueva generación. Éste pretendía que las comunicaciones digitales audiovisuales por videoconferencia, percibieran la sensación de estar físicamente reunidas en el mismo lugar.

También participó en el prototipo del proyecto BIDAIATZERA, un sistema interactivo basado en tecnologías de realidad aumentada para aplicaciones lúdicas con contenidos turísticos y culturales, fruto del cual surgiría junto a la colaboración de otras entidades como VILAU, la aplicación «¡Fuego!» que fue testada en el Museo de San Telmo.

Dentro del campo artístico, *VICOMTech* participó en un proyecto a nivel europeo de I + D del V Programa Marco que investiga soluciones para la creación y difusión artísticas relacionadas con las tecnologías de realidad virtual y aumentada. Aquí se desarrolló una plataforma denominada *Art-e-Fact*, que permitía a los artistas la creación de trabajos de expresión artística mediante las nuevas tecnologías combinando el mundo real con el virtual. El artista podía elegir los dispositivos de interacción y su configuración para conseguir instalaciones que mostraran contenidos multimedia de una forma atractiva. Un avatar, diseñado a través de la plataforma, era el encargado de entablar un diálogo con el espectador sobre una determinada obra artística que se mostraba virtualmente, creando un ámbito de debate que ayudaba al conocimiento de cada pieza, convirtiendo al espectador en un observador activo mediante la interacción con los avatares.



.....
FIGURA 130. PROTOTIPO DE LA PLATAFORMA ART-E-FACT, EN LA QUE UNOS AVATARES INTERACTIVOS ESTABLECERÁN UN DIÁLOGO CON LOS VISITANTES DEL MUSEO SOBRE UNA DETERMINADA PIEZA GENERANDO UN DEBATE QUE PODRÁ VERSAR SOBRE VARIOS TEMAS RELACIONADOS CON EL AUTOR, LA TÉCNICA, ETC., EXPLORANDO Y ANALIZANDO LA OBRA VIRTUALMENTE (VICOMTECH.ES).

Otros proyectos relacionados con el patrimonio cultural desarrollados dentro de *VICOMTech* son PUPPET, un proyecto que estudia las posibilidades de introducir personajes virtuales 3D interactivos en escenarios reales por medio de técnicas de realidad mixta, estudiando soluciones como la iluminación real sobre el personaje virtual o la oclusión con objetos reales que proporcionarán mayor veracidad a la aplicación.

AMICO es otro proyecto que pretende ser implantado en las salas de exposición de un museo y que funcionaría como una guía personal aumentando la información de cada obra mediante una aplicación que utilizará sistemas de geoposicionamiento y redes inalámbricas, así como asistentes móviles y narraciones digitales interactivos. También el proyecto de investigación MST-UD-VIC se centra en la didáctica e interpretación del patrimonio cultural de una forma amena y atractiva para el público a través de la creación y evaluación de un prototipo basado en realidad virtual y realidad aumentada.

Por último, citar la intervención de *VICOMTech* en el proyecto PortableAR dentro del programa Románico Norte de la comunidad de Castilla y León, que actualmente se encuentra realizando los ensayos para la implementación de una aplicación de realidad aumentada con unos guías virtuales que aparecerán en la pantalla de dispositivos portátiles, para destacar elementos y contenidos relacionados con el escenario real que el visitante visualiza en ese momento.

La apuesta de este centro de investigación por la tecnología de realidad aumentada ha sido patente desde su creación con proyectos que abarcaban la difusión y conocimiento del patrimonio cultural de una forma innovadora y atractiva, pero sobre todo durante los últimos años en los que está surgiendo un interés mayor por su aplicación en entornos culturales.

- VILAU MEDIA

En el Parque Tecnológico de Zamudio en Bizcaia, se encuentra otra de las empresas promotoras en la aplicación de la realidad aumentada en contextos cotidianos, siendo uno de ellos el del patrimonio cultural. Se trata de *VILAU Media*⁷⁴, una empresa vasca de telecomunicación que nació en 2005, perteneciente al grupo internacional *INI-GraphicsNet* de la red investigadora alemana *Fraunhofer*, con la intención de aportar soluciones interactivas dentro de este sector. Su actividad se centraba en tres pilares fundamentales que son las plataformas tecnológicas, los canales de comunicación, y los espacios culturales. Además, la empresa contaba con una proyección internacional con delegaciones en Buenos Aires (Argentina), Filadelfia (EE.UU.), Darmstadt (Alemania) o Roma (Italia).

Desde sus comienzos han tenido gran importancia sus actuaciones dentro de los denominados canales de comunicación en los que se apostaba por un medio digital interactivo.

Los espacios culturales también forman uno de los principales objetivos dentro de VILAU con la intención de llevar las nuevas tecnologías y su capacidad de interacción a centros de interpretación o museos, y también a sectores como el turismo o el patrimonio histórico.

Esta relación se ha visto representada en varios eventos como la Feria Internacional de Turismo Cultural de Málaga (2007), la Feria del Turismo de Madrid (FITUR, 2008), la

⁷⁴ A fecha de conclusión de esta tesis doctoral la empresa *VILAU* ha desaparecido como tal.

segunda edición de la Feria de Industrias Culturales de Andalucía (2009), o congresos como el Foro de Innovación y Tecnología turística, FITURTECH 2.0 (2008), entre otros. En ellos se presentaron los proyectos que utilizaban las tecnologías digitales en entornos culturales con una concepción innovadora y creativa que pretendían la comunicación de contenidos de una forma interactiva en la que el usuario se sintiera parte integrante de la aplicación. Las tecnologías con las que trabaja VILAU son soportes novedosos como la realidad aumentada, recursos 3D, las holografías, y los vuelos o recreaciones virtuales.

Las experiencias relacionadas con realidad aumentada por parte de VILAU han estado relacionadas con el patrimonio cultural. Uno de los proyectos realizados ha sido un juego interactivo «¡Fuego!», mencionado en el capítulo dedicado a espacios expositivos de la presente tesis, y que recreaba la liberación de San Sebastián en 1813, siendo instalado en el Museo de San Telmo. Con la colaboración del centro de investigación *VICOMTech* para el desarrollo tecnológico, y la empresa de servicios culturales KOMA para la creación de contenidos, se diseñó una aplicación de realidad aumentada en la que cuatro jugadores interactuaban con cuatro personajes virtuales que representaban a los personajes de ambos bandos de la contienda. Aquí era posible mezclar el entorno real de los jugadores con los escenarios y personajes virtuales, al mismo tiempo que los jugadores podían interactuar con los contenidos virtuales. Ésta aplicación formaba parte de la plataforma tecnológica *Bidaiatzera*, que tienen como objetivo la creación de juegos didácticos para su aplicación en entornos turísticos y culturales.

- TECNALIA

*Tecnalia Research & Innovation*⁷⁵ está situado en el Parque Tecnológico de Bizcaia, y representa al grupo privado de Investigación, Desarrollo e Innovación (I+D+i) mayor de España. Éste se encarga de promover a nivel nacional e internacional, alianzas y proyectos de mercado con otros centros y empresas, transmitiendo las investigaciones tecnológicas llevadas a cabo por el centro, y consiguiendo que tengan su aplicación dentro de la sociedad mediante recursos innovadores. Algunas de esas empresas que ya han sido mencionadas anteriormente son *VILAU* y *Virtualware*, cuyas soluciones tecnológicas asociadas con la realidad virtual y aumentada se encuentran asesoradas al grupo *Tecnalia*.

Su actividad parte del concepto de sostenibilidad el cual se proyecta sobre sectores como el de la construcción, el energético, el del medioambiente urbano e industrial, y otros como la siderurgia, automoción y desarrollo regional.

Junto con éstos, también elabora proyectos relacionados con el patrimonio cultural y que tienen como objeto la conservación y rehabilitación a través del uso de las TICs. La labor de *Tecnalia* consiste en desarrollar, aplicar, adaptar y transferir los avances técnicos y científicos que tienen lugar dentro del centro y que en el caso del campo patrimonial se centran especialmente en la utilización de la realidad virtual y la realidad aumentada para la difusión y comunicación.

⁷⁵ Página web de *Tecnalia*: <http://www.tecnalia.com/> [consultado: 22.02.2013].

Una de las actividades recientes del grupo, donde se pueden mostrar las pautas de actuación descritas acerca del patrimonio cultural, es la participación dentro del proyecto *PortableAR*, que intenta revitalizar la comarca norte de Palencia a través de la actividad turística en la que el rico legado románico sirve como principal elemento para potenciarlo. Otro de los proyectos sobre realidad aumentada y turismo cultural es el desarrollo de unos binoculares para la interpretación del patrimonio a través de los cuales, se podrán observar panorámicas como con los miradores tradicionales, pero con estos se podrá acceder a contenidos multimedia relacionados con el patrimonio cultural de una ciudad. La experiencia se realizó en un monte cercano a la ciudad de Bilbao, donde se ha testado el dispositivo, el prototipo de contenidos, etc., con miras a su implantación práctica en un punto turístico real (Izkara, 2007). Ésta se realizó conjuntamente con la empresa *Virtualware*, que ya hemos descrito anteriormente para hablar de este proyecto.

También participó en un sistema de indicadores para la conservación del patrimonio histórico urbano, basado en la tecnología de realidad aumentada, recientemente publicado en una tesis doctoral con el título *Realidad Aumentada Móvil para la Conservación del Patrimonio*, realizada por José Luis Izkara, investigador de TecNALIA, conjuntamente con la Universidad de País Vasco (Izkara, 2010).

BIBLIOGRAFÍA

- GUTIÉRREZ, D., SERON, F. J., MAGALLON, J., SOBREVIELA, E. J., y LATORRE, P. (2004): «Archaeological and cultural heritage: bringing life to an unearthed Muslim suburb in an immersive environment», *Journal of Cultural Heritage*, vol. 5 (1), pp. 63 – 64.
- GUTIÉRREZ, D., SUNDSTEDT, V., GÓMEZ, F., y CHALMERS, A. (2008): «Modeling light scattering for virtual heritage», *ACM Journal on Computing and Cultural Heritage*, vol. 1, nº 2, pp. 1 – 15.
- IZKARA, J. L. (2010). *Realidad aumentada móvil para la conservación del patrimonio*. Tesis doctoral de Universidad del País Vasco dirigida por Dr. Xabier Basogain Olabe y Dr. José Luis Los Arcos Azcárate. Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Bilbao. Departamento de Ingeniería de Sistemas y Automática.
- IZKARA, J. L., EXTREMO, U., MÚGICA, E. (2007): «Binoculares turísticos de realidad aumentada para la difusión del patrimonio histórico de una ciudad a través de una visualización panorámica», *I Simposium de Informática Gráfica e Patrimonio Histórico*, A Coruña: Mundos digitales, s. p.
- MORALES, D. (2010): «El documental Arqueología Virtual revive en 3D el teatro romano», disponible en

<http://www.heraldo.es/noticias/cultura/el_documental_arqueologia_virtual_reviye_el_teatro_romano_bilbilis.html> [consultado: 11.12.2012].

- UPV (2008): «Realidad aumentada para reconstruir el patrimonio», disponible en <http://www.upv.es/entidades/CTT/noticia_639886c.html> [consultado: 14.01.2013].



11. CONCLUSIONES

Desde su aparición, la tecnología de realidad aumentada ha vivido un proceso de maduración como resultado de los avances científicos en la materia, en el cual el dominio de los aspectos más técnicos está siendo consolidado, aunque aún es necesario esperar para que la sociedad llegue a familiarizarse con la tecnología, ya que estamos viviendo un momento de eclosión. Frente a la realidad virtual, ésta es una gran desconocida para el público en general, aunque los últimos años han sido decisivos para adentrarse en el actual contexto social.

A pesar de ello, el volumen de publicaciones al respecto ha sido vertiginoso en estos años, puesto que desde que se realizaron los primeros ensayos en la década de los noventa del siglo XX, han transcurrido poco más de veinte años en los que se ha experimentado un desarrollo importante paralelo a las aplicaciones desde diferentes áreas del conocimiento. En el caso español hay que decir que también se ha experimentado esa evolución constituyendo los últimos años de la presente década, aquellos que han tenido un mayor auge a nivel de investigación y de aplicación práctica que ha derivado en una gran cantidad de literatura al respecto.

Por otra parte, centrándonos en los aspectos técnicos y funcionales, se puede considerar que la realidad aumentada presenta una serie de ventajas respecto a la realidad virtual, en

su aplicación en entornos cotidianos. En este caso no se trata de un escenario generado por ordenador en el que el usuario queda totalmente inmerso perdiendo la conciencia del mundo real. En los entornos aumentados, por el contrario, el usuario tiene en todo momento conocimiento de lo que ocurre a su alrededor, ya que aquí lo que cambia es su percepción del mismo, donde la realidad se aumenta con información generada por ordenador, ofreciendo una imagen mejorada y/o enriquecida de aquello que estamos observando. Este hecho, combinar el mundo real con el virtual, consiste el principal ítem en el desarrollo de esta tecnología ya que una sincronización deficiente llevaría a un mal funcionamiento de la misma y a una imagen aumentada poco realista. Por otro lado, y respecto a la realidad virtual, no es necesario recrear un escenario virtual completo sino que solamente se añaden elementos virtuales a la imagen real.

En cuanto a los dispositivos utilizados, debemos de destacar la implantación de esta tecnología en dispositivos portátiles, tales como *smartphones* o *tablets*. Las investigaciones realizadas durante los últimos años han seguido esta línea debido a las posibilidades que ofrece. Desde el punto de vista patrimonial, éstas son suficientes para considerar que el desarrollo de la realidad aumentada seguirá por ese camino. Así, la posibilidad de ofrecer contenidos sobre lugares patrimoniales *in situ* solamente con realizar un gesto con nuestro dispositivo personal, repercute en una nueva visión del patrimonio, en la que encontramos numerosas lecturas según el tipo de público y las preferencias del mismo. Frente a otros

dispositivos, como el HMD o gafas de realidad aumentada, que presenta problemas de ergonomía y presentaría problemas de accesibilidad en entornos patrimoniales, los dispositivos portátiles ofrecen la ventaja de su bajo coste, encontrarse implantados dentro del mercado, y que cualquier usuario posee su propio dispositivo para interactuar con la aplicación. Algunas desventajas de los mismos pueden ser su pantalla de menor tamaño y una menor inmersión por parte del usuario, aunque la mayor parte de los ensayos realizados para la puesta en valor del patrimonio, no pretenden que el usuario quede inmerso en la experiencia sino ofrecer una nueva perspectiva enfocada al conocimiento y la difusión.

De igual forma no hay que olvidar que las posibilidades de hacer extensibles las experiencias aumentadas, formará parte de esas actuaciones próximas que irán de la mano del desarrollo tecnológico de nuevos dispositivos, como ya avanzan algunos prototipos como *Project Glass*, las gafas de realidad aumentada desarrolladas por *Google*, que suponen los primeros intentos que anticipan un futuro en el que la presencia de la realidad aumentada se hará aún más evidente en nuestra vida cotidiana.

Uno de los temas que ha generado más literatura respecto a la tecnología de realidad aumentada, han sido los tipos de interfaz utilizados dentro de las aplicaciones, intentando buscar soluciones que se desarrollen de manera natural e intuitiva, en las que la interacción

persona-ordenador resulte idónea para transmitir los contenidos y donde la tecnología sirva únicamente como una herramienta que posibilite esa comunicación.

Dentro del ámbito cultural hay que decir que existe una supremacía de las interfaces tangibles de usuario basadas en el uso de marcas. Éstas actúan como referentes dentro del espacio real para que los gráficos virtuales se inserten dentro del mismo. Así la utilización de marcas permite que el usuario pueda manejar un determinado objeto virtual como si fuera real, ya sea una pieza artística o una maqueta virtual, entre los casos que hemos tratado en los capítulos correspondientes. Este tipo de interfaz presenta las características que persiguen una interacción natural e intuitiva donde cualquier tipo de dispositivo hardware (ratón, teclado, *tablet*, etc.), ha desaparecido y el usuario manipula libremente el objeto. Este tipo de interfaz es una de las más comunes en entornos patrimoniales y sobre todo en espacios expositivos que están enfocados a transmitir conocimientos a través de una experiencia lúdico-racional.

Otro tipo de interfaces que predomina en este campo son aquellas basadas en dispositivos portátiles de bajo coste, como es el caso de los *smartphones* o *tablets*, que adicionalmente pueden combinarse con el uso de marcas o con sistemas de geolocalización. Se trata de experiencias que se están realizando actualmente teniendo una gran implantación, y que tienen un importante desarrollo para aplicaciones futuras.

Éstos resultan ser de gran interés para entornos patrimoniales que se encuentran al aire libre o están constituidos por grandes espacios donde la instalación o aplicación de realidad aumentada no está controlada como ocurre dentro de un centro museístico.

En el caso de espacios al aire libre o que pueden abarcar grandes panorámicas, también se pueden encontrar los miradores que utilizan la tecnología de realidad aumentada para mostrar información de carácter turístico y cultural. Sobre la visión tradicional de éstos aparecerá información acerca de los puntos de interés que ofrecen la posibilidad de aumentar la información a través de gráficos generados por ordenador.

También se han realizado varios proyectos en yacimientos arqueológicos que se basaban en un mirador similar con información aumentada como el caso de Numancia o el prototipo de *Arpa-Solutions*, aunque también se han desarrollado otros dispositivos basados en pantallas portátiles táctiles que permitían una mayor libertad de recorrido por el yacimiento como es el caso del yacimiento de Els Vilars. Aquí sobre los restos encontrados se superpone información virtual que reconstruye aquellas estructuras que los estudios derivados de las excavaciones sistemáticas han obtenido y documentado previamente.

Es significativo destacar un tipo de interfaz definida en el trabajo de Portalés Ricart (2008), que está basada en la navegación, sobre todo en el caso que nos ocupa, ya que en la definición más tradicional de realidad aumentada, una de sus características es la interactividad. Sin embargo, en las aplicaciones que tienen que ver con entornos

patrimoniales, se encuentran casos en los que la interacción que se establece consiste únicamente en observar la imagen aumentada, como es el caso del proyecto de la capilla mayor de la catedral de Valencia en el que la principal actividad consiste en observar la recreación del altar mayor de la misma con la imagen que ofrecería durante la época barroca. Aquí, la interacción que se establece es únicamente la navegación, en la que el usuario se desplaza por el espacio con el dispositivo correspondiente para descubrir desde diferentes ángulos la imagen aumentada.

Debemos mencionar que aunque la aplicación de la realidad aumentada hasta el momento es eminentemente un recurso de tipo visual, ésta ofrece otras posibilidades también a tener en cuenta mediante recursos de tipo auditivo, algunos de los cuales ya comienzan a ponerse en práctica, e incluso olfativo, táctil y gustativo. La combinación de éstas llevaría a experiencias multimodales que evidencian las actuaciones futuras en esta tecnología. Desde el punto de vista patrimonial, ofrecería grandes posibilidades sobre todo en el aspecto relacionado con la combinación de recursos visuales con otros de tipo sonoro, referidos a entornos controlados como museos o centros de interpretación. Así, un sistema de audio aumentado permitiría superar las tradicionales audioguías que aíslan a los espectadores del diálogo con los acompañantes, limitando las posibilidades de este tipo de centros, enfocadas a la difusión y comunicación.

Por lo que respecta a los casos concretos en los que hemos podido constatar el uso de la realidad aumentada dentro de entornos patrimoniales o espacios expositivos, el número ha crecido considerablemente durante los últimos años, apareciendo varias exposiciones y centros museísticos o patrimoniales que han adoptado esta tecnología para sus instalaciones. Igualmente las empresas y proyectos que han trabajado para la implantación en entornos patrimoniales han sido numerosos, frente a los casos aislados que se han encontrado a principios de la presente década.

De forma general hay que destacar que muchos de los proyectos han sido financiados por entidades gubernamentales como la Unión Europea, que financió el proyecto ARCHEOGUIDE, paradigma de la aplicación de la realidad aumentada en entornos patrimoniales. En el caso español, han sido numerosas las investigaciones promovidas desde la financiación pública a nivel nacional y comunitario como han sido los proyectos SIAMA o *PortableAR*, que han supuesto una equiparación a nivel internacional de los progresos científicos y su implantación práctica.

Aludiendo a esta última afirmación, conviene también tener en cuenta que el caso español, en comparación con las experiencias que se están realizando a nivel internacional, sigue las pautas de avance y desarrollo en la implantación de la realidad aumentada, aportando soluciones similares, y algunas de gran transcendencia como el caso de los ensayos realizados por la Universidad Politécnica de Valencia en la capilla mayor de la catedral de Valencia, y la exposición *Comarques Valencianes: Diàlegs amb el Territori*, que representan

propuestas innovadoras y relevantes dentro del contexto europeo. Igualmente, en este aspecto habría que destacar la labor realizada por la empresa malagueña *Arpa-Solutions*, pionera en ofrecer soluciones basadas en realidad aumentada para sectores como la publicidad y el marketing, y sobre todo, teniendo en cuenta el tema que nos ocupa, para espacios museísticos como los casos del Centro de Interpretación de la Orden Militar de Calatrava en Alcaudete (Jaén), o el Museo de la Autonomía de Andalucía en Coria del Río (Sevilla), que representan un caso notable a nivel nacional e internacional como queda demostrado en la presencia que ha tenido en numerosas ferias nacionales y eventos con carácter internacional como la Expo Universal de Shanghai de 2010.

A través del estudio de las experiencias que se han desarrollado con realidad aumentada aplicadas al ámbito cultural, se ha podido constatar que se trata de un trabajo necesariamente multidisciplinar. En los casos concretos se ha podido ver la participación por parte de los ingenieros informáticos, de telecomunicación, y politécnicos ocupados de los requerimientos técnicos referentes a los dispositivos y software utilizados en las diferentes aplicaciones, mientras que, por otra parte, los arqueólogos, historiadores, e historiadores del arte, se encargaban de aportar los contenidos mediante la documentación y estudios previos, además de supervisar el proceso de creación de los gráficos virtuales con la intención de que se obtuviera el mayor grado de fidelidad a las investigaciones y transmitir los contenidos correctamente. En ellos se puede destacar el

caso del proyecto SIAMA (Sistema de Información Aumentada de Monumentos Andaluces), desarrollado dentro de la Universidad de Málaga, conformado por personal perteneciente a varias disciplinas, dentro del Departamento de Tecnología Electrónica de la Escuela Técnica Superior, y el Departamento de Historia del Arte.

Frente a esto, en el campo de la creación artística han sido los mismos artistas los que han hecho dominio de esta nueva tecnología, convirtiendo su conocimiento y funcionamiento en otro de los recursos o herramientas con los que plasmar sus ideas atendiendo al conocido binomio arte-ciencia.

Centrándonos de una forma más concreta en los contenidos de esta tesis doctoral, hemos de referirnos en primer lugar a aquellos ámbitos de aplicación que se relacionan con los espacios expositivos.

En los casos estudiados se ha podido observar que los planteamientos museográficos más actuales incluyen la realidad aumentada como una herramienta capaz de mostrar al visitante unos contenidos con un enfoque lúdico y racional al mismo tiempo, estando incluida en la creación de nuevos espacios como los Centros de Interpretación de la Orden Militar de Calatrava o el Centro de Interpretación de la Tecnología - BTEK, a los que se añaden las exposiciones temporales, o en el caso del Museo de la Evolución Humana y el Museo Arqueológico Municipal de Cartagena «Enrique Escudero de Castro», con la remodelación de las instalaciones existentes.

Referente a la consecución de instalaciones basadas en la tecnología de realidad aumentada y su proyección dentro de este tipo de entornos, la utilización de un sistema basado en componentes que se encuentra fácilmente en el mercado (ordenador, cámara, pantalla, etc.), ofrece otro tipo de ventajas que hacen de éstas un recurso económico y de fácil mantenimiento que se añade a su valor didáctico y lúdico.

De forma general, las aplicaciones de realidad aumentada más recurrentes son aquellas basadas en interfaces tangibles de usuario que permiten manipular un objeto virtual a través de marcadores como si se tratase de un objeto real, como demostraron algunas de las primeras experiencias con realidad aumentada en ámbitos museísticos con los prototipos del HIT Lab de Nueva Zelanda. El hecho de que sean las elegidas para este tipo de entornos, es que la interacción entre el usuario y el objeto virtual se produce de una forma natural e intuitiva, sin ningún tipo de hardware adicional, adaptándose a un amplio espectro de público que no tiene que estar familiarizado con las nuevas tecnologías. Dentro de los sectores de público más jóvenes, presenta un gran atractivo como fue posible constatar en las visitas realizadas a los diferentes centros que constituía un punto caliente dentro del discurso museográfico. Esto se debe a que la configuración de las instalaciones basadas en el uso de marcadores, hace posible que el visitante se convierta en protagonista de la instalación y no solamente actúa como observador pasivo dentro del entorno museístico.

Sin embargo este tipo de interfaz presenta alguna desventaja como es la limitación a un único usuario para utilizar la instalación, puesto que en los casos estudiados sólo aparece un marcador y una pantalla para interactuar con la aplicación. Aunque también se podría solucionar instalando alguna pantalla adicional y añadiendo más marcadores como es el caso del Centro de Interpretación de la Orden Militar de Calatrava que posee tres marcadores y dos pantallas con las que interactuar en el espacio dedicado a la aplicación de realidad aumentada. Si bien la utilización de pantallas en las que el usuario ve reflejada la escena aumentada, puede incentivar a otro tipo de público a probar la instalación.

Se debe destacar la función y beneficios que cumple la aplicación de la realidad aumentada en entornos museísticos, siendo la más importante el hecho de posibilitar que se puedan manipular los diferentes modelos virtuales de las piezas originales como si fueran reales. Así, se pueden observar desde diferentes ángulos y perspectivas, incluyendo información adicional complementaria, y dando un punto de vista diferente con respecto a las piezas reales que se exponen en las tradicionales vitrinas, y que no dan lugar a ningún tipo de interacción como se pudo constatar en el proyecto europeo ARCO destinado a las piezas de la colección de un museo arqueológico.

También puede tener otra función como la de completar a través de esos modelos virtuales tridimensionales, las piezas que se exponen, posibilitando aumentar la colección o poseer piezas que no se encuentran en el mismo, con el fin de ofrecer una visión más completa de

lo que se exhibe como hemos podido apreciar en las exposiciones temporales *La cápsula del tiempo. Del Absolutismo al Liberalismo* y el Pórtico de la Gloria Virtual.

Asimismo se han ofrecido nuevas interpretaciones que ayuden a comprender mejor los objetos expuestos como el caso de la propuesta del proyecto SIAMA en la que se podría obtener una "visión de rayos X", a través de la radiografía de una pintura renacentista apreciando arrepentimientos del artista, detalles del soporte, etc., que favorecen la experiencia que se puede obtener en este tipo de espacios.

En otros ejemplos de realidad aumentada, la instalación no ha consistido en una pieza en concreto sino que se ha tratado de una maqueta virtual como los casos de los edificios institucionales de la comunidad andaluza para el Museo de la Autonomía de Andalucía o la reconstrucción del Castillo de Alcaudete (Jaén) en el Centro de Interpretación de la Orden Militar de Calatrava. Este recurso plantea una alternativa a las maquetas reales que no ofrecen el mismo nivel de interactividad con el visitante, y que requieren un mantenimiento por parte del personal del centro. Además la existencia de una maqueta física ocuparía parte del espacio expositivo reduciéndolo en gran medida. Por otra parte, también permiten obtener un mayor grado de interpretación como en el caso de las maquetas virtuales del Castillo de Alcaudete, donde la instalación de realidad aumentada nos presenta la imagen de la fortaleza con la configuración de sus diferentes etapas (islámica, calatrava y renacentista), mediante una animación evolutiva de la construcción

de los diferentes edificios que la conforman, algo que no es posible en una maqueta física tradicional.

En el caso de los museos virtuales, la realidad aumentada ofrece igualmente grandes posibilidades ya que la sencillez de las denominadas interfaces tangibles de usuario hace posible que desde el ámbito doméstico se pueda interactuar con una aplicación de realidad aumentada en la que se interactúa con las piezas virtuales de la colección como ocurre en el museo in situ. Es el caso del Museo del Jurásico de Asturias (MUJA) que ofrece a través de internet la posibilidad de interactuar con modelos virtuales de los dinosaurios más conocidos, o el portal argentino *edu.ar* que permite interactuar con piezas pertenecientes a las colecciones de museos y sitios históricos a través de sus modelos virtuales tridimensionales pudiendo interactuar y tener acceso a objetos que se encuentran a miles de kilómetros de nuestro lugar de residencia, algo que bien han sabido ver las instituciones latinoamericanas especialmente a raíz de proliferación de experiencias online con realidad aumentada que ofrecen sus centros museísticos. Por otra parte esta propuesta conseguiría también un propósito fundamental en esta tipología de museos que sería la difusión, generando visitantes potenciales que se interesen mediante el uso de la aplicación tecnológica.

Frente a las aplicaciones museísticas basadas en el uso de marcadores, encontramos el ejemplo del Museo Arqueológico Municipal «Enrique Escudero de Castro» de Cartagena, el Museo de la Evolución Humana (MEH), o el ejemplo neozelandés del *Voyager New Zealand*

Maritime Museum, donde la aplicación de realidad aumentada, no se basa en el uso de marcadores, sino que se emplea otro tipo de interfaz a través de una pantalla de gran formato con cámara. Aquí no es posible manipular el objeto virtual como si fuera uno real, sino que el usuario interactúa con los contenidos virtuales a través de la pantalla. Además, esta solución tiene grandes posibilidades para su instalación en yacimientos arqueológicos ya que presenta grandes ventajas para entornos que intentan abarcar una panorámica amplia.

La mayoría de aplicaciones de realidad aumentada citadas, cumplen una labor fundamentalmente didáctica, pudiéndose afirmar que estas experiencias están enfocadas a un público joven mayoritariamente, ya que presenta una configuración atractiva que permite transmitir ese sentido lúdico-racional que se pretende. En las observaciones directas de estos entornos, los grupos estudiantiles han sido aquellos que han permanecido más tiempo con la instalación. Aunque, otro tipo de público también ha mostrado su interés y aceptación por la aplicación, como también se muestra en los resultados de los procesos evaluativos que han tenido lugar en los diferentes proyectos y que hemos referenciado convenientemente.

Se han observado las características de la tecnología de realidad aumentada para entornos expositivos atendiendo a su carácter pedagógico, pero también se debe remarcar un interés referente a las posibilidades de accesibilidad que ofrece. Así, la configuración de los

sistemas en varios idiomas resulta ser una solución adecuada para la heterogeneidad de público que actualmente visita estos centros, ofreciendo una cantidad de información que mejora las tradicionales cartelas o paneles informativos ya que los gráficos de texto o de imágenes están contenidos dentro de la aplicación.

En este sentido, la implantación de dispositivos móviles con gran capacidad computacional ha hecho de éstos el principal reclamo en los prototipos de guías personales mediante el uso de *smartphones* o *tablets*, debido en parte a su proliferación entre el público en general eximiendo a la entidad museística de proporcionar los dispositivos necesarios para los visitantes, haciendo mucho más llevadera la implantación de las nuevas tecnologías en estos entornos, además de ofrecer una mayor oferta cultural.

Otro de los avances más importantes ha sido el establecimiento de sistemas de reconocimiento de rasgos naturales, que permiten que el dispositivo reconozca automáticamente el objeto que se encuentra en su campo de visión, a diferencia de otros sistemas en los que se necesitaba adjuntar a la pieza un código o icono específico para ser reconocido por el sistema. Esto, unido al desarrollo de los dispositivos portátiles y los sistemas de geolocalización, ha dado lugar a interesantes propuestas como la aplicación *Streetmuseum* que daba a conocer los fondos fotográficos del Museo del Londres a pie de calle o la exposición *Girona, temp de Flors* que ofrecía a los visitantes la posibilidad de marcar su propio itinerario y descubrir información adicional multimedia en cada punto de interés.

En otros casos la accesibilidad también se refiere a otro tipo de limitaciones de tipo físico como el caso del Museo Marítimo de Barcelona que ofrece una solución basada en la tecnología de realidad aumentada para público con problemas de movilidad o en silla de ruedas, a través de unas gafas con cámara web incorporada, que ofrecen reconstrucciones virtuales de aquellos sitios de difícil acceso como el interior de una galera por su complejidad estructural. De igual forma la instalación de realidad aumentada para la Lonja de la Seda en Valencia pretendía acercar la percepción de algunos detalles arquitectónicos de este monumento que se encuentran en lugares de difícil acceso o que pasan desapercibidos a gran parte de los visitantes, especialmente público de la tercera edad, niños o personas con alguna discapacidad visual.

Tras el análisis de estas experiencias, la realidad aumentada ha surgido con gran fuerza y aplicabilidad en contextos expositivos, evidenciando su importante labor con el objeto cultural, una labor que en nuestros días está comenzando a expandirse y que presupone tendrá un importante papel para los discursos museográficos futuros.

Otro de los ámbitos en los que hemos centrado en esta tesis doctoral ha sido en el del patrimonio histórico, donde la aplicación de la realidad aumentada ha tenido varias vertientes, fundamentalmente para la difusión y puesta en valor de entornos culturales.

Conviene destacar que las primeras experiencias realizadas se producen dentro del campo arqueológico, en el cual la realidad aumentada presenta una serie de ventajas que han

motivado la aparición de diferentes proyectos que muestran el potencial de esta tecnología en este tipo de espacios.

La capacidad de obtener una imagen mejorada o enriquecida de la realidad, permite que el uso de esta tecnología y su implantación en entornos patrimoniales, concretamente el arqueológico, ofrezca niveles de conocimiento mayores. Así, además de interactuar con los contenidos, se accede a un nivel de información más amplio donde podemos recrear desde varias fases históricas de un yacimiento, a simulaciones de escenas cotidianas que se realizaban durante su fase de ocupación, todo ello desde un punto de vista realista en el que no se pierde contacto con el entorno real de los restos hallados.

ARCHEOGUIDE y *LIFEPLUS* representan dos paradigmas de la implantación de sistemas de realidad aumentada en entornos arqueológicos. Su carácter pionero evidenció en fechas tempranas la utilidad de esta nueva tecnología aunando las primeras consecuciones técnicas con éxitos y los valores interpretativos. En la experiencia del yacimiento de Olimpia se consiguió implementar un sistema de realidad aumentada en exteriores que abarcaba la totalidad del conjunto, algo que para este tipo de aplicaciones sería de gran importancia dando mayor autonomía al usuario que se desplaza libremente por el entorno con un dispositivo portátil. Las técnicas de reconocimiento basadas en rasgos naturales vista dentro de ARCHEOGUIDE es otra de las principales aportaciones especialmente dentro del campo patrimonial, que como veremos en otros ejemplos del presente capítulo son las más adecuadas, puesto que la idea de no interferir en la obra de arte o monumento

es esencial para la salvaguarda y la contemplación del mismo, frente a otras técnicas de reconocimiento como las marcas. *LIFEPLUS* o el escenario de futuro para el yacimiento de Els Vilars también cuentan con técnicas de reconocimiento que no requieren uso de marcas que interfieran en los mismos, mientras que por otra parte la dificultad que representa realizar una correcta superposición de los gráficos virtuales sobre el escenario real mediante esta técnica, también ha llevado a que los dispositivos estén fijos como el caso de *ENAME 974* y el yacimiento de Numancia.

En lo referente a los dispositivos utilizados, hemos de tener en cuenta que al tratarse de espacios al aire libre y de una gran amplitud por lo general, se tuvo en cuenta sistemas de geoposicionamiento que permitían tener las coordenadas y orientación del dispositivo. En el caso del yacimiento de Els Vilars se optó por un dispositivo portátil, al igual que otros proyectos como *ARCHEOGUIDE*, que en la actualidad han evolucionado considerablemente mostrando su gran potencial para este tipo de entornos en aplicaciones futuras. Por su parte, también encontramos el kiosco del proyecto *ENAME 974*, el visor de Numancia y el mirador virtual de yacimientos arqueológicos desarrollado por la empresa *Arpa-Solutions*, que constituyen otra alternativa. Este tipo de dispositivos actúan como miradores que se situarían en puntos estratégicos del yacimiento ofreciendo una amplia panorámica de los mismos. Su fácil mantenimiento y bajo coste presentaría ventajas sobre cualquier reconstrucción *in situ* sobre el yacimiento real, con necesidades de mantenimiento y con gran impacto visual sobre los restos conservados. En cuanto al visor

de Numancia, éste presenta una configuración a modo de prismáticos que muestran la imagen aumentada del yacimiento, donde el visitante puede interactuar con los contenidos mediante una botonera situada junto al visor. En cambio el mirador diseñado por *Arpa-Solutions*, difiere en su configuración con el anterior ya que aquí encontramos una pantalla táctil que ofrece una interfaz totalmente intuitiva para el usuario, además de ser un recurso con el que se encuentra familiarizado, ya que permite acceder a las opciones de un menú solamente pulsando sobre la pantalla que visualiza.

Por otra parte, algunas desventajas de los miradores en sitios arqueológicos, serían su limitación para grupos de visitantes y la visión fijada que ofrece en el yacimiento que restaría la capacidad de libertad en el recorrido de los visitantes. Estos inconvenientes no los encontramos en el uso de los actuales dispositivos portátiles, como el planteado para el yacimiento de Els Vilars, cuya proliferación dentro de nuestra sociedad facilitaría la labor de estos espacios a la hora de proporcionar los estos dispositivos, a la vez que favorecería una visita personalizada para cada persona, atendiendo a cuestiones relacionadas con la accesibilidad como el idioma o alguna discapacidad sensorial, el grado de conocimientos en la materia, y el desarrollo de aquellos puntos que generen un mayor interés.

Los ejemplos mencionados también tuvieron en cuenta las posibilidades de interpretación que ofrece el uso de la realidad aumentada, destacando la capacidad de reconstruir virtualmente sobre los restos hallados o la totalidad de una estructura a partir de los datos histórico-arqueológicos.

Este hecho además de lograr la difusión de las investigaciones llevadas a cabo por las excavaciones dentro del yacimiento, presentando los contenidos de una forma atractiva al público en general, permite tener la interpretación de un yacimiento arqueológico en el que se superponen varios estratos que se corresponden con momentos históricos diferentes no siendo necesaria ninguna reconstrucción ideal dentro del yacimiento que conllevaría a labores de mantenimiento y costes económicos. La realidad aumentada aportaría ventajas sobre una reconstrucción *in situ*, ya que presentaría las recreaciones de estructuras del yacimiento de la misma forma que las físicas, y no generaría ningún impacto visual sobre los restos conservados. Además, las posibles lecturas e interpretaciones del mismo permitirían ofrecer a los visitantes diferentes grados de conocimiento mediante un recurso atractivo y de gran potencial, ya que evitaría tener que imaginar las estructuras que lo conformaban, ofreciendo la posibilidad de recrear desde varias fases históricas de un yacimiento, a simulaciones de escenas cotidianas que se realizaban durante su fase de ocupación, todo ello desde un punto de vista realista en el que no se pierde contacto con el entorno real de los restos hallados, y sin tener que renunciar a la observación de los restos conservados, siendo una técnica totalmente compatible con la ruina arqueológica.

De esta forma, las aplicaciones desarrolladas permitirían al usuario seleccionar los diferentes escenarios virtuales que se correspondían con las fases de asentamiento del yacimiento en cuestión. Así por ejemplo, en Numancia se podía elegir entre una vivienda

del periodo celtíbero o del periodo romano, o como en el proyecto *ENAME 974*, la cantidad de reconstrucciones disponibles sobre el yacimiento pudiendo ver varias estructuras aisladas o el conjunto de las mismas. Igualmente en el caso del poblado de Els Vilars, además de la reconstrucción de las estructuras en ruina según el periodo concreto, se tenía en cuenta la recreación del paleopaisaje donde se pudiera comprender las prácticas agropecuarias de la época, así como el estado del yacimiento antes de las intervenciones arqueológicas que rescataron los restos conservados. Por su parte en Pompeya donde no encontramos restos de estructuras sino que éstas se hayan completas casi en su totalidad, se recurrió a insertar personajes animados en los escenarios reales constituyendo un *living history* virtual que permitía un viaje en el tiempo y conocer los usos y costumbres de los habitantes romanos.

Analizando tanto unos casos como otros, podemos decir de forma general que los sistemas basados en la aplicación de la tecnología de realidad aumentada proporcionan a los visitantes una imagen menos abstracta del yacimiento, ofreciendo la posibilidad de acercarse mediante su reconstrucción tridimensional, la morfología de las estructuras laberínticas que se pueden encontrar en la mayoría de los sitios arqueológicos. Además los contenidos se presentan de una forma atractiva puesto que el usuario interactúa con ellos mediante un determinado dispositivo.

Por tanto, el uso de esta tecnología y su implementación en entornos patrimoniales, concretamente el arqueológico, ofrecen niveles de conocimiento mayores que colaboran

en la difusión y puesta en valor del patrimonio, motivos por los cuales en el campo arqueológico se han realizado numerosas experiencias e investigaciones que han sido presentadas en los diferentes congresos durante los últimos años de la presente década, evidenciando el valor que está adquiriendo su aplicación en este tipo de entornos.

Por otra parte, las posibilidades de la realidad aumentada dentro del campo arqueológico han sido ya puestas en práctica en varias experiencias que han sido comentadas en este capítulo, sin embargo se trata de proyectos que no han tenido continuidad más allá de las mismas. El mirador de realidad aumentada desarrollado por *Arpa-Solutions*, surge con la intención de formar parte integrante de un yacimiento e implantar esta tecnología de una forma práctica en contextos reales.

Existen otros ámbitos del patrimonio histórico en los que la realidad aumentada también ha presentado novedades importantes en combinación con otras técnicas que ofrecen un desarrollo importante para el futuro de esta tecnología según se ha constatado a través del estudio de los casos concretos dentro del presente trabajo. Se trata de las reconstrucciones virtuales tridimensionales realizadas a partir de técnicas fotogramétricas que actualmente han encontrado en el campo de la restauración y conservación una gran aplicabilidad. La tarea consiste en realizar modelos tridimensionales fieles al original a través de técnicas como el escáner láser terrestre 3D, junto con una exhaustiva documentación de imágenes digitales. Esos modelos son utilizados con el fin de documentar la obra artística, y realizar

operaciones previas a una intervención sobre el modelo tridimensional. Esas réplicas virtuales tienen la posibilidad de ser utilizadas para aplicaciones de realidad aumentada, contribuyendo a la difusión y puesta en valor de los conocimientos históricos-artísticos derivados de investigaciones previas. Gracias a esta tecnología es posible observar un estado anterior de la obra o elementos que ya han desaparecido gracias a su copia o reconstrucción virtual, superpuesta a la obra original recreando un estado anterior. El ensayo presentado por la Universidad Politécnica de Valencia ofrece un buen ejemplo de este planteamiento y resulta paradigmático dentro de las experiencias realizadas en entornos patrimoniales no arqueológicos al utilizar la Capilla Mayor de la Catedral de Valencia. También se han encontrado casos en los que esa relación entre estudio científico y difusión patrimonial ha tenido lugar mediante aplicaciones de realidad aumentada como el proyecto sobre el Patrimonio Molinar Eólico Andaluz, en los que se ha observado cómo los actuales trabajos de documentación son válidos para utilizarse en aplicaciones de este tipo, con el fin de ofrecer al público interpretaciones del patrimonio que en cualquier caso no trascenderían del ámbito académico.

Respecto al ensayo realizado en la Capilla Mayor de la Catedral de Valencia, podemos extraer que la realidad aumentada también juega un papel importante en la llamada teoría de la restauración siendo una alternativa que permitiría resolver de alguna forma aquellos problemas derivados de la cuestión planteada ya en el siglo XIX de conservar o restaurar. En ambos casos, la utilización de dicha tecnología resulta ser una opción factible y

acertada, ya que en todo momento se presta especial atención al objeto cultural, además de ser un procedimiento respetuoso con la obra original al tratarse de una técnica no intrusiva y basada en los trabajos de intervenciones anteriores como en el caso de la restauración, o en datos obtenidos por estudios histórico-artísticos si se optara por la conservación. Así, en cuanto a una determinada intervención que consistiera en una restauración en la que se primara un estado anterior de la obra, sería posible, ante la pérdida de la llamada instancia histórica, documentarla previamente al proceso de eliminación a través de las nuevas técnicas infográficas, obteniendo modelos fotorrealísticos tridimensionales fieles a la obra original antes de proceder a su eliminación. La realidad aumentada permitiría traer al presente ese estado de la obra desaparecida, o incluso aquellos que hubiesen sido documentados gracias a las investigaciones histórico-artísticas, para poder recrear esos elementos desaparecidos en el mismo lugar en el que se encontraban y con un gran nivel de realismo. La obra original presente siempre permanece inalterada, mientras que la tecnología nos ofrece la posibilidad de enriquecer el contenido que nos puede transmitir y en definitiva, potenciar la puesta en valor y la difusión del patrimonio cultural.

También, asociado a los entornos patrimoniales, se encuentra el sector del turismo en su vertiente cultural, que representa uno de los principales promotores de la implantación de aplicaciones de realidad aumentada con la reciente adaptación a teléfonos móviles. Estos

permiten crear itinerarios turísticos con un carácter personal en el que se accede a una gran cantidad de información multimedia, superando a las guías de viajes tradicionales. Igualmente, los miradores turísticos han sido objeto de diferentes proyectos con la intención de aplicar esta tecnología, con el fin de ofrecer un mayor número de recursos y como método de promoción turística a través de puntos de interés sobre el patrimonio cultural o natural y sobre la imagen panorámica que se observa desde estos enclaves.

Considerando estos proyectos y aplicaciones de realidad aumentada en el ámbito patrimonial, se ha de tener en cuenta que ésta representa una herramienta de gran potencial para la difusión y puesta en valor principalmente, aunque también lleva asociados otro tipo de funciones que han sido desarrolladas paralelamente a la implantación de esta tecnología en estas áreas de conocimiento abarcando la conservación, la restauración, y la accesibilidad, que añaden nuevas posibilidades a las mencionadas en mayor o menor medida. Estas aplicaciones tienen en común una premisa fundamental, que es servirse de los progresos de la ciencia y la tecnología, como un instrumento que permita expresar unos datos teóricos que se circunscriben al ámbito académico. Por otra parte, mediante la utilización de esta tecnología, de gran atractivo, es posible la difusión de los estudios e investigaciones que de otra forma quedarían dentro del marco estrictamente académico. En esta afirmación, y en las experiencias comentadas en esta tesis doctoral, la utilización de la tecnología no debe eclipsar esos contenidos que son

la fuente fundamental de su aplicación en entornos patrimoniales, sin dejar que la tecnología invada u oculte lo que se quiere definir.

No debemos olvidar en estas conclusiones el capítulo dedicado al campo de la creación artística, donde hemos podido corroborar cómo la realidad aumentada sugiere al artista un terreno de experimentación completamente nuevo, en el que conceptualizar sus ideas a través de un nuevo medio cuya novedad radica en la fusión de lo real y lo virtual.

En el campo del arte, esta tecnología se encuentra en la actualidad en un constante ciclo de ensayo debido a que goza de una gran versatilidad en cuanto a aplicaciones o interpretaciones se refiere. Algunas de ellas han sido analizadas en el presente texto relacionadas con la interacción y la acción lúdica del espectador como forma de interconexión entre el artista y éste, en la que también participa de la obra de arte. Otras muestran nuevas visiones de la realidad que, aunque con un componente generado por ordenador, generalmente se habían reducido a la contemplación pasiva y no a la experimentación en primera persona.

Los últimos años han sido cruciales en el desarrollo de la realidad aumentada como experiencia artística, estando presente en los certámenes internacionales de mayor renombre, así como otros a nivel nacional, en los que la presencia de la realidad aumentada tiene un hueco junto a otras técnicas ya consolidadas. No cabe duda que el camino a seguir llevará a considerarlo como un arte con entidad propia tras esta primera fase de

experimentación, al igual que su semejante el arte virtual, o incluso sobrepasando los límites de éste al aunar dos mundos de diferente naturaleza, el real y el virtual.

A este respecto también han comenzado a surgir algunos términos que están relacionados con esa consolidación de la realidad aumentada en el mundo del arte como pueden ser el de *Artist* para designar al artista cuyas obras participan de esta nueva tecnología, o la aparición del documento denominado *The AR Art Manifesto* siguiendo la estela de otras corrientes artísticas de vanguardia como fueron el futurismo, el dadaísmo o el surrealismo, donde se expresa reivindicativamente su vocación como grupo y/o movimiento.

En definitiva, la realidad aumentada sugiere al artista un campo de experimentación completamente nuevo, siendo para él un aliado en la creación de nuevas ideas, al igual que ya ocurrió con otros recursos digitales, como puede ser el vídeo, que actualmente gozan de un importante papel en la producción artística de vanguardia.

Podemos decir que la realidad aumentada más allá de sus planteamientos más puramente tecnológicos ha alcanzado dentro del campo del arte un importante protagonismo respecto a otras áreas de conocimiento. Así, frente a la definición más canónica del concepto, los desarrollos que han tenido lugar por obra de los artistas más vanguardistas, han aportado nuevas visiones que han hecho que la realidad aumentada tenga nuevas perspectivas y consideraciones.

Dentro de las actividades artísticas que se han analizado en el capítulo correspondiente, ha sido posible establecer una clasificación de esos nuevos planteamientos que representa la realidad aumentada.

En primer lugar encontramos las experiencias de lo que se denomina realidad mezclada, un concepto más amplio de realidad aumentada para designar el nivel de virtualidad que existe en entornos virtuales. En estos casos se ha planteado el concepto en el que la línea que separa la realidad de lo ficticio o virtual no queda bien delimitada y en el que la interacción con el espacio virtual se corresponde con el real y viceversa.

En segundo lugar, aquellas experiencias que se basan en la realidad aumentada espacial, en la que la fusión entre lo real y lo virtual se realiza mediante proyecciones de luz, modificando estructuras y volúmenes virtualmente, en la que los artistas juegan con la plasticidad de las formas ofreciendo nuevas estructuras y mundos irreales.

En tercer lugar, lo que pueden denominarse "obras aumentadas", que utilizan la tecnología de realidad aumentada en su sentido estricto de insertar objetos virtuales en el espacio real. En este caso es necesario la utilización de algún elemento de reconocimiento como puede ser un marcador o a través de técnicas de reconocimiento de rasgos naturales, para ubicar el objeto virtual en un escenario real. Aquí es posible manipular la obra virtual, aunque de manera ficticia, como si fuera un objeto real.

Gracias a esa potencialidad innata que presenta esta nueva tecnología, los ensayos e interpretaciones de la obra aumentada encuentran una nueva dimensión en la que el proceso creativo, la reinterpretación, la interacción y el componente activista adquieren nuevas dimensiones convirtiéndose en un elemento activo en la práctica del arte.

No cabe duda que el camino a seguir llevará a considerarlo como un arte con entidad propia tras esta primera fase de experimentación, al igual que su semejante el arte virtual, o incluso sobrepasando los límites de éste al aunar dos mundos de diferente naturaleza, el real y el virtual.

Tampoco debe olvidarse la consolidación de nuevos términos y conceptos relacionados con el uso de la realidad aumentada en el campo del arte que también manifiestan el importante camino a seguir del que comienza a denominarse el *AR Art*. La figura del ente creador que además de visionar unas ideas a través del nuevo medio, actúa de emisor para un público participativo, dadas las características de interacción de este arte, hacen considerar al *Artist* como el principal aliado para la consecución de la realidad aumentada como una nueva forma de arte.

Podemos decir que esta nueva tecnología ofrece experiencias sensoriales en las que los límites del mundo real y el mundo virtual quedan interrelacionados, permitiendo también una nueva interpretación creativa en la que la obra real y la obra digital se combinan para formar una sola, obteniendo una "obra aumentada" paralela a ambos mundos donde la percepción y la imaginación juegan un mismo papel.

Por último hacer mención al último capítulo de esta tesis doctoral dedicado a aquellas empresas y centros que colaboran en la implantación de la tecnología de realidad aumentada en entornos patrimoniales, y que han encontrado en esta vertiente un amplio rango de posibilidades.

Una de las pautas observadas ha sido un viraje hacia propuestas en las que se desarrollan soluciones con realidad aumentada, incrementando su número e incluyendo proyectos a mayor escala. Muchas de estas empresas se han especializado en realidad aumentada como son *Arpa-Solutions*, *Metaio*, *Total Immersion* o *YDreams*, pero otras que nacieron con otros objetivos más amplios y referidos a las nuevas tecnologías, han abordado con más amplitud los proyectos sobre esta tecnología. También se ha observado que destinadas al sector turístico y cultural, ha habido un incremento de propuestas que ha incentivado a una mayor demanda por parte de otras instituciones similares.

Puede decirse que muchas de las empresas que recogemos en el citado capítulo de esta tesis se encuentran asociadas o han surgido a partir de centros de investigación en los que esta tecnología ha tenido un papel protagonista entre los que podemos citar *MindSpace* que surge en relación al HIT Lab de Nueva Zelanda o *VILAU Media* que surgió como parte

integrante del grupo internacional *INI-GraphicsNet* de la red investigadora alemana *Fraunhofer*.

En otros casos las empresas se encuentran en enclaves excepcionales para la promoción y desarrollo de nuevas investigaciones y proyectos como son los parques tecnológicos. Así la empresa *Arpa-Solution* se sitúa dentro del Parque Tecnológico de Andalucía, o el centro tecnológico *Tecnalia*, asesor y proveedor de varios de los proyectos con realidad aumentada, que se ubica en el Parque Tecnológico de Bizcaia.

También habría que mencionar respecto al desarrollo de empresas y centros relacionados con realidad aumentada, que éstos se hayan circunscritos a las regiones más desarrolladas. Poniendo como ejemplo el caso español, se ha podido constatar que éstas se corresponden con la región del País Vasco principalmente, la zona catalana y Valencia, y el caso de la provincia de Málaga. Éstos constituyen epicentros que han abordado la investigación y plasmación de la tecnología de realidad aumentada a través de su labor dentro de instituciones académicas o de empresas instaladas en esas regiones. Sin embargo, en cuanto a la aplicación de esta tecnología, sí existe una amplitud mayor encontrando experiencias repartidas por toda la geografía española, aunque los focos de innovación estén demarcados por las áreas más desarrolladas.

A modo de conclusión final, es evidente la eficacia y aplicabilidad de la realidad aumentada dentro del ámbito artístico-cultural, en un momento de plena eclosión de la misma dentro de los mismos, que sólo nos permite ver la "superficie del iceberg", en alusión a la proyección que tendrá en los años siguientes. Las limitaciones que hemos encontrado se refieren a elementos de tipo tecnológico que sin duda serán resueltos paralelamente a los avances científicos, pero el concepto que se transmite con la realidad aumentada, ofrece grandes posibilidades: observar el patrimonio cultural con una nueva óptica, en la que prima la variedad del discurso interpretativo, y en definitiva el conocimiento y puesta en valor del mismo. La labor más importante desde nuestra disciplina referente a la realidad aumentada será la de transmitir la necesidad que presentan desde nuestra perspectiva esos entornos patrimoniales, con el objetivo de que los instrumentos aportados por la ciencia nos permitan acceder a un conocimiento más amplio y diversificado.

BIBLIOGRAFÍA GENERAL

- ALCALÁ, J. R. (2001): «El museo ante el reto de las nuevas tecnologías en el siglo XXI», *Binaria: Revista de comunicación, cultura y tecnología*, nº 1.
- ALCALÁ, J. R. (2003): «Arte y nuevas tecnologías en el siglo XXI. Museo de arte vs centro de arte contemporáneo. Producir y coleccionar (no) obras de arte actual», en J. P. Lorente (dir.) y V. D. Almazán (coord.), *Museología crítica y arte contemporáneo*, Zaragoza, Prensas Universitarias de Zaragoza, pp. 73 – 77.
- ALCALÁ, J. R. (2003): «Creación en Internet: los nuevos museos de arte», *PH: Boletín del Instituto Andaluz del Patrimonio Histórico*, nº 46, pp. 61 67.
- ANDERSON, M. L. (2010): «El museo y las nuevas tecnologías», en P. Montebello (edit.), *El Museo, hoy y mañana*, Madrid, Museo Nacional del Prado, pp. 139 - 158.
- ARCINIEGA, L. Y FRANCO B. (2012): «El impacto de las nuevas tecnologías en la innovación docente: la creación de un espacio colaborativo *on line* y la recepción por parte del alumnado», en F. R. Durán, R. López, M. C. Saavedra, J. A. Sánchez, y M. Villarino (coord.), *Innovación metodológica y docente en historia, arte y geografía [Recurso electrónico] - Actas Congreso Internacional, Santiago de Compostela, 7-9 de septiembre de 2011*, Santiago de Compostela: Universidad, pp. 1121 - 1127.

- ASENJO, E. Y CAMACHO, R. (2006): «Introducción al curso "Las ciudades históricas del Mediterráneo": el sector turístico, la dinamización cultural y las nuevas tecnologías aplicadas al Patrimonio Cultural», en E. Asenjo y R. Camacho (coord.), *Las ciudades históricas del Mediterráneo: el sector turístico, la dinamización cultural y las nuevas tecnologías aplicadas al Patrimonio Cultural*, Málaga, Universidad, pp. 1 – 10.
- BAENA J. M., CAMARILLO M. J., DOMINGUEZ F. M., FERNÁNDEZ M^a I. (2007): «Las nuevas tecnologías y el aprendizaje del Patrimonio Histórico: La reconstrucción virtual de edificios como instrumento educativo», *Ben Baso: revista de la Asociación de Profesores para la Difusión y Protección del Patrimonio*, nº 16, pp. 33 – 35.
- BELLIDO, M. L. (1997): «Nuevas perspectivas en la musealización del patrimonio: los museos virtuales», en M. L. Bellido y F. Castro (eds.), *Patrimonio, museos y turismo cultural, claves para la gestión de un nuevo concepto de ocio: actas del curso celebrado en el marco de los Seminarios "Fons Mellaria 1997" (Fuente Obejuna, Córdoba, 21-15 de julio)*, Córdoba, Universidad, pp. 163 – 175.
- BELLIDO, M. L. (1997): «Patrimonio Cultural en Internet: Diseñando un modelo alternativo», *Mérida. Ciudad y patrimonio: Revista de arqueología, arte y urbanismo*, nº 6, pp. 33 – 45.
- BELLIDO, M. L. (2001): *Arte, museos y nuevas tecnologías*, Gijón, Trea.

- BELLIDO, M. L. (2003): «Arte digitalizado y arte digital: las manifestaciones artísticas en la era digital», *Ars longa: cuadernos de arte*, nº. 12, pp. 129 – 132.
- BELLIDO, M. L. (2003): «Museos virtuales y digitales», *RdM. Revista de Museología: Publicación científica al servicio de la comunidad museológica*, nº 21, pp. 41 - 47.
- BELLIDO, M. L. (2005): «Museos y arte digital», *Mus-A: Revista de los museos de Andalucía*, nº. 5, pp. 31 – 33.
- BELLIDO, M. L. (2006): «Los itinerarios culturales en internet», *PH: Boletín del Instituto Andaluz del Patrimonio Histórico*, nº 60, pp. 48 – 51.
- BELLIDO, M. L. (2008): *Difusión del patrimonio cultural y nuevas tecnologías*, Sevilla, Universidad Internacional de Andalucía.
- BELLIDO, M. L. (ed.) (2007): *Aprendiendo de Latinoamérica. El museo como protagonista*, Gijón, Trea.
- BIMBER, O., y RASKAR, R. (2005): *Spatial augmented reality: merging real and virtual worlds*, Wellesley, Mass.: A K Peters.
- CAMERON, F., y KENDERDINE, S. (eds.) (2007): *Theorizing digital cultural heritage: a critical discourse*, Cambridge, Mass., MIT Press.
- CAMPILLO, R. (2010): «La necesidad de aplicar las nuevas tecnologías al patrimonio cultural histórico: productos e innovaciones», en J. J. Rivera (coord.), *VI Congreso Internacional "Restaurar la Memoria": La gestión del patrimonio: hacia un*

planteamiento sostenible, 31 de octubre, 1 y 2 de noviembre de 2008, Valladolid, España, vol. 2, Salamanca: Junta de Castilla y León, pp. 695 – 698.

- CARRERAS, C. (2005): «El estudio sobre el impacto de las nuevas tecnologías en el público de los museos», *Mus-A: Revista de los museos de Andalucía*, nº 5, pp. 39 – 42.
- CARRERAS, C. (2005): «Los proyectos de educación en museos a través de las nuevas tecnologías», *Mus-A: Revista de los museos de Andalucía*, nº 5, pp. 34 – 38.
- CARRERAS, C. (2009): *Evaluación TIC en el patrimonio cultural: metodologías y estudio de casos*, Barcelona, Universitat Oberta de Catalunya.
- CARRERAS, C. (ed.) (2009): *Patrimonio cultural y tecnologías de la información y la comunicación: a la búsqueda de nuevas fronteras*, Cartagena, Ayuntamiento, Concejalía de cultura.
- CARRERAS, C. y MUNILLA, G. (2005): *Patrimonio digital: un nuevo medio al servicio de las instituciones culturales*, Barcelona: Universitat Oberta de Catalunya.
- CASTILLA, P. (2012): «Nuevas tecnologías expositivas: entornos museísticos», *Telos: Cuadernos de comunicación e innovación*, nº 90, pp. 87 – 96.
- CASTILLO, J. (2007): «El futuro del Patrimonio Histórico: la patrimonialización del hombre», *E-rph: Revista electrónica de Patrimonio Histórico*, nº 1, disponible en

<<http://www.revistadepatrimonio.es/revistas/numero1/concepto/estudios/articulo.php>> [consultado: 17.11.2012].

- CASTILLO, J. (2007): «Los itinerarios culturales. Características y tipos. Principales experiencias nacionales e internacionales», *Cuadernos de arte de la Universidad de Granada*, nº 37, pp. 319 - 335.
- CASTILLO, J., CEJUDO, E. y ORTEGA, A. (eds.) (2009): *Patrimonio histórico y desarrollo territorial*, Sevilla, Universidad Internacional de Andalucía.
- CAWOOD, S., y FIALA, M. (2008): *Augmented reality: a practical guide*, Raleigh, N.C.: Pragmatic Bookshelf.
- CAWOOD, S., y FIALA, M. (2008): *Augmented reality: a practical guide*, Raleigh, N.C.: Pragmatic Bookshelf.
- COLORADO, A. (2003): «La obra de arte en la era de su digitalización», *Anuario de la Universidad Internacional SEK*, nº 8, pp. 35 - 42.
- COLORADO, A. (2003): «Nuevos lenguajes para la difusión del patrimonio cultural», *PH: Boletín del Instituto Andaluz del Patrimonio Histórico*, nº 46, pp. 42 – 48.
- COLORADO, A. (2010): «Perspectivas de la cultura digital», *Zer: Revista de estudios de comunicación*, nº 28, pp. 103 – 115.

- COLORADO, A. y CARRERAS, C. (2010): «Estado de la cuestión de la investigación sobre patrimonio digital en España», *Museo y territorio*, nº. 2-3, pp. 27 – 36.
- DELOCHE, B. (2003): *El museo virtual: hacia una ética de las nuevas imágenes*, Gijón, Trea.
- ESPONA, P. (2005): «Presente y futuro de las TIC en la gestión del Patrimonio Cultural», *Museo: Revista de la Asociación Profesional de Museólogos de España*, nº 10, pp. 271 – 283.
- GIANOTTI, C. (coord.) (2005): *Desarrollo metodológico y aplicación de nuevas tecnologías para la gestión integral del patrimonio arqueológico en Uruguay*, Santiago de Compostela, Instituto Padre Sarmiento de Estudios Gallegos.
- GÓMEZ, L. y QUIROSA, M. V. (2009): «Nuevas tecnologías para difundir el Patrimonio Cultural: las reconstrucciones virtuales en España», *E-rph: Revista electrónica de Patrimonio Histórico*, nº 4, disponible en <http://www.revistadepatrimonio.es/revistas/numero4/estudiosgenerales/estudios/articulo3.php> [consultado: 16.11.2012].
- GRAU, O. (2003): *Virtual art: from illusion to immersion*, Cambridge, Mass., MIT Press.
- HAINICH, R. (2010): *The end of hardware: augmented reality and beyond*, [S. l.]: Springer.

- HEMSLEY, J., CAPPELLINI, V., y STANKE, G. (eds) (2005): *Digital applications for cultural and heritage institutions*, Aldershot, Ashgate.
- HENARES, I. L. (dir.) (2010): *La protección del Patrimonio Histórico en la España democrática*, Granada, Fundación Caja Madrid y Universidad.
- HERNÁNDEZ, F.X. y ROJO, M. C. (coord.) (2012): *Museografía didáctica e interpretación de espacios arqueológicos*, Gijón, Trea.
- MARRA A. M^a, TEIXIDOR, E., MENDOZA, M., GRANDE, F. (2002): «Aplicación de las nuevas tecnologías en la divulgación del patrimonio», *Mérida. Ciudad y patrimonio: revista de arqueología, arte y urbanismo*, nº 6, pp. 275 – 278.
- MARTÍN, J. M. (2010): «Participación social y nuevas tecnologías: el observatorio del patrimonio histórico español», en I. L. Henares (coord.), *La protección del patrimonio histórico en la España democrática*, Granada, Universidad, pp. 319 - 338.
- MINGQUAN, Z. GENG, G., y WU, Z. (2012): *Digital Preservation Technology for Cultural Heritage*, Berlin-Heidelberg, Springer.
- MONTANER, J. M. (2003): *Museos para el siglo XXI*, Barcelona, Gustavo Gili.
- MORA, J. (2009): *La interfaz hipermedia: el paradigma de la comunicación interactiva*, Madrid: Autor.
- MORENO I. (2002): *Musas y nuevas tecnologías: el relato hipermedia*, Barcelona: Paidós.

- MORENO I. (2005): «Nuevas tecnologías, nuevas formas de difusión del conocimiento», *Museo: Revista de la Asociación Profesional de Museólogos de España*, nº 10, pp. 233 – 243.
- MORENO I. (2007): «El lenguaje multimedia de museos y exposiciones y sus posibilidades didácticas», en J. I. Aguaded (coord.), *Los lenguajes de las pantallas: del cine al ordenador*, Madrid, Instituto Superior de Formación del Profesorado, pp. 141 - 164.
- MULLEN, T. (2012): *Realidad aumentada: crea tus propias aplicaciones*, Madrid, Anaya Multimedia.
- MUNILLA, G. y CARRERAS, C. (2002): «Tecnologías de la Información y la Comunicación, museos y patrimonio», *RdM. Revista de Museología: Publicación científica al servicio de la comunidad museológica*, nº. 24-25, pp. 44 – 60.
- MUNILLA, G., SOLANILLA, L., CARRERAS, C. (2003): «Museos on-line: nuevas prácticas en el mundo de la cultura», *PH: Boletín del Instituto Andaluz del Patrimonio Histórico*, nº 46, pp. 68 – 78.
- OLMO J. C., DELGADO, A., PASADAS, M., MÁRQUEZ, M. L., HENARES, I. L., ISAC, A. BURGOS, A., SEGARRA, S. Y DELGADO, E. (2010): «Adquisición de competencias interdisciplinares en el espacio europeo de educación superior (E.E.E.S): la expresión gráfica computacional en arquitectura, arte e ingeniería»

- en M. Pasadas (coord.), *Actas de las I Jornadas sobre Innovación Docente y Adaptación al EEES en las Titulaciones Técnicas*, pp. 195 – 198.
- Padilla A., Águila A. R. del, Garrido, A. (2012): «Nuevas tecnologías en la gestión del patrimonio cultural: innovación en los museos mediante la creación de valor en internet», en A. Peinado (coord.), *I Congreso Internacional "El patrimonio cultural y natural como motor de desarrollo: investigación e innovación": [DVD]*, pp. 2299 – 2311.
 - PARRY, R. (2007): *Recoding the museum: digital heritage and the technologies of change*, London, Routledge.
 - PARRY, R. (ed.) (2010): *Museums in a digital age*, London, Routledge.
 - PAUL, C. (2003): *Digital art*, London, Thames & Hudson.
 - POPPER, F. (2007): *From technological to virtual art*, Cambridge, MIT Press.
 - RASCÓN, S. (2003): «El mundo en sus manos: o cómo utilizar las nuevas tecnologías en la difusión del patrimonio arqueológico», en J. Beltrán de Heredia e I. Fernández del Moral, *II Congreso Internacional sobre musealización de yacimientos arqueológicos: nuevos conceptos y estrategias de gestión y comunicación*, Barcelona: Museu d'Història de la Ciutat, pp. 250 – 266.
 - RASCÓN, S. Y SÁNCHEZ, A. L. (2008): «Las nuevas tecnologías aplicadas a la didáctica del patrimonio», *Pulso: revista de educación*, nº 31, pp. 67 - 91.

- RICO, C. (coord.) (2009): *¿Cómo se cuelga un cuadro virtual?: las exposiciones en la era digital*, Gijón, Trea.
- RICO, L. (2004): «La difusión del patrimonio a través de las nuevas tecnologías: nuevos entornos para la educación patrimonial histórico-artística», en M. I. Vera y D. Pérez (coord.), *Formación de la ciudadanía: las TICs y los nuevos problemas*, Alicante, Asociación Universitaria de Profesores de Didáctica de las Ciencias Sociales, disponible en <<http://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/1448458.pdf>> [consultado: 15.11.2012].
- RODRÍGUEZ, N. (dir.) (2009): *Teoría y literatura artística en la sociedad digital: construcción y aplicabilidad de colecciones textuales informatizadas*, Gijón, Trea.
- RODRÍGUEZ, N. (2010): «La cultura histórico-artística y la historia del arte en la sociedad digital. Una reflexión crítica sobre los modos de hacer historia del arte en un nuevo contexto», *Museo y territorio*, nº 2-3, pp. 9 – 26.
- RODRÍGUEZ, N. (2011): «Discursos y narrativas digitales desde la perspectiva de la museología crítica», *Museo y territorio*, nº 4, pp. 14 – 29.
- SANTACANA, J. Y MARTÍN, C. (coord.) (2010): *Manual de museografía interactiva*, Gijón, Trea.
- TRIBE, M., JANA, R., y GROSENICK, U. (eds.) (2009): *Arte y nuevas tecnologías*, Köln, Taschen.

- TRIGO, A. M. (2010): *Arte y museos en internet: cómo acercar el arte y las nuevas tecnologías a los humanistas del siglo XXI*, Las Rozas de Madrid, Creaciones Copyright.
- TUBAU, D. (2011): *El guión del siglo 21: el futuro de la narrativa en el mundo digital*, Barcelona, Alba.
- VELTMAN, K. H. (2003): «Desafíos de la aplicación de las TIC al patrimonio cultural», *PH: Boletín del Instituto Andaluz del Patrimonio Histórico*, nº 46, pp. 26 – 40.
- VELTMAN, K. H. (2005): «Desafíos en las aplicaciones de las TIC/TCU en el patrimonio cultural», *Digithum: las humanidades en la era digital*, nº 7, disponible en <http://www.uoc.edu/digithum/7/dt/eng/veltman.pdf> [consultado: 14.12.2012].

ANEXOS

| ANEXO 1.1 – RELACIÓN DE APLICACIONES DE REALIDAD AUMENTADA EN ESPACIOS EXPOSITIVOS BASADAS EN EL USO DE DISPOSITIVOS PORTÁTILES | | | | |
|---|--|-----------------------------------|--|---|
| Aplicación | Técnicas de reconocimiento | Dispositivo | Interacción | Software |
| Meta-museo | reconocimiento | HMD de vídeo | Dispositivos de bajo coste | Librería de marcas |
| Sistema NaviCam | Reconocimiento de marcas | Palmtop (microordenador portable) | Dispositivos de bajo coste | Librería de marcas |
| Mobile Augmented Reality Quest (MARQ) | Reconocimiento de marcas | PDA's | Dispositivos de bajo coste, colaborativa | Librería de marcas |
| Museo de Bellas Artes de Rennes | Reconocimiento de rasgos naturales - mapping | UMPC (PC ultra móvil) | Dispositivos de bajo coste | Librería de marcas |
| MARCH (Mobile Augmented Reality for Cultural Heritage) | Reconocimiento de marcas | Teléfono móvil | Dispositivos de bajo coste | Librería de marcas |
| Rome Reborn | Reconocimiento de marcas | UMPC (PC ultra móvil) | Dispositivos de bajo coste | <i>Cultural Heritage Layers</i> |
| Allard Pierson Museum de Amsterdam | Reconocimiento de rasgos naturales - mapping | UMPC (PC ultra móvil) | Dispositivos de bajo coste | <i>Cultural Heritage Layers</i> |
| Museo de Historia Natural de la Universidad de Oxford | Reconocimiento de rasgos naturales - mapping | Dispositivo portátil | Dispositivos de bajo coste | <i>PTAMM (Parallel Tracking and Multiple Mapping)</i> |

| | | | | |
|---|--|----------------------------------|----------------------------------|-------------------------|
| Stedelijk Museum de Amsterdam | Geoposicionamiento | <i>Smartphones / tablets</i> | Dispositivos de bajo coste | <i>Layar</i> |
| Streetmuseum | Geoposicionamiento | <i>Smartphones / tablets</i> | Dispositivos de bajo coste | Google App |
| «eFlors» | Geoposicionamiento | <i>Smartphones / tablets</i> | Dispositivos de bajo coste | <i>Layar</i> |
| [Exposición] Hello World! Del Paisatge Virtual a la Realitat Augmentada | Geoposicionamiento | <i>Smartphones / tablets</i> | Dispositivos de bajo coste | <i>Layar</i> |
| [Exposición] Terracotta Warriors: | Reconocimiento de marcas | <i>Smartphones / tablets</i> | Dispositivos de bajo coste | Librería de marcas |
| Museo de Arte Precolombino e Indígena (MAPI) | Reconocimiento de marcas | <i>Smartphones / tablets</i> | Dispositivos de bajo coste | <i>Layar visual</i> |
| Museo Nacional de Bellas Artes de Río de Janeiro | Reconocimiento de marcas | <i>Smartphones / tablets</i> | Dispositivos de bajo coste | Librería de marcas |
| Sukiennice Museum | Reconocimiento de marcas | <i>iPod</i> | Dispositivos de bajo coste | Librería de marcas |
| [Exposición] Mar de fons | Reconocimiento de rasgos naturales - mapping | <i>Smartphones / tablets</i> | Dispositivos de bajo coste | Propio |
| [Exposición] Tutankhamón. Historia de un descubrimiento. | Geoposicionamiento | <i>Smartphones / tablets</i> | Dispositivos de bajo coste | <i>Layar</i> |
| [Exposición] Lux in Arcana | Geoposicionamiento | <i>Smartphones / tablets</i> | Dispositivos de bajo coste | Propio |

| | | | | |
|--|---|----------------------|----------------------------|--------|
| [Exhibición] <i>Ultimate Dinosaurs: Giants from Gondwana</i> | Reconocimiento de rasgos naturales - mapping / marcas | <i>iPhone o iPad</i> | Dispositivos de bajo coste | Propio |
| <i>Natural History Museum de Londres</i> | Reconocimiento de rasgos naturales - mapping | Dispositivo portátil | Dispositivos de bajo coste | Propio |
| Proyecto ARtSENSE | Reconocimiento de rasgos naturales - mapping | HMD | Multimodal | Propio |
| Centro interpretación Calle del Agua | Reconocimiento de rasgos naturales - mapping? | Dispositivo portátil | Dispositivos de bajo coste | DARAM® |

| ANEXO 1.2 – RELACIÓN DE APLICACIONES DE REALIDAD AUMENTADA EN ESPACIOS EXPOSITIVOS BASADAS EN EL USO DE MARCAS | | | | |
|--|----------------------------|-------------------|------------------------------|--------------------|
| Aplicación | Técnicas de reconocimiento | Dispositivo | Interacción | Software |
| <i>S.O.L.A.R.</i> | Reconocimiento de marcas | Cámara y pantalla | Interfaz tangible de usuario | <i>ARToolKit</i> |
| <i>AR Volcano Kiosk</i> | Reconocimiento de marcas | Cámara y pantalla | Interfaz tangible de usuario | <i>ARToolKit</i> |
| Proyecto ARCO | Reconocimiento de marcas | Cámara y pantalla | Interfaz tangible de usuario | <i>ARToolKit</i> |
| [Exposición] <i>¡Fuego!</i> | Reconocimiento de marcas | Cámara y pantalla | Metáfora del espejo mágico | Librería de marcas |
| Aplicación SIAMA I | Reconocimiento de marcas | Cámara y pantalla | Interfaz tangible de usuario | <i>ARToolKit</i> |
| Aplicación SIAMA II | Reconocimiento de marcas | Cámara y pantalla | Interfaz tangible de usuario | <i>ARToolKit</i> |
| Museo Arqueológico de Campeche (México) | Reconocimiento de marcas | HMD | Interfaz tangible de usuario | Librería de marcas |
| Museo de la Autonomía de Andalucía | Reconocimiento de marcas | Cámara y pantalla | Interfaz tangible de usuario | DARAM® |
| Centro de Interpretación de la Orden Militar de Calatrava (CIOMC) | Reconocimiento de marcas | Cámara y pantalla | Interfaz tangible de usuario | DARAM® |
| Centro de Interpretación de la Tecnología - BTEK | Reconocimiento de marcas | Cámara y pantalla | Interfaz tangible de usuario | Librería de marcas |

| | | | | |
|--|--------------------------|-------------------|------------------------------|--------------------|
| Museo Virtual de la Informática | Reconocimiento de marcas | Cámara y pantalla | Interfaz tangible de usuario | <i>ARToolKit</i> |
| [Exposición] Pórtico de la Gloria Virtual | Reconocimiento de marcas | Cámara y pantalla | Interfaz tangible de usuario | Librería de marcas |
| [Exposición] 125 Aniversario Unicaja | Reconocimiento de marcas | Cámara y pantalla | Interfaz tangible de usuario | Librería de marcas |
| [Exposición] La Cápsula del Tiempo... | Reconocimiento de marcas | Cámara y pantalla | Interfaz tangible de usuario | Librería de marcas |
| [Exposición] Valencia, tierra de comarcas: diálogos con el territorio | Reconocimiento de marcas | Cámara y pantalla | Metáfora del espejo mágico | Librería de marcas |
| Museo de sitio de la zona arqueológica de Xochicalco | Reconocimiento de marcas | Cámara y pantalla | Interfaz tangible de usuario | Librería de marcas |
| [Exposición] Senna Emotion | Reconocimiento de marcas | Cámara y pantalla | Interfaz tangible de usuario | Librería de marcas |
| Museo Interactivo Mirador (MIM), Santiago de Chile | Reconocimiento de marcas | Cámara y pantalla | Interfaz tangible de usuario | Librería de marcas |
| Módulo Lonja de la Seda de Valencia | Reconocimiento de marcas | Cámara y pantalla | Interfaz tangible de usuario | Librería de marcas |
| [Exposición] Art i Mort al Montgó. La Cova del Barranc del Migdia | Reconocimiento de marcas | Cámara y pantalla | Interfaz tangible de usuario | Librería de marcas |

| | | | | |
|---|--------------------------|-------------------|------------------------------|--------|
| Museo Jurásico de Asturias | Reconocimiento de marcas | Cámara y pantalla | Interfaz tangible de usuario | Propio |
| <i>Natural History Museum</i> de Londres | Reconocimiento de marcas | Cámara y pantalla | Interfaz tangible de usuario | Propio |
| Portal argentino <i>educ.ar</i> | Reconocimiento de marcas | Cámara y pantalla | Interfaz tangible de usuario | Propio |
| Red de museos virtuales - México | Reconocimiento de marcas | Cámara y pantalla | Interfaz tangible de usuario | Propio |

| ANEXO 1.3 – RELACIÓN DE APLICACIONES DE REALIDAD AUMENTADA EN ESPACIOS EXPOSITIVOS BASADAS EN REPRESENTACIONES VIRTUALES | | | | |
|--|---|---|-------------|---------------------------------|
| Aplicación | Técnicas de reconocimiento | Dispositivo | Interacción | Software |
| <i>Virtual Showcase</i> | Reconocimiento de rasgos naturales - mapping | <i>Displays</i> espacial óptico / gafas en 3D | Navegación | Propio |
| [Exposición] <i>Dino Digs</i> | Reconocimiento de rasgos naturales - mapping | Módulo con pantalla y cámara | Navegación | Propio |
| Museo de Canterbury | Reconocimiento de rasgos naturales - mapping / geoposicionamiento | <i>Digital Binocular Station</i> | Navegación | Propio |
| <i>Voyager New Zealand Maritime Museum</i> | Reconocimiento de rasgos naturales - mapping / geoposicionamiento | Módulo con pantalla y cámara | Navegación | Propio |
| <i>Allard Pierson Museum</i> | Reconocimiento de rasgos naturales - mapping / geoposicionamiento | Módulo con pantalla y cámara | Navegación | <i>Cultural Heritage Layers</i> |
| Museo Arqueológico Municipal de Cartagena | Reconocimiento de rasgos naturales - mapping / geoposicionamiento | Módulo con pantalla y cámara | Navegación | Propio |
| Centro de Visitantes «El Faro» | Geoposicionamiento | Módulo con pantalla y cámara | Navegación | Propio |
| Proyecto PATRAC | Geoposicionamiento | HMD | Navegación | Propio |
| Estación interactiva ARAGON | Geoposicionamiento | Módulo con pantalla y cámara | Navegación | Propio |
| Museo de la Evolución Humana | Geoposicionamiento | Módulo con pantalla y cámara | Navegación | Propio |

| | | | | |
|---|--------------------|------------------------------------|------------|--------|
| Centro interpretación Calle del Agua | Geoposicionamiento | Módulo con pantalla y cámara | Navegación | DARAM® |
|---|--------------------|------------------------------------|------------|--------|

| ANEXO 2 – RELACIÓN DE APLICACIONES DE REALIDAD AUMENTADA EN ESPACIOS PATRIMONIALES | | | | |
|--|---|--|----------------------------|---------------------------------|
| Aplicación | Técnicas de reconocimiento | Dispositivo | Interacción | Software |
| ARCHEOGUIDE | Reconocimiento de rasgos naturales - mapping / geoposicionamiento | HMD | Navegación | Propio |
| LIFEPLUS | Reconocimiento de rasgos naturales - mapping / geoposicionamiento | HMD | Navegación | Propio |
| ENAME 974 | Reconocimiento de rasgos naturales - mapping | Kiosco con módulo de pantalla y cámara | Navegación | Propio |
| Augurscope | Geoposicionamiento | Display con cámara y GPS | Navegación | Propio |
| Yacimiento arqueológico Els Vilars | Geoposicionamiento | Smartphones / tablets | Dispositivos de bajo coste | Propio |
| Yacimiento arqueológico Numancia | Geoposicionamiento | Binoculares de realidad aumentada | Navegación | Propio |
| Proyecto PRISMA | Geoposicionamiento | HMD fijado a un visor | Navegación | Propio |
| Innoview AR | Geoposicionamiento | Binoculares de realidad aumentada | Navegación | Propio |
| Virtual Sightseeing | Geoposicionamiento | Binoculares de realidad aumentada | Navegación | Propio |
| Proyecto iTACITUS | Reconocimiento de rasgos naturales - mapping | PC Ultramóvil | Navegación | <i>Cultural Heritage Layers</i> |
| 20 Years since the Fall of the Berlin Wall | Reconocimiento de rasgos naturales - mapping | PC Ultramóvil | Navegación | <i>Cultural Heritage Layers</i> |

| | | | | |
|--|--|------------------------------|------------|------------------------------|
| Capilla mayor de la Catedral de Valencia | Reconocimiento de rasgos naturales - mapping | HMD | Navegación | Librerías Bazar |
| <i>UrbanMix</i> | Geoposicionamiento | HMD | Navegación | Propio |
| <i>PortableAR</i> | Reconocimiento de marcas | <i>Smartphones / tablets</i> | Navegación | Propio |
| Patrimonio Histórico Molinar Eólico Andaluz | Reconocimiento de marcas | Cámara y pantalla | Navegación | Librerías <i>FLARToolkit</i> |
| Plataforma RASMAP | Reconocimiento de marcas | PC Ultramóvil | Navegación | Propio |

| ANEXO 3 – RELACIÓN DE OBRAS ARTÍSTICAS CON REALIDAD AUMENTADA | | | | |
|---|---|------------------------------|--|--------------------|
| Obra | Técnicas de reconocimiento | Dispositivo | Interacción | Software |
| <i>Le Artist</i> | Reconocimiento de marcas | Cámara y pantalla | Interfaz tangible de usuario | Librería de marcas |
| <i>Branch on Branch v3.1</i> | Reconocimiento de marcas | Cámara y pantalla | Interfaz tangible de usuario | Librería de marcas |
| <i>Tagged in motion</i> | Reconocimiento de marcas | HMD | Interfaz tangible de usuario | Librería de marcas |
| <i>Konstruct</i> | Reconocimiento de marcas | <i>Smartphones / tablets</i> | Dispositivos de bajo coste | Propio |
| <i>Project Paperclip</i> | Paisajes sonoros | <i>iPhone</i> | Navegación | Propio |
| <i>Hallucinatory AR</i> | Reconocimiento de marcas | <i>Display de vídeo</i> | Navegación | Propio |
| <i>FrustratAR</i> | Reconocimiento de marcas | <i>Smartphones / tablets</i> | Dispositivos de bajo coste | Propio |
| <i>Biggâr</i> | Geoposicionamiento | <i>Smartphones / tablets</i> | Dispositivos de bajo coste - interacción | <i>Layar</i> |
| <i>Monument #TLE-001</i> | Geoposicionamiento | <i>Smartphones / tablets</i> | Navegación | <i>Layar</i> |
| <i>AR Joiners</i> | Reconocimiento de marcas | <i>Display de vídeo</i> | Navegación | Propio |
| <i>Eddie Murphy and Mae West: Return to Bushwick</i> | Geoposicionamiento | <i>Smartphones / tablets</i> | Navegación | <i>Layar</i> |
| <i>Metro-NeXt</i> | Geoposicionamiento | <i>Smartphones / tablets</i> | Navegación | <i>Layar</i> |
| <i>Frenchising Mona Lisa</i> | Reconocimiento de rasgos naturales - mapping / Geoposicionamiento | <i>Smartphones / tablets</i> | Navegación | Junaio |

| | | | | |
|---------------------------------------|---|---------------------------------|------------------------------|--------------------|
| <i>Great Firewall of China</i> | Geoposicionamiento | <i>Smartphones / tablets</i> | Navegación | <i>Layar</i> |
| <i>Walls to the people</i> | Reconocimiento de rasgos naturales - mapping / geoposicionamiento | <i>Smartphones / tablets</i> | Navegación | Junao |
| <i>Red Libre, Red Visible</i> | Reconocimiento de marcas | Cámara y pantalla | Navegación | Librería de marcas |
| <i>Observatorio</i> | Geoposicionamiento | Binocular de realidad aumentada | Navegación | Propio |
| <i>Snap City</i> | Reconocimiento de marcas | Cámara y pantalla | Interfaz tangible de usuario | Librería de marcas |
| <i>Ciudadol Frágil!</i> | Reconocimiento de marcas | Cámara y pantalla | Interfaz tangible de usuario | Librería de marcas |
| <i>AR Magic System</i> | Reconocimiento de rasgos naturales - mapping | Cámara y pantalla | Interfaz tangible de usuario | Librería de marcas |
| <i>AR Wonder Turner</i> | Reconocimiento de marcas | Cámara y pantalla | Interfaz tangible de usuario | Librería de marcas |
| <i>LevelHead</i> | Reconocimiento de marcas | Cámara y pantalla | Interfaz tangible de usuario | Librería de marcas |
| <i>52 Card Cinema</i> | Reconocimiento de marcas | Cámara y pantalla | Interfaz tangible de usuario | Librería de marcas |
| <i>Sky Pavilions</i> | Geoposicionamiento | <i>Smartphones / tablets</i> | Navegación | <i>Layar</i> |
| <i>Jasmine Rain</i> | Geoposicionamiento | <i>Smartphones / tablets</i> | Navegación | <i>Layar</i> |
| <i>LifeClipper3</i> | Geoposicionamiento | <i>Display</i> de vídeo | Navegación | Propio |
| <i>Borealises</i> | Geoposicionamiento | <i>Smartphones / tablets</i> | Navegación | <i>Layar</i> |

| | | | | |
|---|---|------------------------------|------------|-------------------------|
| <i>The Artvertiser</i> | Reconocimiento de rasgos naturales - mapping / geoposicionamiento | <i>Display</i> de vídeo | Navegación | Propio |
| <i>AR AD Takeover</i> | Geoposicionamiento | <i>Smartphones / tablets</i> | Navegación | <i>Junaio</i> |
| <i>Seven Portraits for Maria Hernandez</i> | Geoposicionamiento | <i>Smartphones / tablets</i> | Navegación | <i>Layar</i> |
| <i>Shades of Absence</i> | Geoposicionamiento | <i>Smartphones / tablets</i> | Navegación | <i>Layar</i> |
| <i>British Museum de Londres</i> | Geoposicionamiento | <i>Smartphones / tablets</i> | Navegación | <i>Layar</i> |
| <i>U.S. / Iraq War Memorial</i> | Geoposicionamiento | <i>Smartphones / tablets</i> | Navegación | <i>Layar</i> |
| <i>Jackpot!</i> | Geoposicionamiento | <i>Smartphones / tablets</i> | Navegación | <i>Layar</i> |
| <i>The Crystal Coffin</i> | Geoposicionamiento | <i>Smartphones / tablets</i> | Navegación | <i>Layar</i> |
| <i>Leak in Your Own Home Town</i> | Reconocimiento de rasgos naturales - mapping / geoposicionamiento | <i>iPhone</i> | Navegación | <i>App para Android</i> |
| <i>bUD - Bureau of Urban Devolution</i> | Geoposicionamiento | <i>Smartphones / tablets</i> | Navegación | <i>Layar</i> |
| <i>Chinese Take Out</i> | Geoposicionamiento | <i>Smartphones / tablets</i> | Navegación | <i>Layar</i> |

AGRADECIMIENTOS

No puede dejar de ser incluido en este trabajo de tesis doctoral una obligada mención a todas aquellas personas que se han visto involucradas en la realización de mi labor investigadora y que han prestado desinteresadamente su ayuda y opinión.

En primer lugar, y muy entrañablemente, a mi tutora, la Dra. María Luisa Bellido Gant, en la que he confiado plenamente desde el principio de este largo camino, y que admiro por su trabajo constante y pormenorizado, contagiándome su enorme capacidad de trabajo, por la positividad y energía que siempre me ha transmitido, por sus grandes e incesantes dosis de ánimo que me ayudaban a seguir adelante, y sobre todo por haber sabido ver y extraer lo mejor que hay en mí.

A aquellas otras personas que me ofrecieron una visión desde el ámbito de la investigación desde diferentes disciplinas, destacando la colaboración de aquellos investigadores que desde unos planteamientos que invitan al trabajo común, la interdisciplinaridad, la comunicación y la difusión de sus estudios han sabido responder en todo momento a los requerimientos de esta investigación, compartiendo con gran beneplácito e interés sus estudios, destacando las figuras de Eric Woods, Oliver Bimber, Marck Billingham y Rafał Wojciechowski.

También recordar a los componentes del proyecto SIAMA, especialmente a José Manuel Peula Palacios y Francisca Torres Aguilar por su amabilidad y recibimiento, que fueron los

primeros en ponerme en contacto con la realidad aumentada, y a Cristina Urdiales coordinadora del proyecto. También al Profesor Dr. D. José Ignacio Rojas Sola de la Universidad de Jaén, y a su entonces becario de investigación Miguel Castro García que me mostraron abiertamente los estudios que estaban llevando a cabo y que verán la luz muy pronto, y me adelantaron parte de la documentación al respecto. Mencionar a David Atauri Mezquida, partícipe en el proyecto para el Plan Director del yacimiento de Numancia, que me facilitó los datos de la patente y la documentación necesaria de este proyecto que se hallaba en el olvido desde hacía algunos años.

Asimismo, a todos aquellos que se encuentran vinculados a entornos patrimoniales y que estuvieron a mi entera disposición durante mi estancia, sobre todo a Santiago Campuzano Guerrero, Técnico de Museología del Museo de la Autonomía de Andalucía, por su trato cercano y la implicación con la causa de este trabajo, y a José Luis Castillo Armenteros, uno de los responsables del Centro de Interpretación del Castillo de Alcaudete y arqueólogo del mismo yacimiento, cuyas opiniones y planteamientos sobre el mismo fueron claves en el desarrollo de mi investigación. Citar a Xavier Díaz Silvestre, Director de BTEK, por la atención y colaboración prestadas a las necesidades que solicitaba este trabajo, y al Profesor Francisco Prado-Vilar, comisario de la exposición del Pórtico de la Gloria Virtual, por atenderme en mis propósitos.

Por otra parte, agradezco a aquellos que me ofrecieron otras perspectivas sobre el tema de este trabajo, agradeciendo su prestancia, entre ellos Jesús Gimeno miembro del Instituto

de Robótica de la Universidad de Valencia, y José Luis Vázquez Fernández-Baca, miembro de la empresa Arpa-Solutions, por la ayuda prestada y haberme facilitado la información que necesitaba.

Mención aparte merece el Profesor Isidro Moreno Sánchez, que se prestó en todo momento a los requerimientos de este trabajo, y cuyas conversaciones sirvieron como estimulante y guía en el desarrollo de mi investigación.

De igual forma cabe destacar la colaboración de aquellos artistas que también se han interesado por este trabajo como los valencianos Clara Boj y Diego Díaz, al artista suizo Jan Torpus por su colaboración, y muy especialmente a la artista Tamiko Thiel cuya disponibilidad y seguimiento de mi proyección investigadora y literaria ha sido equiparable a mi admiración y deleite por sus obras con realidad aumentada.

También a aquellas empresas cuya importante labor dentro del campo patrimonial mediante el uso de realidad aumentada ha dado exitosamente sus primeros resultados prácticos, destacando a *Arpa-Solutions*, *Virtualware Group* y la portuguesa *YDreams* que amablemente han participado en la difusión de sus productos y proyectos.

Sin duda habría que añadir aquí un largo etcétera de las personas que se han visto involucradas en menor o mayor medida en el desarrollo de este trabajo, a todos ellos mi más sincero agradecimiento. Y a mi familia y amigos cuyo apoyo y seguimiento de mi labor ha sido constante. A todos ellos GRACIAS.