
Aplicaciones de la realidad aumentada en la promoción y la edificación

TRABAJO FINAL DE MÁSTER

Septiembre 2017

AUTOR:

ALBERTO GOMIS ÁLVAREZ

TUTOR ACADÉMICO:

Fernando José Cos-Gayón López

Departamento de Construcciones Arquitectónicas



Resumen

[es] La realidad aumentada es considerada una tecnología relativamente reciente. Se basa fundamentalmente en la superposición de información digital a un entorno real, ofreciendo numerables ventajas al usuario. Los sistemas de realidad aumentada se están empleando cada vez más en áreas como la educación, marketing, entretenimiento y sobre todo en la edificación. En esta última área, se pretende investigar las posibles aplicaciones de la realidad aumentada tanto en promoción inmobiliaria como en construcción, a través de dispositivos móviles mediante el uso de aplicaciones informáticas de realidad aumentada existentes en el mercado actual.

Por una parte, en promoción inmobiliaria, es posible dotar al usuario de una información visual muy valiosa que pretende captar la atención del cliente de manera que tenga una experiencia de inmersión completa dentro del elemento visualizado. Además, es posible interactuar de manera cercana y directa en cualquier momento y en cualquier lugar a través de la aplicación informática pertinente.

Por otra parte, en construcción, es posible aplicar la realidad aumentada a la documentación en obra, como pudiera ser en un proyecto de ejecución, donde existiría la posibilidad de recopilar información mediante esta tecnología de cualquier detalle constructivo, catálogo y ficha técnica, siéndoles de gran utilidad a constructores para interpretar y definir perfectamente el elemento a realizar, de manera que no se produzcan errores y no se trasladen a la documentación de proyecto.

Palabras clave: Aplicación, Construcción, Edificación, Promoción Inmobiliaria, Realidad Aumentada.

Resum

[va] La realitat augmentada és considerada una tecnologia relativament recent. Es basa fonamentalment en la superposició d'informació digital a un entorn real que ofereix nombrosos avantatges a l'usuari. Els sistemes de realitat augmentada s'estan emprant cada vegada més en àrees com l'educació, el màrqueting, l'entreteniment i sobretot en l'edificació. En esta última àrea, es pretén investigar les possibles aplicacions de la realitat augmentada tant en promoció immobiliària com en construcció, a través de dispositius mòbils per mitjà de l'ús d'aplicacions informàtiques de realitat augmentada existents en el mercat actual.

D'una banda, en promoció immobiliària, es pot dotar a l'usuari d'una informació visual molt valuosa que pretén captar l'atenció del client de manera que aquest tinga una experiència d'immersió completa dins de l'element visualitzat. A més, podrà interactuar de manera pròxima i directa en qualsevol moment i en qualsevol lloc a través de l'aplicació informàtica pertinent.

D'altra banda, en construcció, és possible aplicar la realitat augmentada a la documentació en obra, com poguera ser en un projecte d'execució, on existiria la possibilitat de recopilar informació per mitjà d'esta tecnologia de qualsevol detall constructiu pertinent, catàleg i fitxa tècnica. Aquesta informació serà de gran utilitat als constructors per a interpretar i definir perfectament l'element a realitzar, de manera que no es produïsquen errors i no es traslladen a la documentació de projecte.

Paraules clau: Aplicació, Construcció, Edificació, Promoció immobiliària, Realitat Augmentada.

Abstract

[en] Augmented reality is considered a relatively new technology. It is largely based on overlapping virtual information to a real environment, providing innumerable advantages to the user. Augmented reality systems are being used increasingly in areas such as education, marketing, entertainment and especially in building. In the last area, it is possible to investigate applications of augmented reality in both property development and construction, through mobile devices by using computer augmented reality app's on the market today.

On the one hand, in property development, it provides users a valuable and visual information that aims to capture the customer's attention so has an experience of complete immersion within the displayed item, with which can also interact closely anytime, anywhere through the relevant computer application.

Moreover, in construction, it is possible to apply augmented reality to documentation work, as it could be in a construction project. Where it would be possible to collect information through technology of any relevant construction details, catalog and technical data, being useful to the builder to analyze and define the item. Therefore, mistakes do not take place and will not move to the project documentation.

Key words: Application, Augmented Reality, Building, Construction, Property Development.

Agradecimientos

Desearía expresar mis más sinceros agradecimientos a mi tutor académico Fernando José Cos-Gayón López, por sus consejos, por su apoyo continuo durante este periodo de tiempo y en especial, por su implicación en esta tesis y confianza depositada en mí.

A la empresa Aumentaty, y en especial a su director general Esteban Anguita Ruiz, por darme la oportunidad de experimentar y probar su aplicación y por la ayuda recibida en todo momento.

A los profesores e investigadores del Instituto de Robótica y Tecnologías de la Información y la Comunicación (IRTIC) de la Universidad de Valencia (UV), en especial a Marcos Fernández Marín y Jesús Gimeno Sancho, por dedicarme su tiempo para la resolución de cualquier duda.

A mi familia, porque gracias a cada uno de ellos he llegado a ser la persona que soy hoy en día. Siempre habéis querido lo mejor para mí y me habéis ayudado a conseguir cada una de las metas propuestas.

A Marta, por creer siempre en mí y en mis aptitudes para poder afrontar cualquier reto que me propusiera, tanto personal como profesional. Por tus consejos y ánimos en mis momentos de agobio, y sobre todo por tu paciencia.

A mis compañeros de máster, gracias por aportarme lo mejor de vosotros en este periodo de tiempo y hacer que este año académico haya sido uno de los mejores, sino el mejor.

A mis amigos, los de siempre, gracias por creer en mis posibilidades y por darme ánimos y sugerencias en todo momento.

Acrónimos utilizados

2D: Bidimensional (2 dimensiones)

3D: Tridimensional (3 dimensiones)

ACM: Association for Computing Machinery / Asociación de los Sistemas Informáticos

APP: Application / Aplicación informática / Aplicación móvil

APK: Android Application Package / Aplicación para Android

AR / RA: Augmented Reality / Realidad Aumentada

BIM: Building Information Modeling

COAAT: Colegio Oficial de Aparejadores, Arquitectos Técnicos e Ingenieros de Edificación de Alicante

COAATZ: Colegio de Aparejadores y Arquitectos Técnicos de Zaragoza

GBA: Grupo BIM Aragón

GPS: Global Positioning System / Sistema de Posicionamiento Global

HMD: Head Mounted Display Dispositivo acoplado en la cabeza

HUD: Head Up Display / Dispositivo de visión frontal

IDC: International Data Corporation

IRTIC: Instituto de Robótica y Tecnologías de la Información y la Comunicación

ITAINNOVA: Instituto Tecnológico de Aragón

MUPI: Mobiliario Urbano para la Presentación de Información.

PDF: Portable Document Format

POI: Point Of Interest / Punto de Interés

QR: Quick Response

SIGGRAPH: Special Interest Group on Computer Graphics and Interactive Techniques / Grupo de Interés Especial en Gráficos y Técnicas Interactivas

TOF: Time of flight / Tiempo de vuelo

UA: Universidad de Alicante

UMA: Universidad de Málaga

UPC: Universal Product Code

UPV: Universidad Politécnica de Valencia

URL: Uniform Resource Locator / Localizador Uniforme de Recursos

UV: Universidad de Valencia

VR / RV: Virtual Reality / Realidad Virtual

Índice

Resumen	1
Resum	2
Abstract	3
Agradecimientos.....	4
Acrónimos utilizados	5
Índice	7
Capítulo 1.....	11
Introducción	11
1 Motivación.....	12
2 Objetivos.....	13
3 Estructura del proyecto	14
Capítulo 2.....	15
Estado del Arte	15
1 Introducción	15
2 Concepto de realidad aumentada	16
2.1 Antecedentes.....	20
2.2 Situación actual y perspectivas de la Realidad Aumentada. 26	
3 Elementos necesarios para el sistema de realidad aumentada .	31

3.1	Elemento capturador.....	32
3.2	Elemento posicionador.....	33
3.3	Elemento procesador	34
3.4	Elemento proyector.....	35
4	Clasificación de los soportes de realidad aumentada	36
4.1	En equipos fijos.....	37
4.2	En equipos portátiles.....	38
4.3	En equipos específicos.....	39
5	Niveles de realidad aumentada	41
5.1	Nivel 0 - RA basada en hipervínculos.....	43
5.2	Nivel 1 - RA basada en marcadores.....	45
5.3	Nivel 2 - RA basada en reconocimiento de objetos o imágenes.....	46
5.4	Nivel 3 - RA basada en visión aumentada.	48
6	Fases del proceso de realidad aumentada	50
6.1	Captación de la escena	51
6.2	Identificación de la escena o del entorno	56
6.3	Aumento de la realidad	63
6.4	Visualización	64
7	Campos de aplicación de la realidad aumentada.....	66
7.1	Campos de aplicación de realidad aumentada según Azuma	67

7.2	Otros campos de aplicación.....	78
8	Aplicaciones de realidad aumentada en el mercado actual.....	83
8.1	Augment	85
8.2	Aurasma.....	86
8.3	Layar	87
8.4	Visuar	88
8.5	Aumentaty	89
Capítulo 3.....		90
Realidad aumentada y promoción inmobiliaria		90
1	Antecedentes.....	90
2	Marketing inmobiliario tradicional.....	97
2.1	Descripción del problema.....	98
3	Marketing inmobiliario mediante realidad aumentada	105
3.1	Oportunidades dentro del sector inmobiliario.....	106
3.2	Ejemplos de casos prácticos de realidad aumentada en promoción inmobiliaria.	110
3.3	Casos prácticos de realidad aumentada en promoción inmobiliaria.....	115
Capítulo 4.....		125
Realidad aumentada y edificación.....		125
1	Antecedentes.....	125
2	Metodología tradicional en edificación.....	136



2.1	Descripción del problema.....	137
3	Metodología propuesta en edificación mediante realidad aumentada.....	139
3.1	Oportunidades dentro del sector de la edificación.	140
3.2	Ejemplos de casos prácticos de realidad aumentada en edificación.....	141
3.3	Casos prácticos de realidad aumentada en edificación. ..	145
	Capítulo 5.....	155
	Conclusiones.....	155
	Capítulo 6.....	157
	Futuras Líneas de Trabajo.....	157
	Capítulo 7.....	158
	Bibliografía.....	158
	Capítulo 8.....	162
	Índice de Figuras, Gráficas, Tablas e Imágenes	162

Capítulo 1.

Introducción

En determinadas ocasiones, las nuevas tecnologías son necesarias para progresar e innovar en una sociedad en la que los dispositivos móviles se encuentran presentes en la vida cotidiana de los usuarios. El desarrollo tecnológico y la mejora de prestaciones de los dispositivos han propiciado que las nuevas tecnologías como por ejemplo la realidad aumentada se introduzca en todos los ámbitos de la sociedad actual.

Cabe decir, que el sector del entretenimiento ha sido el que ha impulsado el concepto de realidad aumentada nuevamente, lo que ha provocado que otros sectores vean múltiples beneficios en su uso.

El sector de la construcción no se considera una excepción, pues ya ha experimentado una evolución tecnológica e incorporado nuevas herramientas técnicas. Pese a ello, algunos problemas que se detectan en relación a la promoción inmobiliaria y la edificación son sobre todo la falta de información que presenta la documentación que se ha utilizado hasta el momento, la falta de interacción con el cliente en el caso de promoción inmobiliaria y con los agentes del proceso edificatorio.

La incorporación de la realidad aumentada en el proceso comercial de promoción inmobiliaria y en los procesos constructivos de edificación puede permitir una mejor comunicación entre agentes, así como una mayor interacción entre la documentación visualizada y el usuario.

1 Motivación

La motivación principal de esta tesis ha surgido a raíz del continuo interés por la evolución de las nuevas tecnologías que han surgido en los últimos años, sobre todo en el campo del entretenimiento.

La realidad virtual es posiblemente una de las tecnologías actuales más conocidas por la sociedad, pero la realidad aumentada ha vuelto a resurgir nuevamente y ha creado un gran interés no solo entre los usuarios ocasionales sino también entre investigadores y empresas que han visto en esta tecnología una idea de negocio.

El hecho de observar como la realidad aumentada capta tanto interés por parte de la sociedad y pensar en las aplicaciones que podría tener en campos o ámbitos tan peculiares como la promoción inmobiliaria o la edificación hacen que surja el interés por realizar una investigación sobre cuáles podrían ser las aplicaciones de esta novedosa e innovadora tecnología en estos campos.

2 Objetivos

Como objetivo principal de este trabajo se pretende demostrar y estudiar la validez y utilidad de la tecnología de realidad aumentada mediante dispositivos móviles en el ámbito de la construcción en general, y en la promoción inmobiliaria y edificación en particular.

Concretamente, con el propósito de alcanzar este objetivo, se plantea una serie de objetivos específicos que tratarán de forma pormenorizada los siguientes puntos:

- Establecer un marco teórico de la tecnología de realidad aumentada de acuerdo a su estado actual y de desarrollo de los últimos años, haciendo un análisis en profundidad de los dispositivos que intervienen, sistemas, niveles y componentes.
- Investigar y valorar las aplicaciones de realidad aumentada que se encuentran en el mercado actual para su posterior utilización.
- Analizar la integración de la realidad aumentada en el área de la promoción inmobiliaria y la edificación.
- Evaluar la posibilidad de utilización de la realidad aumentada en promoción inmobiliaria, de manera que tanto comercializadores como clientes se beneficien de las oportunidades que ofrece.
- Verificar la efectividad que se puede lograr con el apoyo de la realidad aumentada en el desarrollo de la comunicación entre los diferentes agentes de la construcción, así como la mejora en el entendimiento y comprensión de documentación que se requiere en el proceso edificatorio.

3 Estructura del proyecto

Este proyecto está organizado en seis capítulos principales incluido este capítulo referente a la introducción de la tesis, la motivación que ha posibilitado realizar este trabajo y los objetivos que se pretenden alcanzar.

Durante el Capítulo 2 (Estado del Arte), se describe el estado actual de la realidad aumentada. En primer lugar se presenta una definición formal del concepto de realidad aumentada, su situación actual y perspectivas de futuro. Tras este estudio general, se muestran los elementos necesarios para llevar a cabo esta tecnología así como una clasificación de los soportes y niveles de realidad aumentada junto con las fases que componen el proceso. Finalmente, se hace referencia a los campos de aplicación en los que se utiliza la realidad aumentada y las aplicaciones que existen actualmente en el mercado al alcance del usuario.

Posteriormente, durante el Capítulo 3 (Realidad Aumentada y Promoción Inmobiliaria) y el Capítulo 4 (Realidad Aumentada en Edificación), las aportaciones que se han realizado van dedicadas a alcanzar los objetivos propuestos en el Capítulo 1 mediante el estudio de antecedentes, la investigación del problema actual en cada uno de los sectores y las oportunidades que ofrece la realidad aumentada en ellos, y finalmente la exposición de casos prácticos tanto en ejemplos reales como en casos propuestos realizados con medios propios.

Por último, en el Capítulo 5 (Conclusiones) y el Capítulo 6 (Futuras Líneas de Trabajo), se presentan las conclusiones que se han obtenido en fase de investigación, desarrollo y finalización del proyecto, así como las posibles ampliaciones y/o mejoras del tema desarrollado en este proyecto, respectivamente.

Capítulo 2.

Estado del Arte

1 Introducción

Cuando surge la necesidad de progresar e innovar en ámbitos como la promoción inmobiliaria y la edificación, el empleo de nuevas tecnologías es una de las elecciones más efectivas.

Dentro de éstas, una de las más populares hasta el momento gracias a su resurgir en el campo del entretenimiento y el marketing es la realidad aumentada.

Esta tecnología de visualización ha sido especialmente empleada en Europa y en países desarrollados como Estados Unidos, donde se encuentran los simuladores de realidad aumentada más avanzados hasta el momento.

Sin embargo, en los últimos años se ha experimentado un avance de la tecnología que ha ido mejorando y ofreciendo nuevas posibilidades de uso. Por otra parte, gracias a que los dispositivos actuales disponen de mayor capacidad de procesamiento e incluyen sensores de última generación, cámaras digitales y sistemas de localización global, ha sido posible desarrollar sistemas de realidad aumentada más precisos y asequibles.

2 Concepto de realidad aumentada

La expresión “Realidad Aumentada” – Augmented Reality en inglés y abreviada comúnmente con el acrónimo RA o AR – se refiere a aquella tecnología capaz de complementar la percepción e interacción con el mundo real, brindando al usuario un escenario real aumentado con información virtual (C. Orozco, P. Esteban and H. Trefftz, 2006).

Mediante esta tecnología, se puede incorporar contenido en forma de texto, imagen, audio, vídeo, modelos 3D, entre otros elementos, en la percepción del mundo real del usuario. Estos “aumentos” de la realidad pueden ayudar a mejorar el conocimiento del individuo y permitirle un mayor grado de comprensión sobre lo que sucede a su alrededor (R. Reinoso, 2014).



*Imagen 1. Realidad Aumentada – Holograma 3D.
Fuente: Kedarinath Talisetty (2013).*

Existen dos definiciones de realidad aumentada mayoritariamente aceptadas, por una parte la de Paul Milgram y Fumio Kishino y por otra la de Ronald Azuma.

Paul Milgram y Fumio Kishino definieron la realidad de Milgram-Virtuality Continuum en 1994 como una escala continua que va desde el entorno real hasta el entorno virtual. El área comprendida entre los dos extremos donde se combina lo real y lo virtual la denominaron Mixed Reality o Realidad Mixta.



Ilustración 1. Reality - Virtuality Continuum.

Fuente: Paul, M. y Fumio, K. (1994) IEICE Transactions on Information Systems.

Tal y como se muestra en la Ilustración 1, a medida que se avanza de izquierda a derecha aumentan los elementos virtuales que se agregan al entorno real. Sin embargo, si el desplazamiento se produce de derecha a izquierda aumentan los elementos reales que se agregan al entorno virtual.

De esta forma Paul Milgram y Fumio Kishino distinguen entre una realidad aumentada, en la que se incorporan elementos virtuales a un entorno real, y la virtualidad aumentada, en la que se incorporan elementos reales a un entorno virtual.

Ronald Azuma, investigador del Nokia Research Center Hollywood de California, ofreció otra definición en 1997 en la publicación de su artículo “*A survey of augmented reality*”. Según Azuma, un sistema de Realidad Aumentada es aquel que cumple las siguientes características:

- 1) **Combina elementos reales y virtuales.** El sistema incorpora información virtual a las imágenes percibidas del mundo real.
- 2) **Es interactivo en tiempo real.**
- 3) **Alineación en 3D.** Utiliza elementos en tres dimensiones, es decir, la información que se muestra debe estar registrada en 3D. La información virtual añadida normalmente se registra en un lugar del espacio, por lo que para dar la sensación de realidad, ha de mantener la posición a medida que el usuario cambia su punto de vista. Referencia espacial entre ambas realidades.

La combinación de estas tres características hacen que la realidad aumentada sea muy interesante para el usuario ya que complementa y mejora su visión e interacción del mundo real con información que puede

resultarle extremadamente útil a la hora de realizar ciertas tareas. De hecho la realidad aumentada es considerada como una forma de amplificación de la inteligencia que emplea dispositivos como un smartphone u ordenador para facilitar el trabajo al usuario.

Esta nueva definición extiende el uso de la realidad aumentada a otros dispositivos, sin perder ninguno de los componentes de un sistema de realidad aumentada, con lo que se abre todo un abanico de posibles sistemas y aplicaciones de realidad aumentada.

2.1 Antecedentes.

El concepto de realidad aumentada comienza su historia en 1950, cuando el cineasta Morton Heilig escribió sobre un “Cine de Experiencia”, que pudiera acompañar a todos los sentidos de una manera efectiva integrando al espectador con la actividad en la pantalla.

Posteriormente, en 1962, Morton Heilig crea y patenta un simulador llamado “Sensorama” (Imagen 2). Este simulador era una unidad para una persona que combinaba películas en 3D, sonido estéreo, vibraciones mecánicas, aire por ventilador y aromas que permitían aumentar la experiencia del espectador a través de sus sentidos (Wagner, 2007).

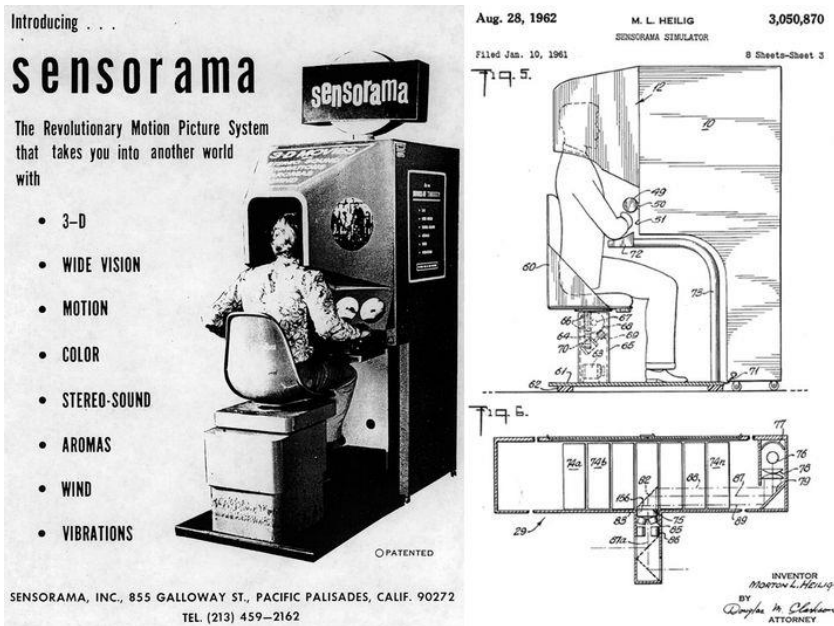


Imagen 2. Sensorama de Morton Heilig (1962).

Fuente: L, H.M. (1962). *Sensorama Simulator*.

En 1968, el investigador Ivan Sutherland, con la ayuda de uno de sus estudiantes, Bob Sproull, diseña el concepto de “The Ultimate Display”, y crea el primer HMD (Head Mounted Display).

Este sistema conocido como “La espada de Damocles” (Imagen 3) es considerado por muchos como el primer sistema de realidad virtual y realidad aumentada.

Si bien era primitivo en aspectos de interfaz de usuario y realismo y su peso era tan alto que debía ser colgado desde el techo, el dispositivo permitía la inmersión del usuario a un mundo virtual con el cual podía interactuar. Incluía un display estereoscópico, un sistema de rastreo, sonido, estímulo táctil, gráficas interactivas y retroalimentación en tiempo real (Barrilleaux, 2012).

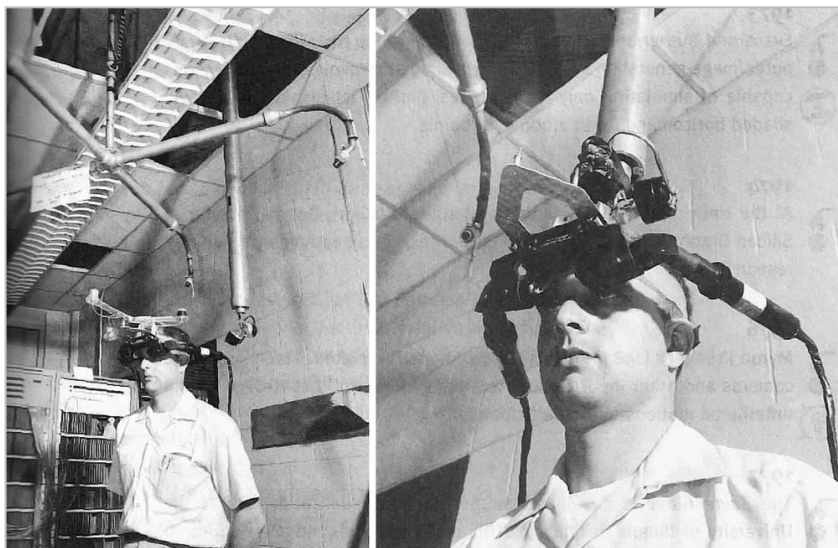


Imagen 3. Espada de Damocles de Ivan Sutherland (1968).

Fuente: Sherman, W. y Craig, A. (2003).

Ya en la década de los 70, y siguiendo la experiencia de Ivan Sutherland, el investigador Myron Krueger de la universidad de Wisconsin desarrolla uno de los primeros ambientes virtuales denominado “Videoplace” (Imagen 4), cuyo prototipo fue completado en 1975, permitiendo a los usuarios interactuar por primera vez con objetos virtuales.



*Imagen 4. Videoplace de Myron Krueger (1975).
Fuente: Medina, D. (2015) Freedom Technology.*

Este prototipo empleaba un sistema de cámaras que permitía crear un mundo virtual controlado por los libres movimientos del usuario (Sherman, 2003; Craig, 2009).

Los movimientos eran grabados por la cámara, analizados y transferidos a una pantalla como una básica silueta. Esta silueta podía interactuar con otros objetos y otros usuarios, dando la idea de que es el mismo usuario el que está realizando la acción (Barrilleaux, 2012).

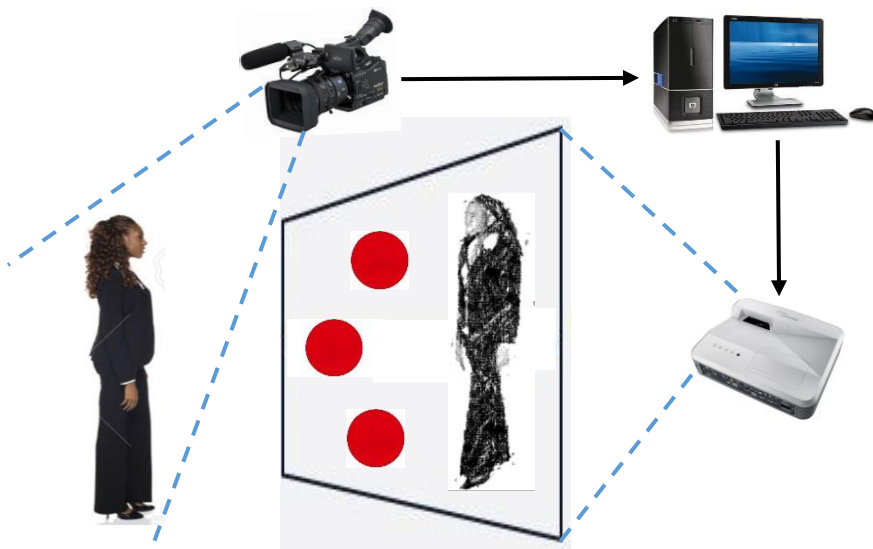


Ilustración 2. Procedimiento del sistema Videoplace.

Fuente: Elaboración propia.

Entre 1990 y 1992, es cuando el término de “Realidad Aumentada” es usado por primera vez en *“Augmented Reality: An application of Heads-Up Display Technology to Manual Manufacturing Processes”*, de la mano de los investigadores de Boeing, Tom Caudell y David Mizell, para referirse a la superposición de materiales generados por ordenador sobre el mundo real. Esta tecnología servía para aumentar el campo visual del usuario con la información necesaria para una determinada tarea (Caudell and Mizell, 1992).

Este sistema de realidad aumentada consistía en un dispositivo HMD (Head-mounted display) denominado “Private Eye” (Ilustración 3) que guiaba al usuario mediante una superposición de imágenes para el

correcto montaje del cableado en sistemas eléctricos dispuestos en aeronaves, evitando el uso de extensos manuales de montaje.

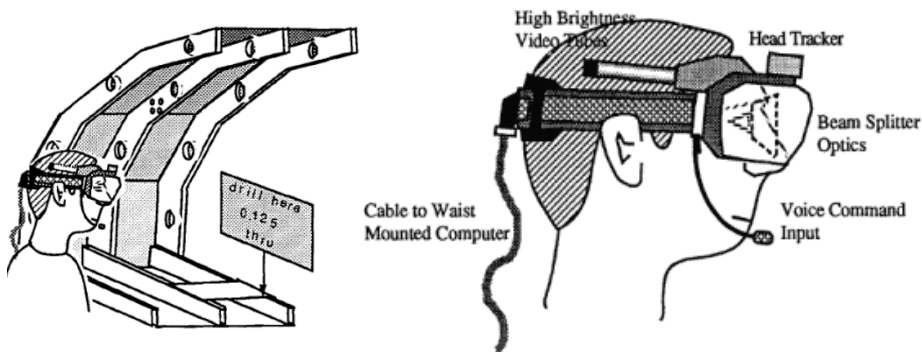


Ilustración 3. Private Eye de Caudell y Mizell (1992).

Fuente: Institute of Computer Graphics and Vision - History of Mobile AR (2009).

Además, se discute sobre las ventajas de la realidad aumentada sobre la realidad virtual, tales como el requerimiento de procesos de computacionales de menor potencia ya que los gráficos presentan menor complejidad por lo que esta tecnología podía ser usada en ordenadores estándar.

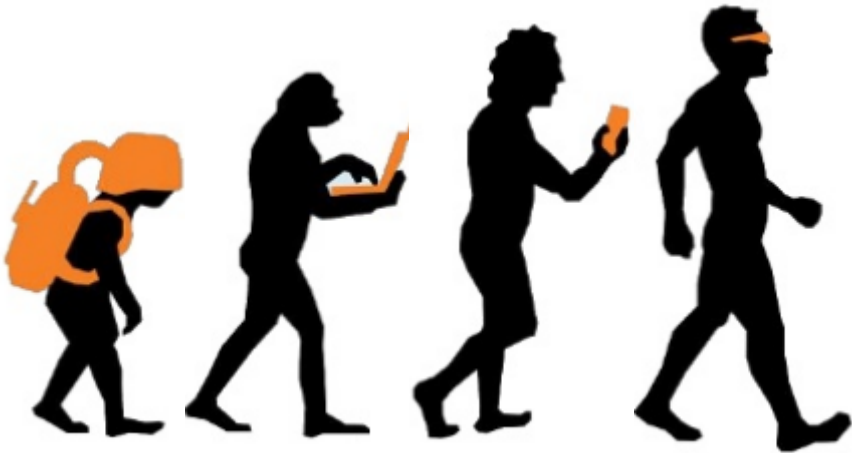
En los años sucesivos, la realidad aumentada ha sido principalmente una tecnología experimental estudiada en diversas universidades y laboratorios del mundo (Milgram y Kishino, 1994; Azuma, 1997).

A partir de mediados de los 90, debido a las nuevas capacidades tecnológicas y a la búsqueda de alternativas que faciliten y hagan más productiva la interacción entre usuarios y computadoras, la investigación y el desarrollo en realidad aumentada se ha ido incrementado

enormemente ofreciendo en el 2000 ARQuake, el primer juego al aire libre con dispositivos móviles de realidad aumentada, lo que ya supuso el empujón final para el mundo comercial y la llegada de inversores.

Más tarde permitiría en el 2008 la salida al mercado de AR Wikitude Guía, una aplicación Android que permitía al usuario gracias a la cámara enfocar una imagen y obtener información en tiempo real sobre el lugar de interés e identificación de los mismos gracias a la imagen obtenida.

No es hasta el 2009 cuando se crea el crea el logo oficial de la Realidad Aumentada con el fin de estandarizar la identificación de la tecnología aplicada en cualquier soporte o medio por parte del público general.



*Ilustración 4. Evolución de los dispositivos de realidad aumentada.
Fuente: Realidad Aumentada en Educación – Raúl Reinoso (2016).*

2.2 Situación actual y perspectivas de la Realidad Aumentada.

Según ADSLZone, cuando se cuestiona acerca de las tendencias tecnológicas actuales con mayor proyección de futuro, sin duda entre estas se encuentra todo aquello relacionado con la realidad aumentada, ya que se espera que poco a poco vaya formando parte activa de nuestras vidas, tanto a nivel doméstico como profesional.

A lo largo del año 2016, esta tecnología se ha convertido en tema de absoluta actualidad, aunque existen dudas sobre cuál será su repercusión en un futuro o si tendrá la aceptación esperada debido a la variación de interés a lo largo del tiempo hasta la actualidad (Gráfica 1).



Gráfica 1. Interés de la RA entre 2008 – 2017.

Fuente: Google Trends.

Los números reflejan el interés de búsqueda en relación con el mayor valor de un gráfico en un periodo determinado (2008 – 2017). Un valor de 100 indica la popularidad máxima, mientras que 50 y 0 indican una popularidad que es la mitad o inferior al 1%, respectivamente, en relación al mayor valor.

Y es que la tecnología móvil ha cambiado la manera en la que se accede a la información y se interactúa con otras personas. Además, la gente utiliza los dispositivos móviles para todo tipo de tareas cotidianas del día a día como reservar un vuelo o encontrar un nuevo restaurante en un mapa digital. Así, casi sin darnos cuenta, la mencionada tecnología móvil no nos ha sacado del mundo real, sino que ha incluido elementos virtuales en este con el fin de ayudarnos en todo tipo ámbitos de nuestra vida cotidiana.

Por estas razones la realidad aumentada se está preparando para ser la próxima gran tecnología que sirva como puente con el mundo real, mejorando nuestras experiencias diarias, empezando con lo que vemos, ya que se espera que los próximos teléfonos inteligentes sepan lo que estamos viendo en todo momento. De este modo los tipos de datos y servicios que nos proporcionarán serán mucho más avanzados debido a que los terminales conocerán dónde están los usuarios o qué están haciendo.

Como ya es sabido, Pokémon GO es la aplicación recreativa más reconocida que hace uso de la realidad aumentada hasta el momento, pero hay otros ejemplos quizá menos populares pero que también la usan como el localizador del coche en un parking para que no lo perdamos y los filtros de Snapchat que nos permiten compartir looks divertidos, entre otros casos.



Imagen 5. Pokemon Go.

Fuente: Youtube - Luzugames (2016).



Gráfico 2. Interés de la RA entre 2008 – 2017.

Fuente: Google Trends

El éxito de este tipo de aplicaciones reside en su capacidad para integrarse a la perfección en la vida cotidiana de los usuarios, sin embargo tal y como muestran las gráficas 1 y 2, la popularidad y la tendencia de la realidad aumentada debe ser constante a lo largo del tiempo hasta convertirse en parte de nuestra vida cotidiana funcionando de manera conjunta con la tecnología móvil.

Por otra parte, en cuanto a las perspectivas de futuro sobre esta tecnología, la compañía estadounidense de investigación del mercado, International Data Corporation (IDC), ha publicado una previsión para dentro de 5 años sobre cuál será el estado de la realidad virtual y aumentada en cuanto a unidades vendidas y beneficios generados por cada una de ellas.

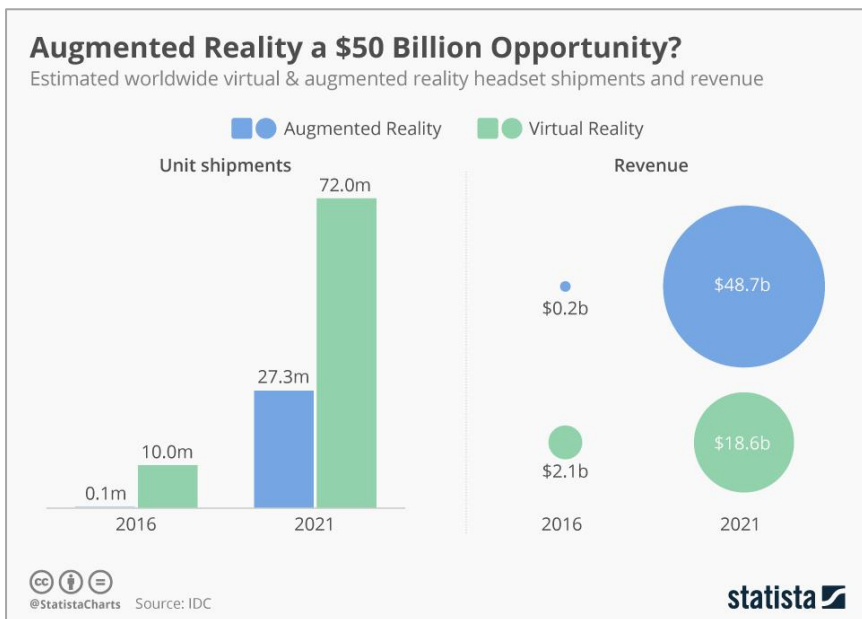


Gráfico 3. Previsión RA y RV en 2021.
Fuente: Mass Framingham - IDC (2017).

En el gráfico 3 se puede apreciar que el número de unidades vendidas de dispositivos de realidad virtual prácticamente triplicará a los de realidad aumentada, sin embargo los beneficios serán más del doble para la tecnología aumentada. 50.000 millones de dólares para 2021, es una gran cantidad y puede ser uno de los motivos por lo que cada vez más compañías se suman a la carrera aumentada.

Microsoft, Google, Facebook e incluso Apple son algunas de las empresas que han hablado de las posibilidades que ofrece y ofrecerá esta nueva tecnología, y algunas de ellas ya disponen de productos comerciales.

Según IDC, la realidad aumentada despegará primero en el entorno empresarial y los dispositivos serán significativamente más caros que los de realidad virtual, ya que incluirán tecnología más sofisticada.

Jitesh Ubrani, analista de IDC, ha indicado también que los dispositivos de bajo coste pueden hacer más daño a la tecnología que promoverla, ya que aquellos usuarios que tengan una mala experiencia, con esta clase de modelos como podría ser Cardboard, le darán la espalda a toda la tecnología.

IDC considera también como un factor clave que en 2017 habrá más dispositivos en el mercado y más competencia, un detalle que ayudará a aminorar el precio de las gafas y también de los teléfonos y computadoras compatibles.

"El aumento de hardware nuevo y menos costoso pondrá la tecnología virtual y aumentada al alcance de un número creciente de empresas y particulares", dijo Tom Mainelli, vicepresidente de dispositivos y realidad virtual y aumentada en IDC.

3 Elementos necesarios para el sistema de realidad aumentada

La tecnología de la realidad aumentada consiste en una combinación de hardware y software capaz de presentar una superposición de elementos virtuales en el mundo real.

Para hacer posible esta superposición es necesario que existan ciertos elementos que pueden encontrarse por separado o reunidos en un mismo dispositivo.

Un sistema de realidad aumentada consta de cuatro elementos básicos: un dispositivo que capture la realidad física, un dispositivo donde proyectar la combinación de imágenes reales y digitales, un elemento de procesamiento o software y por último un activador de la realidad aumentada que está formado por el conjunto de datos que alimenta el software (Imagen 6).

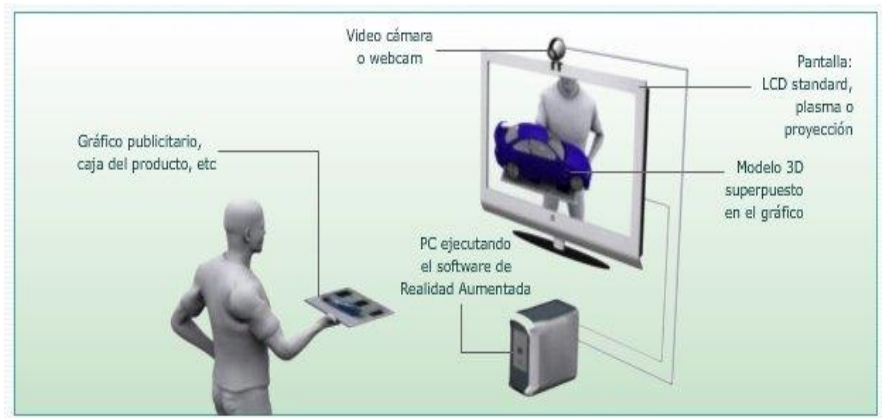


Imagen 6. Componentes de la realidad aumentada.

Fuente: Juan Pablo Ortiz – Wordpress.com (2009).

3.1 Elemento captador

La función de este elemento es principalmente captar la información del entorno físico y real para transmitirla posteriormente al elemento encargado de tratarla, es decir, al software de realidad aumentada.

Se requiere que la cámara cumpla unos requisitos técnicos básicos, como son que grabe correctamente, siendo evidente que cuanto mayor resolución tenga la cámara, mayor calidad tendrá la imagen real y por lo tanto el resultado final será más óptimo.



*Imagen 7. Cámara integrada en dispositivo móvil.
Fuente: Christian Miller – losmac (2016).*

La cámara puede ser independiente del dispositivo de visualización de la señal de realidad aumentada o integrarse en él.

Los ejemplos más comunes son las cámaras web conectadas a ordenadores o integradas en portátiles y dispositivos móviles.

3.2 Elemento posicionador

Una de las piezas fundamentales en un sistema de realidad aumentada es aquella fuente de información, también denominada “activador de realidad aumentada”, que permite posicionar la capa virtual dentro de la realidad, esta función puede ser cumplida por tres grupos clasificados de la siguiente forma:

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



Imagen 8. Activadores de RA.

Fuente: Raúl Reinoso - *Realidad Aumentada: Usos y Posibilidades* (2016).

Se trata de elementos de localización como los GPS que en la actualidad van integrados en smartphones y tablets, al igual que los giroscopios y acelerómetros que permiten identificar la posición y orientación de dichos dispositivos, así como también las etiquetas o marcadores del tipo RFID o códigos bidimensionales, o en general cualquier otro elemento que sea capaz de suministrar una información equivalente a la que proporcionaría lo que ve el usuario, como por ejemplo sensores.

3.3 Elemento procesador

Para interpretar la información del mundo real que recibe el usuario, generar la información virtual y combinarla de forma adecuada es preciso disponer de una unidad de proceso y software especializado.

Los requerimientos de esta unidad de proceso dependerán del sistema usado, necesitando más potencia en sistemas de reconocimiento por imágenes. Por la misma razón, en el caso de superponer modelos en 3D, se necesita de una mayor potencia gráfica. Por último, también se necesita de un software especializado capaz de gestionar los diferentes dispositivos y analizar y añadir información virtual a las imágenes.

Este elemento se puede instalar y utilizar en dispositivos como ordenadores, videoconsolas, tablets y smartphones.



Imagen 9. Softwares de RA.

Fuente: Raúl Reinoso - *Realidad Aumentada: Usos y Posibilidades* (2016).

3.4 Elemento proyector

Finalmente, es necesario disponer de un elemento o dispositivo sobre el que proyectar el contenido con la mezcla de la información real y virtual, dando lugar a la realidad aumentada.

Para ello, pueden actuar como tal una pantalla o monitor de un ordenador, televisor, smartphone, tablet, videoconsola o incluso unas gafas especiales, que puede llevar incluso cámara incorporada.

El tamaño de pantalla es importante ya que cuanto mayor sea dará mayor sensación de inmersión en la realidad aumentada y se conseguirá que el efecto de unir dos informaciones (real y virtual) sea más efectivo para el usuario de realidad aumentada.



*Imagen 10. Proyección de RA.
Fuente: RedUsers.com (2016).*

4 Clasificación de los soportes de realidad aumentada

Entre los soportes de realidad aumentada, se puede encontrar una amplia gama de dispositivos visuales que va aumentando a la vez que se efectúan avances en el campo de la informática y la óptica.

Existen tres formas de presentar la tecnología de realidad aumentada, con equipos fijos, con equipos portátiles miniaturizados y con equipos específicamente desarrollados para esta tecnología. Como se puede observar en la ilustración 4, los soportes de los sistemas de realidad aumentada tienden a ser cada vez más portables, cómodos y transparentes para el usuario.

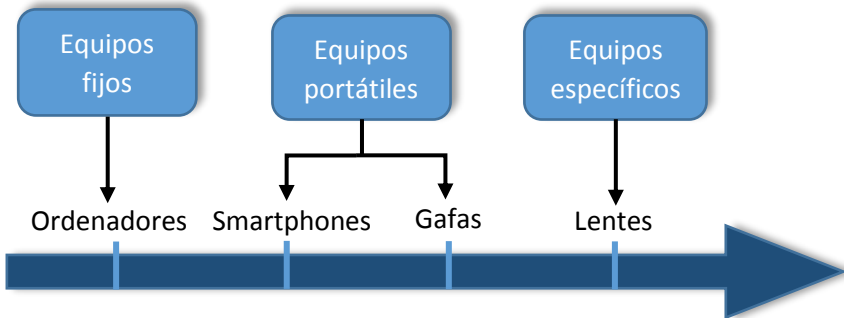


Ilustración 5. Evolución de los soportes de RA.

Fuente: Elaboración propia.

En la actualidad, tanto los equipos fijos como los portátiles son los más utilizados para la realidad aumentada, aunque se espera que a lo largo del tiempo, el desarrollo de nuevas tecnologías junto con la miniaturización de componentes y el abaratamiento de costes de los mismos permitan hacer realidad el uso más extenso de soportes que superimpriman directamente la información virtual sobre el mundo real.

4.1 En equipos fijos.

La cámara conectada al equipo informático digitaliza la imagen captada, a la que se le incorporan capas con otros datos, imágenes fijas o en movimiento, textos y/o sonidos. Esta información se añade a partir de un software que selecciona documentos específicos de una base de datos propia o del acceso a los datos de la red Internet.

Una pantalla o monitor presenta la síntesis, muestra de forma sincronizada tanto las imágenes reales captadas, junto al resto de datos superpuestos sincronizados en tamaño, posición y en tiempo real. Se intenta que los elementos virtuales estén coordinados con precisión con los objetos reales y su posición, puesto que un pequeño error de orientación provoca un desajuste perceptible.

Tabla 1. Equipos fijos como soportes de RA.

Dispositivo	Ventajas	Inconvenientes
<p>Ordenador</p> 	<p>La cámara que enfoca la realidad aporta información extra</p>	<p>Existe retraso</p>
<p>Proyector</p> 	<p>La pantalla está separada de los usuarios del sistema</p> <p>Mayor campo de visión</p>	<p>Requiere cámara externa</p>

4.2 En equipos portátiles.

Los dispositivos móviles avanzados son pequeñas mini computadoras que incorporan cámaras de captura de imágenes móviles. Con ello se puede reproducir el efecto de realidad aumentada y presentar en la pantalla del dispositivo el resultado de Realidad Aumentada.

Tabla 2. Equipos portátiles como soportes de RA.

Dispositivo	Ventajas	Inconvenientes
<p>Smartphone</p> 	<p>Sensores y dispositivos internos</p> <p>Conectividad</p>	<p>Poca potencia de cálculo</p>
<p>Tablet</p> 	<p>Capacidad de procesamiento y buena resolución de pantalla</p>	<p>Poco manejable</p>
<p>Videoconsola portátil</p> 	<p>Buen rendimiento en gráficos</p>	<p>Funcionalidad limitada al entretenimiento</p> <p>Requiere cámara externa</p>

En el caso de los equipos portátiles se puede añadir información de los sistemas de posicionamiento geográfico GPS, necesarios para poder localizar con precisión la situación del usuario.

La realidad aumentada es capaz de mostrar al usuario una representación realista del entorno que se ha añadido virtualmente, por ello es importante determinar la orientación y posición exacta del usuario. Esta localización se hace difícil en espacios interiores o en zonas afectadas por campos magnéticos.

4.3 En equipos específicos.

En ocasiones, hay dispositivos específicos de captura y visión que se integran en unas gafas especiales y permiten al usuario ver la realidad a través de la lente y superponer y mostrar otra información gráfica.

A pesar de que existen ya ciertos prototipos de gafas adaptadas a la realidad aumentada, todavía será necesario que se profundice más en la investigación de estos sistemas para que existan modelos comerciales que ofrezcan estas capacidades con calidades aceptables.

El último paso en la evolución de estos sistemas sería la creación de lentes que se puedan situar directamente sobre los ojos y sobre las cuales se muestre la información virtual.

Esto todavía es visto por la comunidad científica y tecnológica como algo muy futurista que se marca como objetivo en un futuro. Sin embargo, no es una meta inalcanzable, ya que existen investigaciones que están dando los primeros pasos en la creación de lentes con estas características; basta nombrar el prototipo presentado por la

Universidad de Washington y que recoge un gran número de revistas como ScienceDaily sobre las primeras lentes de contacto, seguras biológicamente, flexibles, que llevan circuitos impresos y diodos que pueden emitir luz.

Tabla 3. Equipos específicos como soportes de RA.

Dispositivo	Ventajas	Inconvenientes
<p data-bbox="225 489 362 513">Casco HMD</p> 	<p data-bbox="482 547 759 725">Permite reproducir imágenes sobre una pantalla muy cercana a los ojos o sobre las retinas</p>	<p data-bbox="805 623 969 647">Existe retraso</p>
<p data-bbox="258 790 329 815">Gafas</p> 	<p data-bbox="474 838 770 984">La fusión de la imágenes se realiza sobre la lente, esto significa mínimos retrasos</p>	<p data-bbox="805 838 969 984">No existe una cámara que enfoca la realidad</p>
<p data-bbox="253 1035 334 1059">Lentes</p> 	<p data-bbox="474 1078 770 1224">La fusión de la imágenes se realiza sobre la lente, esto significa mínimos retrasos</p>	<p data-bbox="805 1078 969 1224">No existe una cámara que enfoca la realidad</p>

5 Niveles de realidad aumentada

Para medir y clasificar las tecnologías involucradas en el desarrollo de los sistemas de realidad aumentada es necesario estipular unos niveles que permitan diferenciar las aplicaciones de RA.





Además de los elementos de hardware y software, son necesarios elementos activadores, estos elementos pueden ser marcadores, imágenes, objetos, códigos QR o puntos geolocalizados.

Existen varios autores que han estudiado sobre los posibles niveles de RA como son: Lens-Fitzgerald (2009), Rice (2009), Estebanell (2012) y Reinoso (2012). Lens-Fitzgerald, el cofundador de Layar y uno de los navegadores de realidad aumentada más importantes del mundo, escribió un artículo en 2009 donde define cuatro niveles de la RA (del 0 al 3) y propone una clasificación gradual en función de la complejidad y funcionalidad de las aplicaciones, y en gran medida, en el tipo de elemento activador de la experiencia de RA.

Posteriormente y en contraposición con Lens- Fitzgerald, tanto Estebanell (2012) como Reinoso (2012) introducen la activación mediante imágenes como realidad aumentada sin marcadores o “markerless” mientras que Lens- Fitzgerald considera este tipo de RA como nivel 1, con marcadores. Rice (2009) incluso habla de un nivel 4 donde se emplearían displays de lentes de contacto y/o interfaces directos al nervio óptico y el cerebro.

Por tanto, siguiendo la propuesta de Lens- Fitzgerald, se pueden diferenciar 4 niveles de acuerdo a su forma de trabajo, parámetros, sistemas de seguimiento y técnicas empleadas.

Tabla 4. Niveles de RA según Lens- Fitzgerald.

Nivel	Descripción
 NIVEL 0	<p>Hipervínculos (Physical World Hyper Linking)</p>
 NIVEL 1	<p>RA basada en marcadores (Marker Based AR)</p>
 NIVEL 2	<p>RA sin marcadores, basada en reconocimiento de objetos e imágenes (Markerless AR)</p>
NIVEL 3 	<p>Visión Aumentada (Augmented Vision)</p>

En la práctica, se utiliza con bastante frecuencia una distinción más simplificada:

- RA por reconocimiento, ya sea mediante códigos (nivel 0), marcadores (nivel 1) o imágenes u objetos (nivel 2).
- RA por geolocalización, incluida en el nivel 2 de Lenz-Fitzgerald

5.1 Nivel 0 - RA basada en hipervínculos.

Este tipo de realidad aumentada, considerado como una realidad aumentada inicial o simple, posibilita enlazar el mundo físico con el mundo virtual a través de hipervínculos o hiperenlaces.

Se basa principalmente en el uso códigos de barras UPC (Universal Product Code) y códigos QR (Quick Response). Dichos códigos solo sirven como hiperenlaces a otros contenidos, de manera que no existe registro alguno en 3D y el contenido visualizado no sigue el movimiento del elemento activador.



Imagen 11. Código de barras UPC (izquierda) y Código QR (derecha).

Fuente: Wikipedia

Con la aparición de los primeros códigos QR, considerados como códigos bidimensionales (2D), se permite codificar en ellos información muy variada como por ejemplo texto e imágenes entre otros muchos datos, que permitieron acceder a gran parte de información con muchas posibilidades.

Para leer un código QR se debe instalar en el smartphone un lector de códigos adecuado al sistema operativo del dispositivo que se vaya a emplear.

Teniendo en cuenta que los códigos QR no son como los marcadores de realidad aumentada, estos últimos únicamente pueden ser identificados por la aplicación para la que han sido creados. La información que se muestra en un marcador de realidad aumentada viene determinada por la aplicación a la que está asociado. Sin embargo, en un código QR, al estar la información codificada en el propio símbolo, puede ser leída por cualquier lector de códigos QR.

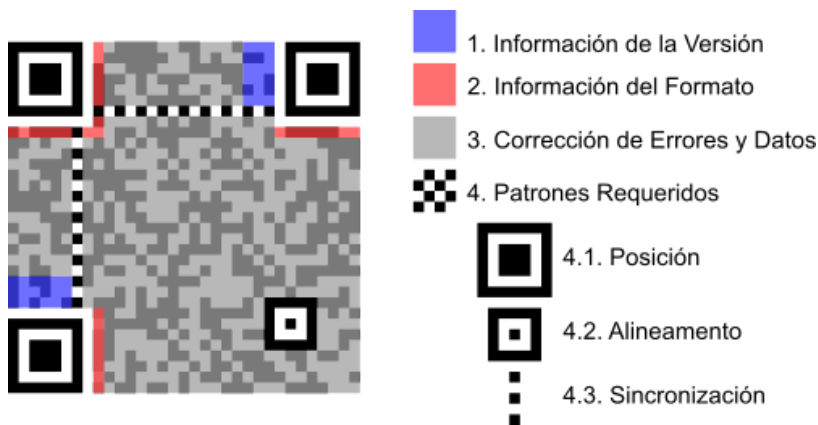


Imagen 12. Estructura de un código QR.

Fuente: Arroyo, Natalia (2011). "Aplicaciones de la web móvil en entornos sanitarios"

5.2 Nivel 1 - RA basada en marcadores.

Las aplicaciones de este nivel emplean marcadores o imágenes cuadrangulares y con dibujos esquemáticos, habitualmente para el reconocimiento de patrones 2D. La forma más avanzada de este nivel también permite el reconocimiento de objetos 3D como cubos con marcadores en sus distintas caras. Según Lens- Fitzgerald (2009), considera que el reconocimiento 3D está entre el final del nivel 1 y muy próximo al nivel 2.

La realidad aumentada basada en marcadores es considerada, quizás, la forma más popular de realidad aumentada.

Se emplean como marcadores unos símbolos impresos en papel sobre los que se superpone algún tipo de información digital como pueden ser objetos 3D, vídeos e imágenes cuando son reconocidos por el mismo software que crea los marcadores.

Los marcadores están formados generalmente por un cuadrado de color negro con un diseño determinado en su interior que permite que se diferencien unos de otros.

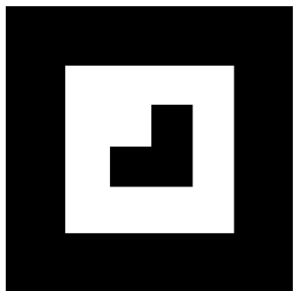


Imagen 13. Marcador (Izquierda) y objeto 3D sobre marcador impreso (derecha).

Fuente: Jacqueline Fabiola (2014) – “RA, análisis y aplicaciones”

5.3 Nivel 2 - RA basada en reconocimiento de objetos o imágenes.

En este nivel tal y como su nombre indica, se basa en el reconocimiento de elementos que actúan de activadores como objetos e imágenes. También se encuentra dentro de este nivel la geolocalización del usuario según su posición y orientación.

En las aplicaciones de este nivel, cuando una imagen u objeto es reconocido, se desencadena la acción, superponiéndose en ese momento el contenido digital: una imagen, un vídeo o un modelo 3D. La imagen captada por la cámara del smartphone es comparada con la imagen de referencia y si coinciden, se muestra el objeto virtual dentro del mundo real.

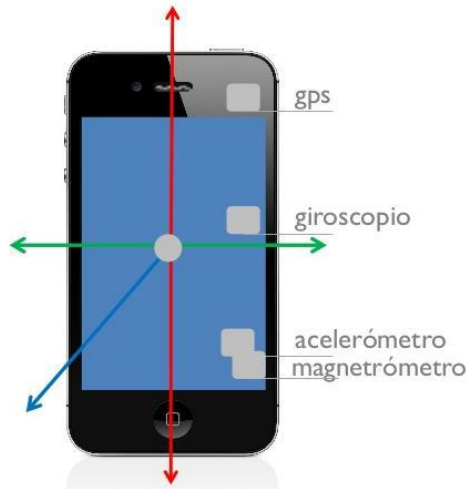


*Imagen 14. Reconocimiento de imágenes.
Fuente: Carlos Fernández (2015) - "Lo mejor de la RA"*

En los últimos años se han venido desarrollando aplicaciones para dispositivos móviles llamadas "navegadores de realidad aumentada".

Estas aplicaciones utilizan el hardware de los smartphones (GPS, acelerómetro y giroscopio) para mostrar una capa de información extra al entorno que rodea al usuario.

Mediante el GPS se identifica la posición del usuario, y el giroscopio permite conocer la orientación del dispositivo y con el acelerómetro se detectan cambios de elevación. Con esta combinación de datos, y empleando la conexión a Internet del smartphone, se construye la visión aumentada.



*Imagen 15. Elementos de geolocalización y posicionamiento.
Fuente: Joaquín Cubillo (2014) – Entornos de aprendizaje RA.*

Desde que apareció el primer navegador de realidad aumentada en el año 2008, se han desarrollado multitud de aplicaciones basadas en la geolocalización. Estas aplicaciones permiten al usuario visualizar lo que se encuentra a su alrededor y acceder a información relacionada con su entorno como por ejemplo monumentos históricos.

5.4 Nivel 3 - RA basada en visión aumentada.

Se puede considerar este último nivel como el siguiente paso en la evolución de esta tecnología. Según Rice (2009) "debemos despegarnos del monitor o el display para pasar a ligeros y transparentes displays para llevar encima como unas gafas. Una vez la RA se convierte en visión aumentada, es inmersiva. La experiencia global inmediatamente se convierte en algo más relevante, contextual y personal. Esto es radical y cambia todo".

Como ejemplos claros de este nivel, se pueden destacar dispositivos como las Google Glass o las iGlass de Apple, lentes de contacto de alta tecnología que pese a la necesaria investigación y desarrollo, en el futuro se espera que sean capaces de ofrecer una experiencia completamente contextualizada, inmersiva y personal.



Imagen 16. Imágenes mostradas por las Google Glass.

Fuente: Gglassday.com (2014).

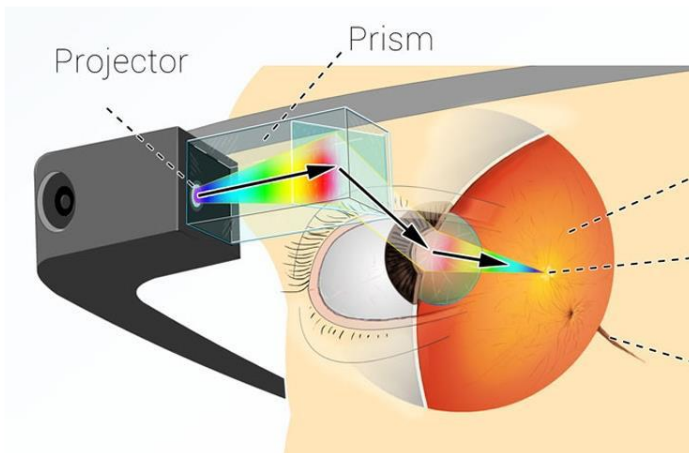


Imagen 17. Funcionamiento de las gafas tipo Google Glass.
Fuente: Roberson (2014).

Por otra parte, ingenieros de la Universidad de Washington llevan tiempo trabajando en lentes de contacto que proyectarían la realidad aumentada directamente a nuestros ojos, siendo de los prototipos más innovadores hasta la fecha.

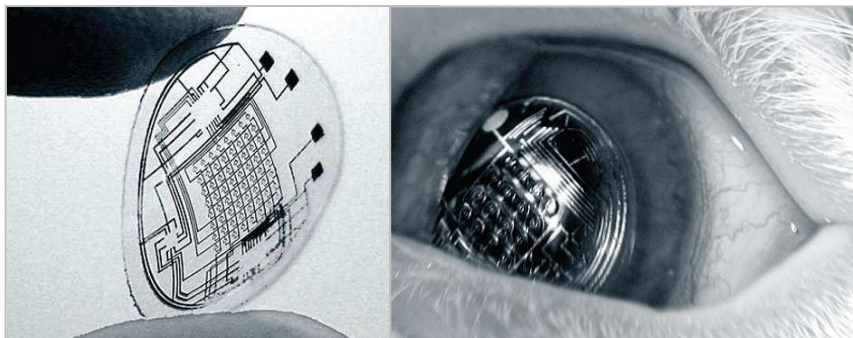


Imagen 18. Lentes biónicas de RA.
Fuente: Babak A. Parviz (2009) - *Augmented Reality in a Contact Lens*.

6 Fases del proceso de realidad aumentada

Como se ha visto anteriormente, en todo sistema de realidad aumentada es necesario disponer de dispositivos que identifiquen el entorno real y lo clasifiquen así como que permitan visualizar tanto la información real como la información digital tras la combinación de ambas.

En cualquier sistema de realidad aumentada son necesarias, al menos, cuatro tareas o fases fundamentales para poder llevar a cabo el proceso de aumento: captación de escena, identificación de escena, mezclado de realidad y aumento, y visualización (O. Choudary y V. Charvillat, 2009; H. López, 2010).

En la siguiente ilustración se representan las fases citadas con un ejemplo de realidad aumentada actual.



Ilustración 6. Fases del proceso de RA.

Fuente: Elaboración propia basada en O. Choudary y V. Charvillat, (2009).

6.1 Captación de la escena

La primera fase dentro del proceso de realidad aumentada es la de identificar el entorno físico que se desea aumentar mediante captación o captura a través de un dispositivo de visualización que permita reconocer la escena para después procesarla. Los dispositivos de captura de imágenes son dispositivos físicos que recogen la realidad que deberá ser ampliada (Bimber, O. and Rakar, R., 2005). En general, estos dispositivos se pueden agrupar principalmente en dos conjuntos:

- **Dispositivos video-through:** dispositivos que realizan la captura de imágenes o video y están aislados de los de visualización. En este conjunto se encontrarían las cámaras de video o los terminales móviles que dispongan de una cámara integrada.

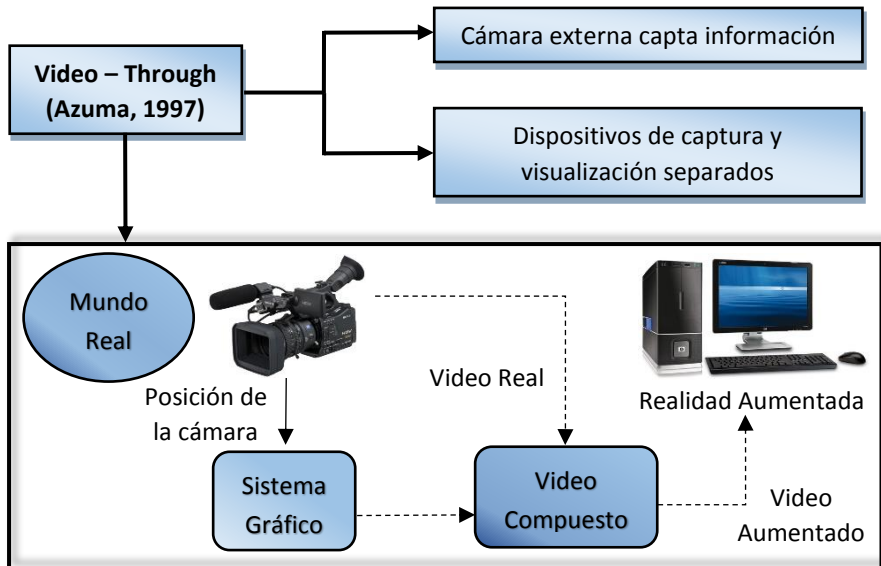


Ilustración 7. Dispositivo Video-Through.

Fuente: Elaboración propia basada en Azuma (1997).

- **Dispositivos see-through:** son los dispositivos que realizan tanto la tarea de capturar la escena real como de mostrarla con información aumentada al usuario. Estos dispositivos acostumbran a trabajar en tiempo real. Dentro de este grupo se encontrarían aquellos dispositivos conocidos como Head Mounted Display (HMD) y Head Up Display (HUD), ambos desarrollados y utilizados en la actualidad en el ámbito militar.
 - **Dispositivos tipo casco HMD**, también llamados Helmet Mounted Display o Head Mounted Display, enseñan la información en la visera del casco o bien a través de 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 aviones de combate para dar información al piloto como son la velocidad y la altura de vuelo.

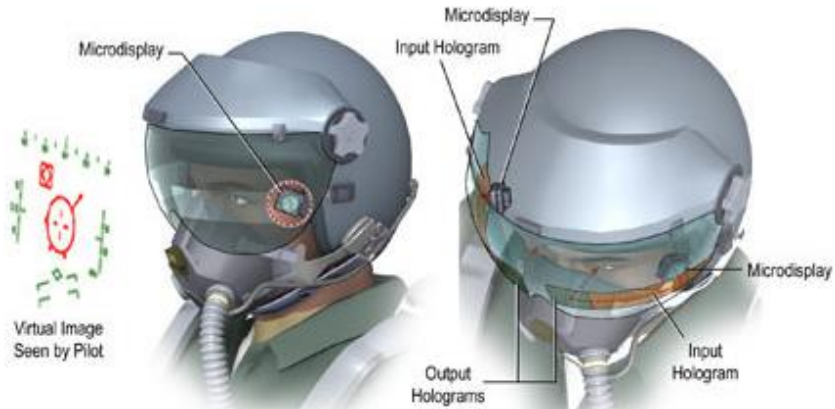


Imagen 19. Casco Head Mounted Display.

Fuente: C. Griffó & C. Dharmadhikari (2016) – Luminitco.com.

Trabajo Final de Máster

- **Dispositivos HUD**, también denominados Head Up Display, se componen de un visualizador que muestra información al piloto sin necesidad de apartar la vista de la zona frontal de la cúpula de la cabina.



Imagen 20. Head Up Display.

Fuente: Pilot Report: 737-Next Gen HUD (2013) - The Jeat Head Blog.

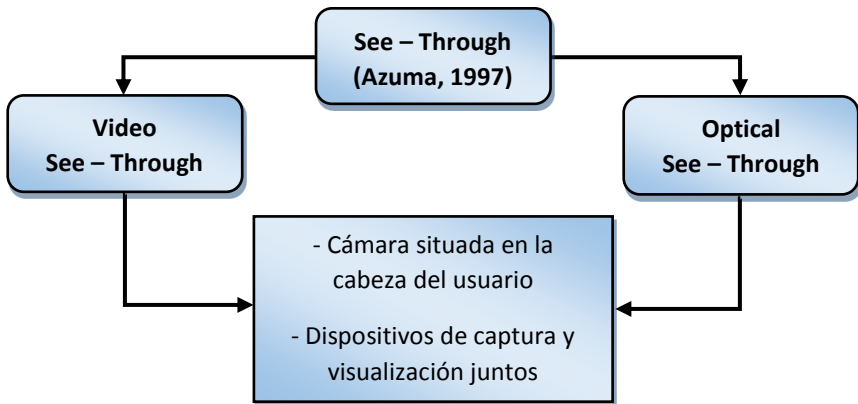


Ilustración 8. Clasificación dispositivos See-Through.

Fuente: Elaboración propia basada en Azuma (1997).

Video See - Through

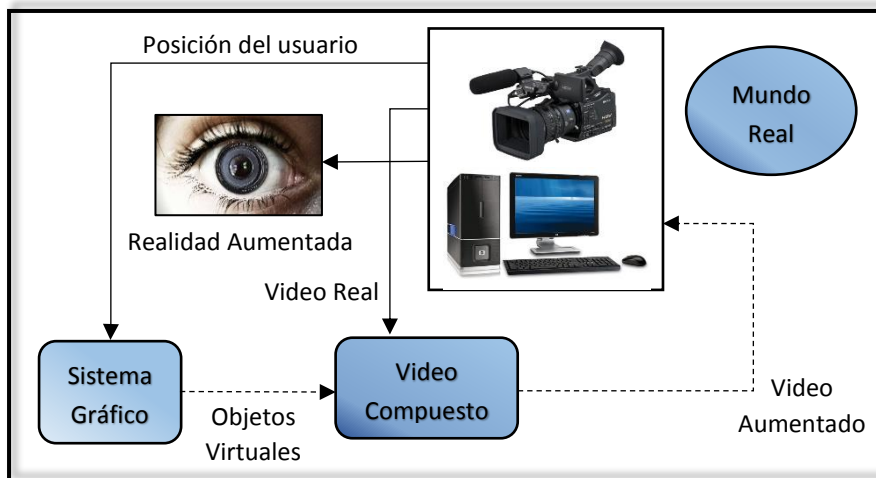


Ilustración 9. Dispositivos Video See-Through.
Fuente: Elaboración propia basada en Azuma (1997).

Optical See - Through



Ilustración 10. Dispositivos Optical See-Through.
Fuente: Elaboración propia basada en Azuma (1997).

Tabla 5. Ventajas y desventajas de los dispositivos Video see-through.











Video see-through	
	Imágenes reales y virtuales más homogéneas, puesto que se muestran en una pantalla
	Mayor número de dispositivos en el mercado
	Mejor alineación entre objetos reales y virtuales, ya que el punto de vista se calcula en base a la imagen de la cámara
	El usuario no visualiza el entorno real, sino la imagen capturada por la cámara
	Ángulo de visión limitado por la cámara

Tabla 6. Ventajas y desventajas de los dispositivos Optical see-through.

Optical see-through	
	El usuario visualiza el entorno real. Es un sistema menos intrusivo
	La imagen virtual no cubre todo el campo de visión
	La imagen virtual no se mezcla correctamente con la real, puesto que se muestra en una pantalla translúcida
	No existen muchos dispositivos en el mercado
	Necesita de un dispositivo de captura adicional para calcular el punto de vista del usuario

6.2 Identificación de la escena o del entorno

La siguiente fase o tarea que se realiza dentro del proceso de realidad aumentada consiste en analizar y averiguar qué entorno o escenario real, a elección del usuario, se va a aumentar junto con la información digital (Bimber, O. and Rakar, R., 2005).

Este proceso se puede llevar a cabo mediante la utilización de marcadores y mediante un sistema de posicionamiento.

- **Reconocimiento por marcadores**

La identificación de la escena a través de marcadores funciona mediante la búsqueda y reconocimiento de patrones a través de su color y/o geometría, pudiendo ser estos patrones códigos de barras, símbolos o códigos QR.

Es conveniente por tanto, que para que se pueda agilizar el proceso de reconocimiento e interacción, la correspondencia entre patrones, la perspectiva de los objetos virtuales y la posición tridimensional sea preparada con anterioridad.

Este proceso de reconocimiento e interacción consiste en extraer de las imágenes que recibe el dispositivo del usuario, la información necesaria para identificar el escenario que se quiere aumentar (López, H. 2010).

El proceso de reconocimiento de imágenes consiste en diferentes fases: procesamiento digital, segmentación, representación y descripción, reconocimiento e interpretación (Azuma, 2001).

A continuación, en la siguiente ilustración se muestra de manera esquemática los pasos anteriormente citados.

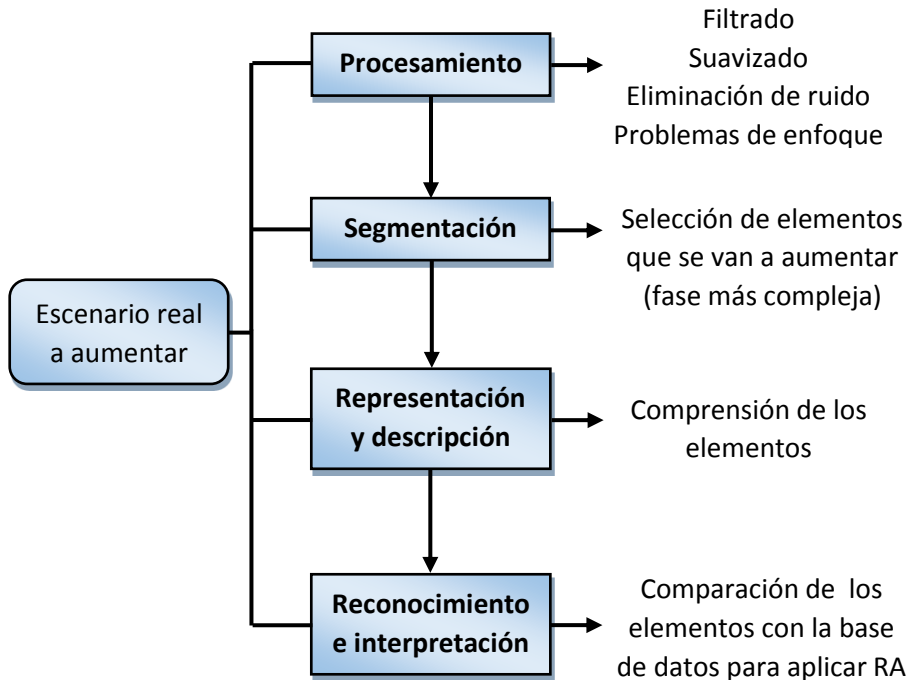


Ilustración 11. Fases de reconocimiento por marcadores.

Fuente: Elaboración propia basado en Azuma (2001).

En la fase de procesamiento digital, se aplica un conjunto de técnicas en las imágenes virtuales una vez son codificadas, con el objetivo de conseguir una imagen con una mayor calidad.

La fase de segmentación tiene mayor complejidad respecto a las demás fases, puesto que se encarga de agrupar los píxeles que forman los objetos en la escena y que comparten características bajo criterios de color, texturas y bordes, entre otros.

Cabe la posibilidad de que los resultados finales no sean precisos debido a regiones superpuestas, píxeles mal clasificados o bordes imprecisos.

Debido a que la segmentación puede no ser del todo precisa, se requiere una etapa de post-procesamiento denominada representación y descripción. En ella se emplea una técnica de procesamiento no lineal de la señal, que busca realzar la forma y geometría de los objetos de la escena. Estas técnicas se pueden emplear tanto en las etapas de procesado, como en la segmentación-postprocesado o en fases de mayor nivel de información visual. (Platero, 2007-2009)

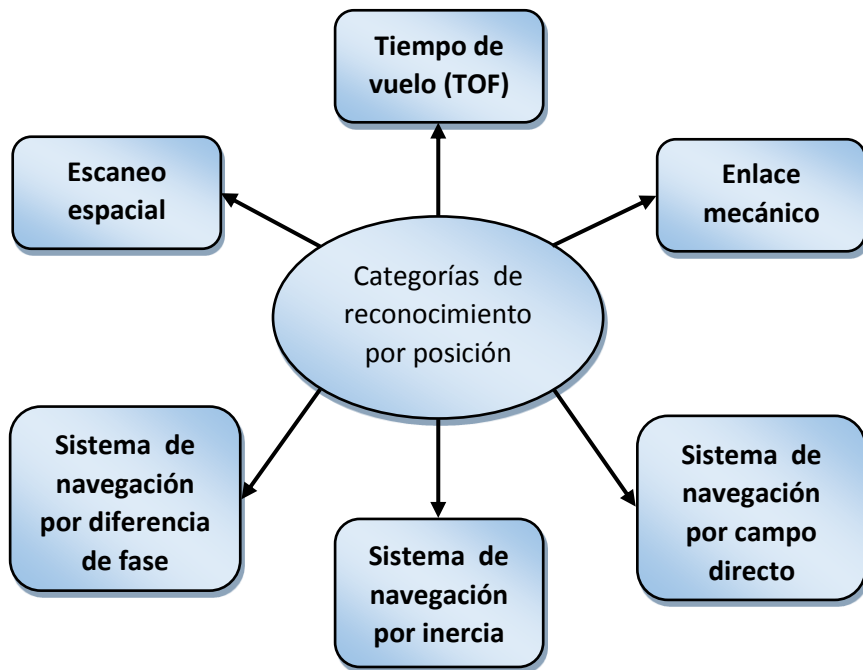
Finalmente, se encuentra la fase de reconocimiento e interpretación. En esta fase se pretende interpretar automáticamente la escena partiendo de los resultados que se han obtenido en las anteriores etapas. A cada objeto de la imagen se le asigna una etiqueta cualitativa, dando por concluida la interpretación de la imagen.

“Una vez que se ha particionado la imagen en regiones de interés (segmentación) y se han corregido los errores de esta etapa (post-procesado), los objetos presentes en el escenario deberán ser cuantificados para tareas de reconocimiento o localización.” (Platero, 2007-2009).

- **Reconocimiento por posición**

La identificación de la escena a través de posicionamiento, funciona mediante valores de orientación y posición de los objetos, junto con la consistencia espacial entre los objetos reales y virtuales. Rolland, Baillot y Goon (2001) presentan una clasificación según los principios físicos de operación, identificando las siguientes categorías: tiempo de vuelo (TOF),

escaneo espacial, enlace mecánico, sistema de navegación por inercia, sistema de navegación por diferencia de fase y sistema de navegación por campo directo.



*Ilustración 12. Clasificación de sistemas de reconocimiento por posición.
Fuente: Elaboración propia basado en....*

- **Sistema por tiempo de vuelo (TOF):** Está basado en la medida de la distancia entre las características ligadas por un lado al objeto en movimiento y por otro a la referencia. Estas distancias son determinadas por la medida del tiempo de propagación de las

señales impulsadas entre los pares de puntos, considerando que la velocidad de propagación de las señales es constante.

Dentro de este sistema, existen cuatro formas de identificación por tiempo de vuelo: por medidas ultrasónicas, por medio de láseres infrarrojos pulsados, por medio de Sistema de Posicionamiento Global (GPS) y por sistema de giroscopios ópticos (Rolland, Baillot y Goon, 2001).

- **Sistema por escaneo espacial:** Está basado en el análisis de proyecciones 2D de una imagen o en la determinación del ángulo de los haces de luz para medir la posición y orientación del objetivo. Utiliza radiofaros ópticos y sensores. Al apuntar el sensor hacia el faro el ángulo entre ellos puede ser medido, por lo que con técnicas de triangulación, la posición del objeto puede ser determinada.

Existen dos categorías de este tipo de escaneo: de afuera hacia adentro, donde los faros están en el objeto y el sensor está en una posición fija del entorno, y de adentro hacia afuera, donde el faro está ubicado en una posición fija y el sensor está en el objeto (Rolland, Baillot y Goon, 2001).

- **Sistema por enlace mecánico:** Utiliza enlaces mecánicos entre la referencia y el objetivo. Pueden utilizarse dos tipos de enlaces. El primero se basa en cables que están enrollados en una bobina. Un sistema se asegura de que los cables estén tensados para así poder medir la distancia de manera exacta. El segundo es el ensamblaje de diferentes partes mecánicas con la capacidad de rotación de cada una de ellas, proporcionando al usuario con

múltiples capacidades de rotación. La orientación de los enlaces es generada por medio de varios ángulos de los enlaces medidos por medio de codificadores incrementados o potenciómetros (Rolland, Baillot y Goon, 2001).

- **Sistema de navegación por inercia:** El principio de este sistema está basado en la búsqueda de un eje de rotación, como en el caso de un giroscópico mecánico, o una posición en el caso de un acelerómetro. La ventaja de este método, es que es posible calcular continuamente la orientación, posición y velocidad de un objeto sin la necesidad de referencias externas. Debido a que estos sistemas miden posiciones relativas en vez de absolutas, pueden llegar a acumularse una serie de errores, sin embargo una re-calibración periódica del sistema puede proveer de mayor precisión (Goon, Baillot y Rolland, 2001).
- **Sistema de navegación por diferencia de fase:** Estos sistemas miden la fase relativa de una señal proveniente del objetivo y una señal de comparación de la misma frecuencia ubicada en la referencia.

Este sistema contiene tres emisores en el objetivo y tres receptores en la referencia, los cuales miden el cambio de fase de una señal emisora proveniente de objeto en movimiento comparada a la fase de una señal proveniente de una referencia.

Contando con esta información, el movimiento relativo del emisor con respecto al receptor puede ser calculado. Del mismo modo que los sistemas de navegación por inercia, los sistemas de navegación por diferencia de fase pueden sufrir de

acumulación de errores. Sin embargo, al poder ser la señal medida continuamente, estos sistemas son capaces de generar una gran cantidad de datos (Goon, Baillot y Rolland, 2001).

- **Sistema de navegación por campo directo:** Este sistema obtiene sus datos de orientación o posición mediante un compás y un clinómetro. El compás utiliza el campo magnético de la tierra para conocer la orientación en dos direcciones y el clinómetro lo utiliza para saber su orientación en la tercera dirección restante.

Para medir la posición y la orientación de un receptor en espacio, el emisor debe estar compuesto de tres bobinas colocadas perpendiculares entre ellas, de este modo definen una referencia espacial de la cual un campo magnético puede salir en todas las direcciones. La dirección está dada por el resultado de tres direcciones elementales.

En el receptor, tres sensores miden los componentes de los flujos recibidos como consecuencia del acoplamiento magnético. Basado en estas medidas, el sistema determina la posición y orientación del receptor con respecto al emisor enlazado en la referencia (Goon, Baillot y Rolland, 2001).

Muchas de las tecnologías actuales utilizan más de un sistema de los descritos anteriormente para poder lograr así mejores resultados, denominándose sistemas híbridos.

6.3 Aumento de la realidad

Tras el proceso de identificación de la escena o del entorno, el siguiente paso que tiene lugar dentro de los sistemas de realidad aumentada es el de incluir la información digital que se quiere aumentar, sobre la escena real previamente capturada.

La información digital que se muestra puede ser tanto visual (imágenes y textos), táctil como auditiva, pese a que en la mayoría de sistemas de realidad aumentada sólo se ofrece información de carácter visual.

El primer concepto que se debe diferenciar en este proceso es el tipo de información que se quiere aumentar, pudiendo distinguirse dos tipos de información: bidimensional (2D) y tridimensional (3D).

En los sistemas de realidad aumentada, con excepción de aquellos que utilizan hologramas tridimensionales, los dispositivos que se emplean para la visualización son en 2D, es decir, en dos dimensiones, como pueden ser las pantallas que forman parte de ordenadores y smartphones, siendo estos los más utilizados por la sociedad. Pese a que es cierto que casi solamente se puede representar información bidimensional en estos dispositivos, es posible simular la sensación de 3D. Para convertir una imagen tridimensional (3D) en un plano bidimensional (2D) se suele utilizar la técnica de proyección de perspectiva o también denominada proyección de puntos (López, H. 2010).

Esta técnica consiste en simular la forma en que el ojo humano recibe la información visual por medio de la luz y cómo genera la sensación 3D. Este proceso consiste en la superposición de dos imágenes bidimensionales captadas desde diferentes ángulos, dando la sensación de una profundidad inexistente en imágenes 2D.

6.4 Visualización

Finalmente, el último proceso que se realiza dentro de los sistemas de realidad aumentada es el de la visualización, que consiste en mostrar el entorno real junto con la información virtual añadida por medio de un dispositivo de visualización.

En este apartado donde se realiza una clasificación entre sistemas de comunes y específicos según su coste, se complementa junto con lo descrito anteriormente en el apartado “6.1 Captación de la escena”.

- **Sistemas comunes o de bajo coste**

Estos sistemas de visualización se encuentran presentes en la mayoría de dispositivos, tanto fijos como móviles, que cualquier usuario puede obtener fácilmente.

Los sistemas de visualización fijos son aquellos que a pesar de su movilidad, pueden considerarse como ordenadores de carácter personal. Este tipo de sistema suelen disponer de un hardware adecuado para realizar tareas de visualización más complejas, generando así imágenes de salida con una mayor calidad.

Por otra parte, los sistemas móviles son aquellos integrados en dispositivos como son los smartphones, que se caracterizan principalmente por estar integrados en el propio dispositivo sin necesidad de adquirir elementos adicionales o complementarios. En este tipo de sistemas se denomina dispositivo de visualización a la pantalla.

Una de las características más relevantes en este tipo de sistemas es la baja definición y calidad de las imágenes de salida, debido principalmente a que los componentes hardware integrados en ellos

encargados de tareas de carácter gráfico no disponen de gran potencia de cálculo ni de altas memorias integradas.

- **Sistemas específicos o de alto coste**

Los sistemas específicos se consideran escasos dentro de la realidad aumentada, de ahí su alto coste en el mercado. Pese a ello, se pueden encontrar diferentes dispositivos como son los Head Up Display's (HUDs).

Este tipo de sistemas se caracterizan por ser interactivos con el propio usuario, pudiendo ver la información aumentada mediante la proyección de objetos virtuales sobre elementos físicos reales.

Para poder llevar a cabo este proceso con estos sistemas se utilizan dispositivos de proyección en 2D, y en los últimos años en 3D. También se pueden encontrar en este grupo aquellos dispositivos considerados de última generación como los utilizados en el campo militar, sobre todo en lo referente a aviación donde debido a las altas prestaciones necesarias del sistema tanto a nivel de software como de hardware, conllevan un coste elevado.

Por otra parte, en cuanto a los sistemas de visualización en 3D, las técnicas de representación holográfica en 3D han avanzado de manera considerable en los últimos años, siendo posible representar figuras con elevada calidad, pudiendo incluso interactuar de forma táctil con el propio holograma e incluso representar objetos en 3D mediante el uso de espejos.

7 Campos de aplicación de la realidad aumentada

Desde el primer momento en que se empieza a estudiar la realidad aumentada hasta la actualidad, muchos han sido los campos de aplicación y desarrollo, además de áreas de investigación, que han intentado hacer uso de esta tecnología.

La realidad aumentada ha podido introducirse poco a poco en diversos ámbitos de la sociedad debido principalmente a:

1. La gran utilidad que aporta la tecnología de realidad aumentada en diferentes sectores al transmitir información digital que complementa o potencia el entorno real en el que se desarrolla.
2. La mejora y el desarrollo de los sistemas de procesamiento de imagen y video en tiempo real, lo que produce una mayor calidad junto al abaratamiento de los dispositivos.
3. La aparición de nuevas posibilidades en el campo de los sistemas digitales al proporcionar 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 entre el mundo real y virtual.

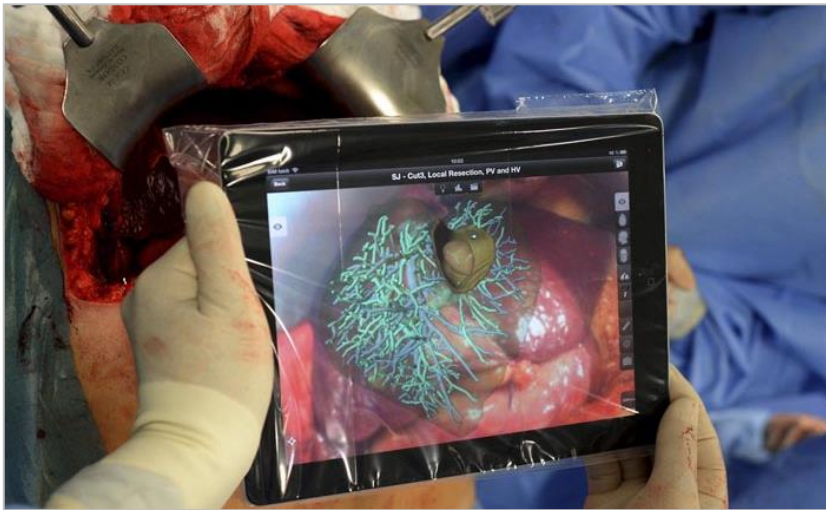
Así pues, existen multitud de áreas de aplicación dentro de la realidad aumentada, como los que identifica Azuma en su ensayo *“A Survey of Augmented Reality”* (1997). Sin embargo, se estudiarán además otros ámbitos en los que la tecnología de la realidad aumentada puede ser aplicada.

7.1 Campos de aplicación de realidad aumentada según Azuma

7.1.1 Medicina

La realidad aumentada en el campo de la medicina puede ayudar y facilitar el trabajo de un equipo médico gracias al aporte de información que esta tecnología permite. Mediante imágenes en 3D por medio de resonancias magnéticas, tomografías o ultrasonidos, es posible la visualización del interior del paciente en tiempo real.

Esta tecnología puede ser muy útil sobre todo a la hora de realizar intervenciones quirúrgicas (Imagen 21) en las que el equipo médico no es capaz de ver dentro del paciente, ya sea por el tamaño de la incisión, o cualquier otra dificultad permitiendo una cirugía mínimamente invasiva (Azuma, 1997).



*Imagen 21. Trasplante de hígado con la ayuda de RA.
Fuente: Diego Liarte – Applesencia.com (2013).*

También puede ser de gran utilidad para fines formativos (Kancherla, 95) tanto para profesionales del sector como para futuros especialistas, al considerarse una importante fuente de información para el estudio de la anatomía que puede servir como indicador de los órganos en el cuerpo del paciente, o para visualizar los pasos a seguir en una cirugía, reduciendo el tiempo de la misma y los riesgos para la salud del paciente.



*Imagen 22. Información visualizada de un corazón en RA.
Fuente: Realidad aumentada - ies l'eliana.*

Existen diversos estudios referentes a la realidad aumentada en el campo de la medicina. A continuación se muestran algunos de los estudios que se han llevado a cabo.

Se han presentado dispositivos como por ejemplo un láser escáner capaz de mostrar información directamente sobre el paciente y medir la localización espacial de la información proyectada (Glossop, 2003) o un escáner médico utilizado en determinados tipos de biopsias empleando un HMD, permitiendo el cálculo de la posición del usuario en relación con una serie de marcas ópticas situadas sobre el escáner (Wacker, 2005).

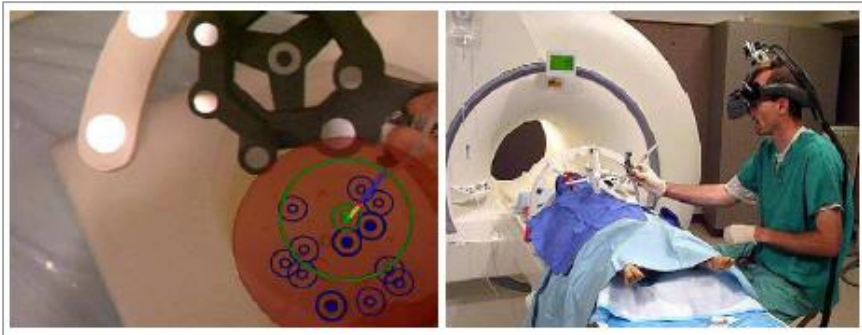


Imagen 23. Escáner médico con sistema de RA.

Fuente: Wacker, F.K. (2005) - MR image-guided needle biopsies with a combination of augmented reality and MRI: A pilot study.

Se proponen también dos sistemas para visualizar el corazón de un paciente, el primero de ellos consiste en un sistema de visualización del corazón sobre marcadores colocados en el pecho del paciente, simulando en tiempo real los movimientos del mismo pero sin coincidencia espacial (Lamounier, 2010).

El otro sistema que se propone permite proyectar imágenes del interior del corazón sobre uno real en procesos de cirugía, obteniendo una coherencia espacial entre el corazón real y la imagen proyectada (Lerotic, 2007). En ambos casos la información virtual se genera a partir de los datos del paciente representando un modelo animado en 3D.

Por último, existe un estudio en relación con las instrucciones al personal médico durante una intervención quirúrgica donde la realidad aumentada permite mostrar los pasos precisos a seguir generados previamente en un proceso de planificación de dicha intervención (Wilson, 2013).

7.1.2 Montaje, mantenimiento y reparación

Uno de los campos de aplicación que se ve beneficiado gracias a la realidad aumentada es el del montaje, mantenimiento y reparación de maquinaria o elementos con sistemas complejos.

Las instrucciones y pasos a seguir necesarios para llevar a cabo estas tareas pueden resultar mucho más fáciles de entender si en vez de utilizar manuales físicos, se emplean imágenes y dibujos en 3D superpuestos sobre el elemento real, mostrando así paso por paso las instrucciones a seguir y cómo realizarlas correctamente (Azuma, 1997).



Imagen 24. Tareas de mantenimiento a través de RA.
Fuente: *Augmented Reality for Maintenance and Repair (ARMAR)*.

Tal y como se muestran en las imágenes 24 y 25, un ejemplo de aplicación podría ser el de un operario durante el mantenimiento y reparación de vehículos, para lo que utiliza una aplicación de realidad aumentada como guía que le indica en todo momento las operaciones que debe realizar.

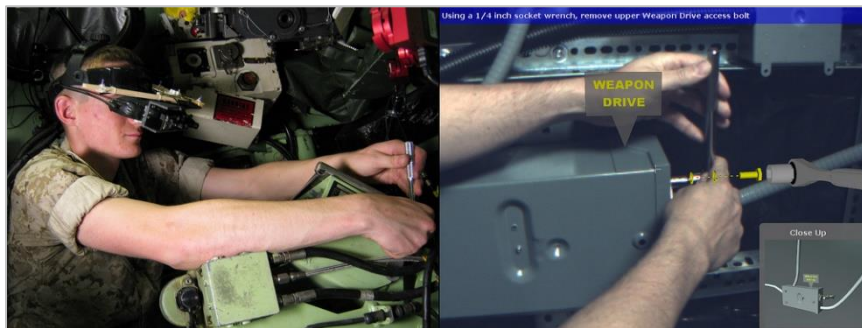


Imagen 25. Tareas de reparación y mantenimiento a través de RA.
Fuente: *Augmented Reality for Maintenance and Repair (ARMAR)*.

El primer estudio en este campo de aplicación fue llevado a cabo por los investigadores de Boeing, Tom Caudell y David Mizell en 1992, al emplear un sistema de realidad aumentada que consistía en un dispositivo HMD, que guiaba al usuario mediante una superposición de imágenes para el correcto montaje del cableado en sistemas eléctricos dispuestos en aeronaves, evitando el uso de extensos manuales de montaje.

En cuanto a maquinaria tan compleja como pueden ser las aeronaves, y al existir en numerosas ocasiones la dificultad de no poder acceder a la información que se precisa debido a una parte reducida del mismo, la empresa Airbus Military junto con la Universidad de Málaga (UMA) y la empresa ARPA Solutions crean un sistema de consulta de información de realidad aumentada (Imagen 26) para zonas de difícil acceso, dentro del marco del proyecto MOON.



*Imagen 26. Sistema MOON de ayuda al montaje de instalaciones mediante RA.
Fuente: Soluciones avanzadas para la creación de IT de montaje aeronáutico
mediante herramientas PLM (2012).*

Otra de las industrias que han podido beneficiarse con esta tecnología es la industria automotriz, ayudando tanto a diseñadores como a ingenieros. Compañías conocidas como BMW y Audi han estado experimentando con esta tecnología, lo que ha ayudado a reducir los costes en proyectos de hasta 10 millones de euros.

Por lo tanto, se puede concluir que la utilización de la realidad aumentada contribuye a reducir los tiempos de trabajo y mejorar la precisión con la que se realizan las tareas consiguiendo así aumentar la productividad, reducir costes y favorecer a la seguridad personal de la encargada/o.

7.1.3 Anotaciones y visualizaciones

La tecnología de realidad aumentada es también aplicable a anotaciones y visualizaciones que pueden mostrarse una vez que un dispositivo captura cualquier tipo de objeto o incluso una persona registrada en una base de datos. El ejemplo que emplea Azuma para referirse a este campo de aplicación es una librería, en la que sería posible visualizar el contenido de cada una de las estanterías que la conforman mediante carteles o anotaciones digitales. Otro ejemplo siguiendo la línea presentada por Azuma, podría ser la visualización de los medicamentos en una farmacia para facilitar la búsqueda de los mismos (Rearte, 2011).

Uno de los ejemplos prácticos de realidad aumentada aplicado a las anotaciones y visualización es el sector del turismo, mediante la aplicación móvil denominada Layar, que permite apuntar a diferentes lugares de interés turístico y detallar qué es lo que se está viendo, así como una breve descripción sobre el objeto o lugar enfocado.



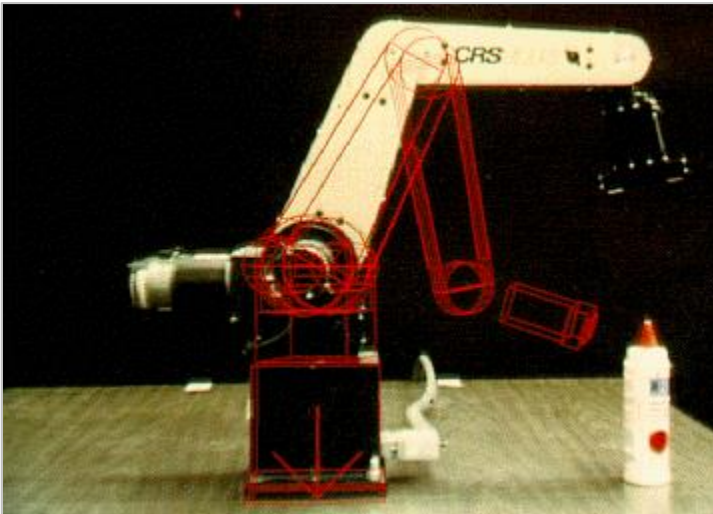
Imagen 27. Visualización de punto turístico mediante Layar.

Fuente: Herramientas Promoción Turismo - Nagui Giovanni Campiglia (2012).

7.1.4 Planeamiento de instrucciones automatizado - Planificación de rutas de robots

La realidad aumentada permite la posibilidad de contribuir de manera significativa en la labor de la planificación o planeamiento automatizado, realizando toda la tarea de manera virtual en una primera instancia y así poder comprobar su correcto funcionamiento.

En lugar de controlar de forma directa al robot, es preferible controlar un robot virtual, siendo el usuario quien plantea las acciones mediante la manipulación de la versión virtual en tiempo real. Una vez que el planeamiento está testeado y determinado, el usuario ordena al robot que ejecute el plan especificado, evitando las oscilaciones inducidas automáticamente causadas por las largas demoras en el enlace de comunicación (Azuma, 1997).



*Imagen 28. Líneas virtuales sobre instrucciones de un robot.
Fuente: Courtesy David Drascic and Paul Milgram, U. Toronto.*

7.1.5 Entretenimiento

Para definir la aplicación de la realidad aumentada dentro del sector del entretenimiento, Azuma hace referencia a la conferencia Special Interest Group on Computer Graphics and Interactive Techniques (SIGGRAPH) de la Association for Computing Machinery (ACM) del año 1995.

Durante esta conferencia se mostraron los denominados “Sets Virtuales” que se basan en fusionar a los actores y fondos virtuales, en 3D y en tiempo real. Esto es posible gracias a unas cámaras cuya localización es rastreada, siendo además los movimientos de los actores programados, permitiendo combinar al actor en un fondo virtual en 3D. Con estos sistemas, la industria del entretenimiento pretende reducir costes de producción, ya que crear sets virtuales es más económico que construir sets físicos desde cero (Azuma, 1997).

Uno de los ejemplos más representativos de la realidad aumentada en el campo del entretenimiento es la aplicación móvil “Pokémon GO”, cuyo lanzamiento se realizó durante el verano del año 2016.



*Imagen 29. Visualización de Pokemon Go en RA.
Fuente: Youtube - Pokemon GO España (2016).*

Hoy en día, se puede decir que Pokemon GO es el estandarte principal en cuanto a entretenimiento utilizando esta tecnología, ya que su aparición ha revolucionado este gran mercado propiciando la aparición de otras plataformas como por ejemplo la reciente versión de Super Mario Bros para HoloLens de Microsoft, cuyo diseñador, Abhishek Singh, probó de manera personal en el Central Park de la ciudad de Nueva York.



Imagen 30. Visualización de Super Mario Bros en RA mediante HoloLens..

Fuente: Tec.com – Enrique Martínez (2017).

Por otra parte, las redes sociales también se han unido al campo del entretenimiento a raíz de la realidad aumentada, como es el caso de Snapchat, que ha lanzado recientemente nuevos filtros de realidad aumentada denominados “World Lenses”.

En este caso, los usuarios pueden seleccionar la cámara trasera de sus dispositivos móviles para acceder posteriormente a los nuevos objetos

en tres dimensiones. Tras seleccionar el objeto favorito para la ocasión, se puede reubicar dentro de la pantalla antes de tomar una foto o video.

Una vez posicionado, la cámara toma el filtro como un objeto real dentro de la imagen proyectada en la pantalla, por lo que si uno se acerca, éste aumenta de tamaño, tal como sucedería en la vida real.



*Imagen 31. Visualización de Snapchat en RA.
Fuente: Youtube - Snapchat (2017).*

7.1.6 Militar - Aviación

Durante muchos años, tanto aviones como helicópteros militares han hecho uso de la realidad aumentada mediante sistemas see-through como son los HMD y HUD, vistos anteriormente en el apartado 6 del Capítulo 2 de este proyecto. La realidad aumentada en este campo permite dar información al piloto sobre la velocidad y la altura de vuelo.

7.2 Otros campos de aplicación

7.2.1 Educación

El campo de la educación es considerado uno de los más prometedores en cuanto a la utilización de realidad aumentada. Muchos centros de enseñanza y sobre todo algunas universidades están experimentando al aumentar proyectos educativos creados tanto por docentes como alumnos, permitiendo a los estudiantes mejorar sus competencias y sus habilidades al interactuar con figuras en 3D que únicamente se pueden visualizar a través de dispositivos móviles.

Existen también los denominados “Magic Book” que poseen marcadores de realidad aumentada, permitiendo visualizar objetos o escenas virtuales cada vez que se da la vuelta a cada una de sus páginas, lo que ayuda a comprender mejor el libro que se está leyendo.



*Imagen 32. Visualización de Magic Book en RA.
Fuente: Todoereaders.com – Villamandos (2015).*

7.2.2 Psicología

La realidad aumentada se utiliza en el campo de la psicología, entre otras aplicaciones, para el tratamiento de fobias como pueden ser la aracnofobia, la acrofobia o la claustrofobia, entre otras muchas.

La experiencia de los pacientes ante este tipo de tratamientos constata que los objetos virtuales que son aumentados, son a su vez apreciados con un gran realismo y de ahí la gran efectividad que tiene esta tecnología para mitigar este tipo de fobias.

Uno de los tratamientos que se suelen emplear ante las fobias, es utilizar fotografías de carácter inmersivo que consisten en ambientes fotografiados, en los que el usuario puede desplazarse libremente, representando a su vez un ambiente lo más real posible. Concretamente el usuario puede, por ejemplo, asomarse a una ventana o balcón, para experimentar la sensación que se tiene desde diferentes alturas.



Imagen 33. Realidad aumentada aplicada en terapias de aracnofobia (izquierda) y acrofobia (derecha).

Fuente: Psicólogos por ordenador en la Universidad de Zaragoza (2011).

7.2.3 Arquitectura - Edificación

La realidad aumentada es una herramienta muy práctica en el campo de la arquitectura y la edificación, sobre todo en lo referente a presentación de proyectos, diseño virtual, control de ejecución de obra y facility management.

En lo que respecta a la presentación de proyectos, la realidad aumentada permite la visualización de una manera más interactiva, técnica y efectiva, teniendo la capacidad de proyectar cualquier proyecto sobre la superficie que se desee. Por su parte, el cliente puede visualizar el modelo como si de una maqueta se tratase a partir de un modelo BIM, dando la posibilidad de crear despieces, posibles procesos constructivos, esquemas por fases e instalaciones y secciones tridimensionales.



Imagen 34. Presentación del proyecto de residencias estudiantiles para la University of East Anglia

Fuente: Augment - LSI Architects

Trabajo Final de Máster

En la fase de diseño de cualquier proyecto, es habitual realizar reuniones y conversaciones en las que el cliente expone sus necesidades y gustos al respecto. En estos casos es conveniente facilitar la comprensión del cliente sobre el proyecto que está visualizando.

A través de la realidad aumentada es posible proyectar los cambios o modificaciones que se deseen realizar antes de ejecutarlos. Se pueden visualizar en el mismo momento cambios de pavimento, mobiliario, particiones y cualquier elemento que se vaya a ejecutar posteriormente. Además, gracias a que el modelo es interactivo, el usuario puede probar, visualizar y elegir entre diferentes modelos de multitud de marcas comerciales.



Imagen 35. Diseño de interiores mediante RA.

Fuente: Augmented reality Trends.

En cuanto al control e inspección de la ejecución de obra, la realidad aumentada está orientada a los profesionales como pueden ser contratistas, instaladores o cualquier agente externo que intervenga en la ejecución de la obra.

Esta tecnología permite mantener un control más exhaustivo de la ejecución en obra al poder visualizar elementos pendientes de ejecución y así transmitir mejor las órdenes en obra o comprobar si lo ejecutado corresponde con lo previsto en proyecto y poder tomar las decisiones adecuadas.



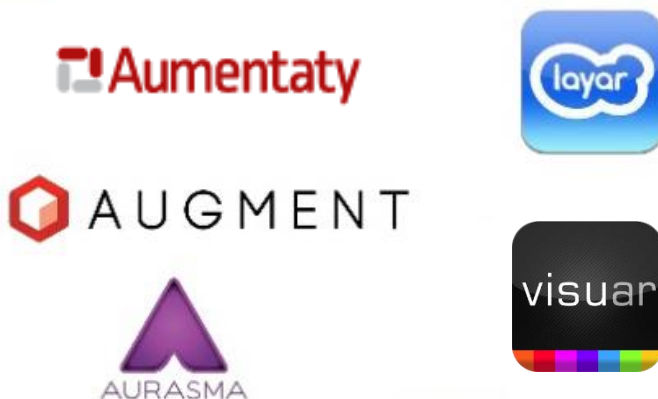
*Imagen 36. Visualización de instalaciones mediante RA.
Fuente: Building desing construction.*

Por último, el facility management o mantenimiento también se ve beneficiado por la realidad aumentada, puesto que un proyecto no finaliza con su ejecución, ya que posee también una vida útil, en la que a través de un modelo BIM se puede tener un control exhaustivo de todos los sistemas integrados en él.

8 Aplicaciones de realidad aumentada en el mercado actual

Actualmente, gracias a las tiendas o mercados oficiales de aplicaciones también denominados “marketplaces”, como Play Store para usuarios Android y App Store para usuarios Apple, es posible encontrar y descargar cualquier tipo de aplicación que el usuario necesite.

En este caso, se ha realizado una búsqueda sobre las aplicaciones de realidad aumentada disponibles hoy en día en el mercado actual, siendo aplicables a diferentes campos y ámbitos.



*Imagen 37. Aplicaciones de realidad aumentada en el mercado actual.
Fuente: Elaboración propia.*

Por otra parte, la elección de estas apps se realiza en base a su valoración y número de descargas, cuyos datos son mostrados en sus respectivos marketplaces, para poder valorar y estudiar posteriormente cada una de ellas con el fin de escoger en los siguientes capítulos aquellas que aporten una mejor experiencia en el uso de la realidad aumentada.

Tabla 7. Comparativo de aplicaciones de realidad aumentada.

	Valoración (sobre 5)		Número de descargas	
				
Augment	4.1	4.5	1 millón	Información no disponible
Aurasma	3.7	4	1 millón	
Layar	3.8	2.5	10 mil	
Visuar	3.8	4.5	10 mil	
Aumentaty	4	3.5	10 mil	

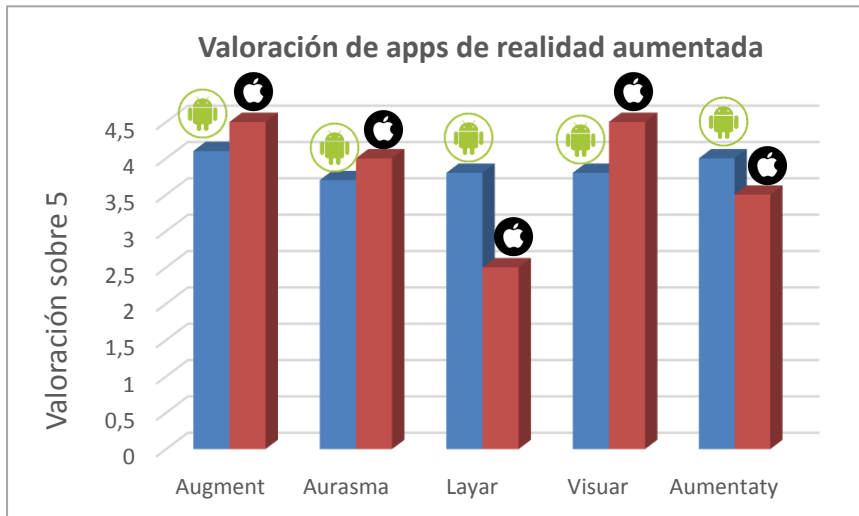


Gráfico 4. Valoración de apps de RA según Play Store y App Store.
Fuente: Elaboración propia basada en datos de los marketplaces.

8.1 Augment

La aplicación Augment permite crear y escanear marcadores tan variados como el propio logo de Augment, códigos QR o incluso imágenes propias que el usuario elija.

Para emplear Augment, el usuario se debe crear una cuenta donde se le permite subir sus modelos en 3D ya sean privados o públicos. Si son públicos, cualquier usuario que haya descargado la aplicación podrá visualizar el modelo en 3D sin necesidad de marcador dependiendo de la categoría que se quiera explorar, puesto que abarca campos como arquitectura, educación, diseño interior, etc.

Entre sus opciones de visualización, existe la posibilidad de girar, mover y escalar el modelo 3D con total libertad, e incluso realizar un fotografía en el mismo instante.



Imagen 38. Visualización de RA en la app Augment.

Fuente: Augment

8.2 Aurasma

Aurasma permite mostrar en realidad aumentada imágenes, objetos e incluso ubicaciones físicas marcadas con contenido digital interactivo, como vídeo, animaciones y 3D. Estas experiencias de realidad aumentada se denominan Auras.

Es posible navegar y explorar por las secciones de la aplicación para encontrar las Auras más recientes y populares.

Permite crear contenidos mediante fotos propias y videos, o de manera alternativa seleccionando entre animaciones digitales disponibles en la plataforma, con la posibilidad de compartir posteriormente el resultado con otros usuarios de Aurasma.



Imagen 39. Visualización de RA en la app Aurasma.

Fuente: Aurasma.

8.3 Layar

Layar es una aplicación que permite al usuario crear y acceder a contenido interactivo a través de códigos QR impresos en productos, revistas, carteles e incluso anuncios publicitarios.

Cuenta con la función Geo Layers, que da la posibilidad de encontrar y descubrir restaurantes, tiendas, hoteles o puntos de interés turístico solamente con ir enfocando a los lugares cercanos mediante la cámara del dispositivo. Por otra parte, también cuenta con la función complementaria Layar Creator, que permite crear y mejorar cualquier tipo de documento con contenido interactivo incluyendo hipervínculos, mensajes de video, presentaciones de imágenes, clips de música o enlaces a redes sociales.



Imagen 40. Visualización de RA en la app Layar.

Fuente: Lorca Turismo.

8.4 Visuar

Visuar es una app de realidad aumentada a modo de visor genérico que se puede utilizar para cualquier sector como por ejemplo turismo, arquitectura, publicidad, medicina o automoción. En este sentido existe una aplicación derivada de la principal si se pretende profundizar más en el campo de la tecnología denominada Visuartech.

Visuartech es la herramienta de realidad aumentada enfocada para despachos de ingeniería, arquitectura, diseño, constructores y promotores tanto para ser utilizada en presentaciones de proyectos como en la toma de decisiones y valoraciones.

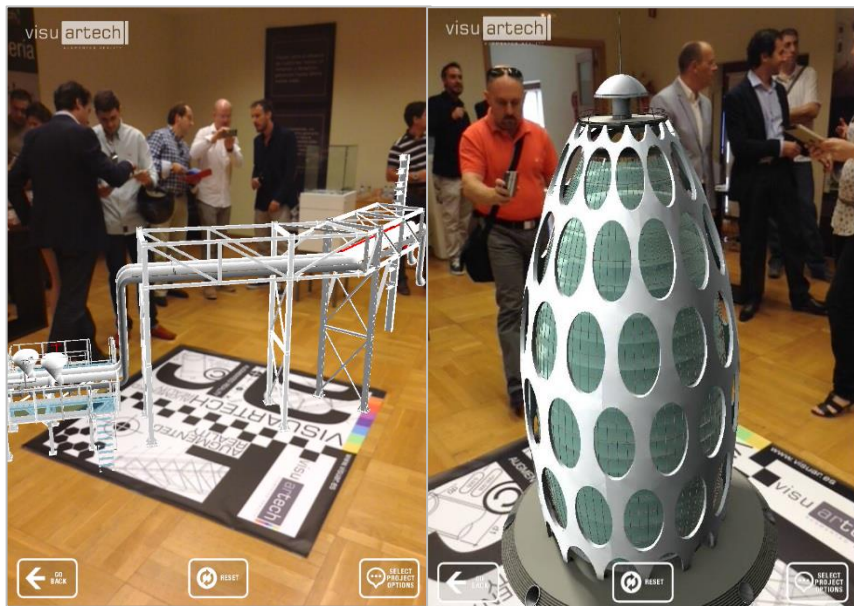


Imagen 41. Visualización de RA en la app Visuartech.

Fuente: Realidad aumentada para arquitectura – Segway Publicidad.

8.5 Aumentaty

La empresa Aumentaty ha dispuesto hasta el momento de tres aplicaciones denominadas Viewer (visor de RA), VSearch (basada en reconocimiento óptico) y Geo (basada en rutas y puntos de interés). Actualmente, Aumentaty ha desarrollado una Beta que sustituye en dos únicas aplicaciones a las citadas anteriormente.

La primera aplicación beta se denomina Creator, que permite crear proyectos de realidad aumentada en los que se puede asociar elementos en 2D o 3D a marcadores y múltiple información a documentos, videos o imágenes, así como crear puntos de interés (POI's) y rutas virtuales. Por último, la segunda aplicación que se encuentra disponible se denomina Scope, con la que se pueden visualizar todos los contenidos realizados con Creator. Esta aplicación detecta además el contenido publicado en la Red Aumentaty y lo muestra automáticamente.

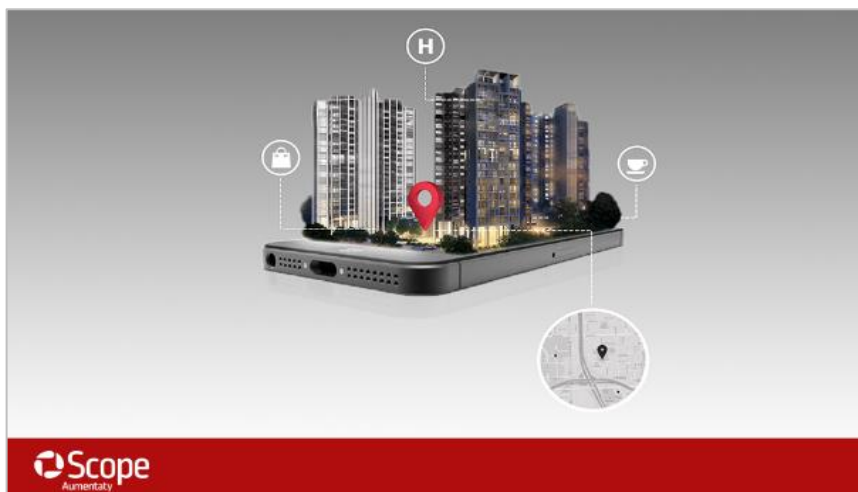


Imagen 42. Visualización de RA en la app Scope de Aumentaty.

Fuente: Aumentaty.

Capítulo 3.

Realidad aumentada y promoción inmobiliaria

1 Antecedentes

El nuevo modelo de promotor actual se basa principalmente en la compra de suelo con recursos propios y sobre todo en aportar el máximo valor añadido al proceso de la promoción en sí mismo. Es decir, centrarse en las verdaderas necesidades de futuros compradores, construyendo para ellos las mejores viviendas y controlando al máximo los plazos y costes del proceso para obtener un beneficio razonable.

Este nuevo paradigma exige a las empresas como promotoras y agencias de comercialización apostar por la modernización y la industrialización de su negocio. Realidad a la que están teniendo que adaptarse los escasos supervivientes del pasado y que ya traen de serie las compañías surgidas en el nuevo ciclo, ya sean nuevas o provenientes de la reconversión de antiguas inmobiliarias cotizadas o de entidades financieras. Por otra parte, la llegada de nuevos operadores, especialmente los fondos de inversión extranjeros, han sido clave para la transformación y la modernización del modelo de negocio.

Cuando se habla de apostar por la modernización del negocio, una de las tecnologías que han incurrido dentro del sector de la promoción inmobiliaria es la realidad aumentada.

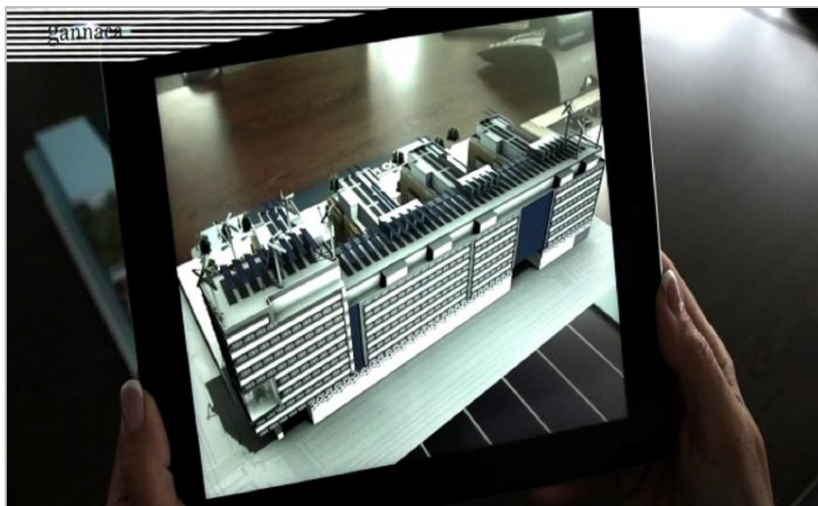
La realidad aumentada está consiguiendo hacerse un hueco poco a poco en todos los sectores como puede ser en entretenimiento, industria, salud, deporte o educación.

Sin embargo, es en el sector inmobiliario donde está siendo una auténtica revolución en la actualidad, apostando por la combinación de innovación, impacto visual y diferenciación.



*Imagen 43. Visualización de una promoción inmobiliaria a través de RA.
Fuente: Herramientas tecnológicas para inmobiliarias - Asesoría inmobiliaria Si
Espinosa (2017).*

Christopher Peterka, cofundador de GannacaJasper, afirma que dentro del mercado inmobiliario han surgido proyectos con realidad aumentada, en instancia experimental desde 2010. Pero el 2012 constituye un hito para esta tecnología, puesto que muchos proyectos comenzaron a utilizar la realidad aumentada como parte de sus comunicaciones.



*Imagen 44. Realidad aumentada en desarrollos inmobiliarios.
Fuente: GannacaJasper (2013).*

Albert Canals, responsable del área de 3D, Realidad Aumentada y Virtual de Fontdisseny, explica que en 2014 realizaron 10 proyectos de realidad aumentada, en 2015 llegaron a los 30 y en 2016 han alcanzado la cifra de 200 proyectos, lo que muestra la integración de esta tecnología en el sector inmobiliario.

Desde otras fuentes, como la Agencia Adira VR se comenta que tanto la realidad aumentada como la virtual son ya un hecho en el sector inmobiliario, siendo la herramienta esencial en el futuro para la comercialización de marketing de promociones inmobiliarias y de obra nueva, convirtiéndose en el sustituto del folleto comercial.

A estas afirmaciones se unen declaraciones en la misma dirección por parte de inmobiliarias como Ikasa, Vía Célere, Gilmar y Solvia.

Por parte de la inmobiliaria iKasa, Víctor Portela, director de Marketing, recalca además la importancia de estas tecnologías en la venta de viviendas al afirmar que se ha convertido en un material promocional esencial, el acercar un producto que esta sobre plano a lo que será en el futuro un valor muy importante para los clientes.

A través de la compañía inmobiliaria internacional Vía Célere, su directora de Marketing, Cristina Ontoso, afirma que la implantación de la plataforma Visuartech se ha puesto en marcha en sus proyectos futuros, siendo el punto de partida la promoción “Residencial Célere Valdebebas”. Asimismo declara que la realidad aumentada supone un gran avance en el mundo de la tecnología aplicada al sector inmobiliario y que además de haber sorprendido a futuros clientes con esta nueva forma de mostrar un producto, la experiencia ha sido muy satisfactoria, diferenciadora e innovadora para el usuario.

La posibilidad de ver el inmueble que se desea comprar en tres dimensiones antes de que esté finalizado o sin construir es sólo una de las múltiples posibilidades que ofrecen inmobiliarias como Gilmar o Solvia.

Según asegura Javier Castellano, director de Comunicación y Marketing de Gilmar, en España existe un retraso tecnológico general, no sólo en el sector inmobiliario. En Gilmar se está acelerando con importantes avances que creen que pueden aportan numerosas ventajas al cliente. Precisamente, la inmobiliaria española acaba de presentar dos nuevas tecnologías aplicadas a la compra de viviendas, la realidad aumentada y la hiperexperiencia 360.

“Gracias a la realidad aumentada, el cliente puede escanear un código QR desde su móvil y visualizar una vivienda que aún no esté construida

como si fuera una promoción finalizada y real. Dejamos a un lado los tradicionales planos que dificultan al usuario la decisión de compra y le ofrecemos una experiencia casi real al alcance de la mano”, comenta Javier Castellano.

Una tecnología similar es la que presentó Solvia, inmobiliaria del banco Sabadell, durante la 19ª edición del salón inmobiliario Barcelona Meeting Point (BMP), celebrada del 21 al 25 de octubre de 2015.

En este caso, bajo el nombre de Interactive Print, la inmobiliaria propone al cliente descargar una aplicación en un dispositivo móvil, de manera que al enfocar hacia un catálogo, donde hay fotografías estáticas se puede ver la proyección de una imagen en 3D. Esta proyección permite movimiento para conocer todos los ángulos de la imagen mostrada sin necesidad de recurrir a diferentes fotografías.



*Imagen 45. Interactive Print de la inmobiliaria Solvia.
Fuente: Marta Juste – Expansion.com (2015).*

Tanto Solvia como Gilmar ofrecen estos servicios de forma gratuita a sus clientes como una forma de enriquecer la compra de pisos con la tecnología más avanzada. Por otra parte, según declaraciones desde Solvia sobre la utilización de la tecnología Kinect de Microsoft en la venta de determinados inmuebles, se permite al cliente viajar por el interior de la vivienda e incluso seleccionar distintas opciones de acabados y comprobar cuál de ellos se ajusta mejor a sus gustos y necesidades.

En concreto, Kinect es un sistema de control que detecta el cuerpo humano y funciona según los movimientos de las manos, por lo que el usuario puede navegar por una vivienda como si se encontrara en ella. Francisco Pérez, director territorial en Cataluña de Solvia, destaca que la apuesta por el desarrollo y la aplicación de esta tecnología al ámbito inmobiliario y en concreto a la comercialización de un inmueble supone un valor añadido para los clientes de Solvia, ya que es una nueva forma de sentir cómo será su futura vivienda.



Imagen 46. Experiencia Kinect de la inmobiliaria Solvia.

Fuente: Sabadell Developers (2015).

Finalmente, en referencia al ámbito internacional, cabe destacar ejemplos como Asia, y sobre todo países como Singapur y Corea, donde la realidad aumentada es una herramienta más de trabajo. En Argentina y muchos países del continente, su incorporación es aún incipiente, pero poco a poco irá en aumento puesto que la utilización de esta tecnología representa un valor de diferenciación en el mercado.

Para ejemplificar el lugar que ocupará la realidad aumentada en un futuro cercano, Christopher Peterka y su socio Martín Jasper de la compañía alemana GannacaJasper, hacen un paralelismo con la irrupción de internet.

“Recuerden los comienzos del uso de Internet, cuando las personas se preguntaban si era necesario contar con un sitio web. La misma respuesta se aplica para la realidad aumentada en la actualidad: ¿realmente la necesitamos para vender un desarrollo inmobiliario? Estoy convencido de que se debería considerar. Por supuesto, no se necesita una aplicación inteligente como parte del servicio, pero no tenerla en cuenta sería un error, sobre todo teniendo en cuenta la penetración que tienen los smartphones en las ciudades, donde en la mayoría ya supera el 50%. En uno o dos años llegará al 100 %. El pasaje del teléfono móvil al smartphone es mucho más rápido de lo que fue el paso del teléfono fijo al móvil”, concluyó.

2 Marketing inmobiliario tradicional

El marketing que se ha empleado hasta ahora en inmobiliarias y agencias de comercialización como figuras encargadas de promocionar y presentar proyectos y obras de construcción, no ha sido el adecuado puesto que no se ha sabido aplicar la última tecnología para involucrar al usuario y como tal al futuro comprador en dichos proyectos.

Actualmente, se siguen empleando métodos tradicionales a la hora de realizar presentaciones de proyectos inmobiliarios por medio de revistas, trípticos, planos en 2D, maquetas, infografías en 3D o publicaciones en internet con ausencia de contenido para captar la atención del usuario.



Imagen 47. Tríptico de una promoción inmobiliaria.

Fuente: Altos de Ballester – Puntofuga.com

Ante esta práctica, el cliente solamente puede observar el material que se le presenta pese a exigir una mayor calidad e innovación tecnológica, puesto que hoy en día es inevitable desarrollar estrategias de comunicación más atractivas para el cliente potencial.

Por este motivo, se pretende investigar y realizar un estudio sobre la problemática en la comercialización de bienes inmuebles sin emplear tecnología avanzada como puede ser la realidad aumentada.

2.1 Descripción del problema.

La problemática se encuentra principalmente en la promoción que se ha hecho de los bienes inmuebles por parte de las empresas inmobiliarias y agencias de comercialización, puesto que no han proporcionado un servicio innovador utilizando tecnología que impulse su negocio.

Si bien es cierto que se utilizan tecnologías como modelados 3D y presentaciones de carácter virtual, también hay algunas empresas sobre todo en el ámbito internacional que comienzan a emplear la realidad aumentada en sus proyectos.

Por ello, ante el avance tecnológico que existe actualmente, resulta necesario e indispensable desarrollar nuevas e innovadoras técnicas de captación para atraer la atención de clientes.

A continuación, se presentan algunos de los problemas actuales que se encuentran dentro de la comercialización en el sector inmobiliario a raíz de la falta de modernización e innovación dentro de este negocio.

2.1.1 Falta de información

La falta de información viene dada por el material que se le facilita al cliente en fase de comercialización del bien inmueble, es decir, los recursos que hagan de la promoción inmobiliaria un concepto claro y conciso que el cliente pueda entender con facilidad.

Actualmente, a modo de ejemplo, cuando se comercializa una vivienda sobre plano, se le facilita al usuario interesado diversos planos en los que se especifican las estancias de las que consta la vivienda, las superficies y la orientación de la vivienda, como se presenta a continuación.



Imagen 48. Ejemplo de plano de vivienda plurifamiliar.

Fuente: Promotora Alameda House – Premium residencial Valencia (2016).

Trabajo Final de Máster

Junto a esta información se le aporta además un folleto informativo donde se especifica el entorno en el que se encuentra la promoción y se detallan las calidades que tendrá la vivienda aproximadamente, sin llegar a concretarse del todo y con la incógnita de si lo que especifica la memoria de calidades es lo que de verdad se dispondrá en la vivienda.



MEMORIA DE CALIDADES

Estructura aperticada de hormigón armado

Los forjados se han ejecutado mediante losa maciza de hormigón armado de canto 28 cm obteniéndose grandes luces que nos permiten disponer de estancias diáfanas y libres de pilares.

Fachada ventilada de panel Composite^L

Es un sistema constructivo que proporciona al edificio 4as siguientes ventajas:

- Ahorro energético y mejora de confort térmico.
- Ausencia de humedades y eflorescencias en el muro.
- Reducción de la contaminación acústica.
- Mejora de la estabilidad del muro soporte, ya que siempre se encontrarán a una temperatura más constante y homogénea, permaneciendo más protegida de los factores climáticos.

Carpintería exterior

Es de aluminio lacado con rotura de puente térmico y doble acristalamiento.

Carpintería interior

Puerta acorazada de acceso a la vivienda, cerradura de seguridad y mirilla óptica.
Puertas interiores lacadas, con manivelas de diseño.
Armarios empotrados según plano, completamente acabados en su interior.

Cocina

Cocina de diseño por una primera marca. El equipamiento incluye placa vitrocerámica, campana extractora, horno y microondas de primeras marcas.

Sanitarios y grifería

Los sanitarios, inodoro y bidé son de porcelana vitrificada color blanco. El baño principal se entrega equipado con plato de ducha color blanco con mampara de vidrio. Completa el equipamiento un lavabo de ducha con mampara de vidrio. El baño segundo se entrega equipado igual que el principal a excepción del plato de ducha por bañera según normativa municipal.
Griferías de primera calidad con acabados cromados con accionamiento monomando y economizadores de chorro.

Climatización

Instalación de aire acondicionado, frío y calor a través de conductos situados en el falso techo, con rejillas de impulsión con retorno en salón y dormitorios y difusor en cocinas.

Electricidad y Telecomunicaciones

Antena colectiva de TV y FM. Se instalarán tomas de teléfono y televisión en salón comedor, cocina y todos los dormitorios.
Video portero automático, conectado con conserjería comunitaria 24 horas.
Iluminación de bajo consumo en zonas comunitarias del edificio.

*Imagen 49. Ejemplo de memoria de calidades en promoción inmobiliaria.
Fuente: Promotora Alameda House – Premium residencial Valencia (2016).*

2.1.2 Uso de tecnología obsoleta

Pese a la documentación adquirida, el usuario no puede más que contemplar la información que se le ha facilitado, sin interactuar o recoger información de algún detalle que pueda ser necesario visualizar dentro de la que podría ser su futura vivienda, más que con imágenes fotorrealistas de carácter general y los planos adquiridos.

Este inconveniente surge a raíz de la tecnología que se ha empleado comúnmente en la mayoría de negocios para la comercialización de inmuebles. Se trata de una tecnología catalogada como obsoleta en comparación con el avance tecnológico que existe actualmente.

En los negocios más avanzados hoy en día se emplean programas de dibujo y diseño que permiten crear planos en 2D y 3D, imágenes con un realismo elevado y en escasos negocios, videos que permiten visualizar la envolvente de la promoción inmobiliaria, sin incluir lo que verdaderamente tiene importancia en la decisión de un futuro comprador, su propia vivienda.

Por otra parte, cada vez es más frecuente que los promotores ofrezcan a los clientes la posibilidad de realizar algunas modificaciones en la vivienda como por ejemplo unir varias estancias, quitar el bidé o la bañera de un baño e incluso en ocasiones, se permite modificar pavimentos o revestimientos verticales por otros de diferente calidad.

En caso de modificación de calidades como puede ser la elección del pavimento, el usuario tras cambiar el aspecto del pavimento a su gusto no tiene la posibilidad de observar de cerca o de lejos como quedaría en cualquiera de las estancias, por lo que se está limitando al cliente al no disponer de tecnologías que si pueden hacer posible estas tareas.

Finalmente, otro de los ámbitos que se ven afectados dentro de la promoción inmobiliaria por no utilizar una tecnología avanzada, es en la realización de maquetas para remodelación o realización de nuevos proyectos.



Imagen 50. Maqueta de edificios en Alicante.

Fuente: Maquetas Atrium.

El hecho de seguir realizando maquetas a escala con materiales como madera o cartón pluma, pese a que visualmente son atractivas para el usuario, el cual puede ser un inversor, se traduce en tiempo y trabajo que a diferencia de la utilización de otras tecnologías de mayor avance suponen un ahorro de los mismos, así como una experiencia más interactiva.

Como se ha comentado anteriormente, en estos casos solo permite ver la envolvente de la promoción inmobiliaria en cuestión, por lo que no es posible observar con detalle el interior de alguna de las viviendas.

2.1.3 Falta de interacción con el cliente

La interacción con los clientes del mercado inmobiliario es vital para que el comprador sienta que todas las dudas que pueda tener son respondidas.

A fin de que la venta se pueda realizar de la forma más rápida posible, sobre todo en mercados inmobiliarios competitivos, el anuncio que se haga sobre la promoción en cualquiera de los canales utilizados debe atraer la atención de los usuarios.

Existen dos maneras de interactuar con el futuro comprador, mediante marketing offline y online.

Las opciones de marketing online surgen a raíz de los nuevos perfiles de clientes, por lo que es imprescindible desarrollar un espacio web, aplicaciones o gestionar redes sociales.

Por otra parte, las opciones del marketing offline pueden ser muchas y variadas, como por ejemplo: puntos de venta, material impreso, street marketing (vallas publicitarias o mupi's), anuncios de prensa o ferias inmobiliarias.

Hoy en día, esta interacción con los clientes del mercado inmobiliario se realiza inicialmente a través de métodos online puesto que la comercialización inmobiliaria es más sencilla, rápida y no requiere de trámites, pese a que posteriormente es necesario ir a un punto de venta o tratar con un agente inmobiliario.

La falta de interacción durante todo el proceso de comercialización es patente en la actualidad. Las ofertas que se publican carecen de elementos que permitan al buscador interactuar con el inmueble.

Solamente se basan en pequeñas descripciones, imágenes y algún plano que detalla cómo puede ser la vivienda, sin incluir ningún recurso que permita al usuario conocer más detalles de su búsqueda. Es necesario que el contenido sea de calidad, estando en constante actualización cumpliendo sus exigencias, dando lugar a que finalmente se ponga en contacto con los agentes inmobiliarios.



*Imagen 51. Ejemplo de anuncios de viviendas expuestos en inmobiliaria.
Fuente: Agencias - 20minutos.es (2016).*

En el caso de los agentes inmobiliarios, es posible que no se mantenga una interacción directa con el cliente y haya dificultades a la hora de explicar el proyecto debido a la falta de recursos disponibles y a la escasa tecnología utilizada en la comercialización de la promoción, lo que puede complicar la comprensión y aumentar las dudas sobre el interés en el proyecto.

3 Marketing inmobiliario mediante realidad aumentada

El marketing inmobiliario más novedoso e innovador ha incorporado la realidad aumentada como una herramienta tecnológica que ha revolucionado el modo de interactuar entre usuarios y bienes inmuebles.

Uno de los factores que ha dado lugar a esta modernización del sector inmobiliario es el hecho de que en la actualidad, los métodos digitales tienen mayor impacto en el consumidor que los métodos que se han utilizado habitualmente, puesto que proporciona cercanía con el proyecto, incita al entretenimiento y permite visualizar los contenidos con mayor realismo.

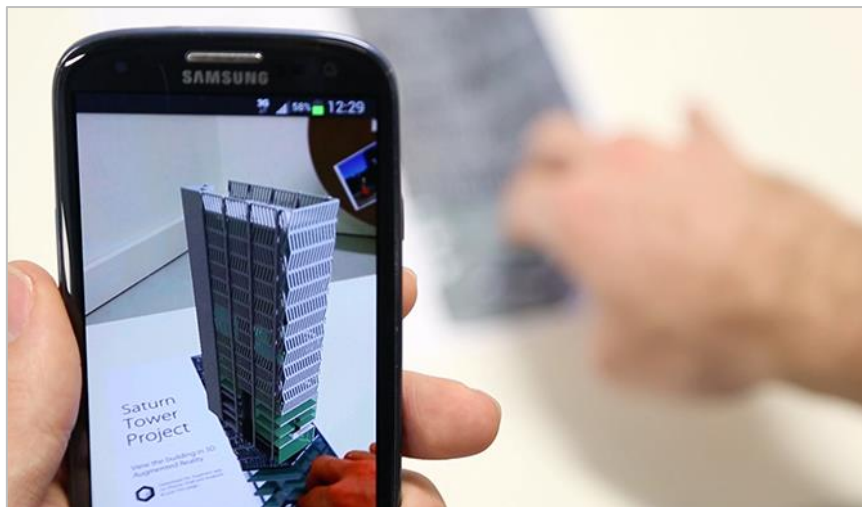


Imagen 52. Visualización de folleto y plano de promoción inmobiliaria mediante realidad aumentada.

Fuente: Augment.com

Por ello, lo ideal se basa en la unión de métodos utilizados anteriormente en promoción inmobiliaria junto a la inclusión de aplicaciones tecnológicas innovadoras como es la realidad aumentada, creando un marketing inmobiliario lo más completo posible.

3.1 Oportunidades dentro del sector inmobiliario.

Una de las oportunidades que tiene la realidad aumentada en el sector inmobiliario se encuentra principalmente ante los agentes de comercialización y las propias inmobiliarias, que siguen utilizando procedimientos tradicionales ya definidos para promocionar sus proyectos.

En el caso de una promoción en la que no se ha iniciado aún su construcción, la relación entre el comprador y el proyecto se reduce solamente a la visualización de infografías, información en texto y planos en 2D, por lo que el comprador puede dudar respecto a lo que se le está ofreciendo.

A la hora de mostrar proyectos inmobiliarios, los agentes responsables de su venta muestran al cliente escasa información acerca del mismo sin proporcionar una experiencia satisfactoria previa a la adquisición de un bien de tanto valor como es una vivienda.

La realidad aumentada, permite transmitir un proyecto inmobiliario de manera que el cliente pueda observar, conocer e interactuar utilizando sentidos como la vista y el oído, creando una experiencia única y distinta que permita establecer una interacción directa con la promoción, sin ningún tipo de restricción.

A continuación, se presentan algunas de las ventajas que permite la realidad aumentada en el sector inmobiliario, tanto para compradores como para agentes inmobiliarios.

3.1.1 Ahorro de tiempo.

La utilización de soluciones basadas en realidad aumentada permite tanto a los clientes potenciales como a las empresas inmobiliarias, ahorrar tiempo en el proceso de comercialización de la vivienda.

Estas herramientas facilitan el trabajo que realizan las inmobiliarias, puesto que consiguen que los usuarios interesados quieran acudir en primer lugar a las oficinas de comercialización para visualizar los inmuebles mediante esta tecnología.

3.1.2 Tecnología accesible.

El uso de la realidad aumentada aplicado al sector inmobiliario es hoy por hoy una tecnología que es capaz de estar presente en la mayoría de las empresas, así como en los usuarios particulares debido a la cantidad de aplicaciones desarrolladas referentes a este sector.

Por otra parte, se considera accesible debido principalmente al abaratamiento tecnológico, por lo que actualmente la implementación de la realidad aumentada es viable a gran escala.

En referencia al coste que puede suponer para una empresa el desarrollo de esta tecnología para una promoción inmobiliaria, éste dependerá del tamaño de la promoción así como de la calidad que se quiera obtener.

3.1.3 Herramienta de marketing diferencial.

La realidad aumentada también se considera como una herramienta de marketing diferencial para los promotores inmobiliarios, ya que permite a la empresa mostrar una imagen de innovación y modernización con respecto a la competencia.

A la hora de comercializar un inmueble, no es lo mismo utilizar un plano en 2D que emplear un entorno interactivo en el cual se hace uso de tecnologías actuales consideradas como novedosas.

3.1.4 Impacto en los clientes.

La realidad aumentada permite al sector inmobiliario poner en práctica varias herramientas tecnológicas, las cuales son utilizadas por los clientes a través de diferentes dispositivos.

Gracias a esta tecnología los usuarios pueden visualizar la promoción que se va a construir y visitar su futura vivienda. En una decisión de compra tan importante es una ventaja que el cliente pueda visualizar libremente la que va a ser su casa dentro de un entorno real, combinando innovación e impacto visual.

Los posibles compradores tienen un perfil tecnológico, acostumbrados al uso de las nuevas tecnologías, por lo que estas soluciones ayudan a las promotoras a acercarse al cliente potencial y sobre todo a captar su atención.

Otro tipo de cliente a tener en cuenta es el inversor. Si se lleva a un inversor a un terreno y se le informa acerca de un proyecto será difícil para imaginárselo en ese mismo lugar. Pero hoy en día, a través de la

cámara de dispositivos móviles se puede ver cualquier edificio en 3D proyectado en el terreno. De esa manera es mucho más tangible para el inversor o cliente imaginar el proyecto, del cual podrán tocar, abrir un piso, y cambiar de lugar el mobiliario. Es un enfoque más interactivo y menos técnico que lo que significaba ver un plano en 2D.

3.1.5 Facilidad en la toma de decisiones.

La realidad aumentada permite ayudar los futuros compradores a tomar decisiones de compra mucho más acertadas al mismo tiempo que se les permite disfrutar de una experiencia interactiva.

La realidad aumentada también puede ser de gran ayuda a la hora de afrontar proyectos de interiorismo y decoración.

Los compradores pueden comprobar las dimensiones del inmueble, revisar el color de las paredes o ver cómo queda el mobiliario, entre otros muchos aspectos.

El uso de esta tecnología representa un punto de inflexión y a su vez, un nuevo escenario, ya que no es el agente inmobiliario solamente quién le explicará las características de la vivienda y su entorno, sino que será el mismo cliente quien conocerá de forma virtual cómo es su futuro hogar, lo que le permitirá tomar decisiones más fácilmente al poder interactuar libremente con la promoción desde cualquier lugar y solamente con el uso de un dispositivo móvil y un elemento marcador facilitado por la promotora inmobiliaria.

3.2 Ejemplos de casos prácticos de realidad aumentada en promoción inmobiliaria.

Tras comprobar las ventajas y oportunidades que ofrece la realidad aumentada en promoción inmobiliaria, a continuación se pretende mostrar algunos ejemplos de casos prácticos en los que promotoras inmobiliarias han utilizado la realidad aumentada como herramienta tecnológica.

3.2.1 Promoción de viviendas unifamiliares.

El primero de los casos consiste en una promoción de viviendas unifamiliares denominada Islas Cíes, ubicada en Boadilla del Monte, al noroeste de Madrid.

La promotora inmobiliaria responsable de esta promoción es Gestilar, cuyos proyectos se encuentran principalmente en Madrid y Cataluña.

La promoción consta de 74 chalets adosados y pareados con diversas orientaciones, de 3 y 4 habitaciones, con jardín individual, 2 plazas de aparcamiento, un sótano multiusos de más de 82 m² y amplias zonas comunes con piscina, solárium, pista de pádel enterrada y área de juegos infantiles.

Gestilar en su afán por transmitir al cliente de la mejor manera posible, los detalles de sus promociones en venta sobre plano y buscando una alta tasa de satisfacción, crea la app GESTILAR, basada en la realidad aumentada, permitiendo a los usuarios visualizar tanto las viviendas como su entorno con calidad de fotorrealismo.



*Imagen 53. Promoción Islas Cés.
Fuente: Promotora inmobiliaria Gestilar (2016).*

La aplicación de realidad aumentada ha sido creada por la propia inmobiliaria, estando disponible para Android o IOS gracias a la colaboración de Rez Estudio y el arquitecto Pablo Gómez.

En primer lugar, en la promoción inmobiliaria se puede visualizar tanto la urbanización desde el exterior como una de las viviendas en 4D, la cual puede separarse planta por planta e incluso adentrarse en el interior de las estancias como son el salón y el dormitorio principal.



Imagen 54. Realidad aumentada de la urbanización Islas Cies.
Fuente: Elaboración propia.

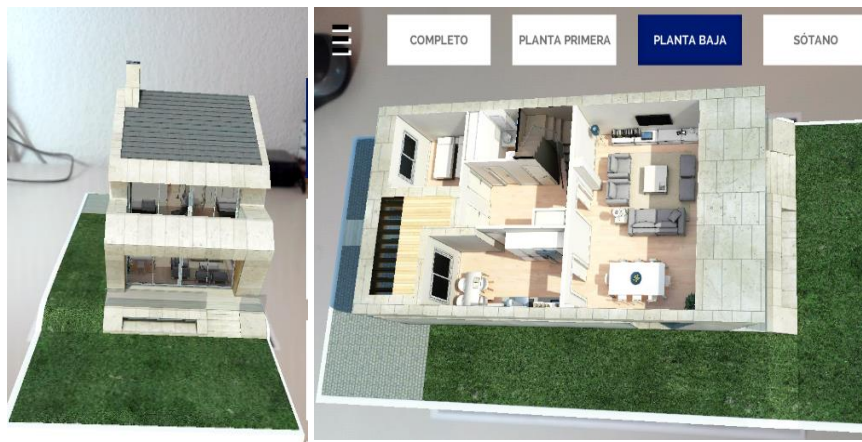


Imagen 55. Realidad aumentada en exterior vivienda (izquierda) e interior de vivienda (derecha).
Fuente: Elaboración propia.

3.2.2 Promoción de viviendas plurifamiliares.

En segundo lugar, el siguiente caso se trata de una promoción de viviendas plurifamiliares denominada Residencial Célere Valdebebas y que se encuentra ubicada en Madrid capital.

La promotora inmobiliaria encargada de esta promoción es Vía Célere, que lleva a cabo operaciones inmobiliarias tanto a nivel nacional como internacional.

La promoción cuenta con 62 viviendas distribuidas en 2 portales, estando las viviendas ubicadas en una urbanización cerrada.



Imagen 56. Promoción Residencial Célere Valdebebas.

Fuente: Promotora inmobiliaria Vía Célere (2016).

Vía Célere utiliza la realidad aumentada en sus promociones puesto que han analizado la importancia de esta herramienta dada la atracción que sienten los grandes focos de inversión de activos inmobiliarios, tanto a nivel nacional como en países latinoamericanos y resto de Europa.

En este caso particular, la promotora hace uso de la realidad aumentada no mediante una aplicación propia, sino a través de una aplicación externa denominada Visuartech, disponible tanto en iOS como en Android.

Al contrario que en el caso anterior, en este aspecto las promotoras tienen la posibilidad de subir sus modelos a la plataforma de la aplicación, pudiendo visualizarse al introducir una palabra clave en referencia a ese modelo. En este caso, la palabra clave a introducir en la aplicación Visuartech para visualizar el modelo en realidad aumentada es “Valdebebas”, por lo que es muy sencillo facilitar al futuro comprador de esta clave cuando esté haciendo uso de la aplicación en cuestión.



Imagen 57. RA de la promoción Residencial Célere Valdebebas.

Fuente: Elaboración propia.

3.3 Casos prácticos de realidad aumentada en promoción inmobiliaria.

Una vez se ha estudiado la utilización de la realidad aumentada que algunas inmobiliarias han hecho uso a la hora de promocionar sus proyectos, a continuación se pretende realizar un marketing inmobiliario propio empleando esta tecnología sobre dos supuestas promociones en Valencia.

La primera de ellas consiste en una promoción de un edificio de viviendas plurifamiliares situada en Avenida del Puerto 28, mientras que la segunda de ellas consiste en mostrar un proyecto de vivienda unifamiliar situada en el municipio de Alboraya.

Ambas promociones se encuentran bajo la marca “InnoMaster”, creada como trabajo colectivo en el Máster de Edificación - Especialidad en Gestión, en la Universidad Politécnica de Valencia, durante la asignatura Promoción Inmobiliaria, impartida por el profesor y también tutor de este proyecto, Fernando José Cos-Gayón López.

En este caso, puesto que no ha sido posible realizar una aplicación propia de realidad aumentada debido a que es necesario utilizar métodos de programación mediante Vuforia o Unity 3D, se ha optado por utilizar aplicaciones externas como son Augment y Aumentaty, evaluadas y estudiadas anteriormente en el subcapítulo 8 del capítulo 2.

Por una parte, Augment se encuentra disponible tanto en iOS como en Android. Se trata además de una aplicación de pago, pero su utilización ha sido posible gracias a la obtención de una licencia académica gratuita. Cabe decir que la aplicación solamente admite archivos de hasta 100MB, por lo que los modelos 3D que se suben a la plataforma no deben tener demasiadas texturas.

Por otra parte, a modo de experimentar con más aplicaciones existentes en el mercado actual, también se han empleado las aplicaciones gratuitas procedentes de Aumentaty denominadas Creator y Scope, actualmente en fase de desarrollo y a las cuales se ha tenido acceso mediante la beta que se encuentra en la página web del desarrollador y en la Play Store de Android.

Con la utilización de estas aplicaciones, se pretende mostrar a continuación una serie de ejemplos prácticos mediante el uso de diferentes tipos de medios y canales por los cuales es posible visualizar las promociones en realidad aumentada, como por ejemplo mediante trípticos, planos o tarjetas de visita.



Imagen 58. Marketing inmobiliario para realidad aumentada.
Fuente: Elaboración propia.

3.3.1 Tríptico.

Para la promoción de viviendas plurifamiliares Avenida Puerto 28, se ha diseñado como herramienta de marketing, un tríptico donde se disponga la información necesaria para llamar la atención del usuario y que éste pueda ponerse en contacto fácilmente con la agencia promotora.



Imagen 59. Tríptico para promoción inmobiliaria.

Fuente: Elaboración propia.

Sin embargo, en el interior del tríptico se puede encontrar un apartado en el que se invita al usuario a visualizar con la ayuda de un marcador a modo de imagen y la app Augment, la promoción y su entorno de manera que se permita interactuar con el modelo 3D al escanear el marcador.

Un espacio para vivir a tu estilo

InnoMaster te propone vivir en una de las zonas más privilegiadas de la ciudad de Valencia, próximo a los Jardines del Río Túria, el pulmón verde de la ciudad.

Situado en la Avenida del Puerto 28, el edificio Avenida Puerto se sitúa en un lugar estratégico de fácil acceso y rápida conexión con las distintas direcciones de la ciudad.



Único

Como único es el entorno
que lo rodea y los interiores
que lo componen

INTERACTÚA

AUGMENT



VIVIENDAS

La combinación perfecta entre elegancia y confort, cuidadas con mimo y detalle para que habitarlas sea un disfrute.



CALIDADES

- Cocina de diseño
- Carpintería exterior de aluminio con doble acristalamiento
- Instalación de agua caliente sanitaria mediante captadores solares y acumuladores comunitarios
- Garaje con puerta automática
- Seguridad 24 horas

INTERACTÚA

AUGMENT



Imagen 60. Marcador de RA en tríptico para promoción inmobiliaria.
Fuente: Elaboración propia.

Trabajo Final de Máster

Como se puede observar en la siguiente imagen, una vez que se enfoca mediante un dispositivo móvil el marcador en forma de imagen, ésta es reconocida por la aplicación donde se ha dispuesto el modelo 3D y el propio marcador, dando lugar a la visualización de la promoción inmobiliaria y su entorno en realidad aumentada.

Esta forma de visualizar una promoción inmobiliaria aporta al usuario una experiencia diferente con respecto a otras promociones, lo que permite marcar una diferencia en cuanto a calidad y uso de las nuevas tecnologías que puede condicionar la toma de decisiones del futuro comprador.

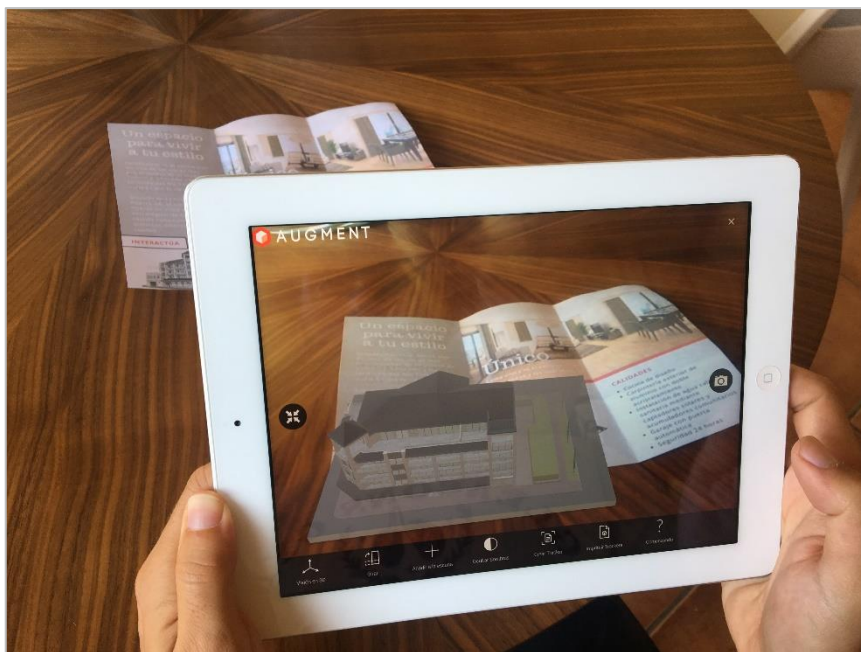


Imagen 61. Visualización de RA en tríptico para promoción inmobiliaria.

Fuente: Elaboración propia.

3.3.2 Plano.

Una vez que el usuario ha mostrado interés por las viviendas que se van a realizar dentro de la promoción, es momento de facilitarle información acerca de la vivienda que más se adecúe a sus necesidades y gustos.

Para ello, es posible crear un plano de vivienda en 2D que a su vez puede hacer la función de marcador, de manera que el usuario pueda interactuar libremente al visualizar el modelo 3D en realidad aumentada.



*Imagen 62. Marcador de RA en plano para promoción inmobiliaria.
Fuente: Elaboración propia.*

Trabajo Final de Máster

Al escanear el plano de vivienda mediante la cámara de un dispositivo móvil que contenga la aplicación elegida por la comercializadora, en este caso Augment previamente instalada, se puede visualizar la vivienda en 3D superpuesta al plano.

Esta herramienta permite al usuario ver de manera detallada cualquier punto de la vivienda y proponer modificaciones en cuanto a la distribución de las estancias o elección de materiales, ya que al estar en realidad aumentada permite girar, escalar y mover el modelo 3D siempre que sea dentro del ámbito del marcador.



*Imagen 63. Visualización en RA de vivienda en 3D sobre plano.
Fuente: Elaboración propia.*

3.3.3 Tarjeta de visita.

Por otra parte, la realidad aumentada también sirve como método de presentación de proyectos que pueden ser visualizados incluso a partir de una pequeña tarjeta de visita.

En este caso, se pretende incluir en la misma tarjeta un marcador que permita visualizar un video de presentación en realidad aumentada. Este método de visualización no es sencillo de realizar puesto que requiere conocimientos en programación con programas como Vuforia y Unity 3D, pero gracias al equipo de Aumentaty se ha podido insertar un video de manera personalizada mediante una aplicación propia.

Esta aplicación se ha instalado en el dispositivo seleccionado mediante un archivo APK, necesario para la instalación de software en el sistema operativo Android.



*Imagen 64. Tarjeta de visita para promoción inmobiliaria.
Fuente: Elaboración propia.*



*Imagen 65. Marcador de RA en tarjeta de visita para promoción inmobiliaria.
Fuente: Elaboración propia*

Una vez instalada la aplicación propia de Aumentaty que lleva asignada el reconocimiento de un marcador ya definido, basta con iniciar la aplicación y enfocar con la cámara del dispositivo al marcador.

En este caso concreto, se ha optado por configurar la visualización del video con una inclinación de 45°, lo que resulta más sencillo y cómodo para el usuario si se opta por establecer el marcador en una superficie horizontal.

Entre otras opciones disponibles, también se puede incluir en el contorno del video un marco personalizado que se asemeja al de una televisión, así como otras opciones de carácter más avanzado como son las de incluir botones de reproducción para pausar o reproducir de nuevo el video, no incluidos en este proyecto.

Trabajo Final de Máster

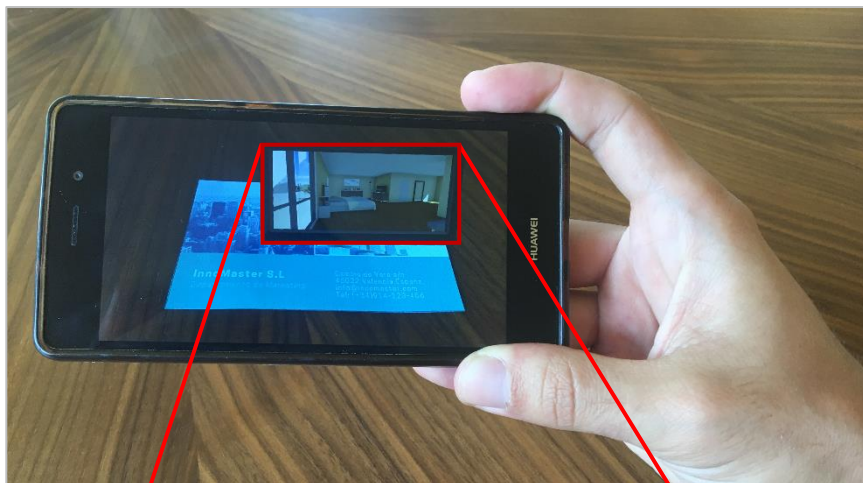


Imagen 66. Visualización de RA en tarjeta de visita para promoción inmobiliaria.

Fuente: Elaboración propia.

Capítulo 4.

Realidad aumentada y edificación

1 Antecedentes

Durante la realización de proyectos de construcción, están presentes numerosos agentes que hacen posible que se lleve a cabo la materialización de lo que en un principio es considerado un concepto.

Para ello, es primordial efectuar una correcta comunicación entre todos los agentes, como son promotores, constructores y técnicos. Esta comunicación se hace vital desde la documentación en obra, como pudiera ser un proyecto de ejecución, hasta en la definición de cualquier detalle constructivo o ficha técnica de un producto en concreto.

Una de las posibilidades que existen dentro del sector de la construcción y que puede ser de gran utilidad en estos casos, es la aplicación de la realidad aumentada como tecnología para poder recopilar información de un proceso o detalle constructivo, catálogo o ficha técnica, de manera que cualquiera de los agentes intervinientes pueda interpretar y definir perfectamente el elemento a realizar, de manera que se eviten errores y no se trasladen a la documentación de proyecto.

En el caso de los detalles constructivos, son fundamentales en la etapa constructiva de cualquier proyecto, estos se realizan cuando se desea resaltar una zona en especial:

- Limitaciones y posibilidades de la ejecución.
- Configuración e instalación de accesorios.
- Material de construcción, con especificaciones técnicas y de fabricante.
- Dimensionado de elementos.

Además, los detalles constructivos garantizan que el proceso y la ejecución constructiva se desarrollen sin incidencias, pudiendo ser representados en planimetrías 2D o en archivos 3D, que con realidad aumentada permiten lograr un mayor entendimiento por parte tanto de operarios como contratistas.

En cuanto a la aportación de la realidad aumentada dentro del sector de la edificación cuando se tiene como documentación grandes cantidades de fichas técnicas y catálogos de proveedores, un ejemplo claro es Helmet10, empresa dedicada a la fabricación ventanas y cerramientos.

Esta empresa ha marcado el camino de la tendencia dentro de su campo de actuación, apostando por herramientas de un nivel tecnológico muy avanzado, como son los PDF3D y la realidad aumentada, herramientas que permiten contribuir a una comunicación clara y muy visual con técnicos y particulares.

Hermet10 presentó en Veteco 2014 unas fichas técnicas con realidad aumentada, que permitían ver a través de un móvil, tablet o portátil, el detalle constructivo asociado a la ficha técnica, totalmente superpuesto sobre la propia ficha aumentando la información contenida en la misma (Revista Aluminio, 2014).

El detalle constructivo que se muestra en la siguiente imagen permite al usuario girar, cambiar de escala, aplicar secciones e incluso observar movimientos preconfigurados.



*Imagen 67. Detalle constructivo de ficha técnica en RA.
Fuente: Revista Aluminio y Helmet10 (2014).*

Uno de los ámbitos en los que también se ha estudiado el uso de la realidad aumentada es en la planificación urbana, es decir, en la posibilidad de saber cómo quedarán en entornos reales edificios que aún no son existentes.

Charles Woodward, investigador de realidad aumentada en el Centro de Investigación Técnica VTT de Finlandia, afirma que esta nueva tecnología de virtualización aumenta las posibilidades y perspectivas no sólo del trabajo de arquitectos y diseñadores, sino también de una amplia gama de planificadores urbanos y personal relacionado con la toma de decisiones en la construcción.

“Usando esta técnica, el concepto general de una obra puede cobrar forma a una escala apropiada y de manera mucho más realista que con las imágenes 3D o la modelización con un diseño de software tradicional” afirma Woodward, que añade que aunque la realidad aumentada es una herramienta principalmente de diseño, también es una herramienta de comunicación, por lo que se permite difundir imágenes más realistas de proyectos de construcción para apoyar la toma de decisiones sobre ellos.



*Imagen 68. Skanska's Office Building en Helsinki visualizado en RA.
Fuente: AR4BC project (Augmented Reality for Building and Construction) –
VTT (2010).*

Por otra parte, el seguimiento de obra también se ve beneficiado por la realidad aumentada que contribuye a obtener una información extra de calidad, mejorar el trabajo en edificación, reducir las diferencias existentes entre la oficina técnica y la obra y ahorrar de esta manera en costes y tiempo.

Hasta la fecha se han realizado algunos estudios, proyectos y exposiciones que se han basado en este campo, como por ejemplo los efectuados por Grupo BIM Aragón (GBA) junto al Instituto Tecnológico de Aragón (ITAINNOVA), el grupo de Informática Gráfica en Tiempo Real (ARTEC), equipo perteneciente al Instituto de Robótica y Tecnologías de la Información y la Comunicación (IRTIC) de la Universidad de Valencia y el grupo de docentes e investigadores del Grado en Arquitectura Técnica de la Escuela Politécnica Superior de la Universidad de Alicante

- **Estudio del Grupo BIM Aragón (GBA) junto al Instituto Tecnológico de Aragón (ITAINNOVA).**

Según el responsable de proyectos de Tecnologías TIC del Instituto Tecnológico de Aragón (ITAINNOVA), Diego Romero, explica de qué manera puede contribuir la realidad aumentada a mejorar los trabajos en edificación.

"En el despacho de arquitectura todo es perfecto en los planos, la información es muy valiosa pero en el momento que salta a la obra todo se vuelve más complejo y surgen problemas; por ejemplo, dar soporte con esta tecnología en el momento del replanteo puede evitar muchos errores, y si el jefe de obra tiene los planos en tiempo real, va a tener información extra de muy alta calidad que va a ahorrar mucho tiempo y costes", ha asegurado Romero.

Diego Romero, estima además que será en 2017 o 2018 cuando se extienda la utilización de la realidad aumentada porque se supone que será cuando se produzca la conexión entre las tecnologías BIM (Building Information Modeling) y las de visualización en obra.

Entre otras muchas ventajas, se destaca el poder visualizar en tiempo real la información de la oficina técnica, mejorando así el feedback, de modo de que el ciclo de diseño se agiliza con unos datos de mayor calidad y que son compartidos por más usuarios.

Por su parte, el gerente del Colegio de Aparejadores y Arquitectos Técnicos de Zaragoza (COAATZ), Lucio de la Cruz, ha señalado que lo que pretenden es "llevar la innovación a la construcción y, con estas tecnologías, se podrán detectar fallos ya en la fase de proyecto. En 5 años vista, tendremos el modelo ya creado en la tablet o el teléfono y con unas gafas como dispositivo de visualización en la misma obra podremos ver cómo va a quedar la construcción, ver si hay interferencias en la estructura, adelantarnos a los posibles errores para que estos no ocurran y ahorrar tiempo y dinero".

- **Proyecto Sicura del Grupo de Informática Gráfica en Tiempo Real (ARTEC).**

Marcos Fernández Marín, director del grupo ARTEC del Instituto de Robótica y Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (IRTIC) de la Universidad de Valencia y ponente también en el Emtech España 2014, afirmó en que aunque son habituales los ejemplos de uso de la realidad aumentada en películas y juegos de animación, ya se está empezando a utilizar de forma profesional para muchos otros sectores, como en el seguimiento de obras de construcción, para poder realizar una

supervisión real y a distancia, que evite problemas, y garantice un buen funcionamiento.

En esta línea destaca el proyecto desarrollado por el grupo ARTEC para la constructora DRAGADOS, denominado Sicura Edificación.

Este programa de seguimiento de obra, según Fernández, permite realizar un control integral de la evolución de cualquier construcción, así como para asegurar que todas las piezas traídas encajan conforme a lo previsto, gracias a la precisión milimétrica que ofrece la realidad aumentada. Gracias a esta tecnología, el control de la evolución de las construcciones ya se puede hacer a distancia, sin ser necesario estar presente a pie de obra.

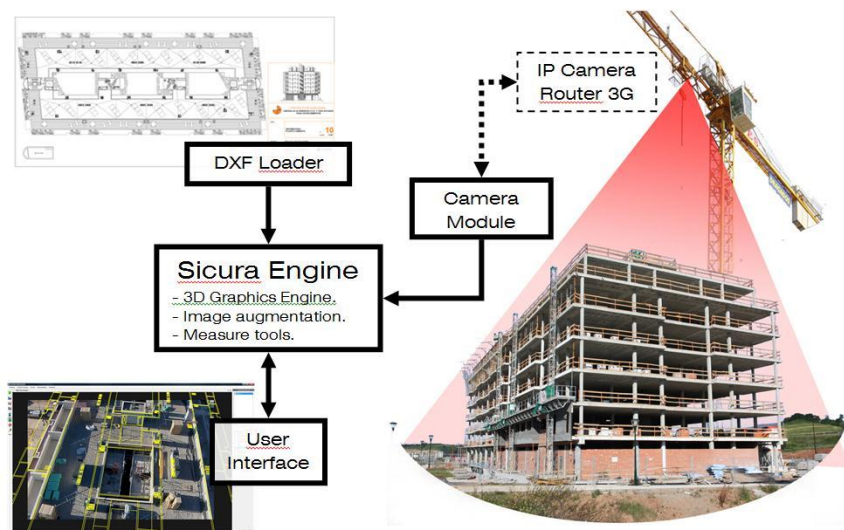


Ilustración 13. Esquema de funcionamiento de Sicura Edificación.
Fuente: Grupo de Informática Gráfica en Tiempo Real (ARTEC).

Desde las grandes empresas constructoras hasta los más pequeños despachos de arquitectura, siempre se han encontrado con un gran problema a la hora de realizar sus obras: los planos rara vez concuerdan a la perfección con la construcción real.

Se trata de una aplicación de realidad aumentada para procesos constructivos. Gracias a esta aplicación se pueden estimar los defectos constructivos respecto a los planos de la obra con precisión milimétrica y en el mismo momento en el que se está construyendo.

El sistema consta de una aplicación software, que se puede ejecutar tanto en tablets como en dispositivos de escritorio, y de una cámara que se instala en lo alto de la grúa torre, en caso de haberla, de la construcción que se esté ejecutando.

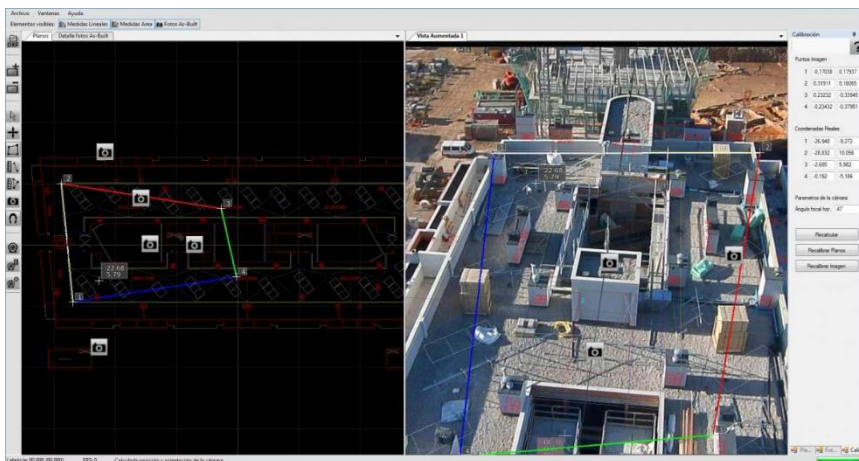


Imagen 69. Interfaz del programa Sicura Edificación.
Fuente: Grupo de Informática Gráfica en Tiempo Real (ARTEC).

- **Exposición “VIRTUAL CONSTRUCTION. Detalles Constructivos + Realidad Aumentada”.**

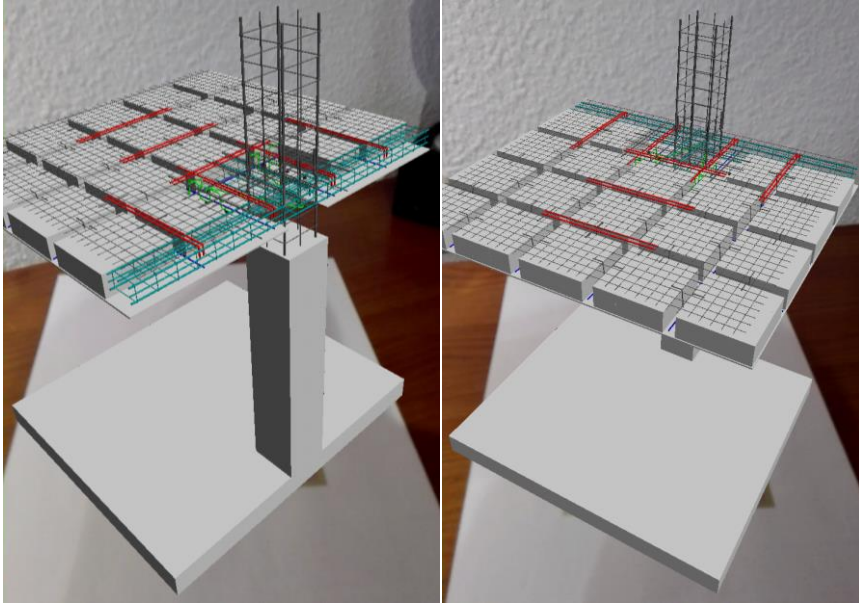
La exposición “VIRTUAL CONSTRUCTION. Detalles Constructivos + Realidad Aumentada” coordinada por Juan Carlos Pérez y Beatriz Piedecausa, profesores de la Escuela Politécnica Superior y miembros del Grupo de Investigación de Materiales y Sistemas Constructivos de la Edificación, fue realizada durante el mes de mayo de 2015 con el fin de mostrar el concepto de construcción virtual, en este caso, como herramienta docente y de investigación.

Además de la colaboración de entidades de la Universidad de Alicante (UA), en la exposición colaboraron también importantes entidades del sector de la construcción como son el Colegio Oficial de Aparejadores, Arquitectos Técnicos e Ingenieros de Edificación de Alicante (COAT), Ferrovial Agroman, Urbana, Antra y Refortec.



Imagen 70. Marcadores (izquierda) e instrucciones de visualización (derecha).
Fuente: Construcción virtual y realidad aumentada. Aplicación en el Grado de
Arquitectura Técnica (2015).

Durante el recorrido de la exposición, se seleccionaron 30 detalles constructivos de distintas estructuras en edificación, que podían visualizarse mediante una aplicación propia de realidad aumentada.



*Imagen 71. Representación de forjado en RA.
Fuente: Elaboración propia.*

Esta combinación de construcción virtual y realidad aumentada permite por una parte, una visualización tridimensional de detalles singulares incluso a escala real, facilitando la comunicación y el entendimiento de los distintos conceptos constructivos. Por otra parte, también posibilita una interacción edificio-usuario en tiempo real mediante el empleo complementario de marcadores, aplicaciones descargables y dispositivos móviles convencionales (Piedecausa, Pérez y Mateo Vicente, 2015).



Imagen 72. Visualización de detalle a escala real.

Fuente: Construcción virtual y realidad aumentada. Aplicación en el Grado de Arquitectura Técnica (2015).

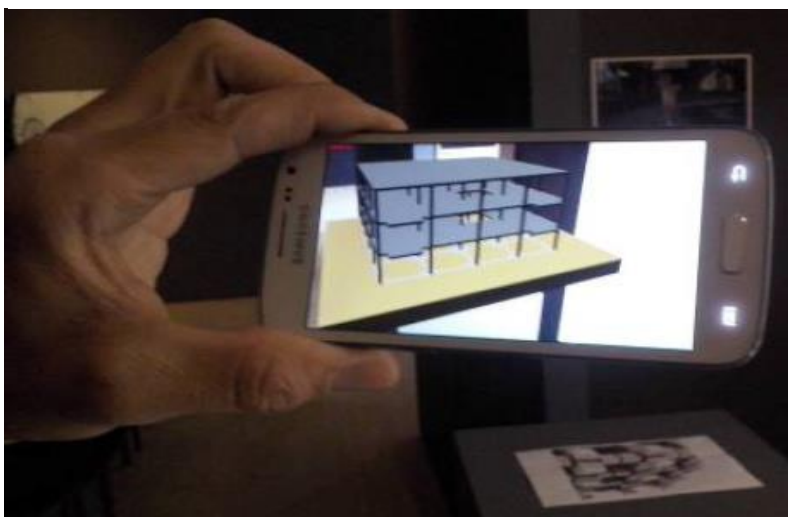


Imagen 73. Estructura 3D en movimiento.

Fuente: Construcción virtual y realidad aumentada. Aplicación en el Grado de Arquitectura Técnica (2015).

2 Metodología tradicional en edificación

La metodología que se ha empleado hasta ahora en cuanto a la representación arquitectónica se refiere, ha estado basada principalmente en la definición de planos como son plantas, secciones, alzados o detalles constructivos que sólo aportan una percepción bidimensional (2D) al usuario.

Estos elementos sólo son comprendidos por profesionales del sector de la construcción, y a veces pese a todo, su lectura y entendimiento se hace difícil tanto para los entendidos en materia como para los demás usuarios.



Imagen 74. Planos bidimensionales empleados en obra.

Fuente: Habilidades de la construcción. Revista ARQHYS.com. (2012).

Por otra parte, tanto si se ha iniciado el proceso edificatorio o no, saber la información acerca de cualquier elemento como pudiera ser el armado

que contiene un pilar o la ficha técnica de materiales u objetos, solo es posible consultando planos y documentos que continuamente se van modificando sin control sobre cuál es la última versión, teniendo en cuenta además el tiempo que se dedica en buscar, consultar y contrastar esta información.

Por este motivo, se pretende investigar y realizar un estudio sobre la problemática en la edificación sin emplear tecnología avanzada como puede ser la realidad aumentada, así como las oportunidades que puede ofrecer.

2.1 Descripción del problema.

La problemática se encuentra principalmente en los métodos y actuaciones que se han realizado durante los procesos edificatorios por parte de los agentes responsables, y teniendo como consecuencia errores de ejecución por la falta de comunicación y entendimiento de la documentación aportada, puesto que no se ha implementado todavía una metodología a través de tecnología innovadora como pudiera ser la realidad aumentada.

A continuación, se presentan algunos de los problemas actuales que se encuentran dentro de la edificación a raíz de la falta de modernización e innovación dentro de sector.

2.1.1 Falta de información

La falta de información viene dada por el material que se les facilita a los agentes responsables de la ejecución y la manera en la que se controla el seguimiento de la obra en función de lo programado.

Actualmente, a modo de ejemplo, cuando un comercial muestra sus productos a una constructora en fase de estudio de ofertas, lo hace mediante catálogos o en su caso si es posible, mediante muestras físicas a veces difícilmente manejables.

Durante la ejecución, la falta de información también es notable, sobre todo en puntos y encuentros conflictivos, donde es necesario tomar una decisión rápida y acertada en la mayor brevedad posible.

2.1.2 Uso de tecnología obsoleta

La documentación que se ha empleado hasta el momento en edificación se reduce como bien se ha comentado anteriormente, a planos bidimensionales, sin recurrir a tecnologías más avanzadas que permitan solucionar los numerosos problemas que existen en obra.

Por otra parte, cabe destacar que en esta tecnología tradicional, la posibilidad de extraviar documentación aumenta considerablemente.

2.1.2 Falta de comunicación entre agentes

La falta de comunicación entre agentes va directamente ligada a los dos problemas anteriores, puesto que si ambos están presentes, la comunicación entre los diferentes agentes puede llegar a ser errónea, provocando así defectos en la ejecución por falta de entendimiento a la hora de hacer frente a cualquier situación.

Es por ello, que la comunicación se considera un pilar básico cuando existen varios equipos de trabajo ejecutando una misma tarea.

3 Metodología propuesta en edificación mediante realidad aumentada

La metodología que se propone en edificación consiste en implantar la realidad aumentada como tecnología innovadora en los diferentes procesos dentro de la edificación como son la proyección, la construcción, la planificación y el mantenimiento.

Con la utilización de dispositivos móviles ya sean tablets, smartphones o dispositivos específicos como gafas, la realidad aumentada es posible dentro del sector de la edificación, permitiendo consultar toda la información que sea necesaria de manera inmediata y en tiempo real entre los diferentes agentes colaboradores, ya que dichos dispositivos reconocen el entorno sobre el que se precisa obtener información.

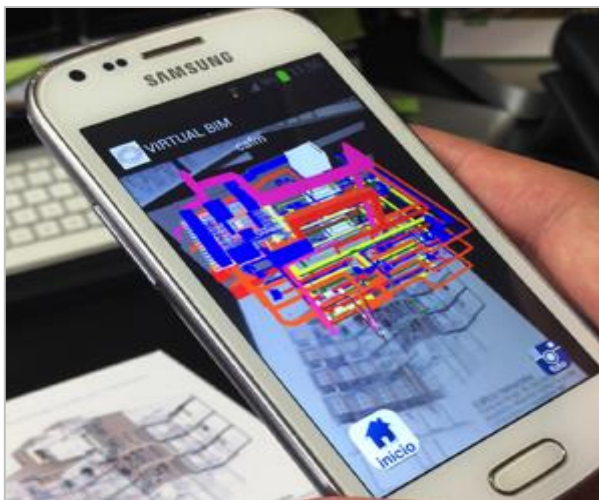


Imagen 75. Realidad aumentada con reconocimiento de entorno para la gestión de la edificación.

Fuente: Virtual BIM 2015

3.1 Oportunidades dentro del sector de la edificación.

Las oportunidades que presenta la realidad aumentada son numerables sobre todo para los agentes colaboradores en edificación como son promotores, arquitectos, constructores, ingenieros, subcontratistas y técnicos.

Para los promotores es una opción muy atractiva, puesto que tal y como se ha comentado en el capítulo anterior, con la realidad aumentada es posible visualizar no solo la edificación sino también su entorno, de manera que se incluyan datos como pueden ser el emplazamiento y la localización incluso en fase de proyecto.

Por su parte, los arquitectos tienen la posibilidad de explicar y mostrar a los clientes mediante esta tecnología los espacios, las formas o la manera en que incide la luz. También existe la oportunidad de visualizar junto al resto de profesionales del proyecto la interacción existente entre la estructura y cualquier elemento en tiempo real, como podrían ser las instalaciones.

Una de las grandes oportunidades que ofrece la utilización de la realidad aumentada, está ligada tanto a constructores como a ingenieros y subcontratistas. Ambos grupos pueden tener una visualización de todos los elementos constructivos que forman parte de la obra, así como su situación y planos de montaje, si fuera necesario. Es posible además consultar y detectar posibles incidencias con el fin de subsanarlas previamente con antelación, de manera que con ello se facilita la planificación de la obra y una repercusión en tiempo y costes.

Por otra parte, los técnicos también pueden disponer de información exacta acerca de la edificación durante la vida útil de la misma y visualizarla mediante modelos 3D a través de la realidad aumentada.

3.2 Ejemplos de casos prácticos de realidad aumentada en edificación.

Tras estudiar y comprobar las oportunidades que ofrece la realidad aumentada en el ámbito de la edificación, a continuación se pretende mostrar algunos ejemplos de casos prácticos en los que se han desarrollado novedosos dispositivos que implementan la realidad aumentada como herramienta tecnológica en este sector.

3.2.1 *Smart Helmet DAQRI.*

La empresa internacional de tecnología DAQRI junto con la colaboración de Autodesk ha implementado la realidad aumentada y la tecnología 4D al entorno de trabajo de la construcción gracias al desarrollo del Smart Helmet. El casco DAQRI funciona gracias a un micro-procesador Intel Core. Viene con cámara gran angular, cámara térmica, una pantalla transparente de realidad aumentada, y varios sensores.



Imagen 76. Smart Helmet DAQRI de Trimble.

Fuente: Nueve tendencias de la tecnología geoespacial que podrían definir 2017 - sigsatecnologias.blogspot.com (2017).

Este accesorio de trabajo, actúa además de protección individual como un resistente casco de obra. Con él se pretende dotar a los usuarios de una experiencia intuitiva ofreciendo información digital sobre el mundo real con un seguimiento muy preciso. Teniendo en cuenta que la información de los proyectos está ordenada por capas, resulta sencillo realizar comprobaciones de obra pero también permite agilizar la toma de decisiones.

Uno de los ejemplos que demuestra que se está empleando esta tecnología, es la construcción de un centro médico en Minneapolis ejecutado por Mortenson Construction, cuyo director senior de proyectos, Ricardo Khan, señala que “el primer paso es el modelo BIM. En realidad esta información representa el 25%. El 75% restante consiste en conectar los equipos de campo al resto de información espacial del proyecto.”



Imagen 77. Visualización del Smart Helmet DAQRI de Trimble.

Fuente: DAQRI Smart Helmet Case Study: Mortenson and Autodesk – Youtube (2016).

El casco inteligente de Daqri ofrece una mayor capacidad de detección que sobrepasa los sentidos tradicionales del usuario. El sistema de visión térmica permite a los usuarios detectar las firmas de calor y una unidad de medición inercial magnética puede detectar la presencia de fuertes campos eléctricos, y gracias a la incorporación de micrófonos y cámaras, el sistema no sólo puede leer medidores, diales analógicos de importación en el mundo digital, sino también puede competir contra las variaciones aceptables. Esta tecnología también se puede utilizar para rastrear el movimiento de los trabajadores y ubicación dentro de un ambiente, suministrando datos que permiten mantener áreas de trabajo más seguras y productivas. (dis-up.com - “DAQRI desarrolla un casco inteligente para mejorar los entornos productivos”, 2016).

3.2.2 Hololens de Microsoft.

Microsoft junto con la colaboración de la Universidad de Cambridge y Trimble, empresa que ofrece soluciones de tecnología para varios sectores, trabajan de manera conjunta para probar las gafas Hololens en la construcción de obras y así monitorear las mismas a través de la realidad aumentada.

Según Microsoft Insider, las Hololens están siendo utilizadas en pruebas piloto que se llevan a cabo para incluir la realidad aumentada en los trabajos de construcción, lo que puede permitir la identificación de errores estructurales, entre otras cosas.

“El sector de la construcción está experimentando una rápida transformación como resultado de la revolución en la ingeniería digital. La universidad tiene una amplia cartera de proyectos de investigación con el objeto de resolver los problemas en el sector de la construcción”,

comenta el Dr. Ioannis Brilakis, director del Laboratorio del Centro de Investigación CIT en la Universidad de Cambridge.

La Universidad de Cambridge y Trimble han elegido la realidad aumentada para su proyecto, ya que combina escenarios virtuales y reales para que la simulación sea más exacta y se pueda detallar mejor cualquier escenario.

Si las pruebas piloto resultan tener éxito, los trabajadores de una obra podrían tomar fotografías de las estructuras, para luego subirlas a la nube y ser observadas a través de las Hololens. De esta manera el jefe de obra o encargado podrá explorar la zona e identificar cualquier error.

“Esta iniciativa nos ha ayudado a anunciar la próxima frontera de la tecnología dentro del sector, especialmente en áreas como la construcción, donde la tecnología informática tradicionalmente ha sido subutilizada”, argumenta Aviad Almagor, director del Programa de Realidad Aumentada en Trimble. (Andrea Ramos León – “Microsoft prueba sus Hololens en el sector de la construcción” - Baquia.com, 2017)



Imagen 78. Visualización de las Hololens.

Fuente: Microsoft HoloLens: Partner Spotlight with Trimble – Youtube (2015).

3.3 Casos prácticos de realidad aumentada en edificación.

Una vez se ha estudiado la utilización de la realidad aumentada en edificación por parte de empresas como DAQRI, Microsoft o proyectos y estudios aún en desarrollo, a continuación se pretende realizar unas herramientas propias que aporten información en el ámbito de la edificación empleando la tecnología de realidad aumentada.

La información visualizada puede ser realmente útil para la mayoría de los agentes que intervienen en el proceso de ejecución, tanto para jefes de obra en el control previo y durante la obra, como para los operarios que deben ejecutar cualquier tipo de trabajo.

Al igual que en el capítulo anterior referente a promoción inmobiliaria, no ha sido posible realizar una aplicación propia de realidad aumentada debido a que es necesario utilizar métodos de programación mediante Vuforia o Unity 3D, por lo que se ha optado por utilizar aplicaciones externas como son Augment y Aumentaty, evaluadas y estudiadas anteriormente en el subcapítulo 8 del capítulo 2.

Por una parte, Augment se encuentra disponible tanto en iOS como en Android. Se trata además de una aplicación de pago, pero su utilización ha sido posible gracias a la obtención de una licencia académica gratuita. Cabe decir que la aplicación solamente admite archivos de hasta 100MB, por lo que los modelos 3D que se suben a la plataforma no deben tener demasiadas texturas.

Por otra parte, a modo de experimentar con más aplicaciones existentes en el mercado actual, también se han empleado las aplicaciones gratuitas procedentes de Aumentaty denominadas Creator y Scope, actualmente en fase de desarrollo y a las cuales se ha tenido acceso mediante la beta

que se encuentra actualmente en la página web del desarrollador y en la Play Store de Android.

Con la utilización de estas aplicaciones, se pretende mostrar a continuación una serie de ejemplos prácticos mediante el uso de diferentes tipos de medios y canales por los cuales es posible visualizar fichas técnicas de cualquier producto, videos sobre el montaje de una parte concreta de la estructura o diferentes detalles constructivos.

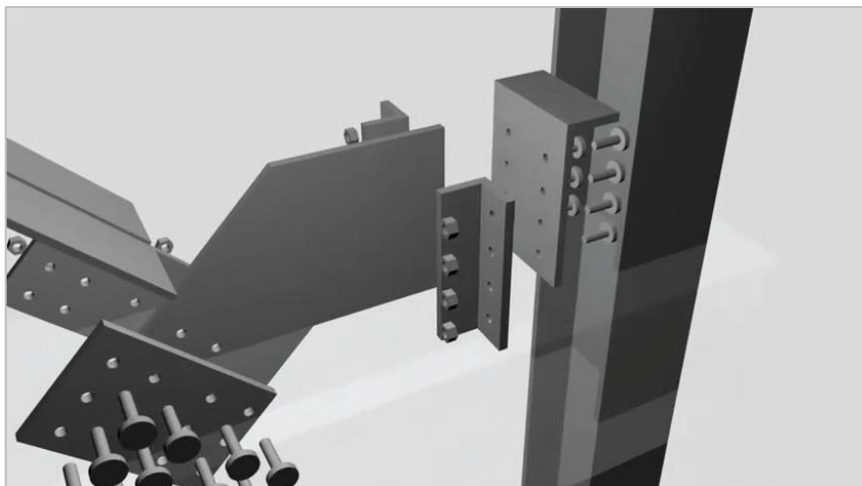
3.3.1 Video montaje.

Antes del comienzo de la ejecución de una obra es necesario acometer algunas cuestiones sobre cómo se va a proceder a ejecutar una o varias zonas que conllevan especial atención.

Gracias a la realidad aumentada, un agente como por ejemplo un jefe de obra puede visualizar con antelación en el mismo lugar donde se va a proceder a ejecutar la obra o en cualquier lugar que se desee a través de un marcador, un video sobre el montaje de esa zona en cuestión, solamente con la misma app con la que se ha subido el video.

En este caso, a modo de ejemplo, se plantea la situación de un nudo en una estructura metálica con diferentes conexiones, lo que plantea una especial atención a la hora de ejecutar esta zona estructural.

El método de visualización planteado no es fácil de realizar puesto que requiere conocimientos en programación con programas como Vuforia y Unity 3D, pero gracias al equipo de Aumentaty se ha podido insertar un video de manera personalizada mediante una aplicación propia.



*Imagen 79. Marcador de RA para nudo en estructura metálica.
Fuente: Elaboración propia.*

La aplicación de Aumentaty se ha instalado en el dispositivo seleccionado mediante un archivo APK, necesario para la instalación de software en el sistema operativo Android.

Una vez instalada la aplicación propia de Aumentaty que lleva asignada el reconocimiento del marcador anterior, basta con iniciar la aplicación y enfocar con la cámara del dispositivo al marcador.

En este caso concreto, se ha optado por configurar la visualización del video de manera común, es decir, visualizando el contenido de forma paralela al marcador, puesto que resulta más eficaz si el marcador se encuentra en posición vertical, lo que permite también que al menos en obra sea mucho más visual para todo el personal que se encuentre en el lugar de trabajo.

Trabajo Final de Máster

Pese a ello, existen otras opciones disponibles a la hora de configurar un video en realidad aumentada, como la posibilidad de poder incluir en el contorno del video un marco personalizado que se asemeja al de una televisión o botones de reproducción para pausar o reproducir de nuevo el video, opciones que no han sido incluidas en este ejemplo.

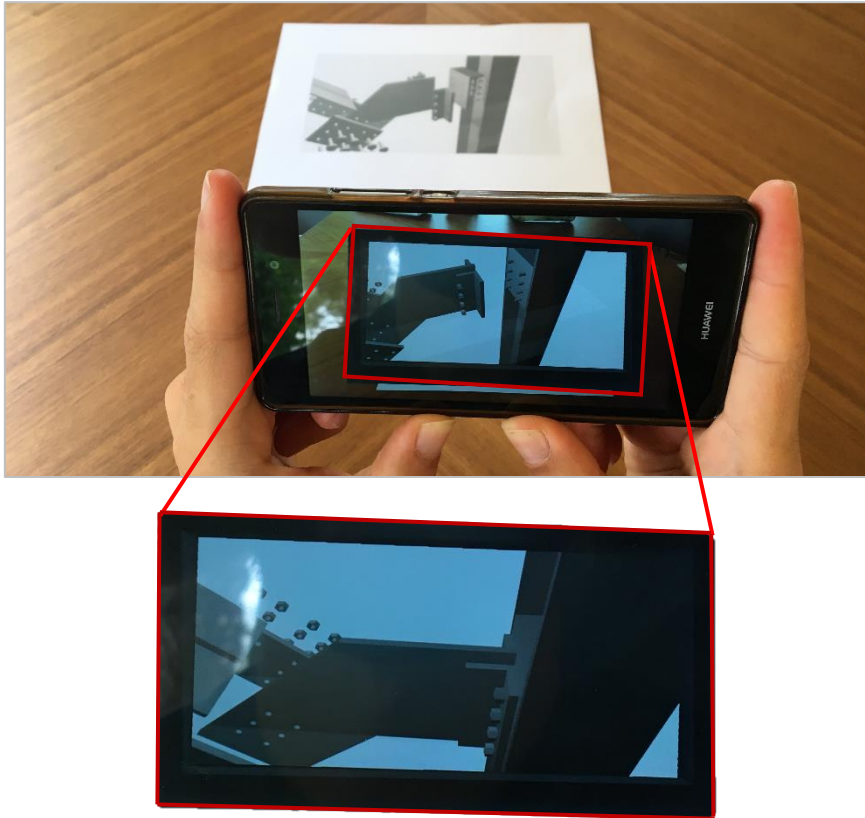


Imagen 80. Visualización de RA de montaje de detalle constructivo en edificación.

Fuente: Elaboración propia

3.3.2 Ficha técnica.

Un tipo de documentación que se puede encontrar en el campo de la edificación son las fichas técnicas de los productos o elementos que van a ser utilizados o instalados en el lugar de trabajo.

Muchas veces esta documentación tiende a extraviarse por falta de organización o simplemente por la acumulación de documentos en el mismo espacio de trabajo. Para ello, se pretende mostrar un ejemplo sobre cómo visualizar en realidad aumentada una ficha técnica de un elemento que puede estar ya instalado como es el caso de una ventana con su correspondiente carpintería.

Simplemente con un marcador a modo de imagen y de un tamaño similar a un A4 situado cerca del elemento se puede visualizar la ficha técnica sin necesidad de buscarla entre toda la documentación que se pueda tener en ese momento, reduciendo de esta manera el tiempo de búsqueda.



Imagen 81. Marcador de RA para ficha técnica.

Fuente: Finstral.

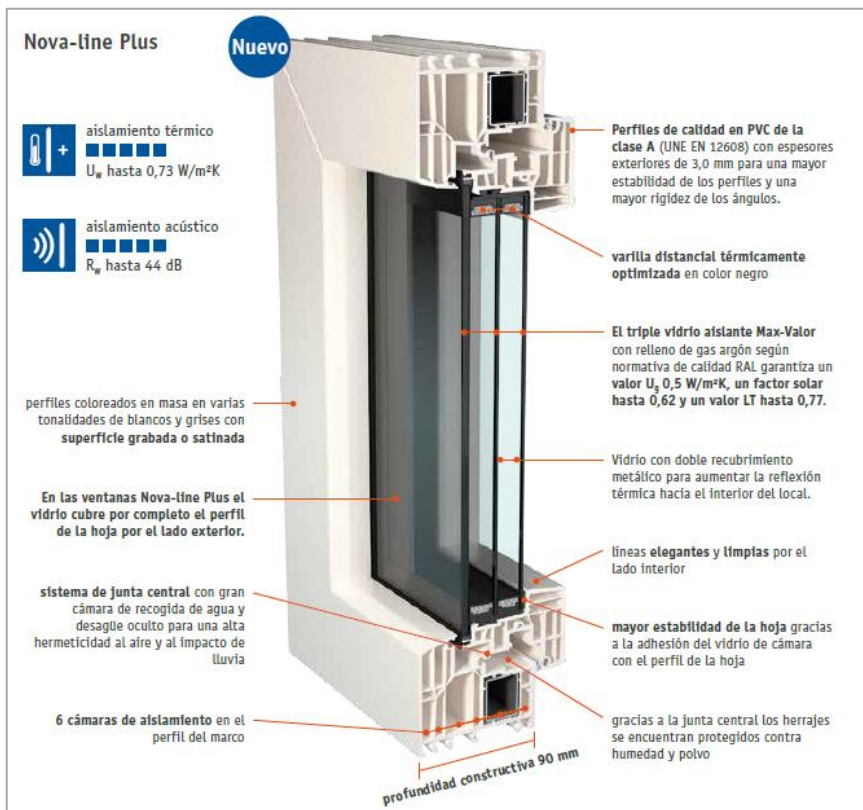


Imagen 82. Ficha técnica de ventana Finstral.

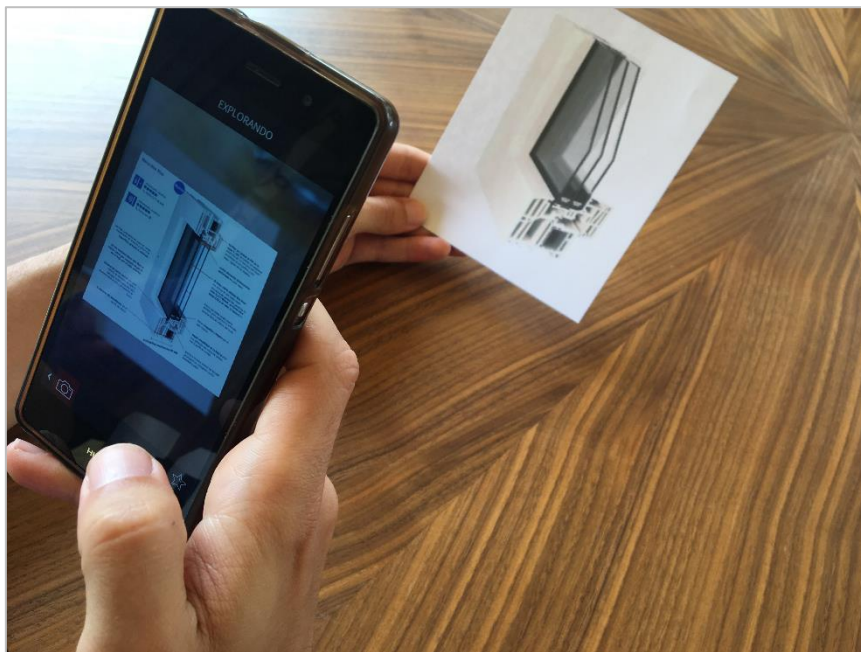
Fuente: Finstral.

En este ejemplo, se opta por utilizar la beta de Aumentaty mediante las aplicaciones Creator y Scope, para poder experimentar con nuevas apps.

Con la primera de ellas se elige el marcador y se selecciona el tipo de archivo que se pretende aumentar, en este caso la ficha técnica correspondiente a la imagen 82.

Con Scope, una vez se ha publicado correctamente el proyecto, se enfoca con la cámara del dispositivo al marcador y se visualiza la ficha técnica de la ventana en cuestión en realidad aumentada.

De esta manera, solamente con acercar un dispositivo móvil con la aplicación de Aumentaty es posible saber el aislamiento térmico y acústico de la ventana que se está visualizando, así como el funcionamiento y otras características, lo que se traduce en una gran ventaja debido a la información que proporciona al usuario que visualiza el contenido.



*Imagen 83. Visualización en RA de ficha técnica.
Fuente: Elaboración propia.*

3.3.3 *Detalles constructivos.*

Los detalles y procesos constructivos son de vital importancia en el campo de la edificación, sobre todo a la hora de realizar ciertos puntos que requieren de especial atención antes, durante y después de la ejecución de los mismos.

La mayoría de los detalles constructivos se encuentran plasmados sobre plano, y en algunos de ellos su entendimiento es complicado debido a la manera o forma en la que están grafiados.

Como alternativa de mejora, se propone presentar esos mismos detalles constructivos sobre plano pero con una tecnología que permita a los agentes de la construcción visualizar esos mismos detalles en 3D para facilitar su entendimiento sin necesidad de recurrir a ordenadores, siempre visualizando el plano para no perder la referencia de donde se encuentra dicho detalle, gracias a la realidad aumentada.

Para mostrar tal ejemplo, se ha optado por recurrir a un plano de estructura tipo, sobre el que se han marcado algunos detalles constructivos, grafiados posteriormente en 3D en la parte inferior del plano. Gracias a la aplicación de realidad aumentada denominada Augment, ha sido posible subir los modelos 3D a la nube de la aplicación, para posteriormente crear los marcadores que permitirán visualizar los modelos en realidad aumentada.

Los usuarios o agentes que deseen visualizar dichos modelos deben disponer en su dispositivo móvil de dicha aplicación para poder escanear correctamente los marcadores e interactuar con cada uno de los modelos, lo que permitirá ver de cerca cualquier posible error con antelación para evitar problemas a la hora de ejecutar dicho detalle constructivo.

Trabajo Final de Máster

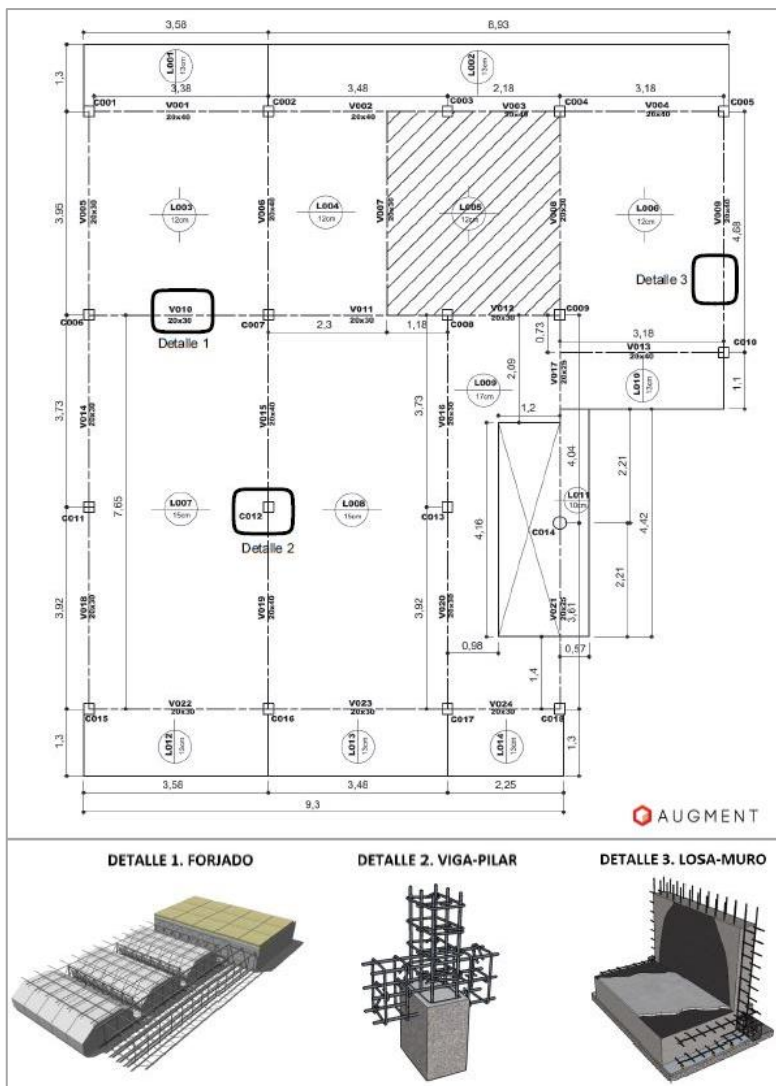


Imagen 84. Plano con marcadores de detalles constructivos en RA.

Fuente: Elaboración propia.

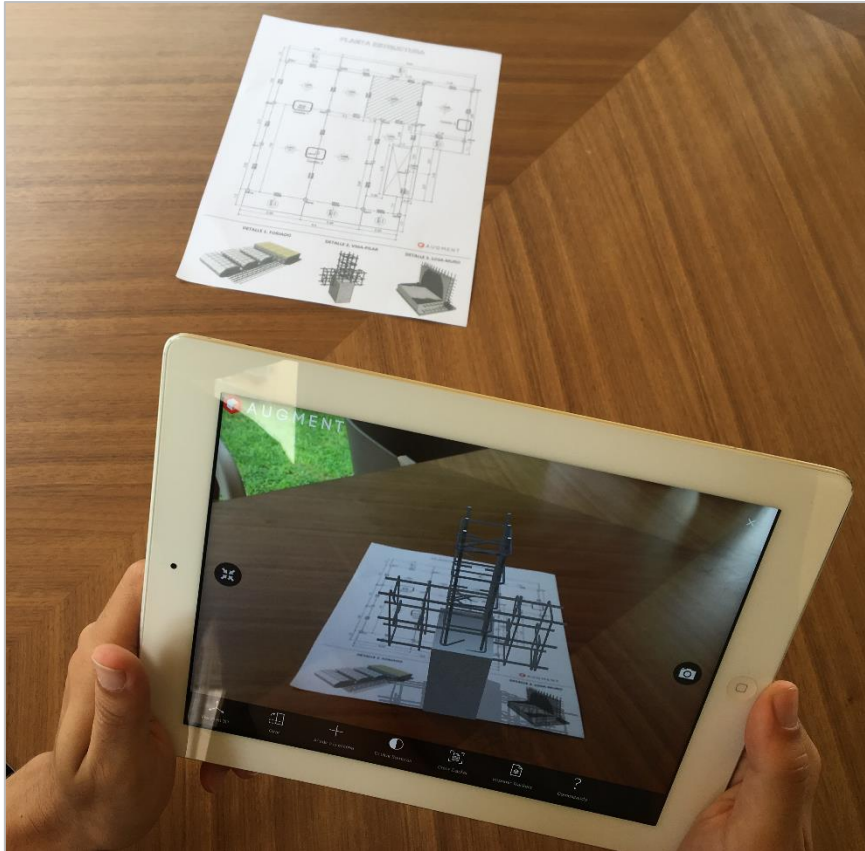


Imagen 85. Visualización en RA de detalle constructivo sobre plano.
Fuente: Elaboración propia.

Capítulo 5.

Conclusiones

Finalizado el estudio sobre el funcionamiento de la realidad aumentada, sus niveles, campos de aplicación y puesta en práctica tanto en el ámbito de la promoción inmobiliaria como en la edificación, se puede concluir que:

- La realidad aumentada es una tecnología novedosa y beneficiosa para la sociedad que puede servir como herramienta de apoyo y guía si se integra finalmente en la vida cotidiana, sin embargo aún se encuentra en fase de desarrollo y su evolución depende de los dispositivos que se vayan a emplear, el conocimiento y la accesibilidad del usuario a esta tecnología.
- La realidad aumentada aporta al usuario un aumento de la percepción del entorno real donde se encuentra, complementando sus capacidades y permitiendo una mayor interacción con la realidad.
- Actualmente existen multitud de estudios y empresas que giran en torno a la realidad aumentada y que favorecen el avance en el desarrollo de softwares y dispositivos de visualización.

- Existe una gran variedad de aplicaciones de realidad aumentada en el mercado actual que permiten al usuario hacer uso de esta tecnología prácticamente en cualquier ámbito.
- La utilización de realidad aumentada como nueva tecnología emergente permite ser un aspecto de diferenciación respecto a la competencia, sobre todo en lo que respecta a promoción inmobiliaria.
- En promoción inmobiliaria, la realidad aumentada ofrece numerables posibilidades y contribuye a verificar y comparar diferentes propuestas virtuales antes de su construcción real, así como dar la posibilidad a futuros compradores de interactuar en tiempo real mediante el empleo complementario de marcadores, aplicaciones descargables y dispositivos móviles convencionales, con la promoción y en especial con la vivienda ofertada.
- En edificación, la realidad aumentada permite mejorar la comprensión de la documentación y reforzar la comunicación entre los diferentes agentes intervinientes en cualquiera de las fases del proceso edificatorio.
- La combinación de realidad aumentada y construcción virtual ofrece una visualización tridimensional de detalles singulares incluso a escala real, facilitando la comunicación y el entendimiento de los distintos conceptos constructivos.

Capítulo 6.

Futuras Líneas de Trabajo

Tras realizar un análisis de las conclusiones obtenidas, se plantean una serie de aspectos a ser estudiados en futuros trabajos, entre los que se puede destacar:

- Profundizar en la mejora respecto a la representación de los modelos virtuales en realidad aumentada, es decir, el tipo de información que se genera y como debe representarse.
- Estudiar el desarrollo de nuevos dispositivos, simuladores y métodos que utilicen la realidad aumentada de diversas formas y dentro de múltiples campos.
- Realizar un estudio sobre la rentabilidad de promociones inmobiliarias utilizando nuevas tecnologías como es la realidad aumentada.
- Comprobar la eficacia en el uso de la realidad aumentada en edificación como aporte de información a la documentación impresa.

Capítulo 7.

Bibliografía

Azuma, Ronald T. (1997). *A Survey of Augmented Reality*. Presence: Teleoperators and Virtual Environments, vol. 6, pp. 355–385, August 1997.

Azuma, R., Bailiot, Y., Behringer, R., Feiner, S., Julier, S., and MacIntyre, B. (2001). *Recent advances in augmented reality*. IEEE Computer Graphics and Applications 21 (6). 34-47.

Barrilleaux, J. (2012). *Experiences and Observations in Applying Augmented Reality to Live Training*. Oakland, EE.UU

Bimber, O. and Rakar, R. (2005). *Spatial Augmented Reality. Merging Real and Virtual Worlds*.

Caudell, T. and Mizell, D. (1992). *Augmented reality: an application of heads-up display technology to manual manufacturing processes in System Sciences, 1992*. Proceedings of the Twenty-Fifth Hawaii International Conference on, vol. ii, pp. 659–669 vol.2, Jan 1992.

Choudary, O., Charvillat, V., Grigoras, R., Gurdjos, P. (2009). *March: Mobile augmented reality for cultural heritage*. In Proceedings of the 17th ACM international conference on Multimedia (pp. 1023-1024). ACM.

Estebanell, M. (2012). *Realidad aumentada y códigos QR en educación.* Tendencias emergentes en educación con TIC. Barcelona.

Gimeno, J. (2015). *Aportaciones al proceso de creación de contenidos de realidad aumentada orientados a formación, industria y construcción.* Tesis Doctoral. Universidad de Valencia.

Glossop, N. D. y Z. Wang (2003). *Laser projection augmented reality system for computer-assisted surgery.* International Congress Series 1256: 65-71.

Kancherla, Anantha R., Jannick P. Rolland, Donna L. Wright, and Grigore Burdea (1995). A Novel Virtual Reality Tool for Teaching Dynamic 3D Anatomy. Proceedings of Computer Vision, Virtual Reality, and Robotics in Medicine '95 (CVRMed '95) (Nice, France, 3-6 April 1995), 163-169.

Lamounier, E., Jr., Bucio, A., Cardoso, A., Andrade, A. and Soares, A. (2010). *On the Use of Augmented Reality Techniques in Learning and Interpretation of Cardiac Data.* 2010 Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society (Embc) 610---613.

Lens-Fitzgerald, M. (2009). Sprxmobile, Augmented Reality Hype Cycle.

Lerotic, M., Chung, A.J., Mylonas, G. and Yang, G. (2007). Pq---space Based Non---photorealistic Rendering for Augmented Reality. In Proceedings of the 10th International Conference on Medical Image Computing and Computer--- assisted Intervention, Brisbane, Australia, Springer---Verlag, Berlin, Heidelberg, 102---109.

López, H. (2010). *Análisis y Desarrollo de Sistemas de Realidad Aumentada.* [Trabajo Fin de Máster] Universidad Complutense de Madrid.

Milgram, P. and Kishino, F. (1994). *Taxonomy of mixed reality visual displays* IEICE Transactions on Information and Systems, vol. E77-D, no. 12, pp. 1321 – 1329, 1994

Orozco, C., Esteban, P., Trefftz, H. (2006). *Collaborative and distributed augmented reality in teaching multi-variate calculus.* Proceedings of the 5th IASTED International Conference on Web-Based Education.

Piedecausa, B., Pérez, J.C., Mateo, J.M. (2015). *Construcción virtual y realidad aumentada.* Aplicación en el Grado de Arquitectura Técnica. Departamento de Edificación y Urbanismo. Universidad de Alicante.

Platero, C. (2007-2009). *Apuntes de Visión Artificial.* Dpto. Electrónica, Automática e Informática Industrial. Universidad Politécnica de Madrid.

Rearte, R. O (2011). *Publicidad Aumentada: Un Nuevo modo de informar y motivar.* Universidad de Palermo - Argentina.

Reinoso, R. (2014). *Curso de Introducción a la Realidad Aumentada.* CEP Cantabria – Plan de formación permanente del profesorado.

Rolland, J.P., Baillet, Y. and Goon, A.A. (2001). *A survey of tracking technology for virtual environments.* Center for Research and Education in Optics and Lasers (CREOL) University of Central Florida, Orlando FL 32816

Sherman, W., Craig, A. (2003). *Understanding virtual reality: interface, applications and design.* San Francisco CA: Morgan Kaufmann

Sherman, W., Craig, A., Will, J. (2009). *Developing virtual reality: applications*. Amsterdam, Boston: Morgan Kaufmann

Shute, T. (2009). *Is it 'OMG finally' for augmented reality? Interview with Robert Rice*.

Sutherland I. (1968). *A head-mounted three dimensional display* in Proceedings of the December 9-11, 1968, Fall Joint Computer Conference, Part I, AFIPS '68 (Fall, part I), (New York, NY, USA), pp. 757–764, ACM, 1968.

Wacker, F. K., S. Vogt, A. Khamene, F. Sauer, M. Wendt, J. L. Duerk, J. S. Lewin y K. J. Wolf (2005). *MR image-guided needle biopsies with a combination of augmented reality and MRI: A pilot study in phantoms and animals*. International Congress Series 1281: 424-428.

Wagner, D. (2007). *Handheld Augmented Reality*. Tesis. Graz University of Technology, Graz, Austria.

Capítulo 8.

Índice de Figuras, Gráficas, Tablas e Imágenes

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Reality - Virtuality Continuum.

Fuente: Paul, M. y Fumio, K. (1994) IEICE Transactions on Information Systems.....17

Ilustración 2. Procedimiento del sistema Videoplace. Fuente:

Elaboración propia.....23

Ilustración 3. Private Eye de Caudell y Mizell (1992).

Fuente: Institute of Computer Graphics and Vision - History of Mobile AR (2009).....24

Ilustración 4. Evolución de los dispositivos de realidad aumentada.

Fuente: Realidad Aumentada en Educación – Raúl Reinoso (2016).....25

Ilustración 5. Evolución de los soportes de RA.

Fuente: Elaboración propia.....36

<i>Ilustración 6. Fases del proceso de RA.</i>	
<i>Fuente: Elaboración propia basada en O. Choudary y V. Charvillat, (2009).....</i>	<i>50</i>
<i>Ilustración 7. Dispositivo Video-Through.</i>	
<i>Fuente: Elaboración propia basada en Azuma (1997).....</i>	<i>51</i>
<i>Ilustración 8. Clasificación dispositivos See-Through.</i>	
<i>Fuente: Elaboración propia basada en Azuma (1997).....</i>	<i>53</i>
<i>Ilustración 9. Dispositivos Video See-Through.</i>	
<i>Fuente: Elaboración propia basada en Azuma (1997).....</i>	<i>54</i>
<i>Ilustración 10. Dispositivos Optical See-Through.</i>	
<i>Fuente: Elaboración propia basada en Azuma (1997).....</i>	<i>54</i>
<i>Ilustración 11. Fases de reconocimiento por marcadores.</i>	
<i>Fuente: Elaboración propia basado en Azuma (2001).....</i>	<i>57</i>
<i>Ilustración 12. Clasificación de sistemas de reconocimiento por posición.</i>	
<i>Fuente: Elaboración propia basado en.... ..</i>	<i>59</i>
<i>Ilustración 13. Esquema de funcionamiento de Sicura Edificación.</i>	
<i>Fuente: Grupo de Informática Gráfica en Tiempo Real (ARTEC).</i>	<i>131</i>

ÍNDICE DE GRÁFICAS

<i>Gráfico 1. Interés de la RA entre 2008 – 2017.</i>	
<i>Fuente: Google Trends.....</i>	<i>26</i>
<i>Gráfico 2. Interés de la RA entre 2008 – 2017.</i>	
<i>Fuente: Google Trends.....</i>	<i>28</i>
<i>Gráfico 3. Previsión RA y RV en 2021.</i>	
<i>Fuente: Mass Framingham - IDC (2017).</i>	<i>29</i>
<i>Gráfico 4. Valoración de apps de RA según Play Store y App Store.</i>	
<i>Fuente: Elaboración propia basada en datos de los marketplaces.</i>	<i>84</i>

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Equipos fijos como soportes de RA.37

Tabla 2. Equipos portátiles como soportes de RA.....38

Tabla 3. Equipos específicos como soportes de RA.....40

Tabla 4. Niveles de RA según Lens- Fitzgerald.....42

Tabla 5. Ventajas y desventajas de los dispositivos Video see-through. 55

*Tabla 6. Ventajas y desventajas de los dispositivos Optical see-through.
.....55*

Tabla 7. Comparativo de aplicaciones de realidad aumenta.84

ÍNDICE DE IMÁGENES

<i>Imagen 1. Realidad Aumentada – Holograma 3D.</i> <i>Fuente: Kedarinath Talisetty (2013).</i>	16
<i>Imagen 2. Sensorama de Morton Heilig (1962).</i> <i>Fuente: L, H.M. (1962). Sensorama Simulator.</i>	20
<i>Imagen 3. Espada de Damocles de Ivan Sutherland (1968).</i> <i>Fuente: Sherman, W. y Craig, A. (2003).</i>	21
<i>Imagen 4. Videoplase de Myron Krueger (1975).</i> <i>Fuente: Medina, D. (2015) Freedom Technology.</i>	22
<i>Imagen 5. Pokemon Go.</i> <i>Fuente: Youtube - Luzugames (2016).</i>	28
<i>Imagen 6. Componentes de la realidad aumentada.</i> <i>Fuente: Juan Pablo Ortiz – Wordpress.com (2009).</i>	31
<i>Imagen 7. Cámara integrada en dispositivo móvil.</i> <i>Fuente: Christian Miller – losmac (2016).</i>	32
<i>Imagen 8. Activadores de RA.</i> <i>Fuente: Raúl Reinoso - Realidad Aumentada: Usos y Posibilidades</i> <i>(2016)</i>	33

Imagen 9. Softwares de RA.

Fuente: Raúl Reinoso - Realidad Aumentada: Usos y Posibilidades (2016).....34

Imagen 10. Proyección de RA.

Fuente: RedUsers.com (2016).....35

Imagen 11. Código de barras UPC (izquierda) y Código QR (derecha).

Fuente: Wikipedia.....43

Imagen 12. Estructura de un código QR.

Fuente: Arroyo, Natalia (2011). “Aplicaciones de la web móvil en entornos sanitarios”44

Imagen 13. Marcador (Izquierda) y objeto 3D sobre marcador impreso (derecha).

Fuente: Jacqueline Fabiola (2014) – “RA, análisis y aplicaciones”45

Imagen 14. Reconocimiento de imágenes.

Fuente: Carlos Fernández (2015) - “Lo mejor de la RA”46

Imagen 15. Elementos de geolocalización y posicionamiento.

Fuente: Joaquín Cubillo (2014) – Entornos de aprendizaje RA.47

Imagen 16. Imágenes mostradas por las Google Glass.

Fuente: Gglassday.com (2014).48

Imagen 17. Funcionamiento de las gafas tipo Google Glass.
Fuente: Roberson (2014).49

Imagen 18. Lentes biónicas de RA.
Fuente: Babak A. Parviz (2009) - Augmented Reality in a Contact Lens.49

Imagen 19. Casco Head Mounted Display.
Fuente: C. Griffo & C. Dharmadhikari (2016) – Luminico.com.52

Imagen 20. Head Up Display.
Fuente: Pilot Report: 737-Next Gen HUD (2013) - The Jeat Head Blog. .53

Imagen 21. Trasplante de hígado con la ayuda de RA.
Fuente: Diego Liarte – Applesencia.com (2013).67

Imagen 22. Información visualizada de un corazón en RA.
Fuente: Realidad aumentada - ies l'eliana.68

Imagen 23. Escáner médico con sistema de RA.
Fuente: Wacker, F.K. (2005) - MR image-guided needle biopsies with a combination of augmented reality and MRI: A pilot study.69

Imagen 24. Tareas de mantenimiento a través de RA.
Fuente: Augmented Reality for Maintenance and Repair (ARMAR).70

Imagen 25. Tareas de reparación y mantenimiento a través de RA.
Fuente: Augmented Reality for Maintenance and Repair (ARMAR).71

Imagen 26. Sistema MOON de ayuda al montaje de instalaciones mediante RA.
Fuente: Soluciones avanzadas para la creación de IT de montaje aeronáutico mediante herramientas PLM (2012). 72

Imagen 27. Visualización de punto turístico mediante Layar.
Fuente: Herramientas Promoción Turismo - Nagui Giovanni Campiglia (2012)..... 73

Imagen 28. Líneas virtuales sobre instrucciones de un robot.
Fuente: Courtesy David Drascic and Paul Milgram, U. Toronto. 74

Imagen 29. Visualización de Pokemon Go en RA.
Fuente: Youtube - Pokemon GO España (2016)..... 75

Imagen 30. Visualización de Super Mario Bros en RA mediante HoloLens.
Fuente: Tec.com – Enrique Martínez (2017)..... 76

Imagen 31. Visualización de Snapchat en RA.
Fuente: Youtube - Snapchat (2017). 77

Imagen 32. Visualización de Magic Book en RA.
Fuente: Todoereaders.com – Villamandos (2015)..... 78

Imagen 33. Realidad aumentada aplicada en terapias de aracnofobia (izquierda) y acrofobia (derecha).
Fuente: Psicólogos por ordenador en la Universidad de Zaragoza (2011).
.....79

Imagen 34. Presentación del proyecto de residencias estudiantiles para la University of East Anglia
Fuente: Augment - LSI Architects.....80

Imagen 35. Diseño de interiores mediante RA.
Fuente: Augmented reality Trends.81

Imagen 36. Visualización de instalaciones mediante RA.
Fuente: Building desing construction.....82

Imagen 37. Aplicaciones de realidad aumentada en el mercado actual.
Fuente: Elaboración propia.....83

Imagen 38. Visualización de RA en la app Augment.
Fuente: Augment85

Imagen 39. Visualización de RA en la app Aurasma.
Fuente: Aurasma.86

Imagen 40. Visualización de RA en la app Layar.
Fuente: Lorca Turismo.87

<i>Imagen 41. Visualización de RA en la app Visuartech.</i> <i>Fuente: Realidad aumentada para arquitectura – Segway Publicidad. .88</i>	
<i>Imagen 42. Visualización de RA en la app Scope de Aumentaty.</i> <i>Fuente: Aumentaty.89</i>	
<i>Imagen 43. Visualización de una promoción inmobiliaria a través de RA.</i> <i>Fuente: Herramientas tecnológicas para inmobiliarias - Asesoría inmobiliaria Si Espinosa (2017).....91</i>	
<i>Imagen 44. Realidad aumentada en desarrollos inmobiliarios.</i> <i>Fuente: GannacaJasper (2013).92</i>	
<i>Imagen 45. Interactive Print de la inmobiliaria Solvia.</i> <i>Fuente: Marta Juste – Expansion.com (2015).94</i>	
<i>Imagen 46. Experiencia Kinect de la inmobiliaria Solvia.</i> <i>Fuente: Sabadell Developers (2015).95</i>	
<i>Imagen 47. Tríptico de una promoción inmobiliaria.</i> <i>Fuente: Altos de Ballester – Puntofuga.com97</i>	
<i>Imagen 48. Ejemplo de plano de vivienda plurifamiliar.</i> <i>Fuente: Promotora Alameda House – Premium residencial Valencia (2016).....99</i>	

<i>Imagen 49. Ejemplo de memoria de calidades en promoción inmobiliaria.</i>	
<i>Fuente: Promotora Alameda House – Premium residencial Valencia (2016).....</i>	<i>100</i>
<i>Imagen 50. Maqueta de edificios en Alicante.</i>	
<i>Fuente: Maquetas Atrium.....</i>	<i>102</i>
<i>Imagen 51. Ejemplo de anuncios de viviendas expuestos en inmobiliaria.</i>	
<i>Fuente: Agencias - 20minutos.es (2016).</i>	<i>104</i>
<i>Imagen 52. Visualización de folleto y plano de promoción inmobiliaria mediante realidad aumentada.</i>	
<i>Fuente: Augment.com</i>	<i>105</i>
<i>Imagen 53. Promoción Islas Cíes.</i>	
<i>Fuente: Promotora inmobiliaria Gestilar (2016).</i>	<i>111</i>
<i>Imagen 54. Realidad aumentada de la urbanización Islas Cíes.</i>	
<i>Fuente: Elaboración propia.....</i>	<i>112</i>
<i>Imagen 55. Realidad aumentada en exterior vivienda (izquierda) e interior de vivienda (derecha).</i>	
<i>Fuente: Elaboración propia.....</i>	<i>112</i>

<i>Imagen 56. Promoción Residencial Célere Valdebebas.</i> <i>Fuente: Promotora inmobiliaria Vía Célere (2016).....</i>	<i>113</i>
<i>Imagen 57. RA de la promoción Residencial Célere Valdebebas.</i> <i>Fuente: Elaboración propia.....</i>	<i>114</i>
<i>Imagen 58. Marketing inmobiliario para realidad aumentada.</i> <i>Fuente: Elaboración propia.....</i>	<i>116</i>
<i>Imagen 59. Tríptico para promoción inmobiliaria.</i> <i>Fuente: Elaboración propia.....</i>	<i>117</i>
<i>Imagen 60. Marcador de RA en tríptico para promoción inmobiliaria.</i> <i>Fuente: Elaboración propia.....</i>	<i>118</i>
<i>Imagen 61. Visualización de RA en tríptico para promoción inmobiliaria.</i> <i>Fuente: Elaboración propia.....</i>	<i>119</i>
<i>Imagen 62. Marcador de RA en plano para promoción inmobiliaria.</i> <i>Fuente: Elaboración propia.....</i>	<i>120</i>
<i>Imagen 63. Visualización en RA de vivienda en 3D sobre plano.</i> <i>Fuente: Elaboración propia.....</i>	<i>121</i>
<i>Imagen 64. Tarjeta de visita para promoción inmobiliaria.</i> <i>Fuente: Elaboración propia.....</i>	<i>122</i>

<i>Imagen 65. Marcador de RA en tarjeta de visita para promoción inmobiliaria.</i>	
<i>Fuente: Elaboración propia.....</i>	<i>123</i>
<i>Imagen 66. Visualización de RA en tarjeta de promoción inmobiliaria.</i>	<i>visita para</i>
<i>Fuente: Elaboración propia.....</i>	<i>124</i>
<i>Imagen 67. Detalle constructivo de ficha técnica en RA.</i>	
<i>Fuente: Revista Aluminio y Helmet10 (2014).</i>	<i>127</i>
<i>Imagen 68. Skanska's Office Building en Helsinki visualizado en RA.</i>	
<i>Fuente: AR4BC project (Augmented Reality for Building and Construction) – VTT (2010).</i>	<i>128</i>
<i>Imagen 69. Interfaz del programa Sicura Edificación.</i>	
<i>Fuente: Grupo de Informática Gráfica en Tiempo Real (ARTEC).</i>	<i>132</i>
<i>Imagen 70. Marcadores (izquierda) e instrucciones de visualización (derecha).</i>	
<i>Fuente: Construcción virtual y realidad aumentada. Aplicación en el Grado de Arquitectura Técnica (2015).</i>	<i>133</i>
<i>Imagen 71. Representación de forjado en RA.</i>	
<i>Fuente: Elaboración propia.....</i>	<i>134</i>

Imagen 72. Visualización de detalle a escala real.
Fuente: Construcción virtual y realidad aumentada. Aplicación en el Grado de Arquitectura Técnica (2015).135

Imagen 73. Estructura 3D en movimiento.
Fuente: Construcción virtual y realidad aumentada. Aplicación en el Grado de Arquitectura Técnica (2015).135

Imagen 74. Planos bidimensionales empleados en obra.
*Fuente: Habilidades de la construcción. Revista ARQHYS.com. (2012).
.....136*

Imagen 75. Realidad aumentada con reconocimiento de entorno para la gestión de la edificación.
Fuente: Virtual BIM 2015.....139

Imagen 76. Smart Helmet DAQRI de Trimble.
Fuente: Nueve tendencias de la tecnología geoespacial que podrían definir 2017 - sigsatecnologias.blogspot.com (2017).....141

Imagen 77. Visualización del Smart Helmet DAQRI de Trimble.
Fuente: DAQRI Smart Helmet Case Study: Mortenson and Autodesk – Youtube (2016).142

Imagen 78. Visualización de las Hololens.
Fuente: Microsoft HoloLens: Partner Spotlight with Trimble – Youtube (2015).....144

<i>Imagen 79. Marcador de RA para nudo en estructura metálica.</i>	
<i>Fuente: Elaboración propia.....</i>	<i>147</i>
<i>Imagen 80. Visualización de RA de montaje de detalle constructivo en edificación.</i>	
<i>Fuente: Elaboración propia.....</i>	<i>148</i>
<i>Imagen 81. Marcador de RA para ficha técnica.</i>	
<i>Fuente: Finstral.....</i>	<i>149</i>
<i>Imagen 82. Ficha técnica de ventana Finstral.</i>	
<i>Fuente: Finstral.....</i>	<i>150</i>
<i>Imagen 83. Visualización en RA de ficha técnica.</i>	
<i>Fuente: Elaboración propia.....</i>	<i>151</i>
<i>Imagen 84. Plano con marcadores de detalles constructivos en RA.</i>	
<i>Fuente: Elaboración propia.....</i>	<i>153</i>
<i>Imagen 85. Visualización en RA de detalle constructivo sobre plano.</i>	
<i>Fuente: Elaboración propia.....</i>	<i>154</i>