

UNIVERSIDAD POLITECNICA DE VALENCIA

ESCUELA POLITECNICA SUPERIOR DE GANDIA

MASTER EN POSTPRODUCCION DIGITAL

---



UNIVERSIDAD  
POLITECNICA  
DE VALENCIA



**“REALIDAD AUMENTADA.  
FUNDAMENTOS Y APLICACIONES”**

*TRABAJO FINAL DE MASTER.*

**Tipo 1 Trabajo de investigación.**

Autora: Rocio Vian Gimeno.

Directora: Elisa March.

*Gandia, septiembre 2011.*

## **Agradecimientos**

En primer lugar, agradecer enormemente a mi tutora Elisa March haberme dirigido y asesorado para la realización de esta tesina de investigación.

En segundo lugar, esta tesina está dedicada a mi madre, mis hermanas y mis sobrinos por las dosis de realidad aumentada que cada una de estas personas me han dado para seguir adelante con esta tesina.



# ÍNDICE GENERAL

---

<b>ÍNDICE FIGURAS .....</b>	<b>III</b>
<b>1. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>1</b>
1.1. Justificación.....	2
1.2. Objetivos e Hipótesis .....	3
1.3. Metodología .....	4
1.4. Estructura del trabajo .....	6
<b>2. FUNDAMENTOS DE LA REALIDAD AUMENTADA .....</b>	<b>8</b>
2.1. Concepto de Realidad Aumentada .....	8
2.2. Elementos necesarios para el sistema de Realidad Aumentada.....	12
2.2.1. Elemento captador: cámara digital. ....	13
2.2.2. Elemento procesador: software integrado en un dispositivo electrónico. ...	14
2.2.3. Elemento sobre el que proyectar la señal de RA: monitor sólo o junto a unos altavoces o auriculares.....	34
2.2.4. Elementos para situar los objetos virtuales dentro de la realidad. ....	37
2.2.4.1. Marcadores .....	37
2.2.4.2. GPS, brújulas, acelerómetros.....	42
2.2.4.3. Reconocimiento de objetos. ....	44
2.3. Fases del proceso de realidad aumentada .....	45
2.3.1. Captación de la escena.....	46
2.3.2. Identificación de la escena.....	48
2.3.3. Mezclado mundo real y mundo virtual. ....	49
2.3.4. Visualización. ....	50
<b>3. PRINCIPALES HITOS EN LA HISTORIA DE LA REALIDAD AUMENTADA .....</b>	<b>52</b>

<b>4. DIFERENCIAS ENTRE REALIDAD VIRTUAL Y REALIDAD AUMENTADA</b>	<b>72</b>
4.1. Virtuality Continuum	72
4.2. Rasgos Diferenciales	73
4.2.1. Tipo de contenido mostrado	73
4.2.2. Dependencia del entorno virtual	74
4.2.3. Inmersión del usuario	75
4.2.4. Inconvenientes	77
<b>5. APLICACIONES DE LA REALIDAD AUMENTADA</b>	<b>78</b>
5.1. RA MEDICINA	79
5.1.1. Cirugía	80
5.1.2. Formación para los profesionales y estudiantes médicos	82
5.1.3. Psicología	82
5.2. RA FABRICACIÓN/REPARACIÓN	86
5.3. RA ANOTACIONES Y VISUALIZACIÓN	88
5.4. RA ENTRETENIMIENTO Y JUEGOS	93
5.5. RA PUBLICIDAD	99
5.6. RA EDUCACIÓN	101
5.7. RA MILITAR	104
<b>6. CONCLUSIONES</b>	<b>106</b>
<b>7. BIBLIOGRAFÍA</b>	<b>109</b>
7.1. Artículos y revistas	115
7.2. Páginas webs	116

# ÍNDICE FIGURAS

---

Figura 1: Concepto de Realidad aumentada. ....	9
Figura 2: Componentes de la RA.....	12
Figura 3: Marcador utilizado por <i>ArtToolkit</i> , <i>BuildAR</i> y <i>Atomic</i> . ....	15
Figura 4: Marcadores utilizados por <i>ArtToolkit</i> , <i>BuildAR</i> y <i>Atomic</i> .....	15
Figura 5: Ejemplo de programa de reconocimiento de imágenes y orientación espacial. Programa <i>ARToolkit</i> .....	16
Figura 6: Funcionamiento de <i>ArtToolkit</i> . ....	19
Figura 7: Programa <i>BuildAR</i> . ....	21
Figura 8: Marcador por defecto para el programa <i>BuildAR</i> . ....	22
Figura 9: Marcadores para el programa <i>BuildAR</i> .....	23
Figura 10: Visualización objeto virtual con el programa <i>BuildAR</i> .....	24
Figura 11: Icono <i>Add markers to be tracked</i> del programa <i>BuildAR</i> .....	24
Figura 12: RA con el programa <i>BuildAR</i> . ....	25
Figura 13: Visualización de los ejes de traslación, rotación y escala en <i>BuildAR</i> . .....	25
Figura 14: Paso 1, seleccionar Marcador (botón rojo) en <i>Atomic</i> . ....	26
Figura 15: Tipos de marcadores en <i>Atomic</i> . ....	27
Figura 16: Paso 2, apretar botón Objeto 3D (fucsia) en <i>Atomic</i> . ....	27
Figura 17: Paso 3, Guardar (botón amarillo) en <i>Atomic</i> .....	28
Figura 18: Paso 4, apretar Ejecutar (botón azul) en <i>Atomic</i> . ....	28
Figura 19: RA con el programa <i>Atomic</i> . ....	29
Figura 20: Creación de objetos 3D en <i>Google SketchUp</i> . ....	30

Figura 21: Ejemplo de programa para superposición de imágenes, en tiempo real. Aplicación <i>Layar</i> .	31
Figura 22: <i>Layer</i> Turismo Valencia.	32
Figura 23: Aplicación <i>Layar</i> para obtener información de Valencia.	32
Figura 24: Ejemplo de programa para superposición de imágenes, en tiempo real. Aplicación <i>TwittARound</i> .	33
Figura 25: Ejemplo de <i>tweets</i> escritos en la plataforma de comunicación <i>Twitter</i> .	34
Figura 26: <i>Gafas Vuzix</i> modelo 920 AR.	36
Figura 27: Ejemplos de marcadores para RA.	38
Figura 28: Código QR.	39
Figura 29: <i>Marca Híbrida</i> .	39
Figura 30: Programa <i>NyARToolkit</i> .	40
Figura 31: <i>Invizimals</i> .	42
Figura 32: Reconocimiento de objetos.	45
Figura 33: Proceso de RA.	46
Figura 34: <i>Helmet Mounted Display</i> .	47
Figura 35: <i>Head Up Displays</i> .	48
Figura 36: Magic Lens.	51
Figura 37: Magic Mirror.	51
Figura 38: Sensorama.	53
Figura 39: Usuario utilizando la máquina <i>Sensorama</i> .	54
Figura 40: <i>Head Mounted Display</i> de Sutherland.	55
Figura 41: Usuario utilizando <i>Head Mounted Display</i> de Sutherland.	55
Figura 42: <i>Videoplace</i> , usuario interactua con objetos virtuales.	56

Figura 43: <i>Videoplace</i> de Myron Krueger. ....	57
Figura 44: Visor de Realidad Aumentada. ....	57
Figura 45: Usuario utilizando el dispositivo <i>Karma</i> . ....	58
Figura 46: Ejemplo marca gráfica utilizada en <i>ARToolKit</i> . ....	59
Figura 47: Relación entre las posiciones del marcador RA y la cámara. ....	60
Figura 48: Integración objetos 3D sobre marcador en <i>ARToolKit</i> . ....	61
Figura 49: <i>ARQuake</i> , los personajes de <i>Quake</i> se integran en el escenario real de la Universidad del Sur de Australia. ....	62
Figura 50: Equipamiento tecnológico de <i>ARQuake</i> . ....	63
Figura 51: Dispositivo móvil con <i>Wikitude AR Travel Guide</i> . ....	63
Figura 52: Demostración de realidad aumentada con <i>Wikitude AR Travel Guide</i> . ....	64
Figura 53: Ejemplo de realidad aumentada con librería <i>FLARToolkit</i> . ....	65
Figura 54: Logo oficial de realidad aumentada. ....	66
Figura 55: Usuario dirige el marcador para visualizar el curriculum de realidad aumentada de David Wood. ....	67
Figura 56: El candidato David Wood realiza una pequeña presentación para darse a conocer su curriculum de realidad aumentada. ....	68
Figura 57: En el curriculum de RA, la imagen virtual del candidato se apoya en otros elementos virtuales (texto, imagen 3D, sonido) que lo hacen más atractivo. ....	68
Figura 58: RA en la revista <i>Fotogramas</i> . ....	69
Figura 59: Gafas <i>RID AiRscouter</i> . ....	71
Figura 60: Representación de la definición <i>Vitually Continuum</i> . ....	72
Figura 61: Contenido mostrado por la Realidad Virtual. ....	73
Figura 62: Contenido mostrado en la realidad aumentada. ....	74

Figura 63: Dependencia ubicación información virtual en la realidad aumentada .....	75
Figura 64: Realidad Virtual, inmersión del usuario en un mundo artificial.....	76
Figura 65: Realidad Aumentada, mantiene el mundo real .....	76
del usuario y introduce el mundo virtual. ....	76
Figura 66: RA en la medicina. ....	81
Figura 67: Realidad aumentada utilizada para la formación. ....	82
Figura 68: RA aplicada en terapias de fobias insectos. ....	85
Figura 69: RA aplicada en el tratamiento de la acrofobia.....	85
Figura 70: RA en Fabricación/ Reparación. ....	86
Figura 71: RA en Fabricación de aviones. ....	88
Figura 72: RA en Anotaciones/Visualización.....	88
Figura 73: <i>Layer</i> Equipamiento Valencia.....	90
Figura 74: <i>Layer</i> Transporte público de Valencia.....	91
Figura 75: <i>Layer</i> Turismo Valencia.....	92
Figura 76: <i>Layer</i> Fallas de Valencia. ....	92
Figura 77: RA aplicada anotaciones y visualización de Valencia.....	93
Figura 78: Equipamiento tecnológico de <i>ARQuake</i> .....	94
Figura 79: <i>ARhrrr</i> . Juego de Ra para dispositivo móvil. ....	95
Figura 80: <i>Kweekies</i> . Juego de Ra para dispositivo móvil. ....	96
Figura 81: <i>Ghostwire</i> . Juego de Ra para Nintendo. ....	97
Figura 82: <i>Invizimals</i> .....	98
Figura 83: Sensor de movimiento <i>Kinect</i> .....	98
Figura 84: RA con la consola Xbox360 y <i>Kinect</i> .....	99
Figura 85: Usuario probándose gafas gracias a la RA.....	101

Figura 86: Contenido de un libro de RA: CD, libro y fichas con marcadores...	102
Figura 87: Lector visualizando el contenido de un libro de RA. ....	102
Figura 88: RA aplicada a la educación. ....	104
Figura 89: Head Up Displays. ....	105
Figura 90: <i>Helmet Mounted Display</i> . ....	105



## **1. INTRODUCCIÓN**

---

Este trabajo de investigación se realiza como Tesina Final del Máster en Postproducción Digital de la UPV. Se escoge la modalidad de investigación debido a que la finalidad del trabajo es ampliar conocimientos sobre las posibilidades y aplicaciones de una tecnología emergente como es la Realidad Aumentada que paulatinamente se va implantando en diferentes dispositivos como son los móviles de última generación, tablets, ordenadores, videoconsolas y se aplica en diferentes áreas de la sociedad tales como en la reparación de aviones, el aprendizaje de conocimientos en los centros de educación o la intervención quirúrgica.

La investigación se desarrollará en dos apartados, en el primero de ellos se estudiarán los fundamentos de la Realidad Aumentada. Este análisis permitirá conocer la tecnología y el estado actual de los dispositivos que la utilizan. En segundo apartado a tratar, será realizar una recopilación de algunas de las aplicaciones actuales de esta tecnología que se desarrollan sobre diferentes dispositivos y campos de la sociedad. Con este análisis se pretende detectar cuáles son los campos de aplicación de la tecnología en el momento actual y las tendencias de aplicación en un futuro próximo. Con todo ello el objetivo es realizar una recopilación informativa de una tecnología de reciente creación y cuyo desarrollo está en estos momentos en auge.

Por todo lo dicho anteriormente se hace necesario realizar un trabajo de investigación que recopile el panorama más reciente de la Realidad Aumentada no olvidando por supuesto estudiar las bases de esta tecnología que ayudarán a un mayor conocimiento de ella y a la profundización en algunas de sus aplicaciones.

## **1.1. Justificación**

Hasta hace apenas unos años la posibilidad de obtener información digital correctamente añadida sobre algún escenario real sin alterar el entorno de este era prácticamente imposible. Sin embargo, hoy en día, gracias a la tecnología de Realidad Aumentada cualquier usuario utilizando la tecnología disponible puede obtener esta información virtual (visual y auditiva) sobre el escenario real donde se encuentre.

Hay que tener en cuenta que la proliferación que tiene hoy en día la tecnología no sólo reside en la posibilidad que tiene de coordinar y complementar ambos mundos (real y virtual), esto ya se estaba produciendo hace años en el campo militar en las cabinas de los aviones sino también su atractivo proviene de la incorporación de esta tecnología a la vida cotidiana del gran público.

Esta incorporación ha traído consecuentemente la accesibilidad de la tecnología a todo tipo de usuarios, convirtiéndose así en una tecnología al alcance ya no sólo de un selecto público y de gran poder adquisitivo como antes. Pero a pesar de ser una tecnología de fácil acceso para todo tipo de usuarios; en estos momentos aún ésta es, para la gran mayoría, desconocida y de ahí la importancia que tiene el estudio de su aplicación en diversas esferas de la sociedad pues es un buen mecanismo para ser conocida y se produzca un aumento del número de usuarios.

Una de las esferas de la sociedad donde la tecnología Realidad Aumentada se está introduciendo es en el campo del entretenimiento. En este sector se puede citar, como ejemplo, el juego para la plataforma PSP

llamado *Invizimals*. Pero también hay que destacar otra aplicación, en este caso en el sector de la publicidad y venta, como es la existencia de páginas web que permiten al usuario probarse productos virtualmente combinando su imagen real con la imagen virtual del producto (ropa, gafas, complementos, etc) sin moverse de casa. Estos ejemplos demuestran que la Realidad Aumentada es un fenómeno que pretende incorporarse a diversos ámbitos de la sociedad.

El auge y la continua implantación de esta tecnología conlleva una necesidad de desarrollo de material gráfico, auditivo y audiovisual para ser utilizado para la configuración de la realidad virtual que la tecnología Realidad Aumentada requiere y por supuesto, esta necesidad se amplía a los diferentes campos de aplicación de esta tecnología.

Por todo ello, resulta importante el estudio de la Realidad Aumentada y el conocimiento de sus aplicaciones y los campos de aplicaciones de la tecnología.

## **1.2. Objetivos e Hipótesis**

La finalidad de este trabajo es confeccionar una tesina de investigación que se centre en el estudio de la Realidad Aumentada. La elección de dicho tema responde a motivos tales como que la Realidad Aumentada es un fenómeno relativamente reciente y con enormes posibilidades de investigación dadas las amplias aplicaciones que tiene en la época actual que seguro se ampliarán en un futuro inmediato.

El estudio sobre el que versa esta tesina de investigación se centra en dos objetivos principalmente:

- Investigar los fundamentos de la Realidad Aumentada.
- Realizar un análisis de las aplicaciones que posee la tecnología que permita conocer los diferentes campos de aplicación.

El punto de partida de este trabajo de investigación ha sido no sólo marcar unos objetivos a cumplir sino también una serie de hipótesis a demostrar mediante este trabajo como son:

- El desarrollo de la Realidad Aumentada ¿conlleva la incorporación o adaptación de esta tecnología a esferas de la sociedad tales como la medicina, la educación o el entretenimiento?.
- Si es aplicable a ¿qué áreas de la sociedad se aplican o se prevé que se aplicarán?. Este hecho ¿contribuirá a que la tecnología sea de más fácil accesibilidad?.

### **1.3. Metodología**

La metodología planteada en esta tesina de investigación ha sido la siguiente que se pasa a presentar a continuación.

En primer lugar, se ha realizado una búsqueda y recopilación de material teórico relacionado con el objeto de estudio. A este respecto hay que tener en cuenta lo siguiente:

La modalidad de investigación escogida para realizar esta tesina conlleva una metodología de trabajo específica. Es necesario realizar un estudio exhaustivo previo en busca de todo tipo de información (desde la generada por expertos de la materia hasta la creada por consumidores de esta tecnología) procedente de diversas fuentes (video, imagen fija, recursos electrónicos, libros, artículos de revistas...) que conlleve a recopilar una documentación específica sobre la materia a investigar. No sólo se trata de conseguir información, sino se trata que esta información permita conocer la temática sobre la que se centra la tesina para poder realizarla teniendo los cimientos necesarios para poder confeccionarla bajo la modalidad de investigación.

Dada la temática reciente y los continuos avances tecnológicos se hace aún más necesario ser consciente de la necesidad de recurrir a informaciones lo más recientes posibles con las que poder conseguir un tipo de información que no sea obsoleta, pero sin olvidar que es preciso que sea veraz y rigurosa.

El análisis y estudio de la información recopilada permitirá, por último, extraer conclusiones sobre la tecnología y los campos de aplicación de la misma.

#### **1.4. Estructura del trabajo**

La estructura que la tesina posee, a nivel conceptual, se configura en dos partes: la primera se basa en analizar y dar a conocer cuáles son los fundamentos de la Realidad Aumentada. La segunda parte se centra en el estudio y análisis de las aplicaciones que tiene dicha tecnología.

Desde un punto de vista, más riguroso y exhaustivo, estas dos partes se subdividen de la siguiente manera:

- El primer apartado engloba los fundamentos de la Realidad Aumentada, para ello se parte del concepto de Realidad Aumentada acudiendo a expertos de la materia que ayudan a crear un perfil definitorio de la tecnología. Posteriormente se pasa a enumerar y a explicar los elementos fundamentales que posee dicha tecnología que contribuyen a conseguir cumplir el primer objetivo marcado, es decir, conocer los fundamentos de la Realidad Aumentada. Para finalizar este apartado se realiza un recorrido de las fases del proceso del sistema que contribuyen a profundizar en la relación que existe entre los elementos que forman dicha tecnología a la vez que ayudan a cerrar este primer apartado.
- El segundo apartado se centra en realizar un perfil histórico de la Realidad Aumentada desde su aparición hasta prácticamente la época actual. Este apartado también contribuye a la creación de unas necesarias bases con las que construir los cimientos conceptuales que debe de tener un trabajo de investigación cuyo uno de los objetivos es investigar los fundamentos de la Realidad Aumentada.

- En el tercer apartado se establecen las diferencias entre la tecnología Virtual y la tecnología Realidad Aumentada. Pues esta última no es un fenómeno aislado sino que su nacimiento se debe, en parte, y se interactúa con los fenómenos próximos a él. En el caso de la Realidad Aumentada es perfectamente demostrable su relación con la Realidad Virtual. Debido a ello no se puede pasar por alto destacar la importancia que tiene para el trabajo, relacionar el concepto de Realidad Aumentada con el concepto de Realidad Virtual. Pues son dos fenómenos tecnológicos que presentan diferencias y que “conviven y compiten” por alcanzar su cuota de mercado en la actualidad.
- En el cuarto apartado se hace un recorrido por algunas de las aplicaciones que a la tecnología Realidad Aumentada se le ha dado o se le está empezando a dar. Estas aplicaciones se engloban dentro de campos tan diversos como la medicina, la fabricación, el entretenimiento, etc. La creación de este apartado conlleva conseguir cumplir el segundo objetivo marcado en la tesina, el cual consiste en investigar y profundizar en las aplicaciones de la Realidad Aumentada.
- En el quinto apartado se realizan las conclusiones que han propiciado la tesina no sólo en su fase previa de investigación sino también durante la creación y finalización de la tesina.

## **2. FUNDAMENTOS DE LA REALIDAD AUMENTADA**

---

### **2.1. Concepto de Realidad Aumentada**

Bajo la nomenclatura Realidad Aumentada se engloba una tecnología de corta vida<sup>1</sup>, pero con amplias posibilidades de asentarse en las distintas esferas de la realidad.

La realidad aumentada (en inglés *Augmented Reality* ó *AR*<sup>2</sup>) consiste en combinar, en tiempo real, información proveniente del mundo real (imagen y sonido) con información que procede del mundo virtual (figura 1). Por información procedente del mundo virtual, se puede entender elementos tales como objetos gráficos bidimensionales o tridimensionales, textos, vídeos y audio; todos ellos generados artificialmente que se sincronizan y superponen al mundo real. De este modo el usuario, participe de esta experiencia tecnológica, consigue ampliar y complementar la información del mundo real gracias a la información aportada por el mundo virtual, pero sin abandonar nunca la realidad.

---

<sup>1</sup> Ver el apartado “3. Principales hitos en la historia de la realidad aumentada” de

<sup>2</sup> Término empleado por diversos autores y expertos de la materia y que se utilizará, en diversas ocasiones, durante esta tesina de investigación.

### Figura 1: Concepto de Realidad aumentada.

**Imagen real (foto izquierda) + Imagen virtual (foto medio)= RA (foto derecha)**



Fuente 1: LabHuman. “Ruta del Conocimiento“. FEMEVAL 27 Mayo 2011.

Valencia. p.28. <[http://issuu.com/cgce/docs/presentaci\\_n\\_gen\\_rica\\_](http://issuu.com/cgce/docs/presentaci_n_gen_rica_labhuman)

labhuman> [Consulta: 10 de junio de 2011].

La realidad aumentada aporta al usuario una mayor percepción e interacción con el entorno real donde se encuentra, debido a que los objetos virtuales cumplen la función de aportarle información que no puede detectar directamente por sus sentidos y por tanto complementan las capacidades de estos consiguiendo que la interacción usuario-realidad sea mayor.

Para que esta combinación entre el mundo real y mundo virtual sea más efectiva es necesario que:

- El entorno virtual se parezca lo más posible a la manera tridimensional en que percibe el ser humano el mundo real. De ahí que en el entorno de la realidad aumentada prevalezca la creación de objetos virtuales tridimensionales acompañados, incluso de sonidos para una mayor combinación y fusión de ambos mundos. Los objetos virtuales bidimensionales y los textos también existen

aportando igualmente información sobre las características del paisaje real en el que se integra.

- El sistema virtual responda, en tiempo real, al usuario al igual que lo hace el mundo real.
- Los objetos virtuales deben de estar perfectamente sincronizados con el entorno real en el que el usuario los percibe. Si no existe esa correlación, el usuario no verá ambos mundos conectados.

Jesús Fernando Monreal<sup>4</sup> dice sobre la RA “en un sentido técnico instrumental un campo de visualidad aumentada puede definirse como un terreno donde existen interacciones entre el universo de la información digitalizada y el mundo ordinario”<sup>5</sup>. Con esta definición se vuelve a recurrir al término “interacción” como premisa necesaria a cumplir en el sistema de RA.

Josep Català<sup>6</sup> comenta de la RA que “la mayor originalidad del dispositivo reside en el hecho de que, a través del mismo, la información se

---

<sup>4</sup> Monreal, Jesús Fernando. Investigador perteneciente al área de Investigación y Documentación del Centro Nacional de las Artes de Calzada de Tlalpan, México.

<sup>5</sup> Monreal, Jesús. “Ergonomías de la mirada. Sobre arte y visualidad en el prisma de la realidad aumentada”. Proyecto realizado a través del Programa de Apoyo a la Producción e Investigación en Arte y Medios del Centro Multimedia del Centro Nacional de las Artes, Méjico. p.18.

<sup>6</sup> Català, Joseph. Escritor y profesor de la asignatura de Estética de la Imagen de la Universidad Autónoma de Barcelona.

fusiona con la visión”<sup>7</sup>. El escritor de esta manera hace recordar la confluencia que existe en la Realidad Aumentada entre aquello observado por el usuario (mundo real) y la información aportada por el mundo virtual a lo visto por el usuario.

José Carlos Cortizo<sup>8</sup> y Luis Ignacio Díaz<sup>9</sup> en su artículo titulado “Realidad Aumentada”<sup>10</sup> recurren a la definición dada por Ronald Azuma la cual dice que la RA es un sistema en el que :

- Se combina el mundo real y mundo virtual
- Es interactivo en tiempo real.
- Se registra en 3D.

Estos autores se amparan en una de las definiciones más relevantes que existe sobre la RA y que sintetiza a la perfección el concepto de RA.

Una vez asentadas las bases del concepto RA, se hace necesario avanzar aun más en la investigación sobre dicha tecnología que

---

<sup>7</sup> Català, Josep M. 2005. *La imagen compleja. La fenomenología de las imágenes en la era de la cultura visual*. Barcelona: Universitat Autònoma de Barcelona. Serveis de Publicació. p. 600.

<sup>8</sup> Cortizo, José Carlos. Profesor e investigador en la Universidad Europea de Madrid y director técnico de la empresa BrainSINS.

<sup>9</sup> Díaz, Luis Ignacio. Ingeniero en Informática y Licenciado en Administración de Empresas por la Universidad Europea de Madrid.

<sup>10</sup> Para ver artículo completo, se recomienda visitar la siguiente dirección web <[www.madrimasd.org/blogs/sistemas\\_inteligentes/2008/03/21/87063](http://www.madrimasd.org/blogs/sistemas_inteligentes/2008/03/21/87063)>

ayude a cumplir uno de los objetivos propuestos en la investigación, es decir, descubrir los fundamentos de la RA.

## **2.2. Elementos necesarios para el sistema de Realidad Aumentada**

Para que el sistema de RA se produzca es necesario que existan cuatro elementos (figura 2), como mínimo, que son:

- **Elemento captador: cámara digital.**
- **Elemento procesador: software integrado en un dispositivo electrónico.**
- **Elemento sobre el que proyectar la señal de RA: monitor.**
- **Elementos para situar los objetos virtuales dentro de la realidad: marcadores, elementos de localización, reconocimientos de objetos.**

**Figura 2: Componentes de la RA.**



Fuente 2: Mendiguchía, Aurelio. Octubre-Noviembre 2010. “Realidad Aumentada. Una oportunidad de negocio”. *Envíen*. (13): 21.

Cada de uno de estos elementos, cumple una función específica que a continuación se pasará a explicar:

### **2.2.1. Elemento capturador: cámara digital.**

Su función, dentro del proceso de realidad aumentada, es captar la información del mundo real y enviarla al software<sup>12</sup> dedicado de realidad aumentada.

Se requiere que la cámara cumpla unos requisitos técnicos básicos, como son que grabe correctamente y que transmita dicha información al software del sistema. Por tanto, no se requiere una gran inversión económica para obtener una cámara que sirva para el sistema de realidad aumentada. Aunque es evidente que cuanto mayor resolución tenga la cámara, mayor calidad tendrá la imagen real y por tanto el resultado final será más óptimo.

La cámara puede ser independiente del display de visualización<sup>13</sup> de la señal de RA o integrarse en él. Hoy en día esta última posibilidad es más probable, ya que la mayoría de dispositivos de

---

<sup>12</sup> El software forma parte de los elementos básicos del proceso de la RA. Para más información sobre este elemento, consultar el apartado “2.2.2. Elemento procesador: software integrado en un dispositivo electrónico”.

<sup>13</sup> El display de visualización es también un elemento necesario del sistema de RA. Para más información sobre este elemento, consultar el apartado de esta tesina “2.2.3 Elemento sobre el que proyectar la señal de RA: monitor sólo o junto a unos altavoces o auriculares”.

visualización<sup>14</sup> (ordenador, videoconsola, tablet, smartphone, gafas especiales) utilizados en la realidad aumentada poseen cámara incorporada.

### **2.2.2. Elemento procesador: software integrado en un dispositivo electrónico.**

Es necesario tener un programa específico de realidad aumentada que sea capaz de interpretar la información que recibe el usuario del mundo real, crear la información virtual que se necesita y combinarla de forma correcta.

Este elemento (software) se puede instalar y utilizar en dispositivos electrónicos como ordenadores, videoconsolas, tablets, smartphones. Los cuales, como ya se ha dicho, también pueden actuar como dispositivos de visualización de la RA.

Aurelio Mendiguchía<sup>15</sup> indica que “los programas necesarios para poder llevar a buen fin una aplicación de RA son: Programas de reconocimiento de imágenes y orientación espacial y Programas para superposición de imágenes, en tiempo real ”<sup>16</sup>. Dentro del primer grupo,

---

<sup>14</sup> En el apartado de esta tesina “2.2.4 Elementos sobre el que proyectar la señal de RA: monitor sólo o junto con altavoces o auriculares” se explica con más detalle los dispositivos de visualización que existen en la realidad aumentada.

<sup>15</sup> Mendiguchía, Aurelio. Director Técnico del Instituto Tecnológico y Gráfico Tajamar (Madrid) y licenciado en Ciencias Físicas por UAM (Madrid).

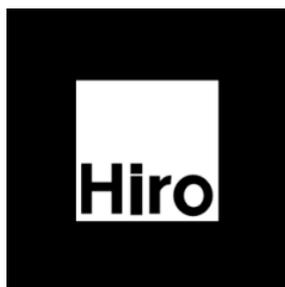
<sup>16</sup> Mendiguchía, Aurelio. Octubre-Noviembre 2010. “Realidad Aumentada. Una oportunidad de negocio”. *Envíen* (13): 21-22.

es decir, dentro de los programas de reconocimiento de imágenes y orientación espacial Mendiguchía incluye:

- *ArtToolkit*.
- *BuildAr*.
- *Atomic*

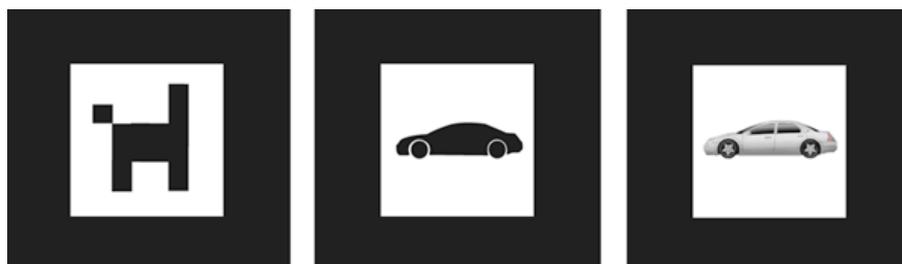
El proceso que siguen estos programas se puede resumir indicando que este se inicia con la creación o importación de un marcador (figura 3 y 4) cuya apariencia es un cuadrado de imagen donde se integra una figura en blanco y negro o mapa de bit en color enmarcada de negro.

**Figura 3: Marcador utilizado por *ArtToolkit*, *BuildAR* y *Atomic*.**



Fuente 3: [www.taringa.net/posts/ciencia-educacion/9469832/Realidad-Aumentada-Tutorial.html](http://www.taringa.net/posts/ciencia-educacion/9469832/Realidad-Aumentada-Tutorial.html)

**Figura 4: Marcadores utilizados por *ArtToolkit*, *BuildAR* y *Atomic*.**



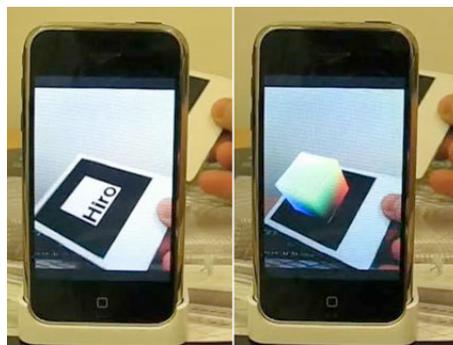
Fuente 4: <http://diit.uchilefau.cl/index.php/es/seminarios/realidad-virtual/67-realidad-aumentada-con-buildar>

Luego el proceso continua con la confección de un objeto virtual que posteriormente el programa al detectar el marcador, gracias a una cámara, busca internamente el objeto virtual asociado a este marcador y lo muestra consiguiendo así el producto final, es decir, la creación de realidad aumentada.

Aunque a grandes rasgos se ha definido en que consisten estos programas, a continuación se pasará a detallar con más detenimiento cada uno de ellos:

1. *ARToolkit* (figura 5), Mendiguchía lo describe como una “librería de software para construir RA”<sup>17</sup> para aplicaciones tales como juegos, publicidad, etc. Esta librería es creada en 1999 por el profesor Hirokazu Kato junto con el profesor Mark Billinghurst, ambos miembros del Laboratorio de Interfaz Humana (*HITLab*) de la Universidad de Washington.

**Figura 5: Ejemplo de programa de reconocimiento de imágenes y orientación espacial. Programa *ARToolkit*.**



Fuente 5: [www.hardwareSphere.com/2008/08/17/arttoolkit-augmented-reality-application-for-iphone/](http://www.hardwareSphere.com/2008/08/17/arttoolkit-augmented-reality-application-for-iphone/)

---

<sup>17</sup> Mendiguchía, Aurelio. Octubre-Noviembre 2010. “Realidad Aumentada. Una oportunidad de negocio”. *Envíen*. (13): 21-22.

Uno de los aspectos positivos que tiene *ARToolkit* es que resuelve una de las dificultades con las que se encuentran las aplicaciones de RA, que es calcular el punto de vista de la cámara (punto de vista del usuario) para poder realizar las operaciones oportunas sobre los objetos virtuales y así solucionar la dificultad que conlleva integrarlos correctamente en el mundo real. Es decir, si se quiere mostrar objetos virtuales de manera que el usuario realmente se crea que existen en el mundo real, hay que realizar modificaciones sobre esos objetos de forma que el usuario los vea (mediante cámara o dispositivo de captura utilizado) en la posición, tamaño, orientación e iluminación en que esos objetos virtuales tendrían si realmente existieran en la vida real.

Para conseguir este objetivo el programa utiliza una plantilla o marcador (figura 3 y 4) que, como ya se ha dicho, es un cuadrado de imagen donde se integra una figura en blanco y negro o mapa de bit en color enmarcada de negro.

El reconocimiento que *ARToolkit* realiza funciona de la siguiente forma:

1. Se realiza la captura de un fotograma del mundo real mediante la cámara y se envía dicha información al ordenador.
2. Este frame capturado se transforma en una imagen binaria (blanco y negro) con cierto valor de umbral. De forma que los píxeles que superen el valor del umbral son convertidos en píxeles de

color negro y el resto son transformados en color blanco.

3. Se buscan y se localizan en esta imagen todas las regiones cuadradas para buscar posibles marcas.

4. Para cada región cuadrada, se captura la figura o patrón del interior de estas regiones y se compara con las plantillas de los marcadores anteriormente guardados. Si existe coincidencia, entonces quiere decir que el *programa ARToolkit* ha encontrado uno de los patrones de seguimiento de la librería que usa la aplicación.

5. Si la forma de la plantilla analizada y la plantilla almacenada coincide, se utiliza la información de tamaño y orientación de la plantilla almacenada para compararla con la plantilla detectada, y así poder calcular la posición y orientación relativas de la cámara a la marca en el mundo real y se guarda en una matriz.

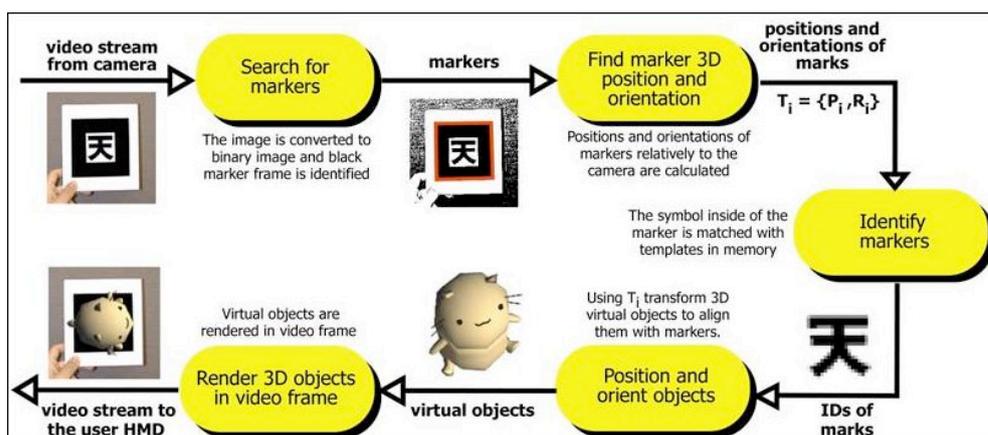
6. Se utiliza esta matriz para fijar la posición y orientación de la cámara virtual (encargada de la visión de los objetos virtuales), lo que equivale a una modificación de las coordenadas del objeto a dibujar.

7. Al haber fijado la cámara virtual en la misma orientación y posición que la cámara real, el objeto virtual se dibuja sobre la plantilla, se renderiza y se muestra la imagen resultante, que contiene la imagen del mundo real y el objeto virtual superpuesto, alienado sobre la plantilla.

8. Este proceso descrito se realiza de la misma manera con los siguientes fotogramas.

**Figura 6: Funcionamiento de ArtToolkit.**

Desde la captura de video hasta que se dibuja el objeto virtual sobre el marcador o patrón.



Fuente 6:

<http://www.hitl.washington.edu/artoolkit/documentation/userarwork.htm>

Para poder ampliar aún más en el programa ArtToolkit se recomienda la lectura del apartado de esta tesina titulado “3. Principales hitos de la historia de la realidad aumentada”.

2. *BuildAR* es un programa desarrollado por *HITLab* (Laboratorio de Interfaz Humana) de Nueva Zelanda, que permite realizar RA de manera sencilla por lo que es recomendable para realizar las primeras incursiones en esta tecnología.

Mendiguchía lo califica como un “programa indicado para la creación de marcas y escenas de realidad aumentada”<sup>19</sup>.

El proceso que sigue el programa *BuildAR* se puede resumir indicando que este se inicia con la creación o importación de un marcador. Luego se continua con la confección de un objeto virtual que posteriormente el programa al detectar el marcador ,gracias a una cámara, busca internamente el objeto 3D asociado a este marcador y lo muestra consiguiendo así el producto final, es decir, la creación de realidad aumentada. El usuario de dicho programa debe seguir estos pasos indicados y que se van a explicar con más detalle a continuación:

1. Descargar la versión gratuita de *BuildAr* desde la página oficial del programa, cuya dirección web es <[www.buildar.co.nz/buildar-free-version/](http://www.buildar.co.nz/buildar-free-version/)>. En esta página se permite descargar la versión sin coste después de rellenar un pequeño formulario dónde se solicita un nombre y un correo electrónico. Una vez instalado y ejecutado el programa, aparece una ventana con las configuraciones de la cámara y se debe de apretar a la opción aceptar.

---

<sup>19</sup> Mendiguchía, Aurelio. Octubre-Noviembre 2010. “Realidad Aumentada. Una oportunidad de negocio”. *Envíen*. (13): 21.

2. Entrar en el programa *BuildAR* dónde se visualiza una ventana (figura 7) que posee diferentes iconos tales como *Reset*, *Open a Scene*, *Save the scene*, etc. Debajo de estos iconos se muestra dos espacios diferenciados, en el lado izquierdo se encuentra en modo árbol un recorrido que empieza con *Scene*, sigue con *Markers*, *Hiro* y acaba con *data/models/box.ive*. En la parte derecha se muestra una pantalla de visualización de lo que la cámara capta.

**Figura 7: Programa *BuildAR*.**



Fuente 7: [www.hitlabnz.org/index.php/products/buildar](http://www.hitlabnz.org/index.php/products/buildar)

3. Utilizar el marcador por defecto de *BuildAR* (figura 8) o crear un marcador propio (figura 9). En el caso de que el usuario no haya utilizado antes el programa se recomienda optar por la opción sencilla de usar el marcador que por defecto trae el programa. Para ello, se tiene ir al disco duro a buscar la carpeta donde se instaló el programa que normalmente es en la carpeta Archivos de programa. Una vez encontrada la carpeta, hay que buscar la carpeta DATA

y dentro de esta la carpeta PATTERNS. En esta carpeta está el archivo pattHiro.pdf que es el marcador que por defecto trae el programa asociado al archivo box.ive y que hay que imprimir.

**Figura 8: Marcador por defecto para el programa *BuildAR*.**



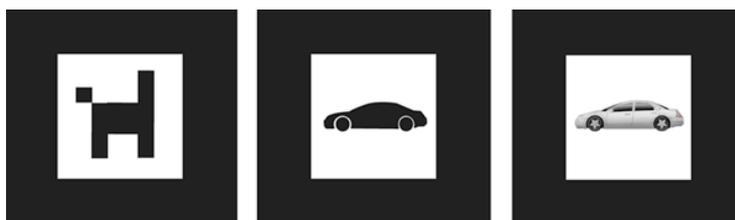
Fuente 8: [www.taringa.net/posts/ciencia-educacion/9469832/Realidad-Aumentada-Tutorial.html](http://www.taringa.net/posts/ciencia-educacion/9469832/Realidad-Aumentada-Tutorial.html)

También se puede crear un marcador propio, para ello se recomienda utilizar programas como Photoshop, Blender, etc para crear una marca con formato BMP ó Gif. Luego en el programa BuildAR, esta marca se modifica para obtener una imagen con un recuadro (que es la que se debe imprimir) y un archivo con una extensión PATT que es el que utiliza el programa para reconocer la marca.

La apariencia de un marcador por defecto o un marcador creado es la misma (figura 8 y 9), ya que ambos son cuadrados de imagen donde se integran figuras en blanco y negro o mapa de bit en color enmarcada de negro. Pues el programa reconoce los bordes del marca en una

primera fase y luego vincula la figura o imagen que se encuentra dentro.

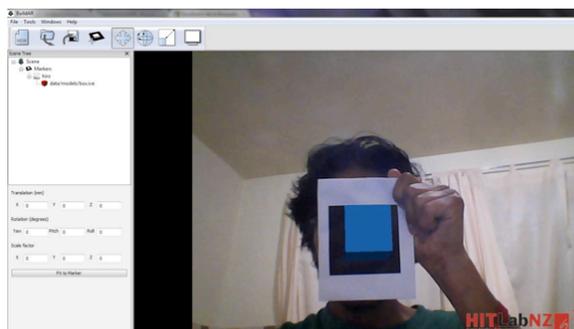
**Figura 9: Marcadores para el programa *BuildAR*.**



Fuente 9: <http://diit.uchilefau.cl/index.php/es/seminarios/realidad-virtual/67-realidad-aumentada-con-buildar>

4. Confeccionar el objeto virtual que aparece cuando la cámara capta la marca, este objeto puede ser en 2D ó 3D, También el objeto virtual puede ser un video, un texto o un sonido. Para confeccionar esta realidad virtual se recurre a programas de diseño 3D tales como *Blender*, *3Dmax*, *Rhinoceros* o a otro tipo de programas para la creación de un video, texto, etc.
5. En el caso que se haya optado por el marcador por defecto hace falta mostrar dicho marcador por defecto impreso a la cámara web y el programa lo asocia al objeto virtual creado para generar RA (figura 10).

**Figura 10: Visualización objeto virtual con el programa *BuildAR*.**



Fuente 10:

[www.taringa.net/posts/ciencia-educacion/9469832/Realidad-Aumentada-Tutorial.html](http://www.taringa.net/posts/ciencia-educacion/9469832/Realidad-Aumentada-Tutorial.html)

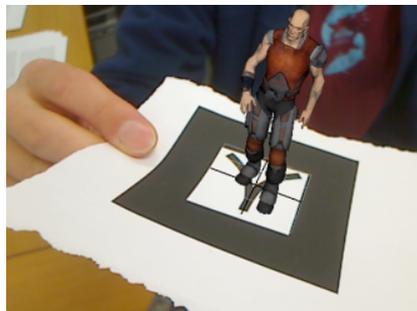
En el caso de que se haya creado un marcador propio se debe de apretar el icono *Add markers to be tracked* de la ventana del programa (figura 11) para añadir dicho marcador al programa. Una vez añadido, sólo falta poner el marcador propio impreso en papel delante de la cámara para que el programa lo reconozca y enseñe el objeto virtual que se tiene asociado al marcador (figura 12).

**Figura 11: Icono *Add markers to be tracked* del programa *BuildAR*.**



Fuente 11: [www.hitlabnz.org/index.php/products/buildar](http://www.hitlabnz.org/index.php/products/buildar)

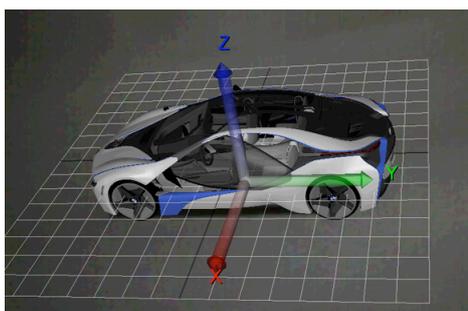
**Figura 12: RA con el programa *BuildAR*.**



Fuente 12: [www.buildar.co.nz/wp-content/uploads/2010/10/viewer-580x340.png](http://www.buildar.co.nz/wp-content/uploads/2010/10/viewer-580x340.png)

Por último para concluir indicar que esta aplicación permite entender el fenómeno de RA ya que su fácil manejo, como ya se ha dicho, posibilita desarrollar experiencias fácilmente en torno a su uso. Pero tiene pocas posibilidades de interacción ya que las únicas herramientas de interacción del programa son traslación, rotación y escala.

**Figura 13: Visualización de los ejes de traslación, rotación y escala en *BuildAR*.**



Fuente 13: <http://diit.uchilefau.cl/index.php/es/seminarios/realidad-virtual/67-realidad-aumentada-con-buildar>

3. *Atomic* para Aurelio Mendiguchía este programa “permite la creación de escenas de RA, también con animaciones”<sup>20</sup>. Este software se puede descargar de manera gratuita en la página web oficial del programa cuya dirección es la siguiente <[www.sologicolibre.org/projects/atomic/es/index.php?page=Descargas](http://www.sologicolibre.org/projects/atomic/es/index.php?page=Descargas)> .En esta misma página se explica como en cuatro sencillos pasos se puede realizar RA a través de este software, estos pasos son los siguientes:

1. Apretar el botón Marcador (botón rojo) para seleccionar el marcador que se desea utilizar. La apariencia de este marcador, como ya se ha dicho, es un cuadrado de imagen donde se integra una figura en blanco y negro o mapa de bit en color enmarcada de negro.

**Figura 14: Paso 1, seleccionar Marcador (botón rojo) en *Atomic*.**

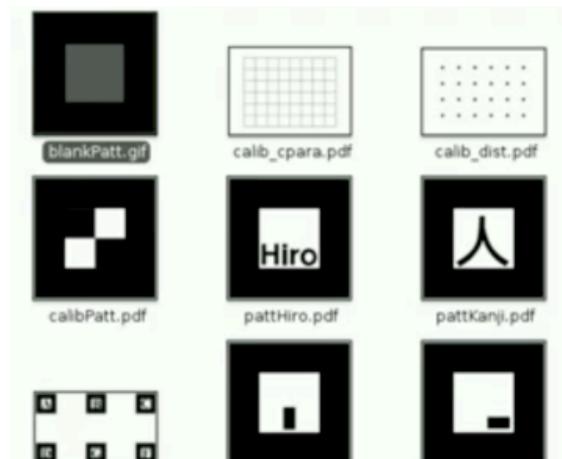


Fuente 14: [www.youtube.com/watch?v=obkT1OUYXGY&feature=player\\_embedded#!](http://www.youtube.com/watch?v=obkT1OUYXGY&feature=player_embedded#!)

---

<sup>20</sup> Mendiguchía, Aurelio. Octubre-Noviembre 2010. “Realidad Aumentada. Una oportunidad de negocio”. *Envíen*. (13): 21-22.

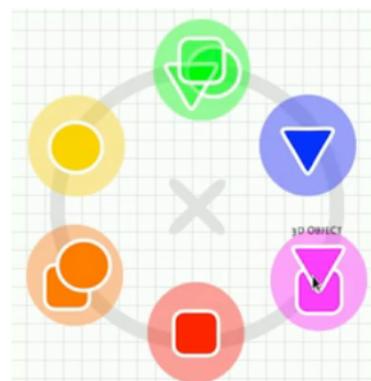
**Figura 15: Tipos de marcadores en *Atomic*.**



Fuente 15: [www.youtube.com/watch?v=obkT1OUYXGY&feature=player\\_embedded#!](http://www.youtube.com/watch?v=obkT1OUYXGY&feature=player_embedded#!)

2. Utilizar el botón Objeto 3D (botón fucsia) para seleccionar el objeto 3D (formato WRL) que se desea usar.

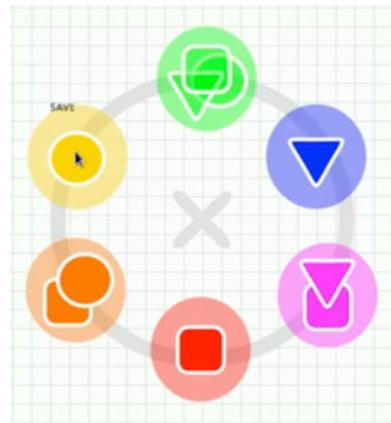
**Figura 16: Paso 2, apretar botón Objeto 3D (fucsia) en *Atomic*.**



Fuente 16: [www.youtube.com/watch?v=obkT1OUYXGY&feature=player\\_embedded#!](http://www.youtube.com/watch?v=obkT1OUYXGY&feature=player_embedded#!)

3. Presionar el botón Guardar para guardar los cambios hechos.

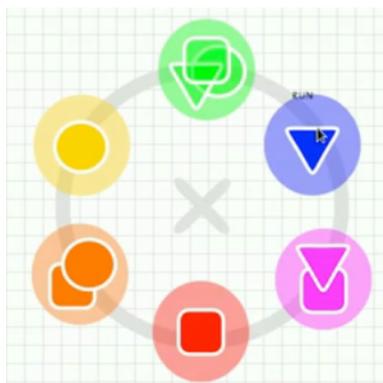
**Figura 17: Paso 3, Guardar (botón amarillo) en *Atomic*.**



Fuente 17: [www.youtube.com/watch?v=obkT1OUYXGY&feature=player\\_embedded#!](http://www.youtube.com/watch?v=obkT1OUYXGY&feature=player_embedded#!)

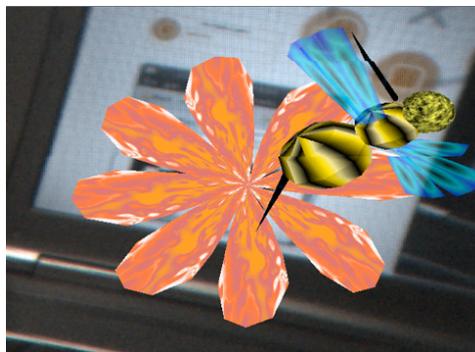
4. El paso final consiste en ejecutar la aplicación con el marcador y el objeto 3D seleccionados apretando el botón Ejecutar (botón azul).

**Figura 18: Paso 4, apretar Ejecutar (botón azul) en *Atomic*.**



Fuente 18: [www.youtube.com/watch?v=obkT1OUYXGY&feature=player\\_embedded#!](http://www.youtube.com/watch?v=obkT1OUYXGY&feature=player_embedded#!)

**Figura 19: RA con el programa *Atomic*.**



Fuente 19:

<http://www.sologicolibre.org/projects/atomic/es/imagenes/screenshots/budscreenshotg.png>

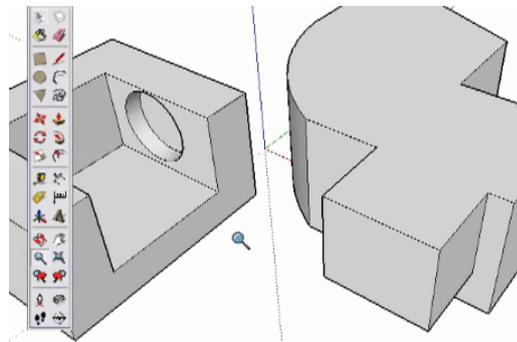
El segundo grupo de programas, es decir aquellos programas que se basan en la superposición de imágenes en tiempo real, Mendiguchía cita:

- *Google SketchUp*
- *Layar*.
- *TwittARound*.

Estos programas se sirven de elementos especiales para situar los objetos virtuales dentro de la realidad y que se encuentren perfectamente sincronizados. Estos elementos son GPS, brújulas, acelerómetros. Para más información de cómo funcionan se recomienda leer el apartado de esta tesina “2.2.4. Elementos para situar los objetos virtuales dentro de la realidad”.

1. *Google SketchUp* que “permite crear modelos en 3D de manera fácil y con resultados profesionales”<sup>21</sup>. A través de la página oficial del programa <<http://sketchup.google.com/intl/es/download/>> se puede descargar de manera gratuita el software con el que se puede o bien construir modelos virtuales 3D desde cero o descargar lo que el usuario necesite para poder confeccionarlo. Los usuarios comparten sus trabajos en la Galería 3D de Google.

**Figura 20: Creación de objetos 3D en *Google SketchUp*.**



Fuente 20: [www.youtube.com/watch?v=xqcl-xPC-Ys&feature=player\\_embedded#!](http://www.youtube.com/watch?v=xqcl-xPC-Ys&feature=player_embedded#!)

2. También se puede englobar otros programas orientados más a los dispositivos electrónicos móviles como son los smartphones, tablets, PDA's. Este es el caso de la aplicación *Layar* (figura 21) que permite al usuario, en tiempo real, combinar lo que está a su alrededor con la información digital de interés de esa realidad. Así el programa, por ejemplo, le puede indicar la ubicación de la parada del metro más cercana o la cafetería más próxima a su

---

<sup>21</sup> Mendiguchía, Aurelio. Octubre-Noviembre 2010. “Realidad Aumentada. Una oportunidad de negocio”. *Envíen*. (13): 21-22.

posición gracias a la utilización algún dispositivo electrónico que contenga dicha aplicación.

**Figura 21: Ejemplo de programa para superposición de imágenes, en tiempo real. Aplicación *Layar*.**



Fuente 21: <http://www.layar.com/>

Entrando en la página web oficial <http://www.layar.com/> se puede descargar una aplicación específica del programa *Layar* que nos ayudará a utilizar el sistema de RA en el caso que se quiera utilizar la tecnología para ,por ejemplo, conocer el nombre de algún monumento que visitemos en alguna ciudad o se quiera saber dónde se encuentra la farmacia más próxima.

Un caso real de aplicación de *Layar* se produce en Valencia, para poder disfrutar de esta herramienta el usuario es preciso que siga los siguientes pasos:

1. Instalar la aplicación *Layar* en su dispositivo móvil que la podrá descargar de la página oficial <http://www.layar.com/>

2. Descargar (también de la página oficial) en la sección *Layers* una de las cuatro *layers* publicados por el ayuntamiento. Una de estos cuatro *layers*, también llamadas capas o mapas, se denomina *Turismo Valencia* (figura 22) y gracias a ella el usuario, al utilizarla, puede localizar los lugares de interés turístico de Valencia más cercanos a su posición actual y obtener información sobre los mismos.

**Figura 22: Layer Turismo Valencia.**

## Turismo Valencia



Fuente 22: [www.layar.com/layers/monumentos](http://www.layar.com/layers/monumentos)

**Figura 23: Aplicación *Layar* para obtener información de Valencia.**



Fuente 23: <http://www.youtube.com/watch?v=OMJnOmLop6U>

3. Otra aplicación de programa basado en la superposición de imágenes en tiempo real es *TwittARound* (figura 24), que permite ver los *tweets* (figura 25) que han escrito nuestros contactos más cercanos a nuestra posición geográfica en su perfil de *Twitter*. Un *tweet* es un mensaje escrito, de reducida extensión (apenas 140 caracteres), que el usuario de la plataforma *Twitter* escribe en el perfil que tiene en dicha plataforma de comunicación. Gracias a estos mensajes de corta duración los usuarios de *Twitter* expresan en pocas palabras sus pensamientos, inquietudes, se comunican con otros usuarios, aportan información sobre eventos culturales, sociales, etc.

**Figura 24: Ejemplo de programa para superposición de imágenes, en tiempo real. Aplicación *TwittARound*.**



Fuente 24: [http://i.document.m05.de/?page\\_id=700](http://i.document.m05.de/?page_id=700)

**Figura 25: Ejemplo de tweets escritos en la plataforma de comunicación *Twitter*.**



Fuente 25: <http://twitter.com/#!/larealidadaumen>

### **2.2.3. Elemento sobre el que proyectar la señal de RA: monitor sólo o junto a unos altavoces o auriculares.**

El monitor es la pantalla en la que se proyecta la suma de lo real y lo virtual ,es decir la realidad aumentada.

Pueden actuar como tal una pantalla de un ordenador, de un televisor, de un smartphone, de una tablet, de una videoconsola o incluso unas gafas especiales, que puede llevar incluso cámara<sup>22</sup> incorporada, como son las gafas *Vuzix*<sup>23</sup>.

---

<sup>22</sup> La cámara, como ya se ha visto, también es un elemento necesario del sistema de RA.

<sup>23</sup> Para más información sobre estas gafas y su funcionamiento se recomienda visitar la página web <[www.vuzix.com/ar/products\\_wrap920ar.html](http://www.vuzix.com/ar/products_wrap920ar.html)>

Se puede distinguir dos tipos de sistemas de monitorización:

- a) Los de gama baja: se caracterizan por estar presente en la gran mayoría de dispositivos electrónicos (tanto móviles como fijos), por ser de bajo coste y de apariencia sencilla.

Las pantallas de los dispositivos electrónicos móviles ofrecen imágenes de salida de baja definición y calidad debido a que los componentes hardware integrados en estos dispositivos que se encargan de la parte gráfica no son muy potentes ni tiene altas memorias.

Las pantallas de los dispositivos fijos, siguen siendo de gama baja, aunque ofrecen mayor calidad que los móviles debido a que disponen de un hardware más adecuado.

- b) Los de gama alta: suelen ser de consumo escaso debido a su elevado coste, aunque se pueden encontrar ejemplos como el caso del dispositivo *Head Up Display (HUD)* que se compone de un visualizador que el usuario puede ver con la cabeza alta, sin acacharla ni apartar la mirada del horizonte y cuyo origen es militar. Para mas información sobre este dispositivo se recomienda la lectura del apartado “2.3.1 Captación de la escena”.

El tamaño de pantalla es importante ya que “cuanto mayor sea dará mayor sensación de inmersión en la RA”<sup>24</sup> y se conseguirá que el efecto de unir dos mundos (virtual y real) sea más efectivo para el usuario de realidad aumentada. Por ejemplo las gafas *Vuzix* modelo 920AR (figura 26) equipadas con dos cámaras, ofrecen al consumidor de las gafas la posibilidad de proyectar directamente sobre su retina la imagen de realidad aumentada sobre una pantalla virtual equivalente a una pantalla de 67 pulgadas consiguiendo que, gracias a la sensación de tamaño virtual creado, una mayor interacción del usuario con la realidad aumentada proyectada.

**Figura 26: Gafas *Vuzix* modelo 920 AR.**



Fuente 26: [www.vuzix.com/ar/products\\_wrap920ar.html](http://www.vuzix.com/ar/products_wrap920ar.html)

---

<sup>24</sup> Mendiguchía, Aurelio. Octubre-Noviembre 2010. “Realidad Aumentada. Una oportunidad de negocio”. *Envíen*. (13): 21.

#### **2.2.4. Elementos para situar los objetos virtuales dentro de la realidad.**

Una de las piezas fundamentales en el sistema de realidad aumentada es aquella que permite posicionar la información virtual dentro de la realidad, esta función es cumplida por tres grupos clasificados de la siguiente forma:

- Marcadores.
- GPS, brújulas, acelerómetros.
- Reconocimientos de objetos.

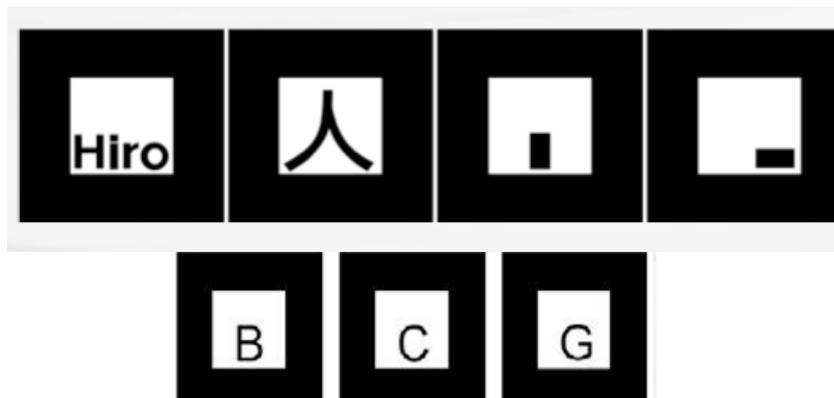
##### **2.2.4.1. Marcadores**

En el campo de la RA, el uso de marcadores ha sido el elemento más utilizado para conocer con exactitud la posición de la cámara y así conseguir una perfecta sincronización entre el mundo real y virtual.

Las marcas o marcadores, también llamadas tags ó markers, son pequeñas imágenes en blanco y negro impresas en papel que actúan como elementos que comunican, en este caso mediante la cámara, al software dedicado de RA (basado en la superposición de imágenes) la posición donde debe situar la información virtual y, según cómo son estos códigos, el programa responde de una manera concreta (por ejemplo, reproduciendo o modificando el movimiento de una imagen en 3D o 2D o algún texto o sonido).

El diseño del marcador está formado por un borde negro de un ancho concreto y en su interior, hay un dibujo negro o patrón que hace que se diferencie una marca de otra.

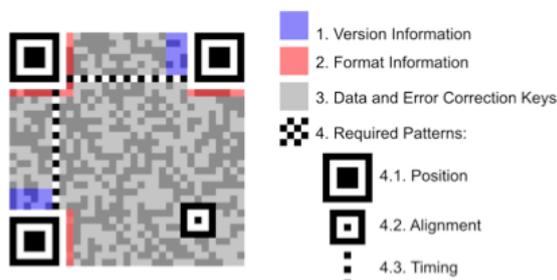
**Figura 27: Ejemplos de marcadores para RA.**



Fuente 27: LabHuman. “Ruta del Conocimiento“. FEMEVAL 27 Mayo 2011. Valencia. p.17. <[http://issuu.com/cgce/docs/presentaci\\_n\\_gen\\_rica\\_labhuman](http://issuu.com/cgce/docs/presentaci_n_gen_rica_labhuman)> [Consulta: 10 de junio de 2011].

De este tipo de marcadores destaca el llamado *Código QR* (*Quick Response*) que fue creado en 1994 por la compañía japonesa Denso Wave. Este marcador es un buen sistema para almacenar información en una matriz de puntos o un código de barras bidimensional. Presenta tres cuadrados que se encuentran en las esquinas y que permiten detectar la posición del código al lector. Una característica muy importante es su carácter abierto y que sus derechos de patente (propiedad de Denso Wave) no son ejercidos.

**Figura 28: Código QR.**



Fuente 28: Arroyo, Natalia. 2011. “Aplicaciones de la web móvil en entornos sanitarios. Aprender y enseñar en entornos 2.0: el papel de la biblioteca médico-sanitaria”. Departamento de Análisis y Estudios. Fundación Germán Sánchez Ruipérez. p.5.

Otro tipo especial de marcador es la *Marca Híbrida* (figura 29) que se compone de dos barras laterales, entre las cuales se puede colocar una imagen o un logotipo que representa la figura virtual. Se puede incluso, incluir una botón virtual que es reconocido por el programa de RA y que permite interactuar al usuario con los objetos virtuales de diversas maneras (zoom, play, color, etc). Es el tipo de marcador adecuado para el sector de la publicidad y las ventas, ya que en el marcador se puede introducir por ejemplo alguna imagen que genere la curiosidad por visualizar el contenido virtual generando así la curiosidad del posible comprador.

**Figura 29: Marca Híbrida.**

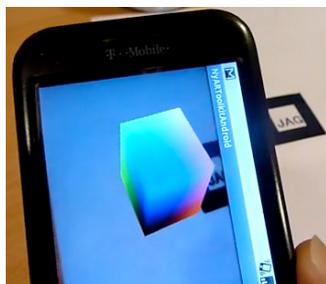


Fuente 29: LabHuman. “Ruta del Conocimiento“. FEMEVAL 27 Mayo 2011. Valencia. p.18. <[http://issuu.com/cgce/docs/presentaci\\_n\\_gen\\_rica\\_labhuman](http://issuu.com/cgce/docs/presentaci_n_gen_rica_labhuman)> [Consulta: 10 de junio de 2011].

Algunos ejemplos de aplicaciones de RA que utilizan marcadores son:

- Los programas *ArtToolkit*, *BuildAr* y *Atomic*, anteriormente ya citados en esta tesina, utilizan marcadores para generar RA.
- La aplicación *NyArToolkit* (figura 30) surge en el año 2008 cuando es desarrollada por Laboratorio de Interfaz Humana (*HitLab*) de la Universidad de Washington. Este software es considerado como una biblioteca derivada de *ArToolkit* “que no provee captura de video, por lo que no está destinada a la creación de aplicaciones de RA completas”<sup>25</sup>. *NyArToolkit* es una librería desarrollada para máquinas virtuales particularmente aquellas con host Java, C# , C++ y Android

**Figura 30: Programa *NyArToolkit*.**



Fuente 30: [http://www.youtube.com/watch?v=4\\_DD70CsPNc](http://www.youtube.com/watch?v=4_DD70CsPNc)

---

<sup>25</sup> Atzín, Rosa. “Sistema de desarrollo para aplicaciones de realidad aumentada”. Tesis para obtener el Grado de Maestro en Ciencias en Computación. Dirigido por Dr. Luis Gerardo de la Fraga. Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional. Méjico, 2010. p.5.

Para Carlos Alcarria Izquierdo algunas de las características a resaltar de *NyArtoolkit* son:

- “Framework sencillo para el desarrollo de aplicaciones de RA.
  - Soporte para librerías de vídeo y diversos formatos de imagen (RGB, YUV420P, YUV).
  - Funciones de calibración de la cámara.
  - Soporte con gran variedad de librerías gráficas, gracias a la multitud de lenguajes en la que está portada (OpenGL ES, VRML 3D, etc.).
  - API modular y bien estructurada.
  - Soporte para dispositivos Android”<sup>26</sup>.
- 
- El videojuego *Invizimals* (figura 31) se puede jugar en la consola PSP de la compañía PlayStation. Es un videojuego de RA que permite al jugador ver unos personajes virtuales, llamados *Invizimals*, que aparecen en la pantalla de visualización de la consola cuando el usuario enfoca con la cámara de la PSP un marcador (figura 31) que viene con el juego. La misión del jugador es atrapar el máximo de *Invizimals* posibles, para ello debe de ir buscándolos por todo el espacio real próximo al escenario real en el que se encuentra y ayudarse del marcador para poderlos visualizar en este espacio real. El jugador puede utilizar los comandos

---

<sup>26</sup> Alcarria, Carlos. “Desarrollo de un sistema de Realidad Aumentada en dispositivos móviles”. Proyecto final de carrera. Dirigido por Dra. M<sup>a</sup> Carmen Juan Lizandra. Escuela Técnica Superior de Ingeniería Informática. UPV, 2010. p. 45-46.

de la consola e incluso sus propias manos para atrapar a esos personajes virtuales.

**Figura 31: *Invizimals*.**



Fuente 31: [www.youtube.com/watch?v=TvDWIeKmhYs&](http://www.youtube.com/watch?v=TvDWIeKmhYs&)

En general el inconveniente que existe al utilizar el marcador, como elemento para situar los objetos virtuales en la realidad, es que es preciso tener el marcador impreso en alguna superficie para poder ver los objetos virtuales y si este marcador no es reconocido (porque no se visualiza con claridad o porque está estropeado) no se muestra nada y por tanto no se consigue obtener Realidad Aumentada.

#### **2.2.4.2. GPS, brújulas, acelerómetros.**

Los avances tecnológicos ha hecho posible la aparición de otros elementos, ya no sólo existen los marcadores, con los que conseguir que los objetos virtuales guarden una coherencia visual con la realidad donde se insertan.

Es por ello, que se puede decir que existe un segundo grupo que permite adecuar los objetos virtuales al entorno o escena real y está formado por los siguientes elementos de localización:

- GPS (Global Positioning System) es un sistema de navegación global por satélite que permite determinar, a escala mundial, la posición de una persona, objeto o vehículo con gran exactitud.
- Brújula digital es un sensor con el que se puede detectar la dirección que tiene el dispositivo que la posee.
- Acelerómetro es un sensor que permite conocer cuál es la orientación del dispositivo que lo tiene.

De esta manera estos elementos de localización facilitan identificar, en todo momento, al software dedicado de RA (aquellos programas basados en el reconocimiento de imágenes y orientación espacial) la posición, dirección y orientación de los dispositivos electrónicos donde se integran. Así se consigue suministrar al sistema de RA una información parecida a la que vería el usuario del mundo real y que permite que el sistema sepa dónde debe situar los objetos virtuales.

La mayoría de dispositivos electrónicos, entre los que se encuentran los smartphones o los PDA's, utilizan la información suministrada por el GPS, la brújula y el acelerómetro.

En esta modalidad el inconveniente que existe es que el funcionamiento del sistema depende de la precisión del GPS, brújula o acelerómetro.

#### **2.2.4.3. Reconocimiento de objetos.**

Esta opción se basa en el reconocimiento de objetos conocidos, por ejemplo, el de la cara de una persona o el de la forma de un objeto como un edificio u otro objeto.

La dificultad de este método reside en que el sistema debe buscar en una base de datos el objeto para reconocerlo como objeto conocido, por lo que contra más objetos se quiera reconocer más amplia debe ser la base de datos para que sea efectivo este reconocimiento.

Un ejemplo de utilización de reconocimiento de objetos sería que el sistema de RA tuviera una base de datos de edificios importantes de alguna ciudad y que al ir a visitar uno de estos, el sistema reconociese el objeto y pudiera aportar al usuario información virtual sobre el edificio.

### **Figura 32: Reconocimiento de objetos.**

Un objeto (foto izquierda) activa el sistema de RA y permite ver, mediante una pantalla de visualización de RA, el objeto virtual integrado en la realidad (foto derecha).



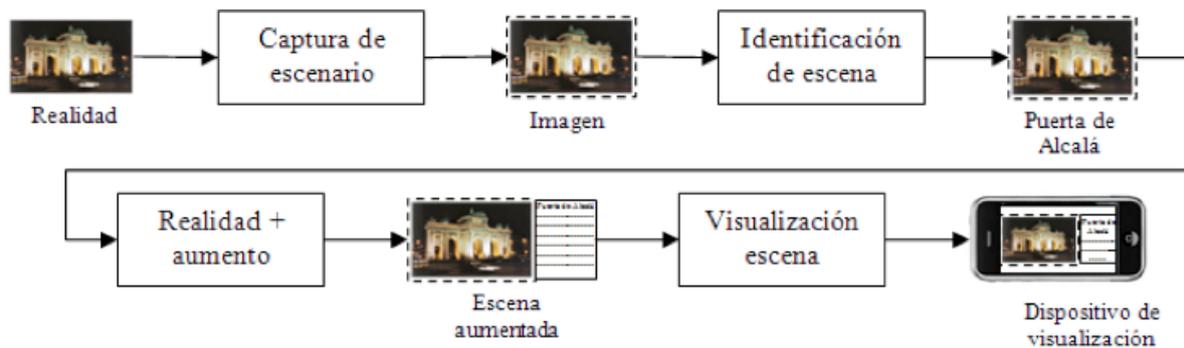
Fuente 32: [www.smartphoneyeducacion.com/?p=87](http://www.smartphoneyeducacion.com/?p=87)

### **2.3. Fases del proceso de realidad aumentada**

Los pasos que sigue el sistema de realidad aumentada (figura 33) son los siguientes:

- **Captación de la escena.**
- **Identificación de la escena.**
- **Mezclado mundo real y mundo virtual.**
- **Visualización.**

**Figura 33: Proceso de RA.**



Fuente 33: López, Héctor. “Análisis y Desarrollo de Sistemas de Realidad Aumentada”. Proyecto fin de máster en sistemas inteligentes. Dirigido por Antonio Navarro Martín. Facultad de Informática. Universidad Complutense de Madrid, 2009-10. p.26.

### 2.3.1. Captación de la escena.

La primera fase comprende el reconocimiento de la escena en la que se quiere aplicar la tecnología de RA y su captación a través de una cámara para que posteriormente sea procesada.

Si el dispositivo que realiza la captura de imágenes o video está aislado del dispositivo de visualización, entonces se denomina dispositivo *Video-through*. Dentro de este grupo están las cámaras de video o los móviles con cámara.

En cambio se llama dispositivo *See-through* cuando es un único dispositivo el que realiza la tarea de capturar la escena real y la tarea de mostrarla junto con la información virtual al usuario. Dentro de este grupo se encontraría el dispositivo *HUD (Head-Up Display)* que se compone de un visualizador que el usuario puede ver con la cabeza alta, sin acacharla ni apartar la mirada del horizonte. El origen del dispositivo

*HUD* está en la aviación militar que nace para “añadir información relevante de vuelo y mira de objetivo sobre el vidrio de la cabina”<sup>27</sup>.

En el ámbito militar se desarrollan y utilizan en la actualidad dos tipos de *HUD*: los fijos que se caracterizan por mostrar la información en el vidrio de la cabina y los de casco (llamados *Helmet Mounted Display* o *Head Mounted Display*) que enseñan la información en la visera del casco o bien en una lente colocada frente a uno de los ojos gracias a la ayuda de un brazo lateral. Este tipo de visualización se utiliza, sobre todo, en los aviones de combate para dar información al piloto sobre la altura, velocidad...

**Figura 34: *Helmet Mounted Display*.**



Fuente 34:

[http://media.defenseindustrydaily.com/images/ELEC\\_HMD\\_Cobra\\_Ig.jpg](http://media.defenseindustrydaily.com/images/ELEC_HMD_Cobra_Ig.jpg)

---

<sup>27</sup>Ibañez. 2011. “HUD, sistemas de información en el parabrisas” <[www.xataka.com/gadgets-y-coches/hud-sistemas-de-informacion-en-el-parabrisas](http://www.xataka.com/gadgets-y-coches/hud-sistemas-de-informacion-en-el-parabrisas)> [Consulta: 3 de agosto de 2011].

**Figura 35: Head Up Displays.**



Fuente 35:

[http://solutekcolombia.com/realidad\\_aumentada\\_aplicacion\\_militar.htm](http://solutekcolombia.com/realidad_aumentada_aplicacion_militar.htm)

### **2.3.2. Identificación de la escena.**

El siguiente paso que el sistema de RA realiza es el de averiguar que escenario real quiere el usuario que se amplíe con la información digital. Este proceso se puede llevar a cabo, básicamente a través de dos procedimientos: utilizando marcadores o sin utilizar marcadores.

Si se utilizan los marcadores, anteriormente ya explicados, estos son reconocidos por el sistema de RA de diversas maneras como son mediante su geometría, su color o mediante ambas cualidades.

Normalmente para el reconocimiento del marcador se utiliza un primer escaneo sobre la imagen para localizarlo y se fija un rango de variación en el movimiento del marcador para el posterior fotograma. Durante el procesamiento de este fotograma el margen de búsqueda se encuentra limitado a un espacio inferior al inicial lo que hace que el tiempo de procesamiento se reduzca. Además, la gran mayoría de

ocasiones, se emplean menos técnicas de reconocimiento para localizar el marcador. Una vez detectado se realiza el proceso necesario de mezcla de la imagen virtual y la imagen real.

Para finalizar hay que destacar que en el caso de que algún fotograma no encontrase el marcador se podría solucionar llevando a cabo una de las siguientes actuaciones: realizar un nuevo escaneo sobre toda la imagen en busca del marcador, buscar en la regiones próximas al marcador o utilizar predicción de movimiento.

En el caso de utilizar el reconocimiento sin marcadores la escena se puede identificar mediante reconocimiento de imágenes o mediante la estimación de la posición.

### **2.3.3. Mezclado mundo real y mundo virtual.**

El siguiente paso consiste en el de sobreponer la información digital sobre la escena real capturada.

La información digital puede ser tanto de carácter visual (imágenes y textos) como auditiva e incluso táctil.

Cabe recordar que los objetos gráficos virtuales pueden ser bidimensionales y tridimensionales.

En el caso de la información bidimensional está formada por un plano geométrico digital en el que cada punto del plano se representa por un pixel (vector de colores en escala RGB). Cada uno de

los tres valores que constituyen el vector puede oscilar en el rango de 0-255, siendo el valor 0 la representación del color negro y siendo el valor 255 la representación del color blanco. Dentro de la información bidimensional se pueden englobar no sólo imágenes sino también textos debido a la similitud que estos guardan con el modo de representación de las imágenes bidimensionales.

Otro tipo de información digital es la información tridimensional que consiste en un “conjunto de vectores multidimensionales para cada punto del plano tridimensional  $(x,y,z)$ ”<sup>28</sup>. Del mismo modo que con la información bidimensional, cada vector está formado por un vector RGB o cualquier tipo de representación de color.

#### **2.3.4. Visualización.**

Las Imágenes resultantes (mezcla entre lo real y lo virtual) son enviadas a un dispositivo de salida (monitor).

A grandes rasgos hay dos tipos de sistemas de visualización: *Magic Lens* y *Magic Mirror*.

Se denomina *Magic Lens* (figura 36) al sistema de visualización de RA en donde el usuario utiliza la pantalla para observar a

---

<sup>28</sup> López, Héctor. “Análisis y Desarrollo de Sistemas de Realidad Aumentada”. Proyecto fin de máster en sistemas inteligentes. Dirigido por Antonio Navarro Martín. Facultad de Informática. Universidad Complutense de Madrid, 2009-10. p.26.

través de ella, como si se tratara de unas gafas mágicas a través de la cuales puede visualizar la realidad aumentada.

**Figura 36: Magic Lens.**



Fuente 36: [www.artag.net/index.html](http://www.artag.net/index.html)

Se llama *Magic Mirror* (figura 37) al dispositivo de visualización en el que el objetivo de la cámara dirige su mirada hacia el usuario. Esto provoca que el usuario tenga la sensación de reflejarse en un espejo mágico de realidad aumentada en el que aparece reflejado junto con los objetos virtuales añadidos al escenario real. Este tipo de visualización es idóneo para hacer que alguien se convierta en guerrero de algún juego o pueda probarse virtualmente algún producto.

**Figura 37: Magic Mirror.**



Fuente 37: [www.artag.net/index.html](http://www.artag.net/index.html)

### 3. PRINCIPALES HITOS EN LA HISTORIA DE LA REALIDAD AUMENTADA

---

La historia de la RA nace de la mano de dispositivos de visualización de realidad virtual que contribuyen a configurar, poco a poco, un dispositivo tecnológico (realidad aumentada) de gran importancia hoy en día. Se debe entender que, aunque son dispositivos que guardan diferencias, la realidad virtual y realidad aumentada han ido evolucionando prácticamente de la mano.

En 1956 el inventor, cineasta y teórico norteamericano Morton Heiling diseña la *Máquina Sensorama* (figura 38) que sirve para proyectar películas en color y sonido estéreo. La particularidad de este proyector reside en que el espectador puede experimentar sensaciones visuales, auditivas, olfativas y táctiles pregrabadas de la película proyectada. Ya que la intención de Morton es que, el usuario de la máquina, tenga una experimentación sensorial lo más parecida a la que tendría si estuviera percibiendo en la vida real aquello que se proyecta en la pantalla. De ahí que el *Sensorama* reproduzca películas en 3D, estímulos visuales, vibraciones, sonido en estéreo e incluso olores para conseguir como dice Claudia Gianneti<sup>29</sup> un “cine multisensorial”<sup>30</sup>.

---

<sup>29</sup> Gianneti, Claudia. Especialista en Media Art, teórica y escritora, comisaria de exposiciones y de eventos culturales, Doctora en Historia del Arte por la Universidad de Barcelona en la especialidad de Estética Digital. Profesora Catedrática invitada de la Universidad de Évora (Portugal), Facultad de Artes Visuales.

<sup>30</sup> Giannetti, Claudia. *Estéticas de la simulación como endoestética*. En: Hernández, Iliana “et al”. 2005. *Estética, ciencia y tecnología: creaciones electrónicas y numéricas*. Bogotá: Ed. Centro Editorial Javeriano. p. 91.

**Figura 38: Sensorama.**



Fuente 38:

[www.telepresenceoptions.com/2008/09/theory\\_and\\_research\\_in\\_hci\\_mor/](http://www.telepresenceoptions.com/2008/09/theory_and_research_in_hci_mor/)

El *Sensorama* funciona (figura 39) de la siguiente forma, el usuario se introduce en una especie de cabina cerrada y orienta su mirada hacia un visor especial para ver la película en 3D. Debajo de la cabina, se localiza una rejilla por donde se extraen olores durante la proyección. En los laterales de la máquina, se encuentran otras rejillas que se encargan de emitir brisas inodoras, en momentos determinados de la película, que contribuyen a que el espectador perciba la sensación de algún movimiento físico al aire libre. De esta forma el usuario consigue aislarse sensorialmente del ambiente real que le rodea e introducirse en la experiencia virtual que ofrece la proyección de la película. Esta particularidad del dispositivo hace que se convierte en la primera máquina de realidad virtual.

**Figura 39: Usuario utilizando la máquina *Sensorama*.**



Fuente 39: <http://www.interactivearchitecture.org/sensorama.html>

Una de las primeras películas proyectadas por el *Sensorama* es la de un recorrido en motocicleta por las calles de Nueva York. El usuario de la máquina experimenta multitud de sensaciones durante la visualización de la película, tales como una vibración (sentido tacto) parecida a la que tiene un motorista en plena conducción. Observa en tres dimensiones (sentido vista) el recorrido que realiza el motorista por la ciudad, oye (sentido oído) las bocinas de los coches que transitan por la ciudad, siente (sentido tacto) el viento en la cara y huele (sentido gusto) alguno de los posibles olores de la ciudad, por ejemplo, el proveniente de una pizzería.

En 1966 el profesor, programador e informático Ivan Sutherland inventa el dispositivo *Head Mounted Display* (figura 40), este aparato se

considera el primer visor montado en la cabeza del usuario y su existencia, como indica Aurelio Mendiguchía “facilitará la visualización de mundos virtuales”<sup>31</sup>.

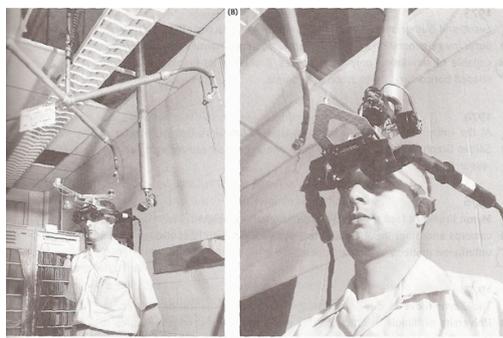
**Figura 40: *Head Mounted Display* de Sutherland.**



Fuente 40: [www.computerhistory.org/collections/accession/X1044.90](http://www.computerhistory.org/collections/accession/X1044.90)

*Head Mountain Display* está conectado a un ordenador y debido a su enorme tamaño y peso es necesario que esté colgado del techo (figura 41).

**Figura 41: Usuario utilizando *Head Mounted Display* de Sutherland.**



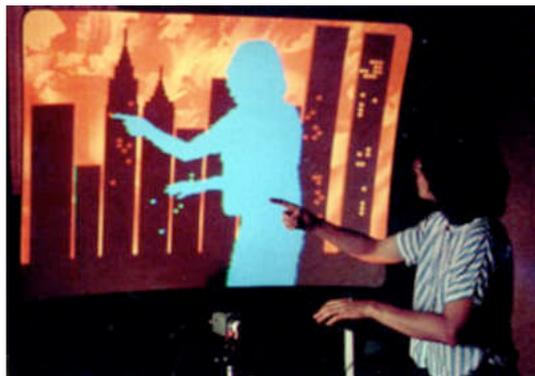
Fuente 41: <https://segue.atlas.uiuc.edu/index.php?action=site&site=aangell&section=5206&page=17228>

---

<sup>31</sup> Mendiguchía, Aurelio. Octubre-Noviembre 2010. “Realidad Aumentada. Una oportunidad de negocio”. *Envíen*. (13): 21.

En 1975 el ingeniero y artista norteamericano Myron Krueger inventa *Videoplace*, este dispositivo facilita a los usuarios interactuar, por primera vez, con objetos virtuales (figura 42).

**Figura 42: *Videoplace*, usuario interactúa con objetos virtuales.**



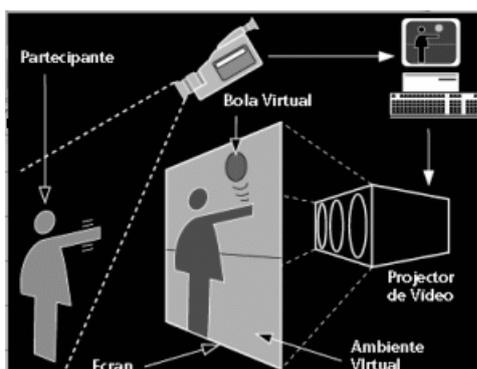
Fuente 42: <http://dada.compart-bremen.de/node/5336#/media-tab>

El dispositivo *Videoplace* (figura 43) está compuesto por una serie de elementos, cuyo funcionamiento es el siguiente:

- 1º. Una cámara captura la silueta y gestos del usuario.
- 2º. A continuación, un ordenador procesa la imagen capturada y la incorpora en un entorno virtual, el cual reacciona ante los gestos y movimientos del usuario. Por ejemplo, los objetos virtuales reaccionan ante las manos del usuario al querer seleccionarlos o el movimiento de los dedos del usuario propicia el nacimiento de algunos de ellos.
- 3º. La combinación del mundo real y virtual se proyecta sobre una pantalla .

4º. El usuario ve esta combinación (mundo real y mundo digital) en la pantalla y reacciona (vuelve a interactuar con otros usuarios o elementos virtuales, gesticula para asombrarse de lo visto, etc) y nuevamente se reinicia el proceso al capturar la cámara al usuario.

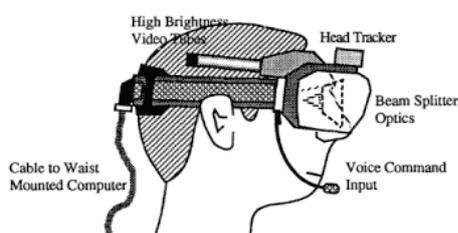
**Figura 43: Videoplaza de Myron Krueger.**



Fuente 43: <http://timerime.com/es/evento/401213/Videoplaza/>

En 1992 Tom Caudell y David Mizell, ambos ingenieros de la compañía Boeing, intentan encontrar una alternativa a los complicados tableros de configuración de cables que utilizan los trabajadores para el montaje de los aviones. Tom Caudell usa, por primera vez, el término realidad aumentada para describir la alternativa propuesta. Esta consiste en una especie de visor (figura 44) en el que se mezclan gráficos virtuales con la realidad, consiguiendo de esta forma facilitar el trabajo de los operadores de Boeing al indicarles las tareas a realizar.

**Figura 44: Visor de Realidad Aumentada.**



Fuente 44: <https://www.icg.tugraz.at/~daniel/HistoryOfMobileAR/>

También durante el año 1992 en la Universidad de Columbia (Nueva York) Steven Feiner, Blair MacIntyre y Doree Seligmann crean el primer prototipo importante de realidad aumentada llamado *KARMA* (figura 45). Este prototipo está basado en un sistema de lentes que muestra, mediante 3D, la manera de realizar el mantenimiento a una impresora láser.

**Figura 45: Usuario utilizando el dispositivo *Karma*.**



Fuente 45: <http://graphics.cs.columbia.edu/projects/karma/karma.html>

En 1999 el profesor Hirokazu Kato junto con el profesor Mark Billinghurst, ambos miembros del Laboratorio de Interfaz Humana (*HITLab*) de la Universidad de Washington, crean *ARToolKit* (*Augmented REality Tool Kit*) que se presenta ese mismo año en el *SIGGRAPH*<sup>32</sup>. *ARToolKit* se caracteriza por ser una librería<sup>33</sup> de software, en lenguaje C y C++, para desarrollar aplicaciones de Realidad Aumentada como puede ser para juegos, publicidad, etc.

---

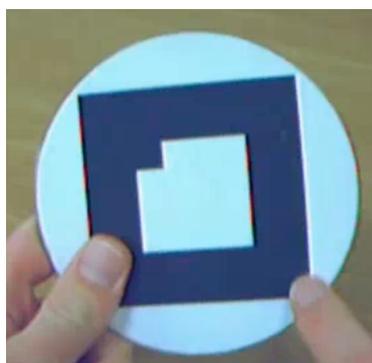
<sup>32</sup> *SIGGRAPH* es el grupo especializado en infografía por ordenador de la ACM (Asociación sobre las máquinas computadoras). Bajo este mismo nombre, *SIGGRAPH*, también se engloba el encuentro anual en el que se realizan conferencias y encuentros sobre este campo. En 1999, el grupo se reúne en Los Ángeles (EE.UU).

<sup>33</sup> En el campo de la informática, una librería es un conjunto de subprogramas utilizados para desarrollar software.

*ARToolKit* es popular y ampliamente utilizada debido, entre otras motivos, por distribuirse bajo licencia GPL (acceso gratuito) y por su facilidad de uso.

Esta librería resuelve una de las dificultades con las que se encuentran las aplicaciones de RA, que es calcular el punto de vista de la cámara (punto de vista del usuario) para poder realizar las operaciones oportunas sobre los objetos virtuales y así solucionar la dificultad que conlleva integrarlos correctamente en el mundo real. Es decir, *ARToolKit* consigue que los objetos virtuales que se integran en el mundo real, el usuario los vea (mediante la cámara o dispositivo de captura utilizado) con la iluminación, posición, orientación, rotación y tamaño que esos objetos tendrían si fueran percibidos por el usuario en el mundo real. Para conseguirlo *ARToolKit* utiliza algoritmos especiales y marcas gráficas (figura 46).

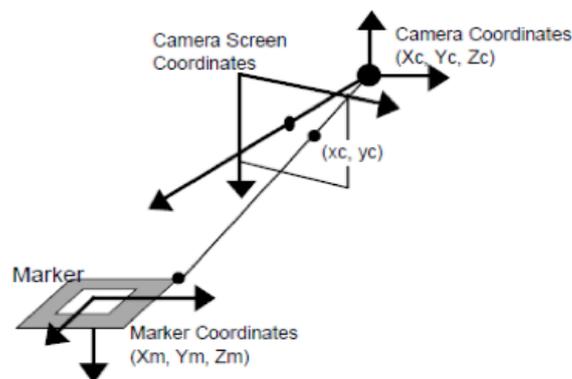
**Figura 46: Ejemplo marca gráfica utilizada en *ARToolKit*.**



Fuente 46: [www.youtube.com/watch?v=TqGAqAFIGg0&feature=player\\_embedded](http://www.youtube.com/watch?v=TqGAqAFIGg0&feature=player_embedded)

El funcionamiento que sigue *ARToolKit* es el siguiente: primero analiza la imagen capturada por la cámara de vídeo en busca de una marca gráfica (compuesta por un marco negro cuadrado, que presenta un diseño distinto en su interior para calcular la orientación espacial del objeto) partiendo de la localización original que graba la imagen. Cuando esta marca gráfica es detectada, se analizan las coordenadas de sus cuatro esquinas y gracias a los valores de cada uno de esos cuatro puntos espaciales colocados sobre un plano se obtiene la posición y orientación en el espacio cartesiano de la cámara que tomó la imagen relativa a la marca (figura 47).

**Figura 47: Relación entre las posiciones del marcador RA y la cámara.**



Fuente 47: Kato, Hirokazu and Billinghurst, Mark “Marker Tracking and HMD Calibration for a Video-based Augmented Reality Conferencing System”.Hiroshima City University and University of Washington. p.7.<<http://JBBAR.ZZL.ORG/documentos/IWAR99.kato.pdf>> [Consulta: 7 julio 2011]

Una vez que se sabe la posición de la cámara real, la cámara virtual se puede colocar en el mismo punto y de esta manera se pueden integrar objetos 3D exactamente sobre el marcador real (figura 48). De esta forma

*ARToolKit* resuelve, como ya se ha dicho, dos de los principales problemas de la realidad aumentada que son el seguimiento del punto de vista y la interacción con el objeto virtual.

**Figura 48: Integración objetos 3D sobre marcador en *ARToolKit*.**



Fuente 48:

[www.youtube.com/watch?v=TqGAqAFIGg0&feature=player\\_embedded](http://www.youtube.com/watch?v=TqGAqAFIGg0&feature=player_embedded)

En el año 2000 Bruce H. Thomas, director actual del Laboratorio de Computación de la Universidad del Sur de Australia, inicia el desarrollo del primer juego de realidad aumentada.

Junto a Bruce H. Thomas, también se encuentran inmersos en este proyecto una serie de estudiantes de Informática de la Universidad del Sur de Australia; cuyos nombres son Benjamin Close, John Donoghue, John Squires, Philip DeBondi y Arron Piekarski.

El juego se denomina *ARQuake*, es decir, *Augmented Reality Quake* ya que este nombre responde a las dos principales características del juego por una parte es un juego de realidad aumentada y por otra parte, los investigadores

se basan en el popular juego *Quake*<sup>35</sup> para desarrollar una versión de este mítico juego en la que los personajes del popular juego se integran en el escenario real de la Universidad del Sur de Australia (figura 49) que se convierte en el marco de acción del juego. En este espacio surgen adversarios y objetos virtuales en lugares coherentes de la universidad.

**Figura 49: AR*Quake*, los personajes de *Quake* se integran en el escenario real de la Universidad del Sur de Australia.**



Fuente 49: <http://wearables.unisa.edu.au/uploads/2010/05/quake4.jpg>

Aunque con este invento la aplicación que se le da a la tecnología de realidad aumentada es puramente de entretenimiento, este proyecto abre la puerta a aplicar la tecnología a multitud de aplicaciones más.

El equipamiento tecnológico (figura 50) necesario para el funcionamiento del juego se compone de unas gafas (actúan de monitor de realidad aumentada), una pistola de plástico (para interactuar con el juego) y un

---

<sup>35</sup> *Quake* es un videojuego de disparos en primera persona publicado por id Software en 1996. Este videojuego es considerado, para muchos, como uno de los mejores juegos de su época; destacando entre otras causas por su gráficas en 3D.

GPS (que ayuda a posicionar los objetos virtuales en la realidad), todo ello conectado a un ordenador portátil que lleva el jugador en una mochila.

**Figura 50: Equipamiento tecnológico de ARQuake.**



Fuente 50: [http://wearables.unisa.edu.au/uploads/2010/05/img\\_7047-hf.jpg](http://wearables.unisa.edu.au/uploads/2010/05/img_7047-hf.jpg)

En el 2008 la empresa austriaca *Mobilizy* crea la aplicación *AR Wikitude Travel Guide* (figura 51) que sale a la venta el 20 de octubre de 2008 con el teléfono *Android G1*.

**Figura 51: Dispositivo móvil con Wikitude AR Travel Guide.**



Fuente 51: <http://elefectoreal.blogspot.com/2010/11/historia.html>

*AR Wikitude Travel Guide* es una aplicación de realidad aumentada para dispositivos móviles que tienen instalado el sistema operativo Android. Aunque la aplicación se ha extendido a otros sistemas operativos en la actualidad.

La aplicación aprovecha la cámara, brújula y el GPS del dispositivo móvil para mostrar, en la pantalla del mismo, datos adicionales a los que está viendo el usuario. Estos datos adicionales provienen de la información que aporta *Wikipedia*<sup>36</sup> y *Panoramio*<sup>37</sup> a la aplicación; de modo que el usuario obtiene información sobre puntos turísticos, edificios y datos históricos situados cerca del usuario. Toda esta información conlleva a que la aplicación se convierta en una guía turística muy interesante para realizar viajes o turismo y disponer de información del entorno de inmediato.

**Figura 52: Demostración de realidad aumentada con *Wikitude AR Travel Guide*.**



Fuente 52: <http://e-global.es/b2b-blog/2008/11/10/wikitude-aplicacion-android-con-realidad-aumentada/>

<sup>36</sup> *Wikipedia* es una enciclopedia de la Fundación Wikimedia que puede ser consultada a través de internet. Su particularidad reside en que los artículos que contiene, son redactados por voluntarios que desean participar en la configuración de la enciclopedia.

<sup>37</sup> *Panoramio* es un sitio web destinado a mostrar las fotografías de lugares o de paisajes que los usuarios realizan y se posicionan en el mapa Google para indicar el punto desde donde las tomaron.

En el 2009 de la mano de la aplicación *FLARToolkit* (*FLash Aumented Reality Tool Kit*) la realidad aumentada llega al navegador Web gracias a que con esta librería se puede programar en Flash. También permite la importación de objetos virtuales en 3D en muchos formatos y diseñar marcadores propios.

Es una librería realizada por Saqoosha.net. que está desarrollada a partir de las librerías *ARToolKit* (anteriormente explicada) y *NyARToolkit*<sup>38</sup> y que posee licencia GPL, es decir, gratuita para uso no comercial.

Algunos de los elementos que *FLARToolkit* necesita son: un patrón para detectar la posición en el espacio físico donde situar el objeto virtual, una cámara que capture el entorno en donde está situada la marca y una pantalla para visualizar el resultado final, es decir, el objeto virtual dentro del espacio capturado.

**Figura 53: Ejemplo de realidad aumentada con librería *FLARToolkit*.**



Fuente 53: <http://www.boffswana.com/news/?p=392>

También en el 2009 se crea el logo oficial (figura 54) del sistema de realidad aumentada, su aparición parte del objetivo de estandarizar la identificación por parte del público de la tecnología RA aplicada en cualquier soporte o medio.

---

<sup>38</sup> *NyARToolkit* es una librería desarrollada para máquinas virtuales particularmente aquellas con host Java, C# y Android.

Visitando la página web oficial <<http://augmentedrealitylogo.com/>> se puede descargar el logo oficial y se puede obtener una guía de normas de utilización del mismo.

**Figura 54: Logo oficial de realidad aumentada.**



Fuente 54: [www.augmentedrealitylogo.com/augmented\\_reality\\_logo.html](http://www.augmentedrealitylogo.com/augmented_reality_logo.html)

En el año 2010 surge el primer curriculum de RA, la iniciativa parte del portal de empleo británico *CWjobs.co.uk* que mediante la dirección web <[http://ARCV.cwjobs.co.uk/augmented\\_reality\\_cv](http://ARCV.cwjobs.co.uk/augmented_reality_cv)> explica en qué consiste este tipo de curriculum que diseñan y motiva a los usuarios a participar en un concurso cuyo premio final es disponer de un curriculum de realidad aumentada que se pueda visualizar mediante la página web de dicho portal de empleo.

El portal de recursos humanos considera que la utilización de este tipo de curriculum puede aumentar las posibilidades de obtener un puesto laboral, ya que es una forma muy atractiva de darse a conocer y despuntar sobre los demás candidatos en el mercado laboral.

El funcionamiento para poder visualizar este tipo de curriculum es sencillo, actualmente<sup>39</sup> los ganadores del concurso tienen disponible en la

---

<sup>39</sup> Última visita realizada a la página web <<http://arcv.cwjobs.co.uk/see-the-winners>> el día 30 de agosto de 2011.

página web <<http://arcv.cwjjobs.co.uk/see-the-winners>> su curriculum de realidad aumentada. Tan sólo se necesita imprimir el marcador que se encuentra en dicha página y dirigirlo hacia la cámara web (figura 55) para poder visualizar en pantalla sus curriculum de RA. De esta forma a través de la pantalla de visualización, se puede observar cómo el usuario real que dirige el marcador se combina con la información virtual configurada por un video en el que el propio candidato, de viva voz e imagen, explica su experiencia profesional. Siguiendo la estructura del típico curriculum vitae el candidato lo primero que hace es presentarse a la empresa (figura 56) aportando datos personales (nombre y apellidos, fecha de nacimiento, etc), luego continua explicando sus estudios y demás datos que contribuyen a configurar su curriculum. Pero la presentación se hace más atractiva que el típico curriculum vitae, gracias a la aparición de elementos gráficos (textos, imágenes 2D, imágenes 3D, video, sonido) que surgen durante el recorrido profesional que realiza el candidato y que lo hacen más atractivo que el resto de curriculums confeccionados en papel, aumentando así las posibilidades de que el empresario se decida por contratarlo.

**Figura 55: Usuario dirige el marcador para visualizar el curriculum de realidad aumentada de David Wood.**



Fuente 55: <http://ARCV.cwjjobs.co.uk/see-dauids-ar-cv>

**Figura 56: El candidato David Wood realiza una pequeña presentación para darse a conocer su curriculum de realidad aumentada.**



Fuente 56: <http://ARCV.cwjobs.co.uk/see-dauids-ar-cv>

**Figura 57: En el curriculum de RA, la imagen virtual del candidato se apoya en otros elementos virtuales (texto, imagen 3D, sonido) que lo hacen más atractivo.**



Fuente 57: <http://ARCV.cwjobs.co.uk/see-dauids-ar-cv>

En el 2010 en España la publicación Fotogramas, en su número de septiembre, realiza su primera incursión en el mundo de la realidad aumentada a través de un número especial de la revista en el que se insertan códigos QR entre sus hojas. El proceso que debe seguir el lector para visualizar la RA es fácil y se resume en 4 sencillos pasos:

1. Visitar la página web <<http://www.fotogramas.es/ra>>.
2. Asegurarse de activar la cámara.

3. Colocar la revista delante del dispositivo que va a captar el código QR, con la portada mirando hacia el usuario y procurando no tapar ninguno de los marcadores que tiene la revista.
4. Pulsar el botón acceder de la página web, anteriormente nombrada, <<http://www.fotogramas.es/ra>>. De esta manera, se activa la realidad aumentada que ofrece la revista y que está formada, entre otros contenidos, por videos exclusivos de películas, entrevistas a expertos, declaraciones de actrices.

**Figura 58: RA en la revista Fotogramas.**



Fuente 58: <http://www.many-worlds.es/Realidad-aumentada-en-la-revista-Fotogramas/detalle/41>

En el terreno de los centros de atracciones y espectáculos, el centro Futuroscope es un ejemplo claro de integración de la tecnología de RA en los espectáculos de entretenimiento. En el año 2008 el centro inicia su andadura en el terreno de la realidad aumentada y manifiesta que la experiencia que vive el espectador del espectáculo de RA es única, ya que éste puede interactuar con unos animales virtuales en 3D. Este espectáculo permanece hoy en día vigente, bajo el nombre *Los animales del futuro* y consiste en que el espectador realiza un trayecto sentado en un vagón de un tren mientras va viendo animales

digitales en 3D (realidad virtual) que podrían existir dentro de millones de años. Gracias a unos prismáticos y a un sensor de movimiento, el espectador puede conocerlos de cerca e incluso jugar con ellos gracias a la combinación que se produce entre estos y la realidad en la que se encuentra el visitante.

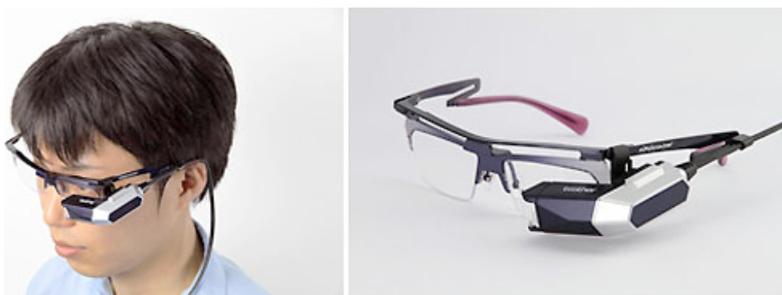
Para los responsables del centro Futuroscope la realidad aumentada es un sistema que cumple tres factores:

- Combina información digital con real de una manera coherente y sincronizada de tal manera que el visitante llega a no poder diferenciar lo que es virtual y lo que es real.
- La interactividad que ofrece la tecnología de RA hace que el público del espectáculo cambie su percepción de lo real. Además se produce una transformación del papel que cumple éste cumple, de ser un simple espectador pasa a ser el protagonista del espectáculo, actuando directamente y en tiempo real con los animales virtuales perfectamente integrados en su entorno real.
- Sumerge al espectador en un nuevo ambiente que es el resultado final de mezclar lo real y digital, ya no es necesaria una pantalla para observar la representación.

Estos ejemplos últimos de aplicaciones de la RA ayudan a demostrar que la tecnología de RA posee aplicaciones en diversos campos de la sociedad. Pero no sólo en el de la publicidad o el entretenimiento, como se ha visto, sino en otros campos como son la medicina, educación, militar, etc que veremos en un apartado especial confeccionado en esta tesina.

Por finalizar, decir que la tendencia actual en torno a esta tecnología en el campo de la investigación se caracteriza por el auge de proyectos de RA. Algunos de ellos se encuentran en fase de desarrollo y otros en cambio, comienzan a producir resultados satisfactorios. Esto es el caso de la empresa Brother Industries que inicia sobre el año 2005 un proyecto de Ra que consiste en crear una gafas especiales para visualizar RA. Estas gafas poseen un sistema que hace que se proyecten imágenes virtuales directamente sobre la retina del usuario que las lleva sin perjudicar a sus ojos. En el 2010 la empresa continua con sus investigaciones y da a conocer *AIRScouter* que es el último prototipo diseñado de las gafas *RID*

**Figura 59: Gafas *RID* *AiRscouter*.**



Fuente 59: <http://www.fayerwayer.com/2010/07/airscouter-gafas-que-proyectan-imagenes-directamente-en-la-retina/>

## 4. DIFERENCIAS ENTRE REALIDAD VIRTUAL Y REALIDAD AUMENTADA

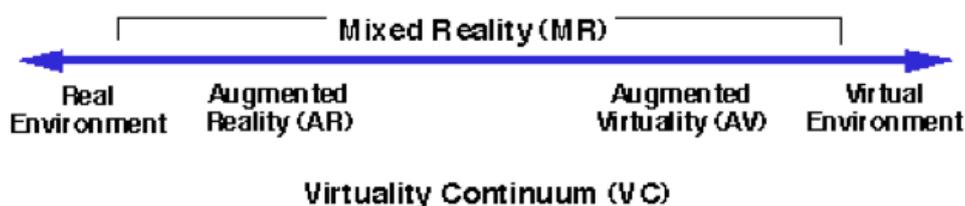
---

El nacimiento de la realidad aumentada viene de la mano, como ya se ha visto, de la tecnología realidad virtual. Es por ello, que es necesario explicar en qué consiste la realidad virtual, dada la importancia que tiene sobre la realidad aumentada, y profundizar en las diferencias que separan ambas tecnologías.

### 4.1. Virtuality Continuum

Como comienzo es necesario por relacionar los conceptos de realidad virtual y realidad aumentada a través de la definición *Virtuality Continuum* (figura 60), dada por Paul Milgram y Fumio Kihino en 1994, la cual indica que entre un entorno real (*Real Environment*) y un entorno virtual (*Virtual Environment*) puro está la llamada realidad mixta (*Mixed Reality*). Ésta se subdivide en dos, la realidad aumentada (*Augmented Reality*) que se encuentra más cerca del espacio real y la virtualidad aumentada (*Augmented Virtuality*) que se sitúa más próxima al espacio virtual. Esta definición aproxima a tener una idea comparativa sobre la importancia que tiene, para cada de las tecnologías, el entorno real y el virtual y configura de esta manera el inicio comparativo de los rasgos definitorios que poseen ambas tecnologías.

**Figura 60: Representación de la definición Virtuality Continuum.**



Fuente 60: Milgram, Paul y Kishino, Fumio. 1994. “A taxonomy of mixed reality visual displays”. Transactions on Information Systems. p.3

## **4.2. Rasgos Diferenciales**

Si con la definición *Virtuality Continuum* se inicia el análisis comparativo de ambas tecnologías, el siguiente paso es profundizar aún más en dicho estudio y enumerar algunos de los rasgos diferenciales que presentan ambas tecnologías:

- **Tipo de contenido mostrado.**
- **Dependencia del entorno virtual.**
- **Inmersión del usuario.**
- **Inconvenientes.**

Una vez enumerados, se pasará a estudiar cada uno de estos rasgos con más detenimiento:

### **4.2.1. Tipo de contenido mostrado.**

- En la Realidad Virtual (figura 61) todo lo mostrado (seres, objetos, edificios y demás elementos) es artificial.

**Figura 61: Contenido mostrado por la Realidad Virtual**



Fuente 61: [www.youtube.com/watch?v=BMJyu3izLJ0](http://www.youtube.com/watch?v=BMJyu3izLJ0)

- Por el contrario en la realidad aumentada (figura 62) el espacio, objetos, seres y demás elementos que se representan son reales y se añade a este entorno real algunos objetos artificiales enriquecen o complementan dicho entorno.

**Figura 62: Contenido mostrado en la realidad aumentada.**



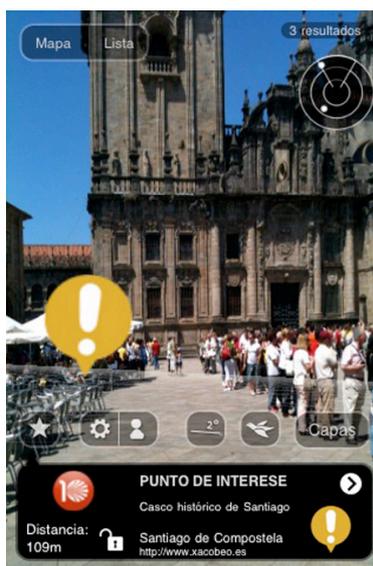
Fuente 62: [www.marketingdirecto.com/wp-content/uploads/2011/02/realidad-aumentada-móvil1.jpg](http://www.marketingdirecto.com/wp-content/uploads/2011/02/realidad-aumentada-móvil1.jpg)

#### **4.2.2. Dependencia del entorno virtual.**

- En la realidad virtual no existe una dependencia entre la ubicación real del usuario y el entorno virtual representado
- En la realidad aumentada si existe dependencia, es decir, la ubicación espacial de los objetos virtuales representados dependen de la posición real donde se encuentre situado el usuario que utiliza la tecnología RA. Así por ejemplo, cuando se sobrepone un texto informativo (objeto virtual) sobre un edificio, la ubicación e información mostrada por el texto

sobre el espacio real (figura 63) dependerá de la ubicación desde la que el usuario active el sistema de realidad aumentada.

### **Figura 63: Dependencia ubicación información virtual en la realidad aumentada**

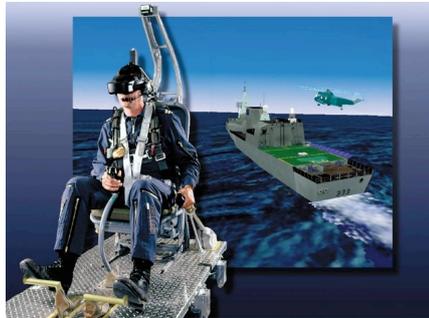


Fuente 63: <http://theorangemarket.com/wp-content/uploads/2010/07/Realidad-Aumentada-Xacobeo-03.jpg>

#### **4.2.3. Inmersión del usuario.**

- La realidad virtual tiene como objetivo conseguir que el usuario se aleje del mundo real y se introduzca en un mundo totalmente generado artificialmente (figura 64), en el que existen objetos virtuales con los que puede interactuar. Su objetivo es hacer creer al usuario que ese mundo virtual es real, aunque no lo sea en realidad. Los avances producidos en la actualidad, en esta tecnología hacen que este objetivo sea más que cumplido.

**Figura 64: Realidad Virtual, inmersión del usuario en un mundo artificial.**



Fuente 64: [www.neoteo.com/images/Cache/1BADx900y900.jpg](http://www.neoteo.com/images/Cache/1BADx900y900.jpg)

- La realidad aumentada, por el contrario, su objetivo no es el de alejar al usuario de un mundo (real) para introducirlo en otro (mundo virtual); sino que su finalidad es introducir al usuario el mundo virtual para que complemente el mundo real del que no se aleja. De modo que la tecnología permite que el usuario mantenga contacto con su entorno real.

**Figura 65: Realidad Aumentada, mantiene el mundo real del usuario y introduce el mundo virtual.**



Fuente 65: [www.grupo-skala.com/marketing-turistico-blog/wp-content/uploads/Galaxy-tab-realidad-aumentada.jpg](http://www.grupo-skala.com/marketing-turistico-blog/wp-content/uploads/Galaxy-tab-realidad-aumentada.jpg)

#### **4.2.4. Inconvenientes.**

- La realidad virtual requiere realizar una cierta inmersión económica si se quiere disponer de dispositivos con los que obtener realidades virtuales de gran calidad. No es necesario que se sincronice con la realidad del usuario; de hecho, como ya se ha dicho, lo aleja de ese mundo real.
- La realidad aumentada tiene el inconveniente de tener que ,en todo momento, realizar inversiones económicas no solo para disponer de una realidad virtual de gran calidad sino también para disponer de unas herramientas de gran calidad que ayuden a sincronizar temporalmente y espacialmente la información real y información virtual. Herramientas que ,también, tienen que ayudar a mezclar ambas informaciones para obtener el producto final.

## **5. APLICACIONES DE LA REALIDAD AUMENTADA**

---

La realidad aumentada se ha introducido o se está empezando a introducir en diversos ámbitos de la sociedad, abarcando entre otros campos el de la medicina, educación, juegos, militar, etc. Su aplicación se ha debido, en parte, a:

- La gran utilidad que reporta la tecnología al transmitir información visual que complementa o potencia el entorno real en el que se desarrolla.
- La mejora de los sistemas de procesamiento de imagen y video en tiempo real.
- La aparición de nuevas posibilidades en el campo de los sistemas digitales (objetos virtuales mejor elaborados y más realistas), que han hecho que se reduzca la apariencia de artificialidad que conlleva los objetos virtuales añadidos a la realidad y ha propiciado una mayor confluencia de ambos mundos (real y virtual).

Pero no sólo las mejoras técnicas del sistema han propiciado este auge de utilización de esta tecnología, sino también el desarrollo tecnológico y proliferación de los dispositivos electrónicos en los que se pueden desarrollar la tecnología de realidad aumentada han contribuido.

Es por ello que debido a este creciente aumento de aplicaciones posibles de realidad aumentada, que se ha producido o se está produciendo, es necesario realizar un estudio pormenorizado de algunas de estas aplicaciones que nos lleve a un mayor comprensión de la tecnología aplicada al campo de:

- Medicina
- Fabricación reparación
- Anotaciones y visualización
- Militar

### **5.1. RA MEDICINA**

La realidad aumentada tiene la capacidad, como se ha mencionado, de enriquecer o complementar la realidad mediante el uso de información digital. Lo que conlleva que esta tecnología pueda jugar un papel muy importante en el área de la medicina debido a que, entre otros motivos, en muchas de las actividades que se realizan en esta área los profesionales médicos de los distintos campos de la medicina (cirugía, psicología, traumatología, etc) requieren poseer información adicional a la que les puede aportar la información visual o la suministrada por alguna prueba médica realizada.

La tecnología RA ha comenzado a mostrar las enormes posibilidades que en la Medicina en general y en la Cirugía y Psicología, entre otra áreas, en particular posee esta tecnología en beneficio de la ciencia y la salud del paciente.

Entre las diversas utilidades que la realidad aumentada aporta a la medicina están algunas de las siguientes que se pasará a estudiar con más detalle a continuación:

- Cirugía
- Simuladores para la formación.
- Psicología.

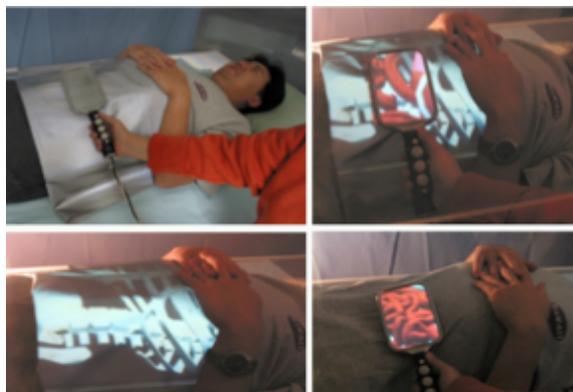
#### **5.1.1. Cirugía.**

La cirugía es la especialidad médica cuya finalidad es curar enfermedades o lesiones mediante alguna intervención quirúrgica.

En este campo de la medicina la posibilidad de disponer de RA aporta importantes avances médicos, algunos de los cuales son:

- Contribuye a realizar un estudio previo más fiable y una localización más exacta de la zona afectada. Así la utilización del modo de visualización de realidad aumentada conocido como *Magic Mirror* (figura 66), que ya se ha analizado anteriormente, hace que una cámara dirija su mirada hacia el paciente (mundo real) y éste se refleje, a modo de espejo, en un dispositivo de visualización en el que se combina con datos virtuales (información recopilada previamente sobre el paciente, por ejemplo imágenes de ultrasonidos, radiografías, resonancias, reconstrucciones de órganos en 3D, etc).

**Figura 66: RA en la medicina.**



Fuente 66: Atzín, Rosa. “Sistema de desarrollo para aplicaciones de realidad aumentada”. Tesis para obtener el Grado de Maestro en Ciencias en Computación. Dirigido por Dr. Luis Gerardo de la Fraga. Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional. Méjico, 2010. p.3 <[www.cs.cinvestav.mx/TesisGraduados/2010/tesisRosaVazquez.pdf](http://www.cs.cinvestav.mx/TesisGraduados/2010/tesisRosaVazquez.pdf)> [Consulta: 9 de junio de 2011].

De este modo el cirujano si dispone de esta tecnología, tiene una mayor información sobre el paciente lo que le ayuda a confeccionar un análisis previo más seguro y le permite ubicar mejor la zona dañada y por tanto donde debe producirse la intervención quirúrgica.

- Disminuyen los tiempos de espera clínica, al conseguir de forma inmediata los resultados de la exploración.
- Se reduce el tiempo de la operación quirúrgica, de tal modo que decrece el riesgo para el paciente y aumenta el beneficio que esto supone.

### 5.1.2. Formación para los profesionales y estudiantes médicos.

La realidad aumentada se convierte en una muy buena herramienta de aprendizaje médico, tanto para los profesionales del sector como para las futuros especialistas médicos.

Entre las diversas utilizaciones que se pueden realizar está la de utilizar la tecnología como una importante fuente de información para el estudio de la anatomía humana tal como se muestra en la figura 67.

**Figura 67: Realidad aumentada utilizada para la formación.**



Fuente 67: <http://technocult.net/?s=augmented>

### 5.1.3. Psicología

En el campo de la psicología la realidad aumentada se utiliza, entre otras aplicaciones, en el tratamiento curativo de fobias como la acrofobia, claustrofobia, entomofobia, aracnofobia. También es aplicada

en el tratamiento curativo de trastornos alimentarios como la bulimia o anorexia.

Para el grupo Previ<sup>41</sup> el factor más importante de la RA en el campo de la psicología es “que los elementos virtuales complementan el mundo real con información virtual relevante para el tratamiento, ofreciendo una situación de exposición controlada”<sup>42</sup>. Para este grupo de profesionales integrados por especialistas en diferentes campos de la psicología clínica (psicólogos, psiquiatras, endocrinos, trabajadores sociales, enfermeras, auxiliares, etc), la RA contribuye a superar ciertas fobias del paciente. Así, por ejemplo, una persona con miedo a las cucarachas o arañas (entomofobia) puede aprender a controlar su miedo a estos insectos a través de animales virtuales con los que interactúa y que el terapeuta controla (lugar de aparición, número de insectos, tamaño y movimiento) según la necesidades del tratamiento a aplicar en pro de superar el problema.

La experiencia acumulada en este tipo de tratamientos constata que los objetos virtuales (cucarachas, arañas, avispas...) son apreciados por los pacientes con gran realismo y de ahí la gran efectividad que tiene la tecnología para paliar este tipo de fobias.

---

<sup>41</sup> LabPsiTec es el Centro Clínico de Psicología Previ. Es una spin-off asociada a la Universidad Jaume I de Castellón, la Universidad Politécnica de Valencia y la Universidad de Valencia.

<sup>42</sup>Centro Clínico de Psicología Previ. “Realidad aumentada”. <[www.previsl.com/es/ntecno/raumentada.asp](http://www.previsl.com/es/ntecno/raumentada.asp)> [Consulta: 10 de junio de 2011].

En LabPsiTec<sup>43</sup> investigan (desde hace más de 15 años) las posibilidades que las Nuevas Tecnologías de la Información y Comunicación (TICs) como son, entre otras, la realidad virtual, realidad aumentada, Internet, sistemas móviles pueden ofrecer a la psicología clínica como “herramientas de evaluación y de tratamiento, así como el estudio de los procesos psicológicos básicos”<sup>44</sup>.

La trayectoria adquirida por LabPsiTec, en este tipo de tratamientos, les hace afirmar que “se han obtenido cambios significativos que disminuyen la interferencia y el malestar ocasionado por la fobia en la vida del paciente”<sup>45</sup>.

El sistema de RA que utiliza LabPsiTec está compuesto (figura 68) por un PC conectado a un casco con cámara incorporada que lleva el paciente acoplado a un sensor de seis grados de libertad, que posibilita al sistema saber la posición y orientación del paciente.

El mecanismo combina dicha información con las imágenes recogidas por la cámara (información real) y de esta manera se superponen los objetos virtuales (cucarachas, avispas, etc) sobre la imagen real con gran exactitud. A través del casco, el paciente observa la combinación de ambos mundos con una gran veracidad para él.

---

<sup>43</sup> LabPsiTec es el Laboratorio de Psicología y Tecnología de la Universidad Jaume I de Castellón y de la Universidad de Valencia.

<sup>44</sup> LabPsiTec. Universidad Jaume I de Castellón y de Universidad de Valencia. <[www.labpsitec.uji.es/esp/index.php](http://www.labpsitec.uji.es/esp/index.php)> [Consulta: 10 de junio de 2011].

<sup>45</sup> *Íbid.*

**Figura 68: RA aplicada en terapias de fobias insectos.**



Fuente 68:

[www.yalosabes.com/tratamiento-de-fobias-con-realidad-aumentada.html](http://www.yalosabes.com/tratamiento-de-fobias-con-realidad-aumentada.html)

La acrofobia también es tratada a través de la realidad aumentada (figura 69) y los resultados favorables confirman su eficacia. Uno de los tratamiento posibles, es utilizar fotografías inmersivas que consisten en ambientes fotografiados en los que el usuario puede desplazarse y que representan el ambiente real. Concretamente el usuario puede, por ejemplo, asomarse por una escalera interior, una escalera exterior, un puente, una presa o desde una ventana o balcón y desde diferentes alturas.

**Figura 69: RA aplicada en el tratamiento de la acrofobia.**

Paciente (foto izquierda) y visualización de RA (foto derecha)



Fuente 69: Pérez, David. “Desarrollo de sistemas de realidad virtual y aumentada para la visualización de entornos acrofóbicos. Estudios comparativos entre ellos”. Tesis. Dirigida por Dra. M<sup>a</sup> Carmen Juan Lizandra.UPV,2009.<[www.dsic.upv.es/docs/bib-dig/tesis/etd-04142009-100820/Tesis\\_David\\_Perez.pdf](http://www.dsic.upv.es/docs/bib-dig/tesis/etd-04142009-100820/Tesis_David_Perez.pdf)> [Consulta: 19 de junio de 2011].

## **5.2. RA FABRICACIÓN/REPARACIÓN**

Otro campo donde la realidad aumentada proporciona al usuario información de gran utilidad es en la fabricación, reparación, mantenimiento de maquinaria compleja como son los coches, barcos, camiones, aviones. Por ejemplo, las instrucciones sobre el cambio de las pastillas de freno pueden ser más fáciles de entender si en lugar del clásico manual el usuario dispone de imágenes virtuales tridimensionales superpuestas en el medio de transporte a reparar. De tal manera que se le muestre paso por paso las pasos a realizar para el cambio de las pastillas de freno.

**Figura 70: RA en Fabricación/ Reparación.**



Fuente 70:

<http://ruvid.webs.upv.es/inforuvid/index.php?edi=2116&con=2498&sec=11>

En el caso de la fabricación de aviones la incorporación de la tecnología se ha realizado, entre otras causas, para conseguir solucionar la dificultad técnica que ocasiona el montaje del avión. Ya que los distintos departamentos que participan en el montaje de los aviones requieren disponer de una manera inmediata de una gran cantidad de documentación técnica, pues una construcción totalmente correcta del avión exige de una gran cantidad de trabajos a realizar los cuales se caracterizan por su

diversidad y complejidad. Hoy en día la introducción del ordenador ayuda al operario, pero en otras ocasiones no sirve sólo con este dispositivo. Es ahí donde la tecnología RA surge para suplir algunas carencias como, por ejemplo, cuando el operario se encuentra ante la dificultad de no poder acceder a la información que necesita debido a que se encuentra en un parte del avión de espacio reducido. Para solucionar este problema la empresa Airbus Military junto con la Universidad de Málaga y la empresa ARPA Solutions crean un sistema de consulta de información de realidad aumentada (figura 71) para zonas de difícil acceso, dentro del marco del proyecto *MOOM (asseMbly Oriented authOring AugmeNted reality)*.

Los expertos diseñan un software que lo instalan en un Tablet PC industrial ligero, que tiene cámara y una interface táctil. Este dispositivo permite al operario, en el mismo lugar de montaje, ver las instrucciones que necesita para la fabricación de la fase del avión en que se encuentra e incluso le permite saber la ubicación de los sistemas que deberá colocar posteriormente.

Mediante el display del Tablet el operario observa la combinación de información digital (información en 3D de la estructura de cables, tubos y bridas del avión) e información real proveniente de la captura que la cámara del Tablet realiza de la zona de trabajo en la que se encuentra el operario.

Para que se produzca una perfecta sincronización entre ambas informaciones, es necesario la utilización de unas marcas artificiales de posicionamiento que el operario utiliza para colocar sobre ellas el Tablet y se produzca dicha sincronización.

**Figura 71: RA en Fabricación de aviones.**



Fuente 71: A.I. 2010. “Realidad aumentada para el montaje de aviones”. AiNNOVA. (22): 7. <[www.andaluciainvestiga.com/revista/pdf/n22/22dossier.pdf](http://www.andaluciainvestiga.com/revista/pdf/n22/22dossier.pdf)> [Consulta: 19 de junio de 2011].

### **5.3. RA ANOTACIONES Y VISUALIZACIÓN**

La RA puede ser empleada para realizar anotaciones textuales, iconográficas o reconstrucciones a esculturas, edificios públicos, edificios privados, etc.

**Figura 72: RA en Anotaciones/Visualización**



Fuente 72: [www.poderpda.com/noticias/realidad-aumentada-de-la-industria-mecanica-a-la-sociedad-de-consumo/](http://www.poderpda.com/noticias/realidad-aumentada-de-la-industria-mecanica-a-la-sociedad-de-consumo/)

El sector del turismo es uno de los principales sectores de ingresos económicos para muchas ciudades y países, los integrantes de este sector saben que es necesario captar de una manera constante la atención de los posibles visitantes y ven en la realidad aumentada una nueva herramienta de atraer a turistas que visiten sus países, ciudades, pueblos, etc y generen beneficios económicos con sus visitas.

Un ejemplo práctico de RA aplicado a las anotaciones y visualización es el llevado a cabo en Valencia, el Ayuntamiento de Valencia través de su página web oficial <[www.valencia.es/ayuntamiento/realidad.a.nsf](http://www.valencia.es/ayuntamiento/realidad.a.nsf)> oferta al turista o ciudadano la posibilidad de descargarse la aplicación de RA *Layar* para su dispositivo móvil (siempre que tenga Gps, acceso internet, brújula y cámara) y así disponer de información adicional sobre algunos edificios, instalaciones o servicios disponibles de la ciudad.

El funcionamiento de activación del servicio para visitar Valencia, a través de la tecnología RA ofertada por el Ayuntamiento de Valencia es fácil de utilizar. El usuario debe de seguir unos sencillos pasos, ya comentados anteriormente, que se vuelven a explicar con más detalle:

1. Hay que descargar de la página oficial <<http://www.layar.com/>> la aplicación *Layar*, concretamente *Layar Reality Browser*, e instalarla en el dispositivo electrónico.
2. Visitar nuevamente la página oficial <<http://www.layar.com/>> y entrar en el apartado *Layers* y elegir uno de los cuatro *layers* publicados por el ayuntamiento de Valencia. Los *layers*, también llamados mapas, son una especie contenedores de información específica sobre algún tema en concreto que permiten localizar y

obtener información concreta. Por ejemplo el Ayuntamiento de Valencia oferta 4 *layers* que se estructuran de la siguiente forma:

1. Equipamientos municipales, este *layer* engloba información municipal de Valencia sobre: bibliotecas, centros juveniles, centros sociales, Correos, instalaciones deportivas, Instalaciones educativas, Instalaciones sanitarias. mercados, museos, oficinas municipales, policía y teatros.

**Figura 73: Layer Equipamiento Valencia.**

## **Equip. Valencia**



Fuente 73: <http://www.layar.com/layers/testinfociedad>

2. Transporte público, gracias a este *layer* se puede obtener información sobre:

- a. Paradas de la EMT (Empresa Municipal de Transportes) y del Metro, se da información sobre las líneas del transporte público que pasan por cada parada y sobre el tiempo que queda para que pasen las mismas por su parada en tiempo real.
- b. Estaciones de las bicicletas públicas ValenBisi, indicando cual es la que tiene hay aparcamiento

libre para depositar las bicicletas y cual tiene bicicletas disponibles todo en tiempo real.

d. Aparcamientos públicos que se encuentran disponibles para aparcar los automóviles, indicando el número de plazas libres.

e. Aparcamientos para depositar las bicicletas de propiedad privada.

**Figura 74: Layer Transporte público de Valencia.**

## Transporte Público

	Publisher	Ayuntamiento de Valencia
	Category	Transportation
	Price	Free
	Countries	Spain

Fuente 74: <http://www.layar.com/layers/transportepub>

3. Lugares de interés, a través de este *layer* el usuario obtiene información actualmente<sup>46</sup> 212 puntos en los que se incluyen edificios monumentales y otros lugares de interés turístico.

---

<sup>46</sup>Información obtenida a través de la página oficial del Ayuntamiento de Valencia <[www.valencia.es/ayuntamiento/realidadada.nsf/vDocumentosTituloAux/¿Qué%20información%20se%20puede%20obtener%3F?opendocument&lang=1](http://www.valencia.es/ayuntamiento/realidadada.nsf/vDocumentosTituloAux/¿Qué%20información%20se%20puede%20obtener%3F?opendocument&lang=1)>[Consulta: 31 de agosto de 2011].

**Figura 75: Layer Turismo Valencia.**

## Turismo Valencia



Fuente 75: [www.layar.com/layers/monumentos](http://www.layar.com/layers/monumentos)

4. Fallas de Valencia, este *layer* es el último que ofrece el Ayuntamiento de Valencia y gracias a él el usuario puede tener visitar los distintos monumentos falleros que se sitúan en las calles de la ciudad y obtener información sobre los de la sección especial y demás secciones que conforman la fiesta fallera.

**Figura 76: Layer Fallas de Valencia.**

## Fallas De Valencia



Fuente 76: [www.layar.com/layers/fallasvalencia](http://www.layar.com/layers/fallasvalencia)

3. Una vez descargado el *layer* o *layers* elegidos, el usuario tan solo debe de activarlo y dirigir la cámara de su dispositivo móvil hacia el espacio real que quiere obtener información. Si el *layer* instalado tiene información sobre lo que capta la cámara entonces aparecerán información virtual (la temática variará según el *layer* escogido) sobre la realidad capturada produciendo así la tecnología RA aplicada en este caso a anotaciones y visualización de Valencia (figura 77).

### **Figura 77: RA aplicada anotaciones y visualización de Valencia.**



Fuente 77: [www.turisvalencia.es/ra/movil/](http://www.turisvalencia.es/ra/movil/)

El ayuntamiento de Valencia informa en su página oficial [www.valencia.es/ayuntamiento/realidada.nsf](http://www.valencia.es/ayuntamiento/realidada.nsf) que el sistema de RA además de localizar los servicios y equipamientos más cercanos también aporta información sobre: la distancia a la que se encuentran tales servicios y equipamiento, el trayecto más corto para llegar a ellos, teléfonos de contacto, etc.

#### **5.4. RA ENTRETENIMIENTO Y JUEGOS**

La incursión de la RA en el campo de los juegos se inicia por el año 2000 con los proyectos de investigación aplicados a este campo iniciados mayoritariamente por algunas universidades que observan el enorme potencial que posee dicha tecnología e inician sus investigaciones realizando réplicas de juegos ya existentes para ordenador o videoconsolas en los que les aplican RA. Este es el caso del juego *ARQuake*, mencionado ya en esta tesina, desarrollado por el director actual del Laboratorio de Computación de la Universidad del Sur de Australia Bruce H. Thomas y por un grupo de estudiantes de dicha universidad. Se recomienda la lectura del

apartado “3. Principales hitos de la historia de la realidad aumentada” para tener más información sobre dicho juego.

Estas primeras aplicaciones de RA en los juegos poseen una serie de factores comunes que son que los jugadores de los juegos de RA tienen que llevar a cuestas muchos de los dispositivos que facilitan el desarrollo del juego, lo cual hace que dificulte al jugador la experiencia de realidad aumentada que puede tener jugando a la vez que no resulta práctico a la hora de facilitar al usuario que se pueda mover con facilidad para jugar.

Así por ejemplo, se recuerda que en el juego *ARQuake* el equipamiento tecnológico necesario (figura 78) estaba formado por unas gafas (actuaban de monitor de realidad aumentada), una pistola de plástico (para interactuar con el juego) y un GPS, todo ello conectado a un ordenador portátil que llevaba el jugador real en una mochila.

**Figura 78: Equipamiento tecnológico de *ARQuake*.**



Fuente 78: [http://wearables.unisa.edu.au/uploads/2010/05/img\\_7047-hf.jpg](http://wearables.unisa.edu.au/uploads/2010/05/img_7047-hf.jpg)

Pero gracias a la evolución tecnológica sufrida por algunos de los dispositivos electrónicos o por algunos de los elementos<sup>47</sup> que participan en la RA ha hecho que en la actualidad ya no sean necesarios tantos elementos para poder jugar a un juego de RA y se pueda jugar con tecnología de RA, por ejemplo, necesitando simplemente un simple teléfono móvil de nueva generación con cámara.

Así por ejemplo han surgido juegos diseñados para diferentes dispositivos móviles como es el juego *ARhrrr* (figura 79) desarrollado por la Universidad Georgia Tech junto con Nvidia y en el que consiste en que el jugador debe defender una pequeña ciudad que es invadida por zombies. El jugador pilota un helicóptero virtual desde donde dispara a los atacantes virtuales que aparecen por toda la ciudad virtualmente construida.

**Figura 79: ARhrrr. Juego de Ra para dispositivo móvil.**

Juego de RA (foto derecha), Jugador dirigiendo cámara hacia el marcador (fotos derecha)



Fuente 79 : <http://www.youtube.com/watch?v=cNu4CluFOcw>

---

<sup>47</sup> Se recomienda para más información la lectura del apartado de esta tesina “2.2 Elementos necesario para el sistema de Realidad Aumentada”.

Otro juego de RA aplicado a dispositivos móviles es *Kweekies* (figura 80) de la empresa int<sub>13</sub> que consiste en que el jugador debe de entrenar a un animal para posteriormente combatir contra otro animal. Los elementos necesarios para jugar son: disponer de un dispositivo móvil en el que se encuentre instalado el juego y un código QR (leer apartado de marcadores de esta tesina para mayor información sobre este código) que actúa de marcador. El proceso es sencillo, el jugador dirige la cámara hacia el marcador para captarlo y conseguir que aparezca la realidad virtual combinada con el mundo real próximo al escenario real del jugador .

**Figura 80: *Kweekies*. Juego de Ra para dispositivo móvil.**



Fuente 80: <http://www.int13.net/img/kweekies01.jpg>

Cabe recordar que *ARhrrrr* y *Kweekies* no sólo los únicos juegos que se desarrollan con la tecnología de RA para dispositivos móviles sino que existen multitud de juegos que se ha desarrollado en el marco de esta tecnología y que, algunos de ellos, siguen una estructura parecida a la explicada con estos juegos.

También existen juegos que se han desarrollado para videoconsolas. Este es el caso de *Ghostwire* (figura 81) que se lanza al mercado a finales del 2010 y se convierte en el primer juego de realidad aumentada desarrollado para la videoconsola Nintendo DSi. El juego se basa en que la cámara de la consola actúa de detector de fantasmas virtuales que

se combinan con la escena real captada también por la cámara. El objetivo del jugador es resolver diferentes puzzles que hacen desaparecer estos seres fantasmales que aparecen cuando menos se lo espera en su entorno próximo.

**Figura 81: Ghostwire. Juego de Ra para Nintendo.**



Fuente 81:

[www.nintendros.com/wp-content/uploads/2009/05/custom\\_1243253807133\\_ghostwire.jpg](http://www.nintendros.com/wp-content/uploads/2009/05/custom_1243253807133_ghostwire.jpg)

El entorno de empresas que configuran el mundo de los dispositivos electrónicos especializados en videoconsolas y otros dispositivos enfocados a los juegos digitales encuentran en esta tecnología una buena herramienta con la que desarrollar productos de entretenimiento enfocados al consumo de juegos. Así no solo la empresa Nintendo desarrolla juegos de RA sino también su máximo competidor Sony desarrolla *Invizimals* (figura 82) para PSP. Este juego, como ya se ha comentado, se basa en que el jugador dispone de un marcador al que dirige la cámara instalada en la consola para poder visualizar unos animales llamados *Invizimals* que debe atrapar. El jugador puede utilizar los comandos de la consola e incluso sus propias manos para atrapar a esos personajes virtuales.

**Figura 82: Invizimals.**



Fuente 82: [www.youtube.com/watch?v=TvDWIeKmhYs&](http://www.youtube.com/watch?v=TvDWIeKmhYs&)

La tendencia actual de transformación que está sufriendo el modo en que el jugador interactúa con este tipo de juegos digitales, basados en realidad virtual y realidad aumentada, conlleva a encaminarse hacia un tipo de juego en el que ya no existen mandos para controlar el juego o no son el elemento principal de control. Así por ejemplo, Microsoft desarrolla *Kinect* (figura 83) para la videoconsola Xbox 360; se trata de un sensor de movimiento que realiza ,entre otras funciones, un control del todo el cuerpo del jugador (basándose en datos de profundidad) y realiza un reconocimiento facial del jugador. *Kinect* permite controlar e interactuar con la consola Xbox 360 sin necesidad de tener un mando físico.

**Figura 83: Sensor de movimiento *Kinect*.**



Fuente 83 : <http://www.xbox.com/es-ES/Kinect/GetStarted>

**Figura 84: RA con la consola Xbox360 y Kinect.**



Fuente 84: <http://www.youtube.com/watch?v=Mf44bWQr3jc>

## **5.5. RA PUBLICIDAD**

La introducción, en el sector de la Industria Gráfica, del sistema de Realidad Aumentada Aurelio Mendiguchía<sup>48</sup> lo califica como “un nueva forma de dar valor añadido a los productos impresos, mediante la mezcla del mundo real y un mundo virtual superpuesto, como una capa añadida al mundo real”<sup>49</sup>. Un caso práctico es el llevado a cabo por la revista Esquire en el 2009, a través de un número especial la revista se sumerge en la tecnología de realidad aumentada. En la portada se puede observar un marcador (código QR) que se sitúa debajo de la foto del actor Robert Downey Jr. y que una vez activado este marcado, el proceso de RA se inicia con un video en dónde el actor aparece en 3D mientras resalta textos e imágenes, según la posición de la revista e interactúa con el consumidor de la revista.

---

<sup>48</sup> Aurelio Mendiguchía es Director Técnico del Instituto Tecnológico y Gráfico Tajamar (Madrid) y licenciado en Ciencias Físicas por UAM (Madrid).

<sup>49</sup> Mendiguchía, Aurelio. Octubre-Noviembre 2010. “Realidad Aumentada. Una oportunidad de negocio”. *Envíen.* (13): 21.

En el interior de la revista existen más códigos que activan anuncios publicitarios en formato video. El proceso de activación de RA es el mismo para todos estos códigos, éste se inicia en cuanto el cliente dirige la revista hacia la página web de la revista y el código es captado por la cámara web. El hecho de ser el cliente el que desvele la información oculta conlleva a que el consumidor tenga una sensación de ser un cliente exclusivo, al ofrecerle una información que sólo él mediante el marcador puede obtener. De esta manera, esta satisfacción que reporta la exclusividad conlleva a que se produzca la fidelización con el producto que le ofrece tal sensación.

Pero solo en el sector de la industria gráfica ha sido el único sector dónde la tecnología ha sido bien recibida sino también ,en general, en todas las empresas esta tecnología ha sido bien recibida. Se considera que es una vía para conseguir un marketing publicitario óptimo, pues se ha visto en ella una manera de diferenciarse con respecto a la competencia, ofreciendo al usuario (en definitiva al posible cliente de la empresa) la posibilidad de acceder a experiencias visuales llamativas.

El sector de la venta, ha visto en la tecnología de RA una herramienta eficaz para conseguir aumentar las compras de los productos sin necesidad de que el cliente se pruebe físicamente el producto. Esto es ideal ,sobre todo, para la venta por internet en la que el cliente ve el catalogo de productos y para decidir si compra algo o no, tan sólo debe seleccionar el producto y probárselo a través de la tecnología de RA. Para ello es necesario imprimir un código y encender la cámara. El siguiente paso es colocar dicho marcador orientado hacia la cámara, pero cerca de la zona en la que se desea que el producto aparezca en su cuerpo. Por ejemplo, si el usuario quiere probarse unas gafas situará el marcador cerca de su cara y orientado hacia la cámara.

**Figura 85: Usuario probándose gafas gracias a la RA.**



Fuente 85 : <http://compartepublicidad.blogspot.com/2009/12/probador-virtual-ray-ban.html>

## **5.6. RA EDUCACIÓN**

En el campo de la educación es uno de los ámbitos de la sociedad en el que las aplicaciones de realidad aumentada adquieren un mayor sentido al contribuir al desarrollo pedagógico y educativo de los lectores.

Una de las aplicaciones posibles de esta tecnología en este sector son los libros educativos. Estos libros se imprimen de manera normal al resto de libros, pero con la particularidad que entre sus hojas se insertan marcadores para visualizar RA. El consumidor del libro tiene que instalar una aplicación especial (distribuida normalmente con el libro) para poder visualizar la tecnología RA y dirigir los marcadores ,que están impresos en el libro o en fichas adjuntas al libro, hacia la cámara y de esa manera el

contenido real del libro se combinará con el contenido virtual consiguiendo el resultado final que es la realidad aumentada.

**Figura 86: Contenido de un libro de RA: CD, libro y fichas con marcadores.**



Fuente 86: <http://rmayordomo.blogspot.com/2011/06/libros-y-realidad-aumentada-3d.html>

**Figura 87: Lector visualizando el contenido de un libro de RA.**



Fuente 87: <http://rmayordomo.blogspot.com/2011/06/libros-y-realidad-aumentada-3d.html>

Otro ejemplo práctico de incorporación de la RA al sector educativo es *Realitat*<sup>3</sup>, bajo este nombre se engloba este proyecto llevado a cabo por la Conselleria de Educación de la Generalitat Valenciana y el Grupo de Investigación LabHuman<sup>50</sup>.

Para LabHuman, el sistema de RA ofrece a los alumnos por una parte, mejor entendimiento y visión de las asignaturas educativas más complejas y por otra parte, les dota de mayor motivación para el estudio. En cuanto al profesorado, el sistema se adapta a las necesidades pedagógicas que tengan.

El proyecto se basa en ofrecer a los alumnos contenidos animados en 3D, para ello los libros de texto van acompañados de unas fichas de cartulina que incorporan un código asociado a una imagen en 3D.

La experiencia llevada a cabo por unos de los colegios que se acogen al proyecto, concretamente, el colegio San Cristóbal de Castellón les hace decir a los profesores que el sistema de RA ha propiciado el aumento del rendimiento académico de los alumnos. En cuanto a estos, se muestran encantados con el sistema ya que ven que con la ayuda del ordenador y unos

---

<sup>50</sup> LabHuman (Laboratorio de Tecnologías Centradas en el Humano) es un laboratorio público, científico y tecnológico que es parte del Instituto Interuniversitario de Investigación en Bioingeniería y Tecnología Orientada al Ser Humano (I3BH) de la Universidad Politécnica de Valencia. LabHuman engloba actividades de investigación, desarrollo y formación en el que un grupo de expertos de diversos campos (físicos, matemáticos, psicólogos, médicos, diseñadores, etc.) trabajan conjuntamente para conseguir que la tecnología pueda mejorar las habilidades humanas.

auriculares pueden ver imágenes tridimensionales que les facilitan enormemente la comprensión de las lecciones.

El software esta dentro del S.O Lliurex de la Conselleria y es de libre acceso tanto para alumnos como para padres.

**Figura 88: RA aplicada a la educación.**



Fuente 88: [www.poderpda.com/noticias/realidad-aumentada-de-la-industria-mecanica-a-la-sociedad-de-consumo/](http://www.poderpda.com/noticias/realidad-aumentada-de-la-industria-mecanica-a-la-sociedad-de-consumo/)

## **5.7. RA MILITAR**

Las aplicaciones de RA desarrolladas en el campo militar son destinadas a conseguir aumentar las posibilidades estratégicas y defensivas de los ejércitos militares.

Así se puede mencionar la aplicación que dicha tecnología tiene en el campo de la aeronáutica, o en el entrenamiento militar, tanto en la simulación del manejo de distintos aparatos de pilotaje como en el entrenamiento del personal militar en situaciones de combate.

En el ejército militar tradicionalmente se ha usado y se usan dispositivos de visualización de RA llamados *Head Up Display*. Estos dispositivos de visualización, mencionados ya en esta tesina, son utilizados sobre todo en los aviones de combate para mostrar al piloto datos sobre la altura, velocidad, etc. Es decir, datos todos ellos relevantes para poder a cabo una correcta misión militar.

Existen dos tipos de *Head Up Display*, los llamados: los dispositivos fijos que se caracterizan por aparecer la información en el vidrio de la cabina y los de casco (llamados *Helmet Mounted Display*) que muestran la información en la visera del casco o bien en una lente colocado frente a uno de los ojos gracias a la ayuda de un brazo lateral. Este tipo de visualización se utiliza sobre todo en los aviones de combate para mostrar al piloto datos sobre la altura, velocidad...

**Figura 89: Head Up Displays.**



Fuente 89:

[http://solutekcolombia.com/realidad\\_aumentada\\_aplicacion\\_militar.htm](http://solutekcolombia.com/realidad_aumentada_aplicacion_militar.htm)

**Figura 90: Helmet Mounted Display.**



Fuente 90:

[http://media.defenseindustrydaily.com/images/ELEC\\_HMD\\_Cobra\\_lg.jpg](http://media.defenseindustrydaily.com/images/ELEC_HMD_Cobra_lg.jpg)

## 6. CONCLUSIONES

---

La modalidad de investigación llevada a cabo a través de esta tesina ha propiciado no sólo conseguir recopilar una buena documentación de diversa índole (libros, trabajos de investigación, revistas especializadas, vídeos, fotografías, etc) sino que ha contribuido a conseguir un material riguroso y serio con el que confeccionar un trabajo de investigación que aborda esta tecnología teniendo como premisa cumplir fundamentalmente con los dos objetivos marcados desde el inicio del trabajo.

El primer objetivo cumplido ha sido conocer los fundamentos de la RA para ello se ha partido del concepto realidad aumentada lo que ha hecho situar al investigador y al lector de la tesina en el campo en el que se desarrolla la tecnología presentando los elementos que la configuran. Para reforzar aún más este primer objetivo se ha ido descomponiendo estos elementos y realizado un estudio pormenorizado de cada uno de ellos. Este hecho ha contribuido a conocer que funciones cumplen cada uno de ellos y en que momento del proceso de la tecnología surgen.

La tecnología de RA no es un hecho aislado sino que su nacimiento y su desarrollo se debe, en parte, a fenómenos próximos a él. El acercamiento que se ha producido a la realidad virtual ha propiciado demostrar este hecho.

Pero la labor de investigación realizada a través de la tesina ha ido un paso más aproximándose no sólo a saber que es la realidad aumentada sino que también se ha conseguido estudiar algunas de las aplicaciones que tiene o puede tener esta tecnología en esferas de la sociedad como la medicina, la educación, fabricación, etc. A través de esta vertiente investigadora se ha

aproximado a conseguir realizar otros de los objetivos propuesto en la tesina que era conseguir estudiar la aplicaciones de la tecnología.

También a través de este trabajo se ha conseguido abordar las hipótesis marcadas por la autora y que se pasan a recordar a continuación:

- El desarrollo de la Realidad Aumentada ¿conlleva la incorporación o adaptación de esta tecnología a esferas de la sociedad tales como la medicina, la educación, el entretenimiento?.
- Si es aplicable a ¿qué áreas de la sociedad se aplican o se prevé que se aplicarán?. Este hecho ¿contribuirá a que la tecnología sea de más fácil accesibilidad?.

Una vez recordadas las hipótesis se puede extraer las conclusiones pertinentes que hacen constatar que la RA es una tecnología que aporta al usuario que la utiliza importantes aspectos positivos como son un aumento de la percepción y la interrelación con el entorno real dónde se encuentra debido a esa combinación que realiza entre el mundo real y la realidad virtual. Donde la información virtual le aporta información al usuario que no puede detectar directamente por sus sentidos y por tanto complementa las capacidades de este consiguiendo que la interacción usuario-realidad sea mayor.

También conlleva que esos factores positivos de esta tecnología la hacen proclive a incorporarse a otros esferas de la sociedad surgiéndose así aplicaciones en campos como la medicina, a través de tratamientos curativos, o en campos más estratégicos como es el militar con la incorporación de pantallas en los aviones que son especiales para la visualización de realidad aumentada. Incluso es aplicable a la vida cotidiana de las personas como muestra cabe

recordar la utilización de RA como probador virtual de productos o como herramienta para poder realizar una visita guiada por alguna ciudad.

Estos factores conllevan a que esta tecnología tenga una buena base para afianzarse en una sociedad progresivamente dependiente de dispositivos electrónicos y aplicaciones que faciliten su vida diaria.

Como contrapunto a esas buenas predisposiciones de asentamiento de esta tecnología está que a pesar de ser una tecnología de fácil accesibilidad es aún desconocida para la gran mayoría de la sociedad. Esto es debido a la falta de una información comprensible para el usuario de calle que no es experto en esta tecnología ni experto en los dispositivos electrónicos que conlleva utilizar esta tecnología. Además del gasto económico que conlleva poder utilizarla al tener que disponer de algunos elementos como son smartphones, cámara, dispositivos electrónicos, acceso internet, etc. A estos inconvenientes hay que unirle uno más que es la proliferación de experimentación que se sufre con esta tecnología (existen numerosos proyectos en torno a esta tecnología) hace que aun no se encuentren del todo asentadas sus aplicaciones y que conlleva una etapa fructífera en cuanto a investigaciones pero caótica en cuanto a utilización diaria por parte del usuario.

En consecuencia, en general se llega a la determinación que la realidad aumentada es una tecnología novedosa, beneficiosa para diversas esferas de la sociedad. Pero que aún se encuentra en fase experimental y adaptativa en estas esferas y su evolución depende no sólo de ella sino de otros fenómenos como son, entre otros, la evolución de los dispositivos electrónicos, el conocimiento y accesibilidad del usuario a la tecnología o la evolución de otras tecnologías.

## 7. BIBLIOGRAFÍA

---

- Abad, José. “Integración fotorrealista de objetos sintéticos en escenas reales mediante visualización basada en imagen”. Tesis doctoral. Dirigida por Dr. Roberto Vivó Hernando y Dr. Emilio Camahort Gurrea. Departamento de Sistemas Informáticos y Computación. Universidad Politécnica de Valencia, 2004.
- Alcarria, Carlos. “Desarrollo de un sistema de Realidad Aumentada en dispositivos móviles”. Proyecto final de carrera. Dirigido por Dra. M<sup>a</sup> Carmen Juan Lizandra. Escuela Técnica Superior de Ingeniería Informática. UPV, 2010.
- Andreu, Alejandro. “Estudio del desarrollo de aplicaciones RA para Android”. Trabajo fin de carrera. Dirigido por Sergio Machado Sánchez. Escuela Politécnica de Castelldefels. Universidad Politécnica de Catalunya, 2011.
- Arroyo, Natalia. “Aplicaciones de la web móvil en entornos sanitarios. Aprender y enseñar en entornos 2.0: el papel de la biblioteca médico-sanitaria”. Departamento de Análisis y Estudios. Fundación Germán Sánchez Ruipérez, 2011.
- Atzín, Rosa. “Sistema de desarrollo para aplicaciones de realidad aumentada”. Tesis para obtener el Grado de Maestro en Ciencias en Computación. Dirigido por Dr. Luis Gerardo de la Fraga. Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional. Méjico, 2010. <[www.cs.cinvestav.mx/TesisGraduados/2010/tesisRosaVazquez.pdf](http://www.cs.cinvestav.mx/TesisGraduados/2010/tesisRosaVazquez.pdf)> [Consulta: 9 de junio de 2011].

- Azuma, R. 1997. “A Survey of Augmented Reality. Presence: Teleoperators and Virtual Environments”. Hughes Research Laboratories. Malibu.
- Barfield, Woodrow y Caudell, Thomas. 2001. *Fundamentals of Wearable Computers and Augmented Reality*. Mahwah, New Jersey: Lawrence Erlbaum Publisher.
- Bimber, Oliver and Raskar, Ramesh. 2005. *Spatial Augmented Reality: Merging Real and Virtual Worlds*. A K Peters.
- Cabrera, Gustavo y Armando, Diego. “Visualización de imágenes reales con imágenes generadas por un sistema computacional en tiempo real”. Dirigido por David Alejandro Uribe Pardo. Proyecto de grado presentado para optar el título de Ingeniero de Sistemas. Carrera de Ingeniería de Sistemas. Facultad de Ingeniería. Pontificia Universidad Javeriana. Santafé de Bogotá D.C, 2005.
- Català, Josep M. 2005. *La imagen compleja. La fenomenología de las imágenes en la era de la cultura visual*. Barcelona: Universitat Autònoma de Barcelona. Serveis de Publicació.
- Català, Josep. 2008. *La forma de lo real: introducción a los estudios visuales*. Barcelona: Editorial UOC.
- Cawood, Stephen. 2008. *Augmented Reality: A Practical Guide*. Pragmatic Bookshelf.

- De Urraza, Juan. “La realidad aumentada”. Teoría y aplicaciones de la informática 2. Universidad Católica Nuestra Señora de la Asunción.
- Fernández, Rubén, González, David y Remís, Saúl. “Demostrador de un sistema de realidad aumentada”. Escuela Politécnica de Ingeniería de Gijón (E.P.I.Gijón). Universidad de Oviedo.
- Fernández, Rubén, González, David y Remís, Saúl. “Realidad aumentada”. Escuela Politécnica de Ingeniería de Gijón (E.P.I. Gijón). Universidad de Oviedo.
- Fundación Telefónica. 2011. *Realidad Aumentada: una nueva lente para ver el mundo*. Madrid: Fundación Telefónica, Ariel y Editorial Planeta.
- Furht, Borko. 2011. *Handbook of Augmented Reality*. Nueva York: Springer.
- Gandullo, José Alberto. “SIMOCAP, Sistema Simple de Captura de Movimiento”. Dirigido por José Cortés Parejo. Escuela Técnica Superior de Ingeniería Informática. Universidad de Sevilla, 2010.
- Giannetti, Claudia. *Estéticas de la simulación como endoestética*. En: Hernández, Iliana, et al. 2005. *Estética, ciencia y tecnología: creaciones electrónicas y numéricas*. Bogotá: Ed. Centro Editorial Javeriano.
- Hainich, Rolf R. 2009. *The End of Hardware, 3rd Edition: Augmented Reality and Beyond*. BookSurge Publishing.

- Ibáñez, Manuel. “Realidad Aumentada: ARToolKit para animación de personajes”. Proyecto final de carrera. Dirigido por Manuel Agustí i Melchor Gabriela Andreu García. Departamento de Informática de Sistemas y Computadores. Escuela Técnica Superior de Informática Aplicada. Universidad Politécnica de Valencia.
- Jordà, Sergi. “Realidad aumentada”. Taller de Sistemes Interactius. Universitat Pompeu Fabra. Barcelona, 2003-04.
- Kato, Hirokazu and Billinghurst, Mark. “Marker Tracking and HMD Calibration for a Video-based Augmented Reality Conferencing System”. Hiroshima City University and University of Washington. <<http://JBBAR.ZZL.ORG/documentos/IWAR99.kato.pdf>> [Consulta: 7 julio 2011]
- Kent, James. 2011. *The Augmented reality Handbook. Everything you need to know about Augmented reality*. Tebbo.
- LabHuman. “Ruta del Conocimiento”. FEMEVAL 27 Mayo 2011. Valencia. <[http://issuu.com/cgce/docs/presentaci\\_n\\_gen\\_rica\\_labhuman](http://issuu.com/cgce/docs/presentaci_n_gen_rica_labhuman)>[Consulta: 10 de junio de 2011].
- Llácer, Juan V. “Más allá de la impresión. Realidad Aumentada”. Aido. Valencia.
- López, Héctor. “Análisis y Desarrollo de Sistemas de Realidad Aumentada”. Proyecto fin de máster en sistemas inteligentes. Dirigido por Antonio Navarro Martín. Facultad de Informática. Universidad Complutense de Madrid, 2009-10.

- López, José. “Desarrollo de un sistema de Realidad Aumentada que incluya reconocimiento de gestos”. Proyecto final de carrera. Dirigido por Roberto Paredes Palacios y M. Carmen Juan Lizandra. Departamento de Sistemas Informáticos y Computación. Universidad Politécnica de Valencia, 2010.
- Ma, Dengzhe, Gausemeier, Jürgen, Fan, Xiumin and Grafe, Michael Grafe. 2011. *Virtual Reality & Augmented Reality in Industry*. Nueva York: Springer.
- Madden, Lester. 2011. *Professional Augmented Reality Browsers for Smartphones: Programming for junaio, Layar and Wikitude*. Chichester: Wiley.
- Martínez, Margarita y Muñoz, Guadalupe. “El uso de bocetos multimedia para diseñar interfaces de realidad aumentada para visitas guiadas”. Universidad Rey Juan Carlos. Madrid.
- Michael Haller, Mark Billingham y Bruce Thomas. 2006. “Tecnologías Emergentes de la Realidad Aumentada: Interfaces y Diseño”. Idea Group Publishing.
- Milgram, Paul y Kishino, Fumio. 1994. “A taxonomy of mixed reality visual displays”. *Transactions on Information Systems*.
- Monreal, Jesús. “Ergonomías de la mirada. Sobre arte y visualidad en el prisma de la realidad aumentada”. Proyecto realizado a través del Programa de Apoyo a la Producción e Investigación en Arte y Medios del Centro Multimedia del Centro Nacional de las Artes. Méjico.

- Naranjo, Valery. “La realidad virtual al servicio del bienestar social”. Departamento de Comunicaciones. Instituto Interuniversitario de Investigación en Bioingeniería y Tecnología Orientada al Ser Humano (I3BH). Universidad Politécnica de Valencia.
- Pérez, David. “Desarrollo de sistemas de realidad virtual y aumentada para la visualización de entornos acrofóbicos. Estudios comparativos entre ellos”. Tesis. Dirigida por Dra. M<sup>a</sup> Carmen Juan Lizandra. UPV, 2009.  
⟨[www.dsic.upv.es/docs/bib-dig/tesis/etd-04142009-100820/Tesis\\_David\\_Perez.pdf](http://www.dsic.upv.es/docs/bib-dig/tesis/etd-04142009-100820/Tesis_David_Perez.pdf)⟩ [Consulta: 19 de junio de 2011].
- Pérez, Sergio. “MARS: Sistema de tracking híbrido modular para realidad aumentada”. Proyecto fin de carrera. Escuela superior de informática. Universidad de Castilla-La Mancha, 2011.
- Peula, J. M., Urdiales C. , Sandoval F. y Torres F. “Aplicación de realidad aumentada para la educación y difusión del patrimonio”. Universidad de Málaga.
- Portalés, Cristina. “Entornos multimedia de realidad aumentada en el campo del arte”. Tesis doctoral. Dirigida por Dra. María José Martínez y Dr. Rodríguez, Juan Pablo. “Realidad aumentada para el aprendizaje de ciencias en niños de educación general básica”. Memoria para optar al título de ingeniero civil en computación. Departamento de Ciencias de la Computación. Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas. Universidad de Chile, 2011.

- Ruiz-Velasco, Enrique. 2007. *Educatrónica: innovación en el aprendizaje de las ciencias y la tecnología*. Madrid: Ediciones Díaz de Santos.

### **7.1. Artículos y revistas.**

- A.I. 2010. “Realidad aumentada para el montaje de aviones”. AiNNOVA. (22): 7. <[www.andaluciainvestiga.com/revista/pdf/n22/22dossier.pdf](http://www.andaluciainvestiga.com/revista/pdf/n22/22dossier.pdf)> [Consulta: 19 de junio de 2011].
- Aeronáutica Andaluza. 2008. “Tecnologías de realidad aumentada para ayudar al montaje de aviones”. Aeronáutica Andaluza. (8): 36-37.
- Ambròs, Silvia. 2010. “Orígens i Vigència de la multimèdia”. <<http://issuu.com/monzt/docs/pac3>> [Consulta: 7 de agosto de 2011].
- Futuroscope. 2008. “Animales del Futuro. Nacimiento de una experiencia única en el mundo”. Información prensa.
- Futuroscope. 2011. “Realidad Aumentada. Animales del Futuro”. Información prensa.
- Grupo Oreto, Grupo Arco y Universidad de Castilla-La Mancha. 2009. “Realidad Aumentada”. *Síntesis de Imagen Digital 3D. Aplicaciones y Portfolio de proyectos*. 3-5.
- Heras Lara, Lizbeth y Villareal, José Luis. 2004. “La realidad aumentada una tecnología en espera de usuarios”. *Revista Digital Universitaria*. 5 (7): 2-9.

- Mendiguchía, Aurelio. Octubre-Noviembre 2010. “Realidad Aumentada. Una oportunidad de negocio”. *Envíen.* (13): 21-22.
- Miguel Diez, Juan Francisco et al. “Realidad aumentada”. *La Revista de la Tecnología Audiovisual.* (1): 6-49.
- Ortiz, Carlos Enrique. 2011. “Realidad aumentada en medicina”. *Revista colombiana de cardiología.* 18 (1): 4-7.

## **7.2. Páginas webs**

- “Artoolkit demonstration” <[www.youtube.com/watch?v=TqGAqAFIGg0&feature=player\\_embedded](http://www.youtube.com/watch?v=TqGAqAFIGg0&feature=player_embedded)> [Consulta: 2 de junio de 2011].
- “Atomic Authoring Tool 0.7 demo”. <[www.youtube.com/watch?v=obkT1OUYXGY&feature=player\\_embedded#!](http://www.youtube.com/watch?v=obkT1OUYXGY&feature=player_embedded#!)> [Consulta: 2 de julio de 2011].
- “Google SketchUp. New Users 1: Concepts”. <[www.youtube.com/watch?v=xqcl-xPC-Ys&feature=player\\_embedded#!](http://www.youtube.com/watch?v=xqcl-xPC-Ys&feature=player_embedded#!)> [Consulta: 12 de julio de 2011].
- “Invizimals”<[www.youtube.com/watch?v=TvDWleKmhYs&](http://www.youtube.com/watch?v=TvDWleKmhYs&)> [Consulta: 2 de agosto de 2011].
- “Tratamiento de fobias con realidad aumentada”. <[www.yalosabes.com/tratamiento-de-fobias-con-realidad-aumentada.html](http://www.yalosabes.com/tratamiento-de-fobias-con-realidad-aumentada.html)> [Consulta: 2 de junio de 2011].
- Artag.<[www.artag.net/index.html](http://www.artag.net/index.html)> [Consulta: 27 de agosto de 2011].

- ArteHistoria.Tv. “La realidad virtual en el camino de Santiago” <[www.youtube.com/watch?v=BMJyu3izLJ0](http://www.youtube.com/watch?v=BMJyu3izLJ0)> [Consulta: 2 de junio de 2011].
- ARTToolkit, <<http://www.hitl.washington.edu/artoolkit/documentation/userarwork.htm>> [Consulta: 2 de agosto de 2011].
- Augmented Reality Logo. <<http://www.augmentedrealitylogo.com/index.html>> [Consulta: 15 de agosto de 2011].
- Ayuntamiento de Valencia. <[www.valencia.es/ayuntamiento/realidad.a.nsf/vDocumentosTituloAux/Realidad%20Aumentada?opendocument&lang=1&nivel=1](http://www.valencia.es/ayuntamiento/realidad.a.nsf/vDocumentosTituloAux/Realidad%20Aumentada?opendocument&lang=1&nivel=1)> [Consulta: 5 de agosto de 2011].
- Boffswana. “Papervision. Augmented reality” <<http://www.boffswana.com/news/?p=392>> [Consulta: 2 de junio de 2011].
- Boxbyte. “AiRScouter: Gafas que proyectan imágenes directamente en la retina” <<http://www.fayerwayer.com/2010/07/airscouter-gafas-que-proyectan-imagenes-directamente-en-la-retina/>> [Consulta: 2 de junio de 2011].
- BuildAR HitLabNZ. <[www.buildar.co.nz/wp-content/uploads/2010/10/viewer-580x340.png](http://www.buildar.co.nz/wp-content/uploads/2010/10/viewer-580x340.png)> [Consulta: 12 de agosto de 2011].
- Castillo, Sergio. 2011. “Quake cumplió 15 años de hermosos Frags junto a ti” <<http://www.madboxpc.com/quake-cumplio-15-anos-de-hermosos-frags-junto-a-ti/>> [Consulta: 12 de agosto de 2011].

- Cedetel. “Realidad aumentada. Tratamiento de fobias”. [www.cedetel.es/index.php/es/idi/188](http://www.cedetel.es/index.php/es/idi/188) [Consulta: 5 de julio de 2011].
- Centro Clínico de Psicología Previ. “Realidad aumentada”. [www.previsl.com/es/ntecno/raumentada.asp](http://www.previsl.com/es/ntecno/raumentada.asp) [Consulta: 10 de junio de 2011].
- Centro Internacional de referencia Linux. <http://cirl.unex.es/index.php?seccion=comentarios&pos=1> [Consulta: 12 de agosto de 2011].
- Computer Graphics. Columbia University. “Karma”. <http://graphics.cs.columbia.edu/projects/karma/karma.html> [Consulta: 2 de junio de 2011].
- Computer History Museum, [www.computerhistory.org/collections/accession/X1044.90](http://www.computerhistory.org/collections/accession/X1044.90) [Consulta: 2 de junio de 2011].
- Cortizo José Carlos y Díaz, Luis Ignacio. 2008. “Realidad aumentada”. [www.madrimasd.org/blogs/sistemas\\_inteligentes/2008/03/21/87063](http://www.madrimasd.org/blogs/sistemas_inteligentes/2008/03/21/87063) [Consulta: 22 de junio de 2011].
- Cwjobs.cou.uk <http://ARCV.cwjobs.co.uk/see-davids-ar-cv> [Consulta: 2 de junio de 2011].
- Edligmano. 2010. “Realidad Aumentada: De la Industria Mecánica a la Sociedad de Consumo”. [www.poderpda.com/noticias/realidad-aumentada-de-la-industria-mecanica-a-la-sociedad-de-consumo](http://www.poderpda.com/noticias/realidad-aumentada-de-la-industria-mecanica-a-la-sociedad-de-consumo) [Consulta: 2 de junio de 2011].

- El efecto real. <<http://elefectoreal.blogspot.com/2010/11/historia.html>> [Consulta: 2 de junio de 2011].
- El Mundo. 2009. “Los programas de realidad virtual pueden resultar herramientas muy interesantes en el tratamiento de diversos problemas relacionados con las fobias”. <[www.psiquiatria.com/noticias/ansiedad/tratamiento409/43054/](http://www.psiquiatria.com/noticias/ansiedad/tratamiento409/43054/)> [Consulta: 5 de julio de 2011].
- ELMUNDO.ES. “ARQuake: la revolución del entretenimiento digital” <[www.elmundo.es/navegante/especiales/2002/campusparty/noticia03.html](http://www.elmundo.es/navegante/especiales/2002/campusparty/noticia03.html)> [Consulta: 10 de julio de 2011].
- Finley, Klint. 2011. “My Interview with Bruce Sterling and Vernor Vinge on Augmented Reality in the Workplace”. <<http://technocult.net/?s=augmented>> [Consulta: 5 de julio de 2011].
- Frechín, José. “Wikitude: Realidad aumentada para Android”. <<http://tunelcarpiano.net/2009/01/wikitude-realidad-aumentada-para-android.html>> [Consulta: 14 de agosto de 2011].
- Fuerzas militares del mundo. 2011. “Lentes con realidad aumentada para militares”. <<http://fuerzasmilitaresdelmundo.blogspot.com/2011/04/lentes-con-realidad-aumentada-para.html>> [Consulta 5 julio 2011].
- Garcia, Tomás. 2009. “ARToolkit: Moldeando la Realidad Aumentada”. <[www.neoteo.com/artoolkit-moldeando-la-realidad-aumentada-15342](http://www.neoteo.com/artoolkit-moldeando-la-realidad-aumentada-15342)> [Consulta: 12 de agosto de 2011].

- Garcia, Tomás. 2010. “Realidad aumentada contra las fobias”. [www.neoteo.com/realidad-aumentada-contra-las-fobias](http://www.neoteo.com/realidad-aumentada-contra-las-fobias) [Consulta: 15 de agosto de 2011].
- Gonzalez, Astrid. “Realidad Aumentada con BuildAR”. <http://diit.uchilefau.cl/index.php/es/seminarios/realidad-virtual/67-realidad-aumentada-con-buildar> [Consulta: 22 de agosto de 2011].
- Grupo Skala. [www.grupo-skala.com/marketing-turistico-blog/wp-content/uploads/Galaxy-tab-realidad-aumentada.jpg](http://www.grupo-skala.com/marketing-turistico-blog/wp-content/uploads/Galaxy-tab-realidad-aumentada.jpg) [Consulta: 2 de junio de 2011]
- Hacia la Web N.0. <http://rmayordomo.blogspot.com/2011/06/libros-y-realidad-aumentada-3d.html>
- HitLabNZ. “BuildAR”. [www.hitlabnz.org/index.php/products/buildar](http://www.hitlabnz.org/index.php/products/buildar) [Consulta: 2 de agosto de 2011]
- Institute for Computer Graphics and Vision <https://www.icg.tugraz.at/~daniel/HistoryOfMobileAR/> [Consulta: 2 de junio de 2011]
- Int13. <http://www.int13.net/img/kweekies01.jpg> [Consulta: 2 de junio de 2011].
- Interactive architecture. 2006. “Sensorama”. <http://www.interactivearchitecture.org/sensorama.html> [Consulta: 2 de junio de 2011].

- Juegos abiertos. <<http://juegosabiertos.com/abandonware/quake.php>> [Consulta: 12 de agosto de 2011].
- Ken. 2008. “ArtToolkit. Augmented Reality application for Iphone” <[www.hardwareisphere.com/2008/08/17/arttoolkit-augmented-reality-application-for-iphone/](http://www.hardwareisphere.com/2008/08/17/arttoolkit-augmented-reality-application-for-iphone/)> [Consulta: 2 de agosto de 2011].
- LabPsiTec. Universidad Jaume I de Castellón y de Universidad de Valencia. <[www.labpsitec.uji.es/esp/index.php](http://www.labpsitec.uji.es/esp/index.php)> [Consulta: 10 de junio de 2011].
- Layar <[www.layar.com/layers/fallasvalencia](http://www.layar.com/layers/fallasvalencia)> [Consulta: 2 de junio de 2011].
- Layar. <<http://www.layar.com/layers/transportepub>> [Consulta: 2 de junio de 2011].
- Layar. <[www.layar.com/layers/monumentos](http://www.layar.com/layers/monumentos)> [Consulta: 2 de junio de 2011].
- Layar. <<http://www.layar.com/>> [Consulta: 2 de agosto de 2011].
- Layar. <<http://www.layar.com/layers/testinfociedad>> [Consulta: 2 de junio de 2011].
- Marazzi, Axel. 2010. “La realidad aumentada para militares podría cambiar la forma en la que se combate en la actualidad”. <<http://gizmologia.com/2010/06/la-realidad-aumentada-para-militares-podria-cambiar-la-forma-en-la-que-se-combate-en-la-actualidad>> [Consulta 10 junio 2011].

- Marketing directo. <[www.marketingdirecto.com/wp-content/uploads/2011/02/realidad-aumentada-movil1.jpg](http://www.marketingdirecto.com/wp-content/uploads/2011/02/realidad-aumentada-movil1.jpg)> [Consulta: 2 de junio de 2011].
- Media industry dailiy. <[http://media.defenseindustrydaily.com/images/ELEC\\_HMD\\_Cobra\\_lg.jpg](http://media.defenseindustrydaily.com/images/ELEC_HMD_Cobra_lg.jpg)> [Consulta: 3 de agosto de 2011].
- Media Soft Interactive. <[www.mediasoftinteractive.com/index.php?option=com\\_content&view=article&id=67&Itemid=168](http://www.mediasoftinteractive.com/index.php?option=com_content&view=article&id=67&Itemid=168)> [Consulta: 14 de agosto de 2011].
- Medina, Giselle. “DARPA encarga confección de gafas de realidad aumentada para militares”. 2011.<[www.diarioinfotec.com.ar/index.php?option=com\\_content&view=article&id=1206:-darpa-encarga-confeccion-de-gafas-de-realidad-aumentada-para-militares&catid=85:gadgets&Itemid=183](http://www.diarioinfotec.com.ar/index.php?option=com_content&view=article&id=1206:-darpa-encarga-confeccion-de-gafas-de-realidad-aumentada-para-militares&catid=85:gadgets&Itemid=183)> [Consulta 5 julio 2011].
- Nintenderos.<[www.nintenderos.com/wpcontent/uploads/2009/05/custom\\_1243253807133\\_ghostwire.jpg](http://www.nintenderos.com/wpcontent/uploads/2009/05/custom_1243253807133_ghostwire.jpg)> [Consulta: 2 de junio de 2011].
- Palazzesi, Ariel. “¡Realidad virtual en 1957!”.<[www.neoteo.com/realidad-virtual-en-1957-5380](http://www.neoteo.com/realidad-virtual-en-1957-5380)> [Consulta: 8 de agosto de 2011].
- Panoramio.<<http://86400.es/2006/12/13/panoramio/>> [Consulta: 14 de agosto de 2011].
- Payatagool, Chris 2008.“Theory and Research in HCI: Morton Heilig, Pioneer in Virtual Reality Research” <[www.telepresenceoptions.com/2008/09/theory\\_and\\_research\\_in\\_hci\\_mor/](http://www.telepresenceoptions.com/2008/09/theory_and_research_in_hci_mor/)> [Consulta: 2 de agosto de 2011].

- Polanco, Alejandro. 2009. “Sensorama. Tecnología Obsoleta”. <[www.alpoma.net/tecob/?p=1141](http://www.alpoma.net/tecob/?p=1141)> [Consulta: 3 de agosto de 2011].
- Realidad aumentada Valencia. <[www.youtube.com/watch?v=0cMSojlmK2g](http://www.youtube.com/watch?v=0cMSojlmK2g)> [Consulta 14 julio 2011].
- Realidad aumentada. La realidad virtual. Una experiencia real. <<http://www.youtube.com/watch?v=x-3ckZkVb6Y>> [Consulta 10 julio 2011].
- Romero, Hugo Antonio. 2008. “Realidad aumentada”. <[http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:XOq7Wa0o4sJ:interrevoluc.blogspot.com/+bruce+h+thomas+universidad+de+australia+del+sur&cd=1&hl=es&ct=clnk&lr=lang\\_es&client=safari&source=www.google.com](http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:XOq7Wa0o4sJ:interrevoluc.blogspot.com/+bruce+h+thomas+universidad+de+australia+del+sur&cd=1&hl=es&ct=clnk&lr=lang_es&client=safari&source=www.google.com)> [Consulta: 7 de agosto de 2011].
- Segue. <<https://segue.atlas.uiuc.edu/index.php?action=site&site=aangell&section=5206&page=17228>> [Consulta: 2 de junio de 2011].
- Shinji23 “Prueba de Concepto NyARToolkit”. <[http://www.youtube.com/watch?v=4\\_DD70CsPNc](http://www.youtube.com/watch?v=4_DD70CsPNc)> [Consulta: 17 de agosto de 2011].
- Smartphone y educación. <[www.smartphoneeducacion.com/?p=87](http://www.smartphoneeducacion.com/?p=87)> [Consulta: 4 de junio de 2011].
- Sologico Libre. <<http://www.sologicolibre.org/projects/atomic/es/imagenes/screenshots/budscreenshotg.png>> [Consulta: 3 de agosto de 2011].

- Solutek Informatica. “Realidad aumentada Aplicación Militar”  
〈[http://solutekcolombia.com/realidad\\_aumentada\\_aplicacion\\_militar.htm](http://solutekcolombia.com/realidad_aumentada_aplicacion_militar.htm)〉  
[Consulta: 19 julio de 2011].
- Spark Project. 〈[www.libspark.org/wiki/saqoosha/FLARToolKit/en](http://www.libspark.org/wiki/saqoosha/FLARToolKit/en)〉 [Consulta: 14 de agosto de 2011].
- Tecayehuatl , Eric. 2010. “Tanagram prepara aplicaciones de Realidad Aumentada para usos militares”. 〈[www.fayerwayer.com/2010/06/realidad-aumentada-para-usos-militares/](http://www.fayerwayer.com/2010/06/realidad-aumentada-para-usos-militares/)〉 [Consulta 2 julio 2011].
- The original augmented Reality Logo. 〈[www.augmentedrealitylogo.com/augmented\\_reality\\_logo.html](http://www.augmentedrealitylogo.com/augmented_reality_logo.html)〉 [Consulta: 2 de junio de 2011].
- Time Rime.〈<http://timerime.com/es/evento/401213/Videoplace/>〉 [Consulta: 8 de junio de 2011].
- Turismo de Valencia. 〈[www.turisvalencia.es/ra/movil/](http://www.turisvalencia.es/ra/movil/)〉 [Consulta: 21 de junio de 2011].
- Turismo de Valencia. 〈[www.turisvalencia.es/ra/movil/](http://www.turisvalencia.es/ra/movil/)〉 [Consulta: 7 de agosto de 2011].
- Twitter.〈<http://twitter.com/#!/larealidaddaumen>〉 [Consulta: 20 de agosto de 2011].
- Universidad Oberta de Catalunya. “ARQUAKE PROJECT”  
〈<http://brasilia.uoc.es/tiki2/tiki-index.php?page=ARQUAKE%20PROJECT>〉  
[Consulta: 7 de agosto de 2011].

- University of South Australia. “ARQuake: Interactive Outdoor Augmented Reality Collaboration System” <<http://wearables.unisa.edu.au/projects/arquake/>> [Consulta: 12 de agosto de 2011].
- UV. 2011. “La UV presenta una innovadora herramienta de Realidad Aumentada” <<http://ruvid.webs.upv.es/inforuvid/index.php?edi=2116&con=2498&sec=11>> [Consulta: 2 de junio de 2011].
- Vuzix. <[www.vuzix.com/ar/products\\_wrap920ar.html](http://www.vuzix.com/ar/products_wrap920ar.html)> [Consulta: 2 de agosto de 2011].
- Wearable Computer Lab. University of South Australia. <[http://wearables.unisa.edu.au/uploads/2010/05/img\\_7047-hf.jpg](http://wearables.unisa.edu.au/uploads/2010/05/img_7047-hf.jpg)> [Consulta: 2 de junio de 2011].
- Wikitude. <<http://www.wikitude.com/team>> [Consulta: 14 de agosto de 2011].
- Xbox <<http://www.xbox.com/es-ES/Kinect/GetStarted>> [Consulta: 2 de junio de 2011].
- Zoellner, Michael. “TwittARound”. <[http://i.document.m05.de/?page\\_id=700](http://i.document.m05.de/?page_id=700)> [Consulta: 15 julio de 2011].