

# AÑOCERO

Realidad Aumentada en la enseñanza de anteproyectos en la era post-PC

**31 Billones**  
dispositivos conectados / *conectados a internet para 2020*  
**4 Billones personas**

2020

**15 Billones**  
dispositivos conectados

**5 Billones**  
dispositivos conectados

**2 Billones**  
dispositivos conectados

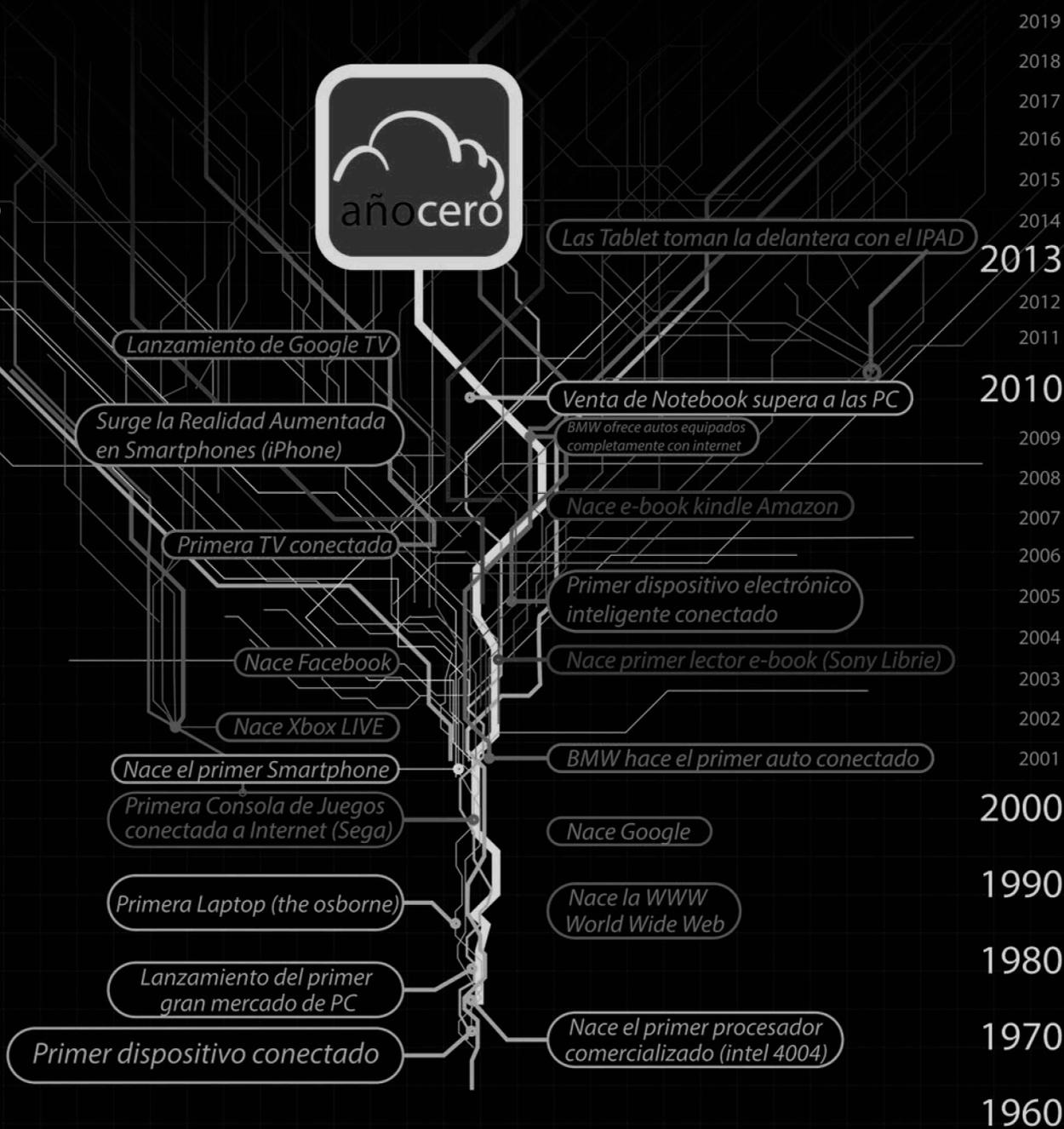
**93,047,705**  
dispositivos conectados

**313.000**  
dispositivos conectados

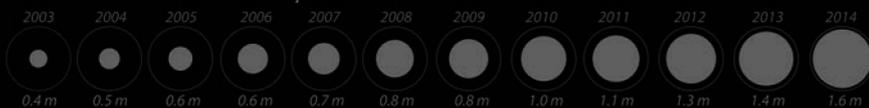
**188**  
dispositivos conectados

**13**  
dispositivos conectados

**0**  
dispositivos conectados



Mas de 1 millón de dispositivos informáticos vendidos cada día



Fuente: [www.intel.com](http://www.intel.com)



**Autor: Arq. RAÚL BUZÓ**  
**Tutor: Arq. MARCELO PAYSSÉ**

# A

## //Resumen de la investigación

En el presente trabajo pretendí abordar el estudio de la aplicación de la Realidad Aumentada en la enseñanza de proyectos dentro de la Facultad de Arquitectura. Para ello, tomé como punto de partida tres conceptos tecnológicos claves de la sociedad actual:

- La Realidad Aumentada;
- La Internet de las Cosas;
- La Computación Ubicua;

En base al estudio, profundización y análisis de estos tres conceptos fundamentales, intenté definir conceptualmente el inicio de la llamada *era post-PC*<sup>1</sup>, y determinar el “año 0” del comienzo de la aplicación de la Realidad Aumentada en la enseñanza de anteproyectos.

Utilicé como campo de análisis un universo acotado y reconocible dentro de la Facultad de Arquitectura, específicamente el *Taller Schelotto*. Éste fue considerado como una muestra representativa de la lógica de taller de la Facultad, y sobre ella trabajé tomándola como medio de experimentación.

En este estudio me propuse investigar las posibilidades de la Realidad Aumentada como medio de expresión y difusión de proyectos en la *era post-PC* y, por consiguiente, el impacto de la misma en las dinámicas del taller y en la metodología de enseñanza. Además de crear una herramienta informática a medida, capaz de contribuir al mejor aprovechamiento de los nuevos medios en la *praxis* de proyecto.

---

<sup>1</sup> Término muy actual que define las nuevas herramientas tecnológicas de uso corriente con acceso a Internet, que en algunos casos complementan y en otros sustituyen la utilización de un PC (*smartphones, tablets, gadgets*).

# B

## //Estrategias y metodología de investigación

El trabajo se desarrolló en tres etapas, claramente diferenciadas, a partir de las cuales se generaron las conclusiones y resultados del estudio.

1. **Investigación y desarrollo conceptual.** En esta etapa indagué, profundicé y reflexioné sobre orígenes, desarrollo y potencialidades de los conceptos referidos en el planteo del proyecto. Es decir, la Realidad Aumentada, la Internet de las Cosas, y la Computación Ubicua, como pilares esenciales de la *era post-PC*.

En esta fase fueron plasmadas las visiones, reflexiones y análisis de los principales autores y exponentes tecnológicos de la actualidad. Busqué una definición académica desde la óptica de la arquitectura; destacando fortalezas, oportunidades, y posibles líneas de acción.

2. **Investigación de campo.** Se desarrolló a partir del estudio e investigación del grado y tipo de inserción de la población estudiantil en el contexto de la Computación Ubicua. Esto implicó la realización de un relevamiento de la cantidad de dispositivos inteligentes existente y la determinación de los estándares comunes de sistemas operativos empleados. A su vez, dependió de la disponibilidad de alumnos y docentes para colaborar con este proyecto.

Una vez establecidos estos parámetros, y sobre todo, una vez determinado el grupo humano, a nivel docente y estudiantil, que sirvió de sustento a la presente investigación, procedí a trabajar (mediante encuestas, entrevistas y otras formas de expresar opinión) sobre los conceptos estudiados en la etapa 1, y su modo de aplicación en la visualización y percepción de proyectos.

3. **Desarrollo de la aplicación.** Una vez concluida la etapa 2, procedí a la planificación, desarrollo y puesta en marcha de la aplicación<sup>2</sup> a generar. La misma, tuvo en cuenta los conceptos investigados y definidos en la fase 1, puesto que fue un producto enteramente surgido “de” y “en” la *era post-PC*. Al mismo tiempo, fue resultado del análisis realizado con los potenciales usuarios en la fase 2.

---

<sup>2</sup> Es un tipo de programa informático diseñado como herramienta para permitir a un usuario realizar uno o diversos tipos de trabajos. Esto lo diferencia principalmente de otros tipos de programas como los sistemas operativos (que hacen funcionar al ordenador), las utilidades (que realizan tareas de mantenimiento o de uso general), y los lenguajes de programación (con el cual se crean los programas informáticos).

La aplicación creada va a estar disponible como herramienta para todos los estudiantes de la Facultad. Podrá ser testada, evaluada y, eventualmente, mejorada, tantas veces como sea posible y necesario.

# C

## //Fundamentación

Los tres conceptos claves arriba expresados; a saber: **Realidad Aumentada**, **Internet de las Cosas** y **Computación Ubicua**; son característicos y definitorios de la cultura tecnológica actual. Y dados los tiempos de la misma, casi podríamos decir, que son conceptos que se forman, crecen y se desarrollan en tiempo real<sup>3</sup>.

**La Realidad Aumentada**, definida sucintamente como la superposición de información digital en 3D sobre la realidad física en forma interactiva y *real-time*, constituye una herramienta de creciente uso en la actualidad, tanto en publicidad, entrenamiento, enseñanza y, flagrantemente, en divulgación de proyectos de arquitectura<sup>4</sup>.

**La Internet de las Cosas**, si bien no es una idea nueva, ya que está definida y planeada desde hace algunos años, se encuentra apenas puesta en marcha. Con el cambio de protocolos de comunicación en red, todo el paradigma de interconexión está cambiando. Este cambio radical, que produce la transición entre el antiguo protocolo IPV4 y el actual IPV6, facilitará la interconexión global de todos los objetos electrónicos del planeta. De este modo, nos acercamos al tercer concepto referido<sup>5</sup>, a saber:

**La Computación Ubicua**<sup>6</sup>, sustentada sobre la Internet de las Cosas, es una concepción que integra la informática y los nuevos medios al entorno de la persona, de manera que éstos no se perciban como objetos diferenciados. Los impulsores de este concepto promueven la integración *persona-entorno*, de manera que la realización de actividades cotidianas que empleen nuevos medios sea integrada, racional y, sobre todo, natural. Este fenómeno es fácilmente perceptible en la multiplicidad de dispositivos en red existentes: una gran variedad de teléfonos móviles inteligentes y/o tabletas, que se comunican con otros dispositivos, a través de puntos de conexión públicos y privados, dentro de la red urbana.

A partir de estos tres conceptos sucintamente definidos, estudié la inserción de la **realidad aumentada** en el entorno del **proyecto de arquitectura**.

---

<sup>3</sup> HALLER, M., BILLINGHURST, M. y THOMAS, B. "Tecnologías Emergentes de la Realidad Aumentada: Interfaces y Diseño". IDEA GROUP, 2006.

<sup>4</sup> AZUMA, R. "A Survey of Augmented Reality". ACM SIGGRAPH, 1997.

<sup>5</sup> FLEISCH, E. "What is the Internet of Things?". Auto ID-Labs. University of Zurich, 2010.

<sup>6</sup> VARKEY, J.P.; POMPILI, D.; WALLS, T. "Erratum to: Human motion recognition using a wireless sensor-based wearable system". Revista "Personal and Ubiquitous computing". Vol. 5. Agosto, 2012.

1// Simulación de AR en facultad de Arquitectura

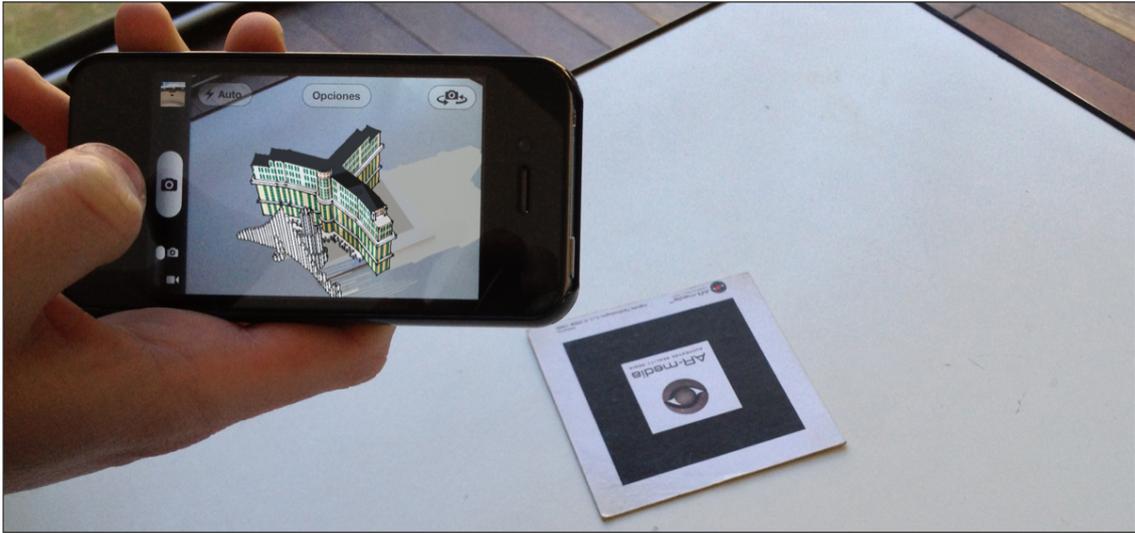


Fig.a. Realidad aumentada en Smartphone.<sup>a</sup>

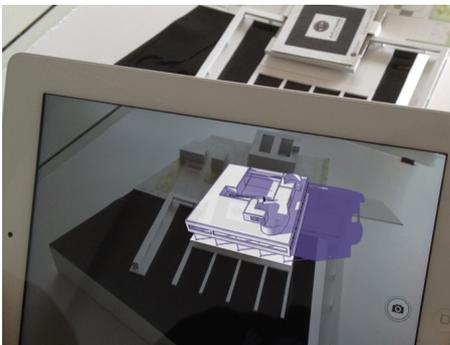


Fig.b. Realidad aumentada en tablets.  
Con entorno previo.<sup>b</sup>



Fig.c. Realidad aumentada en tablets.  
Sin entorno previo.<sup>c</sup>

<sup>a</sup> Imagen de creación propia, basada en fotografías tomadas por el equipo del VidiaLab - Farq.

<sup>b</sup> Imagen de creación propia, basada en fotografías tomadas por el equipo del VidiaLab - Farq.

<sup>c</sup> Imagen de creación propia, basada en fotografías tomadas por el equipo del VidiaLab - Farq.

# D

## //Objetivos generales y específicos

### *Objetivos generales.*

- Contribuir a la reflexión académica sobre el estado del arte de los nuevos medios; y sobre el origen, aplicaciones presentes y alcances futuros de los mismos, en la Sociedad del Conocimiento.
- Generar un impacto de los nuevos medios y las nuevas tecnologías en el desarrollo de las actividades inherentes a la arquitectura; en las áreas de visualización, difusión y percepción de proyectos.
- Propender a la construcción de un marco teórico que contribuya a la inclusión de los nuevos medios y, en particular, de la Realidad Aumentada como un campo más de estudio de la disciplina, en el contexto tecnológico cultural actual.

### *Objetivos específicos.*

- Estudiar las dinámicas de enseñanza de proyecto a través del uso de las nuevas tecnologías y, concretamente, de la Realidad Aumentada en la *era post-PC*.
- Plantear, a partir de las nuevas tecnologías y del uso de los dispositivos electrónicos de interacción de uso frecuente, un escenario de optimización de tiempos y oportunidades de desarrollo proyectual en la dinámica de taller.
- Desarrollar una aplicación a medida, capaz de recoger las demandas de estudiantes y docentes en torno al tema de estudio, que sirva al mismo tiempo como instrumento de visualización de proyectos y como primer paso en dirección de la inserción de la *praxis* del estudiante en el paradigma de la Computación Ubicua.

# E

## //Orígenes

*“Nada es verdad, nada es mentira,  
todo depende del cristal con qué se mira”*

*-William Shakespeare-*

### Décadas del 60' 70' 80'

Todos estos avances en Realidad Aumentada, Internet de las Cosas y Computación Ubicua, no pueden ser considerados como nuevos; surgieron como conceptos, ideas y realidades en el siglo pasado.

En su *proceeding* del SIGRADI 2011 “¿Sueñan las ovejas con androides humanos? Una aproximación a los orígenes cinematográfico-literarios de la Realidad Aumentada”<sup>7</sup>, el arquitecto y docente de la UdelaR, **Fernando García**, escribió: “...Es perfectamente lícito sostener que la Realidad Aumentada, como la mayoría de las invenciones humanas - especialmente las innovaciones tecnológicas recientes- rinde especial tributo a la literatura fantástica y al género cinematográfico del Sci-Fi.” Como sucede en muchos casos, estos conceptos se gestan en el género literario y cinematográfico mucho antes de ser conceptualmente definidos y aceptados por la disciplina. Éste vínculo unilateral que se sucede desde los inicios, se va transformando hasta el punto donde ambas definiciones generan puntos de inflexión.<sup>8</sup> Ciencia ficción creada desde la literatura, y tecnología producida en la realidad, se entremezclan creando una “...relación sinalagmática en la que a veces es la tecnología la que influencia a la ciencia ficción y otras veces se da el camino inverso.”<sup>7</sup>

No fue hasta la década del 60', más precisamente en 1962, donde se puede rastrear uno de estos primeros puntos de inflexión al que refería más arriba. **Morton Heilig**, filósofo, visionario y realizador de cine, considerado años más tarde como el padre de la Realidad Aumentada (desde ahora la llamaremos AR por sus siglas en inglés), crea un simulador de moto multi-sensorial llamado “**Sensorama**” (ver anexo 2). Dicho prototipo, con un aspecto muy similar a una máquina de videojuegos, producía un entorno inmersivo mediante imágenes, sonido estéreo, vibración, viento y algunos olores, que ofrecía recrear el mundo real en un sistema mecánico-virtual. Fue utilizado junto a cinco filmes (creados por el propio Heilig) que producían la sensación de estar montando en bici por las calles de Brooklyn, donde a medida que surgían nuevos objetos o situaciones, la máquina aportaba los correspondientes estímulos

---

<sup>7</sup> GARCIA, F., BARBER, G. “¿Sueñan las ovejas con androides humanos? Una aproximación a los orígenes cinematográfico-literarios de la Realidad Aumentada” SIGRADI, 2011

<sup>8</sup> FERNANDEZ DELGADO, M. “Tecnología y ciencia ficción”, Revista Digital Universitaria, 2007.

sensoriales al usuario. Por falta de apoyo financiero el proyecto se detuvo, manteniéndose siempre como un prototipo.<sup>9</sup>

El nacimiento de la *AR* como tecnología, está muy ligado al nacimiento de la Realidad Virtual<sup>10</sup> (desde ahora la llamaremos *VR* por sus siglas en inglés). No es hasta años más tarde, cuando la capacidad de cómputo lo permite, que ambos conceptos tomarán sus respectivos caminos. En 1966, aún muy pronto para esta disolución, un profesor de Ingeniería Eléctrica de Harvard, **Ivan Sutherland**, con la ayuda de su estudiante Bob Sproull, crea un dispositivo que va a ser clave en el futuro: el **HMD** (ver anexo 3), de sus siglas en inglés *Head Mounted Display*. Este aparato es el primer sistema de *AR*, creado como un dispositivo óptico que permite ver a través de una pantalla montada sobre la cabeza. Era tan grande y pesado que debía colgarse del techo, y los gráficos que hacían al ambiente virtual eran simples modelos de alambres.<sup>11</sup>

Años más tarde, en 1969, un hito importante se produce cuando **Myron Krueger**, presenta la primera versión de "**Videoplace**" (ver anexo 4). Myron, de origen estadounidense, profesión informático, se interesa en explorar una faceta más abstracta y menos pragmática: conectar el arte con la tecnología. *Videoplace* le sirvió para este fin. Consistía en una proyección de imágenes virtuales donde los usuarios que se ponían delante podían interactuar (sin tocar) con objetos virtuales, generando así, en palabras de Krueger: un "espacio sensible". Fue una experiencia donde dos espacios físicos separados podían interactuar sobre un mismo lienzo virtual y así unir dos mundos: el virtual y el real.<sup>12</sup>

En la década del 60', 70' y 80', el aporte desde lo fantástico dado por el género cinematográfico de *Sci-Fi* y la literatura, es tan notable, que es indiscutible la influencia que tuvo sobre mucho de los desarrollos aquí planteados. Series de televisión como *Star Trek* (Gene Roddenberry, 1966-1969), películas como *Terminator* (James Cameron, 1984), *Robocop* (Paul Verhoeven, 1987), son algunos ejemplos que plantean un sin fin de dispositivos o medios tecnológicos innovadores para la época, muchas veces desarrollados varios lustros más tarde, pero que sirvieron como un alimento para el imaginario colectivo de varias generaciones.<sup>13</sup>

---

<sup>9</sup> Sitio web: <http://www.mortonheilig.com> (visitado por última vez el 10 de diciembre del 2014)

<sup>10</sup> La Realidad Virtual es una ciencia basada en el empleo de ordenadores y otros dispositivos, cuyo fin es producir una apariencia de realidad o simulación que permita al usuario tener la sensación de estar presente en ella.

<sup>11</sup> Sutherland, "A-Head Mounted Display Three Dimensional", Actas de la Conferencia Fall Joint Computer, 1968.

<sup>12</sup> LOOMIS, J., GOLLEDGE, R., KLATZKY, R., "Personal guidance system for the visually impaired using GPS, GIS, and VR technologies", Proceedings of Conference on Virtual Reality and Persons with Disabilities, 1993.

<sup>13</sup> GARCIA, F., BARBER, G. "¿Sueñan las ovejas con androides humanos? Una aproximación a los orígenes cinematográfico-literarios de la Realidad Aumentada" SIGRADI, 2011

## Década del 90'

No es hasta la década de los 90' cuando se produce otro de los grandes puntos de inflexión, dado principalmente por el avance que venían gestando los microprocesadores.

**Gordon Moore**<sup>14</sup> (co-fundador de Intel) afirmó en 1965, aún cuando no existían los microprocesadores, que el número de transistores por unidad de superficie en circuitos integrados se duplicaría cada dos años. La década del 90' no fue una excepción. Aquí aparece el primer microprocesador *Intel Pentium* (1993) con una arquitectura capaz de ejecutar dos operaciones a la vez. Nace el *POWER-PC*, el primer procesador de 64bit, el *Intel Pentium PRO* (1995) con más de 5,5 millones de transistores, el *Intel Pentium II* (1997), *Intel Pentium II Xeon* (1998), *Intel Pentium III* (1999). Aparecen los primeros procesadores basados en una arquitectura *AMD x86* (1991), la primera competencia seria hacia Intel. Procesadores como el *AMD K6*, *K7* o el *Athlon K7*, fueron actores más que trascendentes en esta década.<sup>15</sup>

Palabras como *Pentium*, *AMD*, se volvieron tan comunes y corrientes, que llegaron a todo el extracto de la sociedad, saliendo de los círculos académicos, quedando plasmada en todos nosotros hasta nuestros días.

Estos superfluos avances generaron *computadoras de procesamiento más rápido y eficiente*, lo que permitía *técnicas de renderizado*<sup>16</sup> *de gráficos en tiempo real*. Dando el espacio al *desarrollo de sistemas de seguimiento de posición y visión procesada por computador* que, al combinarse, allanaron el camino al desarrollo de aplicaciones que superponen imágenes, modelos 3D, textos y demás elementos digitales sobre el video del mundo real.<sup>17</sup> En otras palabras, la tecnología comenzaba a permitir, en base a su exponencial desarrollo, los inicios de las tecnologías que va a ser realidad la *AR*, como es conocida hoy en día.

En su proceeding: "A Survey of Augmented Reality"<sup>18</sup>, **Ronald Azuma** proporciona una definición ampliamente reconocida por *AR*, enmarcada a través de la relación de tres conceptos claves, a saber: "*Combinación de elementos virtuales y reales, interactividad en*

---

<sup>14</sup> "La complejidad de los componentes se ha multiplicado aproximadamente por 2 cada año. A corto plazo, se puede esperar que esta tasa se mantenga o incluso que aumente. A largo plazo, la tasa de crecimiento es menos predecible, aunque no hay razón para creer que no permanecerá constante por lo menos durante otros 10 años. Es decir, en 1975 el número de componentes en cada circuito integrado de bajo coste será de 65.000. Creo que un circuito tan grande puede construirse en una única oblea de silicio." Sitio Web: [www.intel.com](http://www.intel.com)

<sup>15</sup> Sitio Web: <http://es.wikipedia.org/wiki/Microprocesador> (visitado por última vez el 18 de noviembre del 2014)

<sup>16</sup> Término usado en jerga informática para referirse al proceso de generar una imagen o video mediante el cálculo de iluminación GI partiendo de un modelo en 3D.

<sup>17</sup> BASOGAIN, X., OLABE, M., ESPINOSA, K., ROUËCHE, C., OLABE, J.C. "Realidad Aumentada en la Educación: una tecnología emergente". Bilbao, España. 2011.

<sup>18</sup> AZUMA, R. "A Survey of Augmented Reality". ACM SIGGRAPH, 1997.

*tiempo real e Información almacenada en 3D*". La relación de estos tres conceptos son de vital importancia para el desarrollo de esta tecnología, sin los cuales, los problemas suscitados serían tan serios, que su concreción no tendría *vigencia*.

Es a partir de este entorno, donde esta tecnología AR comienza una lenta salida de los ámbitos experimentales, es disociada de la VR y acuñada (*ver anexo 9*) por primera vez por los investigadores de la Boeing, **Tom Caudell y David Mizell**.

Al mismo tiempo que era bautizada, surge el que está considerado como el primer sistema de AR, llamado **Virtual Fixture**, de mano de **L.B. Rosenberg** (*ver anexo 5*), que trabajaba para la fuerza aérea de Estados Unidos. Es un dispositivo que consiste en dar consejos al usuario sobre cómo poder realizar ciertas tareas a medida que éstas se presentan. Una guía virtual.

En 1992, **Steven Feiner, Blair MacIntyre y Doree Seligmann** desarrollan el primer prototipo importante y más conocido de un sistema de AR, **KARMA**, por sus siglas en inglés: Knowledge-based Augmented Reality for Maintenance Assistance (*ver anexo 6*). Éste consistía en un dispositivo para reparar máquinas complejas, que trabajaba sobreimprimiendo el manual del equipo sobre motores, perillas, etc. Más adelante, dispositivos basados en esta idea, derivaron incluso en el desarrollo de herramientas para visualizar hallazgos arqueológicos.<sup>19</sup>

Un año más tarde, en 1993, **Loomis, Colledge y Klatzky** desarrollan el primer prototipo de un sistema de navegación al aire libre para personas con discapacidad visual. Dicho dispositivo combinaba un GPS portátil y una brújula electrónica. Este sistema da información geográfica y proporciona asistencia a la navegación, mediante una "pantalla acústica virtual".<sup>20</sup>

Para fines de la década, **Hirokazu Kato**, en el 1999, desarrolla **ARToolkit**. Consiste en una biblioteca que permite la creación de aplicaciones de AR. *"...Para ello, utiliza las capacidades de seguimiento de video, con el fin de calcular, en tiempo real, la posición de la cámara y la orientación relativa a la posición de los marcadores físicos. Una vez que la posición de la cámara real se sabe, la cámara virtual se puede colocar en el mismo punto y modelos 3d son sobrepuestos exactamente sobre el marcador real. Así ARToolKit resuelve dos de los principales problemas en la realidad aumentada, el seguimiento de punto de vista y la interacción objeto virtual"*.

---

<sup>19</sup> Sitio Web: <http://monet.cs.columbia.edu/projects/karma/karma.html>  
(Visitado por última vez: 12 de noviembre del 2014)

<sup>20</sup> LOOMIS, J., GOLLEDGE, R., KLATZKY, R., "Personal guidance system for the visually impaired using GPS, GIS, and VR technologies", Proceedings of Conference on Virtual Reality and Persons with Disabilities, 1993.

A partir de este momento el desarrollo de la tecnología crece muy rápidamente. Para fines de los 90' se estaba llegando a los 100 millones de transistores dentro de los microprocesadores, al desarrollo de dispositivos de posicionamiento y seguimiento, innumerables proyectos vinculados a la AR y RV, pero, a pesar de todo, esta tecnología se vió limitada por la falta de un display montado en la cabeza (*Head-Mounted Display*). La problemática de este dispositivo consistía en su alto costo, su excesivo peso y los conflictos de integración de la información virtual dentro del entorno físico, a pesar de los desmesurados avances que se lograron hasta la fecha.

En la actualidad, a pesar de que han sido solucionadas la mayoría de estas dificultades, estos dispositivos aún no son de uso difundido. Igualmente existen innumerables prototipos y dispositivos, como *GoogleGlass*<sup>21</sup> (*Google*), *Morpheus*<sup>22</sup> (*Sony*) (ver anexo 7), entre otros.

### **Década del 2000'**

Para la primera década del siglo XXI, esta tecnología ya no se encontraba en los albores de su desarrollo. Habían pasado más de 40 años desde que vió sus humildes comienzos y estaba llegando a una madurez tanto a nivel de software como de hardware, que le permitió, en los siguientes años, consolidar su presencia como una tecnología con un gran nicho de mercado.

Comenzando la década, en el año 2000, nace el primer juego al aire libre de AR: el **ARQuake** (ver anexo 8). Realizado por *Bruce H. Thomas* en la *Wearable Computer Lab* de la universidad de *South Australia*. Estaba basado en la versión del popular juego **Quake**. Funcionaba mediante un GPS, un portátil y un casco con un apantalla incorporada. De esta forma se podía recorrer, literalmente, por el mundo real, interactuando con enemigos virtuales.<sup>23</sup>

Este hito supuso un empujón final para el mundo comercial y la llegada de inversores, que va a ir permitiendo a lo largo de la década la salida al mercado de innumerables dispositivos y aplicaciones vinculados a la AR.

**Steve Jobs**, CEO y fundador de Apple, durante la presentación del iPhone original (2007) utiliza una frase que fue polémica y generó mucho ruido para ese entonces: "*la era Post-PC ha comenzado*"<sup>24</sup>. Este concepto fue utilizado por primera vez en el 1999 por **Davis Clark**<sup>25</sup>,

---

<sup>21</sup> Sitio Web: <https://www.google.com/glass/start/>

Es un dispositivo de visualización "tipo gafas" de realidad aumentada desarrollado por Google en abril del 2012. Aun se encuentra en fase de prueba.

<sup>22</sup> Sitio Web: <http://hotdigitalnews.com/sonys-project-morpheus-makes-big-bet-on-body-tracking/>

Es un casco de realidad aumentada para al consola de juegos Play Station 4. Aun se encuentra en etapa de desarrollo.

<sup>23</sup> Sitio Web: <http://wearables.unisa.edu.au/projects/arquake/>

<sup>24</sup> El iPhone original fue presentado el 9 de enero del 2007, en California, EEUU. No fue hasta 6 meses después que se puso a la venta.

científico Informático estadounidense, conocido como uno de los líderes de internet desde la década del '70, actualmente docente en la universidad de M.I.T. Él consideraba que la computación iba a ser inevitablemente heterogénea y que viviríamos en un mundo en el que todo sería capaz de conectarse a internet, desde relojes hasta tostadoras. Planteaba el cambio de los hábitos a la hora de consumir y crear contenidos, alegando que nuestras costumbres se trasladarían a utilizar dispositivos más personales y manuales.

Casi una década atrás, **Mark Weiser**<sup>26</sup> en el 1991 describía las bases de una realidad que a causa de los avances de su época, no podían ser consolidados. La esencia de su visión era la creación de entornos repletos de computación y capacidad de comunicación, integrados de forma inapreciable con las personas. Esto se denominó: **Computación Ubicua**. Según el diccionario de la RAE, la ubicuidad es la *“propiedad por la cual una entidad existe o se encuentra en todos los sitios al mismo tiempo.”*<sup>27</sup>

La computación ubicua, sustentada en la **internet de las cosas**, pretende la integración de las nuevas tecnologías en nuestro entorno personal, de una forma muy natural y silenciosa. Permitiendo que los usuarios se concentren en las tareas a realizar, no en las herramientas que deben usar. Unir el mundo real con una representación virtual.

Para fines de esta década, la era *post-PC* es verificada. En el 2010, se pasó de 200 millones de Smartphone (año 2007) a 1200 millones. Las ventas de las PC desaceleraron y llegaron a detener su crecimiento para finales de la década; mientras que las ventas de tablets, phablets y demás dispositivos inteligentes personales se disparaban.<sup>28</sup>

*“Siguiendo la ley de Moore, las previsiones se van cumpliendo, y la capacidad de cómputo de los procesadores avanza rápidamente, además de la capacidad de almacenamiento, el ancho de banda para las comunicaciones, etc. En resumen, cada poco tiempo tenemos dispositivos más baratos, más pequeños y más potentes.”*<sup>29</sup>

Bajo esta realidad, el desarrollo de la AR se enfocó a suprimir el uso del HMD (a causa de los problemas planteados en párrafos anteriores) buscando como alternativas las pantallas de computadora y los dispositivos móviles personales (Smartphone, Tablets) de forma que su uso sea más flexible, eficiente y económico.

Para cuando se pudo concretar la supresión del HDM para presentar los sistemas RV y RA en

---

<sup>25</sup> Sitio Web: [http://en.wikipedia.org/wiki/David\\_D.\\_Clark](http://en.wikipedia.org/wiki/David_D._Clark)

<sup>26</sup> Página personal de Mark Weiser: <http://sandbox.parc.com/weiser/>

<sup>27</sup> BERLANGA, A., “Computación Ubicua”. Centro de Difusión de Tecnologías ETSIT- UPM. 2003.

<sup>28</sup> Sitio Web: <http://www.intel.la/content/www/xl/es/homepage.html>

<sup>29</sup> De LOS SANTOS ARANSAY, A. “Computación Ubicua” Universidad de Vigo, 2009.

pantallas y otros dispositivos personales, se permitió que estas tecnologías encuentren nuevas áreas de aplicación tales como: *museos, entretenimiento, investigación, industria, comunidad artística y en la educación*, entre otros.

Podemos encontrar en el mercado un sinnúmero de aplicaciones, que mediante la utilización de las plataformas planteadas por los smartphones, van a abarcar un abanico muy grande de temáticas. Sólo a modo de ejemplo, voy a plantear algunos casos relevantes con fines educativos:

**RA-DAR** (permite obtener la dirección y distancia de los edificios de la Universidad de la República del Uruguay en Montevideo y su relación de distancia y orientación con el usuario, superpuesto a la información obtenida por la cámara de video incorporada).<sup>30</sup>

**3D compass** (superpone una brújula sobre la filmación que hace la cámara de nuestro entorno).

**Goggles** (búsqueda en Internet de objetos reales, usando su código de barras), **GoogleSkyMap** (enfocando la cámara del móvil en el cielo, el programa puede identificar estrellas, constelaciones, planetas y cuerpos celestes, ofreciéndonos en vivo los datos), **Historypin** (mezcla la historia con la realidad aumentada).

**Junaio** (permite depurar y reemplazar las publicidades existentes en la vía pública por otros contenidos).

**Layar** (utiliza la cámara, GPS, acelerómetro y brújula, para mostrar información contextual).

La lista de aplicaciones es muy extensa, llegando a superar, a finales de 2014, las 600 en la tienda de aplicaciones de Apple (AppStore<sup>31</sup>).

La **AR**, la era **Post-PC**, **Computación Ubicua**, **Internet de las Cosas**, son conceptos que se fueron desarrollando a lo largo de los últimos lustros, pero desfasados temporalmente unos con respecto a los otros.

La particularidad de esta década es el logro de la conjunción de estas diferentes tecnologías con un nivel de madurez tal, que son plausibles de interactuar, potenciando sus posibilidades y capacidades. Es aquí, en esta confluencia, donde determino el “**año cero**”, concebido como el instante donde el avance de la tecnología de la información y comunicación (TIC) y el avance Social hace realidad el comienzo de la implementación de la Realidad Aumentada en la enseñanza.

---

<sup>30</sup> PORTILLO BURGHI, J.P., GARCÍA AMÉN, F. “AR :DAR Regions, Areas, and Directioning in Augmented Reality: un estudio para el móvil Samsung I8000 Omnia II” SIGRADI 2010.

<sup>31</sup> Servicio que le permite a los usuarios de productos Apple buscar y descargar aplicaciones informáticas.

//Anexo de Imágenes de CAPITULO "E"

2// Sensorama

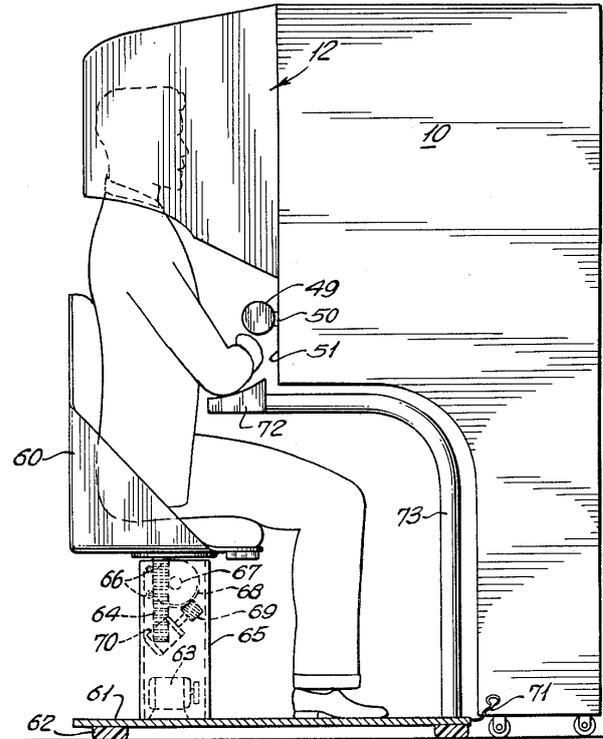


Fig.d. Sensorama, por la Patente de EE.UU. # 3050870. <sup>d</sup>



Fig.e. Usuario haciendo uso del dispositivo. <sup>e</sup>

3// Head Mounted Display



Fig.f. Usuario haciendo uso del dispositivo. Se puede observar el soporte al que se monta del techo. <sup>f</sup>

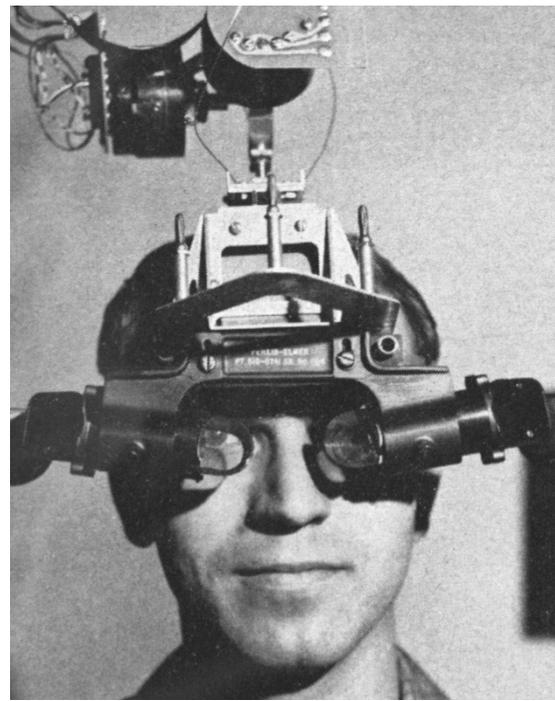


Fig.g. Usuario haciendo uso del dispositivo. Se puede apreciar lo aparatoso del HMD. <sup>g</sup>

<sup>d</sup> Imagen obtenida de: <http://www.mortonheilig.com>

<sup>e</sup> Imagen obtenida de: <http://es.wikipedia.org/wiki/Sensorama>

<sup>f</sup> Imagen obtenida de: <http://kunochan.com/?p=33>

<sup>g</sup> Imagen obtenida de: <http://www.leonardo.info/isast/spec.projects/osthoff/osthoff1.html>

#### 4// Videoplace

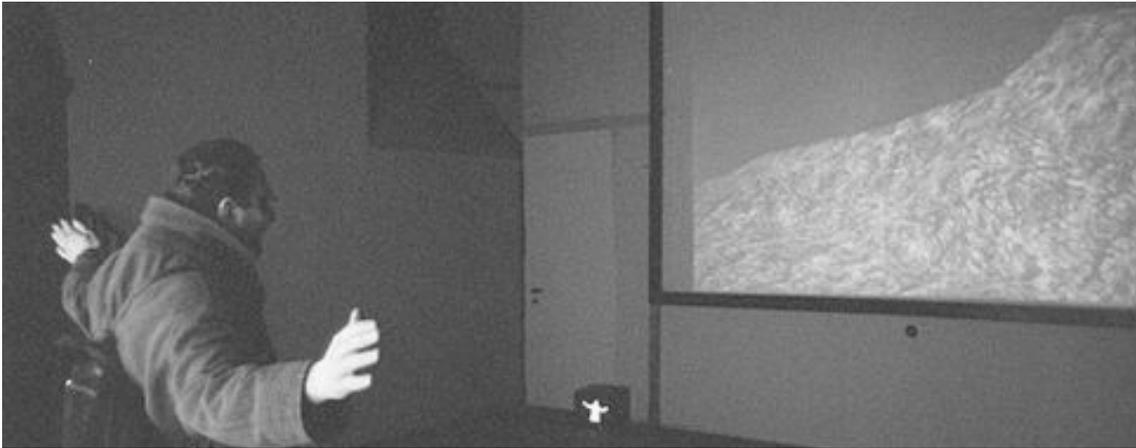


Fig.h. Usuario interactuando con el dispositivo.<sup>h</sup>



Fig.i. Usuario interactuando con el dispositivo.<sup>i</sup>

#### 5// Virtual Fixture



Fig.j. Louis Rosenberg interactuando con el Virtual Fixture.<sup>j</sup>

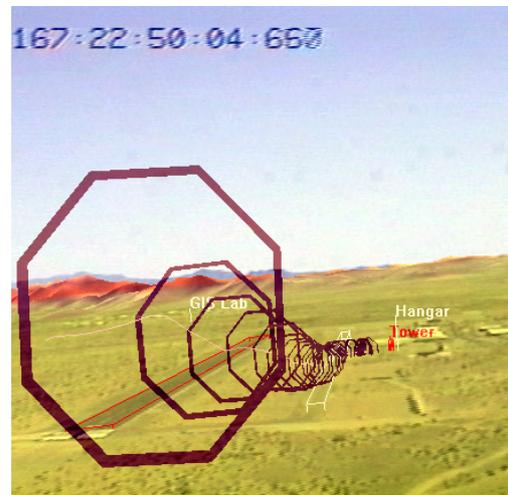


Fig.k. Visión utilizando el HMD.<sup>k</sup>

<sup>h</sup> Imagen obtenida de: <http://people.ucsc.edu/~joahanse/onlineexhibit/videoplace/>

<sup>i</sup> Imagen obtenida de: <http://people.ucsc.edu/~joahanse/onlineexhibit/videoplace/>

<sup>j</sup> Imagen obtenida de: [http://en.wikipedia.org/wiki/Louis\\_B.\\_Rosenberg](http://en.wikipedia.org/wiki/Louis_B._Rosenberg)

<sup>k</sup> Imagen obtenida de: [http://en.wikipedia.org/wiki/Augmented\\_reality](http://en.wikipedia.org/wiki/Augmented_reality)



Fig.l. Usuario interactuando con el dispositivo.<sup>l</sup>

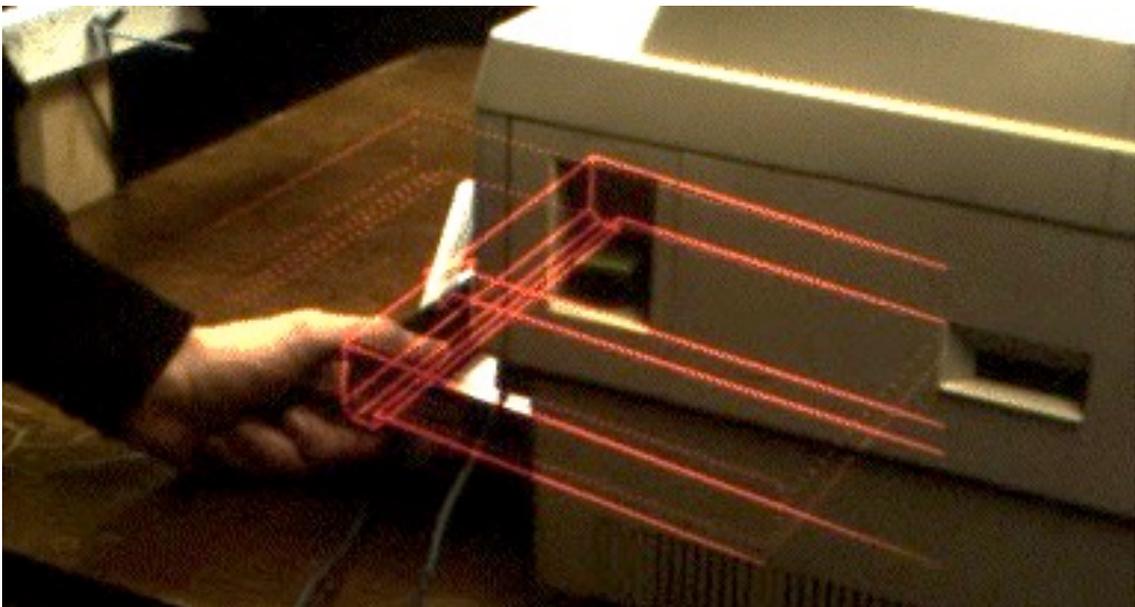


Fig.m. Visión utilizando el HMD.<sup>m</sup>

<sup>l</sup> Imagen obtenida de: <https://www.flickr.com/photos/wikitude/>

<sup>m</sup> Imagen obtenida de: <https://www.flickr.com/photos/wikitude/>

## 7// Google Glass - Morpheus

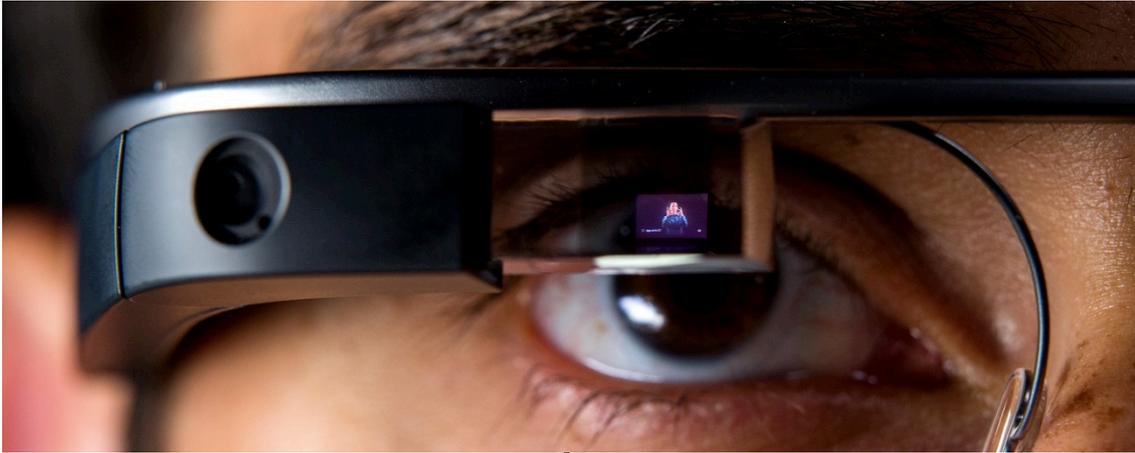


Fig.n. Usuario utilizando con el los "lentes" Googleglass. <sup>n</sup>



Fig.ñ. Usuario usando el casco Morpheus. <sup>ñ</sup>

## 8// ARQuake



Fig.o. Usuario interactuando con el dispositivo. <sup>o</sup>



Fig.p. Visión utilizando el HMD. <sup>p</sup>

<sup>n</sup> Imagen obtenida de: <http://news.byu.edu/archive/14-may-signlglasses.aspx>

<sup>ñ</sup> Imagen obtenida de: <http://www.mediatrends.es/a/6762/realidad-virtual-oculus-rift-project-morpheus/>

<sup>o</sup> Imagen obtenida de: <http://wearables.unisa.edu.au/projects/arquake/>

9// Logo oficial de la AR



Fig.q. Logo oficial de la AR. <sup>q</sup>



Fig.r. Logo oficial de la AR para juegos, películas y videos. <sup>r</sup>

10// Proyecto ARTHUR



Fig.s. Usuario interactuando con el dispositivo. <sup>s</sup>



Fig.t. Usuario interactuando con el dispositivo. <sup>s</sup>

11// Proyecto VISUAR/REALMORE



Fig.u. Usuario interactuando con el dispositivo. <sup>u</sup>



Fig.v. Usuario interactuando con el dispositivo. <sup>v</sup>

<sup>p</sup> Imagen obtenida de: <http://wearables.unisa.edu.au/projects/arquake/>

<sup>r</sup> Imagen obtenida de: <http://aumentada.net/2011/02/ar-plus-el-logo-de-la-realidad-aumentada/>

<sup>q</sup> Imagen obtenida de: <http://aumentada.net/2011/02/ar-plus-el-logo-de-la-realidad-aumentada/>

<sup>s</sup> Imagen obtenida de: <https://www.bartlett.ucl.ac.uk/space-syntax/research/projects/round-table>

<sup>u</sup> Imagen obtenida de: <http://www.visuar.es>

# F

## //Nuevas formas de enseñar

Una vez ubicado el “**año cero**”, vamos a adentrarnos a estudiar la inserción de la **realidad aumentada** en el entorno del **proyecto de arquitectura**.

En este trabajo planteo el estudio de las posibilidades que ofrecen las tecnologías de AR en la sustitución de *modelos físicos por modelos digitales*, dentro del ámbito del taller de arquitectura. Teniendo como objetivo el comprender las dinámicas de enseñanza de proyecto a través del uso de las nuevas tecnologías y plantear, a partir de ellas y del uso de los dispositivos electrónicos de interacción de uso frecuente, un escenario de optimización de tiempos y oportunidades de desarrollo proyectual en la dinámica de taller.

Resulta evidente que el desarrollo e introducción de las denominadas Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC) ha supuesto un desafío a las metodologías docentes. Los nuevos métodos de enseñanza están desplazando paulatinamente a los métodos tradicionales.<sup>32</sup>

Las diferentes aplicaciones multimedia a la hora de presentar el material académico a los estudiantes se sirven de diversos formatos como: *imágenes, videos, textos, animaciones, sonidos*, etc. Estas herramientas complementan los métodos tradicionales, pues los contenidos son presentados de un modo sugerente e interesante para el estudiante. Por lo que, cualquier sistema o método venidero, deberá considerar las tendencias y exigencias actuales de la educación, que está insertada en las nuevas tecnologías.<sup>33</sup>

*“Todos los esfuerzos deben dirigirse hacia un simple propósito, reforzar la capacidad de análisis (discernimiento) de los estudiantes, haciéndoles partícipes de un entorno más colaborativo, a la par que motivador, por medio de mecanismos audiovisuales, ubicuos en sus vidas.”<sup>34</sup>*

En el ámbito de la expresión gráfica, muy probablemente, nos encontremos ante un auténtico

---

<sup>v</sup> Imagen obtenida de: <http://www.realmore.es/realidad-aumentada-para-arquitectura-y-industria/>

<sup>32</sup> BUSTOS GONZALES, A., “Estrategias didácticas para el uso de las TIC’s en la docencia universitaria presencial. Un manual para los ciudadanos del Ágora”, Programa de Mejoramiento de la Calidad y Equidad de la Educación (Programa MECESUP), Gobierno de Chile, 2005.

<sup>33</sup> CARTER, L. “Why students with an apparent aptitude for computer science don't choose to major in computer science”, ACM SIGCSE.

<sup>34</sup> CARRACEDO, J., MARTINEZ, C. “Realidad Aumentada: Una Alternativa Metodológica en la Educación Primaria Nicaragüense”, IEEE-RITA Vol. 7, Núm. 2, May. 2012

cambio de paradigma, dado que estas nuevas herramientas posibilitan el paso desde los mecanismos tradicionales de representación, basados en planta-alzado, a los procedimientos digitales que trabajan en un entorno tridimensional.<sup>35</sup>

Estas nuevas tecnologías emergentes, nos permiten la posibilidad de desarrollar nuevos modos de representación y visualización de la arquitectura, superando las históricas limitaciones (basadas en las posibilidades y medios de reproducción) de las tradicionales formas de comunicación gráfica, buscando una mejor comprensión de la información que se transmite en todas las fases del proceso.

A partir de este estado de situación, y tomando en cuenta la realidad de diversas universidades<sup>36</sup> a nivel internacional, donde en los últimos años han comenzado a explotar nuevos métodos de visualización en relación a la enseñanza<sup>37</sup>, con objeto de enriquecer los actuales programas educativos, la AR aparece como una tecnología prometedora de las existentes hoy en día.

Este tipo de tecnología nos permite cambiar la forma de manipular la realidad, ofreciendo la posibilidad de sustituir los modelos físicos por modelos virtuales con los que podemos interactuar de manera intuitiva.

Las posibilidades de desarrollo ofrecidas por estos sistemas están aún por descubrirse, pero cambiarán el modo de entender la representación gráfica y la gestión de información en el ámbito de la Arquitectura, la Ingeniería y la Edificación.<sup>38</sup>

## // Educación y movilidad

*“Las tecnologías de la información y comunicación (TICs) han venido a revolucionar en muchos aspectos la vida del ser humano y el ámbito educativo no ha sido una excepción. El aprendizaje móvil (mobile learning ó m-learning) es definido como la impartición de educación y formación por medio de dispositivos móviles. Se considera una evolución natural del e-learning o aprendizaje electrónico, diferenciándose de ese en que el uso de la tecnología móvil confiere*

---

<sup>35</sup> FERNÁNDEZ ÁLVAREZ, Á.J. “Seis ideas para una nueva Geometría... ¿Descriptiva?” Revista de Expresión Gráfica en la Edificación EGE. Febrero de 2008, No 5, p. 41.

<sup>36</sup> ROSALES, ., ALDANA, J., ASENJO, R. TRELLES, O. “Adecuación de un modelo de enseñanza superior en modelo de enseñanza virtual”, Primer Congreso Virtual Latinoamericano de Educación a Distancia, 23 de marzo a 4 de abril de 2004.

<sup>37</sup> Cursos de verano de la Universidad Politécnica de Madrid, “Enseñanza y aprendizaje mediado por Internet: Calidad de procesos. Evaluación en entornos virtuales de aprendizaje”, La Granja de San Ildefonso, Julio de 2007.

<sup>38</sup> FERNÁNDEZ ÁLVAREZ, A.J. “De las arquitecturas virtuales a la realidad aumentada: un nuevo paradigma de visualización arquitectónica.” A Coruña, España , 2010.

*flexibilidad al aprendizaje, dado que los estudiantes pueden aprender en cualquier momento y en cualquier lugar.*<sup>39</sup>

El **m-learning** es un concepto nuevo en el ámbito pedagógico. El primer trabajo publicado, en relación a él, data del año 2000, en la revista **Computers & Education**, donde **Mike Sharples**, profesor de tecnologías de la educación en la *Open University* en Reino Unido, examinó el potencial de los nuevos diseños apoyados en tecnologías móviles que permitieran mejorar los programas de aprendizaje permanente y las oportunidades de educación continua para adultos. Sharples es uno de los investigadores más activos en el campo del aprendizaje móvil.<sup>40</sup>

En una encuesta realizado por el **Grupo RADAR**<sup>41</sup>, durante el año 2014 a estudiantes universitarios de grado, posgrado y carreras técnicas, tanto de la Universidad de la República como de universidades privadas del Uruguay, se obtuvieron interesantes resultados acerca del uso que hacen los jóvenes de nuestro país de los dispositivos móviles. Se observó que un 76% de los estudiantes universitarios posee una notebook, un 24% posee una tablet, un 15% una netbook y un 67% un Smartphone. Los porcentajes siempre son más altos entre los estudiantes de las universidades privadas, y muy particularmente en los que respecta a los smartphones: 85% contra 63%.<sup>42</sup>

## //Acerca de la AR

A esta altura de los acontecimientos, estamos en condiciones de ahondar aún mas en una definición de la AR. **Azuma**<sup>43</sup>, autor del que ya hablamos en éste proyecto. En ella plantea que la AR permite al usuario ver el mundo real con objetos virtuales superpuestas o compuestas con el mundo real. Es una mezcla de elementos reales y elementos virtuales añadidos.

Un sistema de AR debe tener las siguientes propiedades:<sup>44</sup>

- \_ Combinar objetos reales y virtuales en un entorno real.
- \_ Ser interactivo y en tiempo real.
- \_ Registrar (alineal/ajustar) los objetos reales y virtuales dentro del entorno en 3D.

---

<sup>39</sup> CARRACEDO, J. MARTINEZ, C., “Realidad Aumentada: Una Alternativa Metodológica en la Educación Primaria Nicaragüense”, IEEE-RITA Vol. 7, Núm. 2, May. 2012.

<sup>40</sup> De la TORRE CANTERO, J., “Entorno de aprendizaje ubicuo con realidad aumentada y tabletas para estimular la comprensión del espacio tridimensional”, Universidad de La Laguna, España.

<sup>41</sup> Empresa uruguaya dedicada a la investigaciones de mercado, de opinión pública y sociales.

<sup>42</sup> Página WEB (día de la ultima consulta: 22 de noviembre del 2014)

[http://prouniversitarios.com/Encuesta\\_Perfil\\_del\\_Estudiante\\_Universitario\\_2014.pdf](http://prouniversitarios.com/Encuesta_Perfil_del_Estudiante_Universitario_2014.pdf)

<sup>43</sup> AZUMA, R.T. “Augmented Reality: Approaches and Technical Challenges”, Fundamentals of Wearable Computers and Augmented Reality, W. Barfield, Th. Caudell (eds.), Mahwah, New Jersey, 2001.

<sup>44</sup> AZUMA, R. T. “Recent Advances in Augmented Reality”. IEEE Computer Graphics and Applications, 2001.

En el 2001, **Woodrow Barfield**, y **Thomas Caudell** definen la AR como “*el término que se usa para definir una visión directa o indirecta de un entorno físico del mundo real, cuyos elementos se combinan con elementos virtuales para la creación de una realidad mixta a tiempo real. Esta es la principal diferencia con la realidad virtual, puesto que no sustituye la realidad física, sino que sobreimprime los datos informáticos al mundo real*”.<sup>45</sup>

**Bimber** define la AR como “*aquellos sistemas que mezclan información virtual de cualquier tipo, desde imágenes 2D, texto o figuras 3D, con un escenario físico real*”.<sup>46</sup>

Las aplicaciones de AR basan todo su trabajo en dos aspectos relevantes, primero se debe reconocer qué se está viendo. Segundo, qué información se debe visualizar como aumento.<sup>47</sup>

La AR no reemplaza la totalidad el mundo real por uno virtual, sino al contrario, mantiene el mundo real que ve el usuario complementándolo con información virtual superpuesta al real. El usuario nunca pierde el contacto con el mundo real que tiene al alcance de su vista y, al mismo tiempo, puede interactuar con la información virtual superpuesta.

Las AR no se limita únicamente a nuestro sentido de la visión (definición no restrictiva). En cambio, puede ser aplicada potencialmente a todos nuestro sentidos: incluyendo el oído, el tacto y el olfato.

Existen casos donde la AR requiere que ciertos objetos sean escondidos de la realidad, para ser sustituidos por los modelos sintéticos. Esta práctica se denomina Realidad Disminuida o Mediada (por sus siglas en Ingles: *Mediated and Diminished Reality*).

*“Las aplicaciones de RA definen entornos tridimensionales de realidad mixta o híbrida que suplementan nuestro mundo visual. Existe una correspondencia directa entre lo real y lo virtual en términos de escala, proporción, proximidad, punto de vista, profundidad, etc., lo que permite al usuario en algunas aplicaciones experimentar el espacio a escala natural.”*<sup>48</sup>

---

<sup>45</sup> W. BARFIELD, y T. CAUDELL, eds. “Fundamentos de Informática usable y Realidad Aumentada”. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum, 2001.

<sup>46</sup> BIMBER O., RAKAR R., “Spatial Augmented Reality. Merging Real and Virtual Worlds”, 2005.

<sup>47</sup> LÓPEZ H. “Análisis y Desarrollo de sistemas de realidad aumentada”. Master Thesis. Universidad Complutense de Madrid, 2009.

<sup>48</sup> FERNÁNDEZ ÁLVAREZ, Ángel José “De las arquitecturas virtuales a la realidad aumentada: un nuevo paradigma de visualización arquitectónica.” A Coruña, España , 2010.

## // Nuevas formas de ver Arquitectura. Ejemplos de aplicaciones de AR.

En la actualidad tanto universidades, como promotores privados, están desarrollando aplicaciones de AR vinculadas a la arquitectura.

A modo de ejemplo, se citarán los casos más notorios al día de hoy:

Proyecto **ARTHUR**<sup>49</sup> (ver anexo 10), por sus siglas en inglés: Augmented Round Table for Architecture and Urban Planning, desarrollado en la Bartlett School of Architecture para la comunicación de las ideas de diseño de forma efectiva y en tres dimensiones. Se trata de un entorno digital que los investigadores utilizan para visualizar sus intervenciones en el diseño. ARTHUR sitúa los modelos generados por ordenador dentro de su contexto urbano. Los usuarios del sistema deben utilizar dispositivos HMD (Head Mounted Display) que registran (tracking) la posición y orientación del usuario y proyectan el modelo digital en correspondencia con la posición de visualización correspondiente. Los diseñadores pueden manipular la geometría del modelo y evaluar el comportamiento de los cambios realizados en tiempo real.

Proyecto **VISUARQ**<sup>50</sup> (ver anexo 10), *Realidad Aumentada aplicada a Proyectos de Edificación y Promoción*, desarrollado por VISUAR España. Se trata de una herramienta para presentación de proyectos de edificación y promoción de obras. Esta aplicación de AR permite mostrar proyectos terminados haciendo que el usuario se sitúe en la escena real e imagine exactamente como será su futuro emprendimiento, e incluso podrá hacer reformas de los espacios en tiempo real. La aplicación se desarrolla en un Smartphone Tablet, haciendo uso del GPS, cámara, acelerómetro, brújula y pantalla táctil.

Existen además otros proyectos como **REALMORE**<sup>51</sup>, desarrollada por *Equent Media Group*, Proyecto **Doing3D**<sup>52</sup>, que presentan características muy similares. Son desarrollos que se basan en mostrar modelos en 3D sobre marcadores en el mundo real.

Ambos tienen en común la visualización de objetos en 3D en entornos reales y su condición de ser aplicaciones “cerradas” (**software de propietario**<sup>53</sup>). Este término ha sido creado para

---

<sup>49</sup> Sitio Web: <https://iris.ucl.ac.uk/iris/browse/researchActivity/5205>

<sup>50</sup> Sitio Web: [http://www.visuar.es/realidad\\_aumentada\\_arquitectura\\_visuar.html](http://www.visuar.es/realidad_aumentada_arquitectura_visuar.html)

<sup>51</sup> Sitio Web: <http://www.realmore.es/realidad-aumentada-para-arquitectura-y-industria/>

<sup>52</sup> Sitio Web: <http://doing3d.com>

<sup>53</sup> Para la Fundación para el Software Libre (FSF), este concepto se aplica a cualquier programa informático que no es libre o que sólo lo es parcialmente (semilibre), sea porque su uso, redistribución o modificación está prohibida, o sea porque requiere permiso expreso del titular del software.

designar al antónimo del concepto de software libre<sup>54</sup>. Quiere decir que su desarrollo se encuentra cerrado en la empresa o universidad donde se desarrolla, sea porque su uso, redistribución o modificación está prohibida, o sea porque requiere permiso expreso del titular del software.

El software libre se refiere a la seguridad de los usuarios para ejecutar, copiar, distribuir y estudiar el software, e incluso modificarlo y distribuirlo modificado.

La idea del código abierto<sup>55</sup> se centra en la premisa de que al compartir el código, el programa resultante tiende a ser de calidad superior al software propietario. Por otro lado, el software libre tiene tendencias filosóficas e incluso morales: el software propietario, al no poder compartirse, es "antiético", dado que prohibir compartir entre seres humanos va en contra del sentido común.

Bajo estos principios, y desarrollando una aplicación desde la Universidad de la República, donde los principios de ésta se relacionan con el software libre, dicha aplicación, generada a partir de la investigación de este proyecto, va a presentar todas las características que refieren a cumplir ese propósito.

### **//De la AR a la Arquitectura**

*“El arquitecto ha necesitado siempre de un sistema metafórico para expresar las ideas. El sistema tradicional consistió en un trabajo de traducción permanente entre la “maqueta mental”, la idea tridimensional en el cerebro, y su representación en el exterior, el papel.”<sup>56</sup>*

La complejidad del método tradicional radica en la traducción entre dos mundos tan distantes: el mental y el de la técnica proyectiva. Sumando los valores culturales asociados, posicionamiento éticos, cultura analítica formal, historia de la arquitectura, teoría de la proyectación, etc.

*“Esta distancia psicológica es la que seguramente condujo a establecer que la sinergia creativa*

---

<sup>54</sup> Esta denominación (free software en inglés) a veces se confunde con «gratis» por la ambigüedad del término free en el idioma inglés, por lo que también se usa libre software. Es la denominación del software que respeta la libertad de todos los usuarios que adquirieron el producto y, por tanto, una vez obtenido el mismo, puede ser usado, copiado, estudiado, modificado, y redistribuido libremente de varias formas.

<sup>55</sup> Es la expresión con la que se conoce al software distribuido y desarrollado libremente. Se focaliza más en los beneficios prácticos (acceso al código fuente) que en cuestiones éticas o de libertad que tanto se destacan en el software libre.

<sup>56</sup> PLETINCKX, D.; SILBERMAN, N.; CALLEBAUT, D. Heritage presentation through interactive storytelling: a new multimedia database approach. The Journal of Visualization and Computer Animation, n. 14, 2003.

*es proporcional al número de migraciones que hagamos entre los medios”, o lo que es lo mismo: cuanto más nos movamos entre el papel, los modelos CAD y la Realidad Aumentada, mejor. El hecho de traer la idea desde el papel, o desde el ordenador a nuestro mundo, estimula la creatividad.”<sup>57</sup>*

A. RUIZ, C. URDIALES, J.A. FERNÁNDEZ-RUIZ y F. SANDOVAL en su publicación *“Arquitectónica Asistida mediante Realidad Aumentada”<sup>58</sup>*, nos plantea acerca de la motivación que tienen los arquitectos de no utilizar con más frecuencia las maquetas físicas en la fases iniciales del proceso creativo. Nos dicen que una motivación puede existir entre la asincronía existente entre la velocidad que requiere la ideación y su expresión en forma de maqueta física. *“Pero no sólo sería perentorio desarrollar una maqueta conceptual inicial, sino muchas de ellas; tantas como ideas nuevas se produjesen, algo que es inviable, en consecuencia, los arquitectos se ven obligados a trabajar a través de croquis que son representados a través de proyecciones planas. Una solución parcial a este problema lo han aportado los entornos CAD. Sin embargo adolecen del defecto de que se trata de otro modo de proyección plana.”*

Frente a este dilema, la AR se plantea como una solución al problema de la realización de las maquetas físicas, pues la observación de una maqueta sintética sobre un entorno real potencia la creatividad al igual que lo haría una maqueta real.

Los resultados arquitectónicos se pueden relacionar con la medios que utilizamos. De tal forma, esta nueva metodología de trabajo puede retar a las herramientas tradicionales y, por lo tanto, ser propensa de desarrollar una arquitectura nueva y diferente.

## **// Hacia adelante**

A partir de este momento, una vez concluido el trabajo previo de investigación en lo que refiere al universo de la AR, el trabajo se va a enfocar en dos puntos planteados al inicio de este proyecto: **Investigación de campo** (en la dinámica del taller Schelotto donde se va a desarrollar el trabajo) y el **Desarrollo de la aplicación**.

---

<sup>57</sup> ALONSO, N.; BALAGUER, A.; BORI, S.; FERRÉ, G.; JUNYENT, E.; LAFUENTE, A.; LÓPEZ, J. B.; LORÉS, J.; MUÑOZ, D.; SENDÍN, M.; TARTERA, E. “Análisis de escenarios de futuro en realidad aumentada. Aplicación al yacimiento arqueológico de Els Vilars.”, Salamanca, 16-18 mayo 2001, Salamanca: Universidad de Salamanca, 2001, pp. 357-368.

<sup>58</sup> RUIZ, A., URDIALES, C., FERNÁNDEZ-RUIZ, J.A., SANDOVAL, F. “Arquitectónica Asistida mediante Realidad Aumentada”. Dpto. Tecnología Electrónica, ETSI Telecomunicación Univ. Málaga, Campus de Teatinos-Málaga .

# G

## // Investigación de campo

Una vez concluidas las etapas de investigación y desarrollo conceptual, el presente proyecto se enfocó en el **trabajo de campo y desarrollo de la aplicación**.

Como lo he comentado al inicio de este trabajo, utilicé como campo de análisis un universo acotado y reconocible dentro de la Facultad de Arquitectura, que fue específicamente el *Taller Schelotto*. Éste se consideró como una muestra representativa de la lógica de taller de la Facultad, y sobre ella trabajé tomándola como medio de experimentación.

A la hora de optar por un curso específico, sobre el cual trabajar, dentro del *taller Schelotto*, hubo varios factores que me hicieron decantar la elección hacia el curso de **Anteproyecto de Arquitectura I** (en la mañana y la tarde). Primero, en líneas generales, los alumnos de cursos iniciales tienden a ser más receptivos frente a ideas que escapan de la lógica curricular de un curso. Segundo, varios de los estudiantes inscriptos en el curso habían formado parte del seminario inicial del cual yo fui docente, por lo que ya conocía a muchos de ellos. Tercero, el equipo docente está formado por arquitectos Jóvenes (en su mayoría): *Laura Vizconde, Hernando Villariño, Enrique Neirotti, Diego Irrazabal, Simone Cammilletti, Inés Rovira, Joaquín López, Leonardo Geicher, Nadia Ostraujov*; y con varios de ellos había trabajado en años anteriores.

Una vez determinado el grupo humano, a nivel docente y estudiantil, que sirvió de sustento a la presente investigación, procedí a trabajar (*mediante encuestas, entrevistas y otras formas de expresar opinión*) sobre los conceptos estudiados en la etapa 1 (investigación y desarrollo conceptual), y su modo de aplicación en la visualización y percepción de proyectos.

## // Planificación

En la etapa de investigación de campo (etapa 2 según mi cronograma de actividades), en los meses previos al inicio del curso (segundo semestre del 2015) me dediqué principalmente a dos tareas.

Primero, coordiné una serie de reuniones (*ver imagen w*) con los docentes del curso de Ante I (*Laura Vizconde, Hernando Villariño, Diego Irrazabal, Joaquín López y Simone Cammilletti*). El fin de dichas encuentros fue ilustrar los alcances del proyecto y cuál era mi expectativa acerca de los resultados esperados. De esta manera buscaba una buena logística a la hora de trabajar

con estudiantes en un curso que en sí mismo ya es muy exigente, y donde yo les agregaba una nueva dificultad: incluir mi proyecto de investigación.

Concretamos una serie de actividades en las que yo iba a participar:

\_Charlas y exposiciones donde intentaría ayudar a los estudiantes en la utilización de la aplicación de realidad aumentada en la que estaba trabajando.

\_Asistencia a los estudiantes y docentes en el correcto armado de los modelos virtuales (los cuales posteriormente se utilizarían para la realidad aumentada).

\_Ayudar en la realización y armado de las maquetas físicas del entorno en el que estuvieran trabajando (mediante fabricación digital).

Se necesita de un soporte físico sobre el cual situar la maqueta tanto real como virtual. Este soporte físico donde introducimos el marcador nos dará la clave para conocer hacia dónde está mirando el usuario. Más adelante ahondaré sobre este tema.

Segundo, el desarrollo de una plataforma de comunicación entre los estudiantes, docentes y demás interesados en el proyecto.

### **/ Desarrollo de la Web**

Dicha plataforma fue desarrollada como un *sitio web*. Un gran espacio documental organizado. Un lugar conformado por muchas páginas web con cometidos diferentes, pero respondiendo a una lógica común: el proyecto de investigación en curso.

Las diferentes páginas dentro del sitio están conformadas por: *dispositivos de comunicación; repositorio de archivos, aplicaciones, manuales, encuestas, materiales*, etc. Es un lugar de intercambio, de colaboración y de comunicación.

El sitio web se introduce dentro de la llamada web 2.0. *“El término Web 2.0 comprende aquellos sitios web que facilitan el compartir información, la interoperabilidad, el diseño centrado en el usuario y la colaboración en la World Wide Web. Un sitio Web 2.0 permite a los usuarios interactuar y colaborar entre sí como creadores de contenido generado por usuarios en una comunidad virtual”*.<sup>59</sup>

Inicialmente pensé montar el sitio directamente en los servidores de la facultad. Dicho proceso traía aparejado muchos inconvenientes burocráticos.<sup>60</sup> Para evitar retrasos compré un Hosting<sup>60</sup> propio en el cual monté el sitio web<sup>61</sup>. A pesar de pensar el proyecto de investigación como una actividad dirigida hacia toda la facultad y como un proceso a continuar, a la hora de determinar el nombre del sitio, me pareció más conveniente que existiera una alusión al lugar

---

<sup>59</sup> [https://es.wikipedia.org/wiki/Web\\_2.0](https://es.wikipedia.org/wiki/Web_2.0)

<sup>60</sup> El alojamiento web (en inglés: web hosting) es el servicio que provee a los usuarios de Internet un sistema para poder almacenar información, imágenes, vídeo, o cualquier contenido accesible vía web.

<sup>61</sup> Es una colección de páginas de internet relacionadas y comunes a un dominio de Internet o subdominio en la World Wide Web en Internet.

donde me encontraría desarrollando el trabajo. De tal manera, el sitio se nombró: [www.schelotto-ar.com](http://www.schelotto-ar.com). Las siglas “ar” refieren al termino aumentaty reality (realidad aumentada en inglés). De esta forma creí que podía existir un mayor vínculo de los estudiantes con el trabajo, pues estaría dirigido específicamente a ellos, y no a toda la comunidad de la Facultad o el Taller.

Tanto el sitio de la facultad de arquitectura, como el sitio desarrollado para este proyecto, están montados en un gestor de contenidos que se llama Wordpress<sup>62</sup>. Esto facilitaría la mudanza del sitio hacia los servidores de facultad. La migración de la base de datos<sup>63</sup> se podría realizar sin ningún problema de compatibilidad y estar operativa dentro del sitio de [www.farq.edu.uy](http://www.farq.edu.uy). Pero por ahora trabaja como un sitio independiente.

Tanto el sitio web como el Hosting donde éste se aloja, estarían operativos durante un año. Es tiempo suficiente para el desarrollo del trabajo de campo con los estudiantes de *Ante I*, y para luego migrar los datos al sitio de facultad y que todo lo aprendido en esta experiencia esté disponible directamente en la web de la facultad (previa gestión).

## // Contenido del sitio Web

**El sitio web debe ser considerado parte fundamental del proyecto de investigación.**

Él contiene los diferentes sectores que conforman el proyecto: la **aplicación de realidad aumentada** que he realizado para poder ser usada por los estudiantes y docentes, un gestor de archivos (modelos subidos por los estudiantes), una librería de materiales, manuales, un resumen de la publicación, información de los participantes del proyecto, un sector de encuestas, bibliografía y un apartado de contactos. (*ver imagen x*)

Al contenido del sitio lo podemos dividir en dos grandes sectores. Primero, el involucrado a la aplicación de realidad aumentada. Segundo, el referente a información general del proyecto de investigación.

### **1/ WEB, contenidos relacionados con la Realidad Aumentada**

Uno de los pilares fundamentales del proyecto de investigación es el referido a la **aplicación de realidad aumentada**. Pero dicha aplicación por sí misma no permitiría cumplir con los cometidos planteados como premisa del proyecto. Por ello se hizo necesario generar una plataforma de intercambio. Dicha plataforma fue el sitio web.

---

<sup>62</sup> Es un sistema de gestión de contenidos o CMS (por sus siglas en inglés, Content Management System) enfocado a la creación de cualquier tipo de sitio, aunque ha alcanzado una gran relevancia usado para la creación de blogs (páginas web con una estructura cronológica que se actualiza regularmente).

<sup>63</sup> Se le llama base de datos a los bancos de información que contienen datos relativos a diversas temáticas y categorizados de distinta manera, pero que comparten entre sí algún tipo de vínculo o relación que busca ordenarlos y clasificarlos en conjunto.

Era necesario contar con un repositorio de archivos<sup>64</sup>. Un lugar donde subir los modelos en tres dimensiones para luego ser cargados a la aplicación. Además, dicho repositorio serviría como un historial de modelos 3d (en este caso de los estudiantes de *Ante I*), para que otros estudiantes (del resto de la facultad o de la universidad) pudieran acceder libremente a ellos. Y también para que los docentes tuvieran en un lugar centralizado los avances digitales de sus estudiantes, pudiendo acceder en cualquier momento y lugar.

Cabe aclarar que todas las herramientas utilizadas para el desarrollo del sitio, la aplicación, los contenidos, etc., fue realizado con software gratuito<sup>65</sup>, y en los casos en que fue permitido, también libre<sup>66</sup>.

Los estudiantes, una vez que tenían el modelo 3d de sus proyectos, accedían al sitio de *schelotto-ar* y podían subirlo al repositorio. Luego, desde la aplicación desarrollada para el proyecto, accedían desde el dispositivo inteligente y obtenían su modelo. De esta manera cerraba el círculo. El sitio se comportaba como una plataforma gestora de contenidos. No necesitaba contar con ningún gestor externo. Todo lo hacía desde un único servidor y desde un único lugar. Siendo más cómodo (y seguro) para los estudiantes, docentes y para mí en particular. En los capítulos posteriores seguiré profundizando este tema. (*ver imagen y*)

### **/Encuestas y reuniones**

Una vez comenzados los cursos, y previamente al desarrollo de la aplicación, se hizo importante obtener un estado de situación acerca de la vinculación de los estudiantes con los nuevos medios. Factor indispensable para el desarrollo de la propuesta.

Aprovechando el desarrollo del sitio web, me pareció oportuno incorporar un apartado en el cual desarrollar una encuesta.

Dicho formulario intentaría obtener una lectura aproximada de la incorporación de los dispositivos inteligentes en la vida de los estudiantes. No sólo saber si contaban con una Tablet o Smartphone, sino saber qué conocimientos tenían acerca de los mismos y para qué los utilizaban. La idea consistió en formular preguntas sencillas que proporcionaran un acercamiento al tipo de usuarios hacia quienes estaría dirigida la aplicación, para considerarlo luego a la hora de programar.

---

<sup>64</sup> Un repositorio, depósito o archivo es un sitio centralizado donde se almacena y mantiene información digital, habitualmente bases de datos o archivos informáticos.

<sup>65</sup> Define un tipo de software que se distribuye sin costo, disponible para su uso y por tiempo ilimitado,

<sup>66</sup> Refiere a el conjunto de software que por elección manifiesta de su autor, puede ser copiado, estudiado, modificado, utilizado libremente con cualquier fin y redistribuido con o sin cambios o mejoras.

Accediendo al sitio ([www.schelotto-ar.com](http://www.schelotto-ar.com)), y dando un *click* en la pestaña "Inicio" – "Encuestas" (<http://schelotto-ar.com/encuestas/>), se puede acceder a los resultados de la misma. Los resultados pueden ser visualizados por todos.

**Se formularon un total de 6 preguntas:** *(ver imagen z)*

1\_ *¿Tenés un SmartPhone o Tablet?*

2\_ *¿Qué sistema operativo utilizás?*

3\_ *¿Utilizás tu dispositivo para otras funciones además de comunicarte (mensajes, facebook, whatsapp, etc)?*

4\_ *Si tu anterior respuesta fue "Si", ¿Cuáles de estas categorías de apps utilizás más?*

5\_ *¿Tenés alguna app de Realidad Aumentada instalada?*

6\_ *¿Estarías dispuesto a utilizar una aplicación de realidad aumentada para tus trabajos en Taller?*

Al día 25 de noviembre, se encuestaron un total de 26 alumnos.

Como resultado primario de las encuestas, se obtuvo que el 88% del número total de encuestados tiene un Smartphone o Tablet y sólo el 6% no tiene ni tuvo uno. Este dato reafirma uno de los puntos en los cuales se basó el proyecto de investigación, que es la gran inserción de los dispositivos inteligentes.

La mayoría utiliza sistema operativo Android (56%), mientras que el segundo sistema operativo más utilizado es iOS (25%). Este dato es muy importante, ya que permite saber para qué sistema es más pertinente, por un tema de inclusividad, desarrollar la aplicación. Frente a la multiplicidad de dispositivos, plataformas, marcas, tamaños, etc.; es muy difícil para un no programador poder desarrollar para todo el universo existente. De esta manera se hace indispensable elegir la opción más utilizada efectivamente por el núcleo de estudiantes.

El 87% de los estudiantes del curso de *Ante I* utilizan su dispositivo inteligente para otras funciones además de las típicas de un teléfono (llamar, mensajear). Esto indica que los teléfonos no sólo se usan como medio de comunicación interpersonal. La mayoría, un 31%, lo utiliza para escuchar música, un 23% para juegos, un 15% para sacar fotos, etc.

Frente a la pregunta acerca de si tienen una aplicación de realidad aumentada instalada, el 67% de los encuestados contestó que no sabía. Esto indica que la mayoría no tiene conocimientos de a qué nos referimos cuando hablamos de realidad aumentada. Sólo el 27% contestó que no tenía ninguna instalada.

Del total de encuestados, el 100% estaba dispuesto a instalar una aplicación de realidad aumentada para sus trabajos de taller. Esto señala la predisposición de los estudiantes para incorporar aspectos nuevos a la hora de aprender. Base necesaria para poder incorporar mi aplicación.

Esta no fue la única encuesta desarrollada. Más adelante en el capítulo de las conclusiones voy a hablar acerca de una encuesta final que les hice a los estudiantes con el fin de cuantificar la experiencia del trabajo durante el semestre.

Complementariamente a las encuestas, a lo largo del semestre fui realizando reuniones individuales con los estudiantes, para poder entender de primera mano cómo se relacionaban con este nuevo medio de representación.

De dichas reuniones surgieron dos temas importantes. Primero, la generación de modelos más eficientes. Un tema fundamental a tener en cuenta en la generación de una aplicación de realidad aumentada es el modelo 3d que se muestra. Como lo comenté a lo largo de este proyecto, **Azuma** planteaba que unos de los puntos a tener en cuenta para el desarrollo de este tipo de aplicaciones era compatibilizar los mundos virtual y real a partir de sus coordenadas. La coexistencia de los dos mundos, el real y virtual, requiere de un **adecuado** alineamiento de los objetos virtuales en el mundo real. Cualquier error, por más pequeño, es muy fácil de detectar por el usuario. Si utilizamos un modelo 3d que sea muy “pesado” en Mb<sup>67</sup>, ese error es muy posible de percibir. Por tal motivo, en el desarrollo del sitio web, puse como restricción que los modelos subidos no pesaran más de 64Mb (cuando alguien intenta subir más de esa cantidad de información límite, el sitio le avisa que no se pueden exceder los 64Mb). Es probable que un Smartphone de última generación pueda “mover” esa cantidad de Mb, pero hay que considerar el uso de Smartphones menos potentes. Existen muchos trucos a la hora de generar un modelos 3d más liviano, por ejemplo: no colocar demasiada vegetación, no colocar bloques muy detallados (con muchas cantidades de caras), trabajar en las unidades correctas (milímetros, metros), etc. Un error muy común cometido por los estudiantes es colocar en un modelo a escala 1\_100 un nivel de detalle de los elementos interiores para una escala 1\_1. Esto hace los modelos muy pesados y, por la escala a las que los mira, esos detalles resultan inapreciables.

El segundo tema que surgía en las reuniones eran dudas sobre el uso de la aplicación. En los siguientes títulos voy a explicar el desarrollo de la misma.

### **/Apartado Descargas**

Otro de los aspectos importantes en los contenidos relacionados con la Realidad Aumentada del sitio Web responde al apartado **descargas**. En dicha página coloqué, por un lado, los manuales del uso de la aplicación, las charlas realizadas, un listado de los marcadores<sup>68</sup> a

---

<sup>67</sup> El megabit1 (Mbit o Mb) es una unidad de medida de información muy utilizada en las transmisiones de datos de forma telemática.

<sup>68</sup> Imágenes en blanco y negro, cuadrangulares y con dibujos esquemáticos. Utilizadas habitualmente para el reconocimiento de patrones 2D. La forma más avanzada de este nivel también permite el reconocimiento de objetos 3D.

utilizar, y lo más importante: la aplicación de realidad aumentada que utilizamos durante el semestre. Por otro lado coloqué un listado con todos los modelos subidos por los estudiantes al sitio. De esta manera, una vez que los modelos eran subidos al sitio, desde sus dispositivos inteligentes ingresaban al apartado “descargas” y obtenían su modelo.

## **2/ WEB, información general del proyecto de investigación.**

El sitio web, además de la información relacionada estrictamente con lo referido a la aplicación de realidad aumentada, presenta una serie de páginas que determinan el contexto del proyecto.

En ella encontramos un apartado referido a la **PUBLICACION**. Fue donde se ubicó el resumen de la investigación. Dicha publicación se encuentra a disposición para descargar y ser utilizada como referencia para futuros trabajos e investigaciones. *(ver imagen aa)*

Otra de las pestañas refiere a un **RESUMEN** del proyecto de investigación, donde se plantean los objetivos generales y específicos y se cuenta, en pocas palabras, de qué se trata el proyecto.

Se agregó además un sector de **BIBLIOGRAFÍA**, donde se citan las fuentes consultadas para el presente trabajo.

Además de un sector para los **Curriculum Vitae** (CV), donde se colocó información básica del tutor del proyecto (arq. Marcelo Payssé) y de mí (creador del mismo).

Por último se generó una página referida a **CONTACTOS**. En ella coloqué mi información personal, poniendo a disposición mi mail y teléfono. Fue una forma de generar un mayor vínculo con los estudiantes que estaban participando del proyecto y con otros interesados en el trabajo. Gracias a dicha información, durante el semestre en que la página estuvo activa, recibí más de 50 mails referidos a consultas, pedidos o información de personas que no estaban vinculadas directamente al curso de Schelotto y que sí estaban interesadas en el proyecto. Con muchos de ellos generé un vínculo de trabajo, intercambiamos conocimientos y surgió un ámbito de relacionamiento muy positivo para todos.

Utilizando un lector de códigos QR desde un dispositivo inteligente, se puede acceder al sitio web del proyecto de investigación.





Fig.w Charla de presentación del proyecto realizada a los estudiantes del curso de Ante I de la mañana.<sup>w</sup>



### AÑOCERO | Realidad aumentada en la enseñanza de Proyectos en la era post-PC.

"Año Cero" es un es un proyecto de investigación realizado dentro del llamado a "Proyectos de Iniciación a al Investigación" de la Facultad de Arquitectura, UdelaR.

En el presente trabajo pretendo abordar el estudio de la aplicación de la Realidad Aumentada en la enseñanza de proyectos dentro de la Facultad de Arquitectura.

[schelotto-ar.com/subir-modelos/](http://schelotto-ar.com/subir-modelos/)

Fig.x sitio web<sup>x</sup>

<sup>w</sup> Foto sacada por Marcelo Payssé durante la presentación del proyecto a los alumnos de Ante I del Taller Schelotto.

<sup>x</sup> Captura de pantalla de la página principal del sitio web [www.schelotto.ar.com](http://www.schelotto.ar.com)



**//Haga click en el siguiente enlace para subir tu modelo:**

Ningún archivo seleccionado

**//Una vez que se subieron, copia el link de ésta pagina para poder acceder desde tu smartphone o Tablet y asi poder descargar el modelo para verlo en la app Aumentaty.**

[Dropbox://SimpleDropBox](#)

Name	Size	Modified
<a href="#">Tapa_9118_2015-10-02.jpg</a>	2.1 MB	3 days ago

Fig.y sitio web<sup>y</sup>

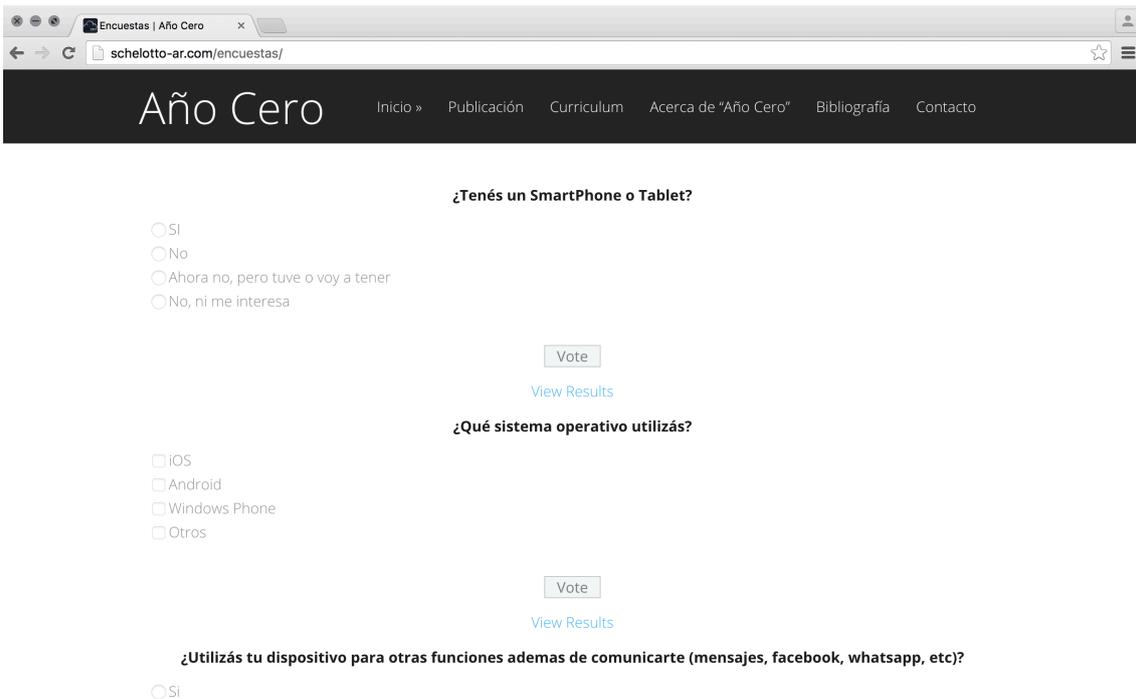


Fig.z sitio web<sup>z</sup>

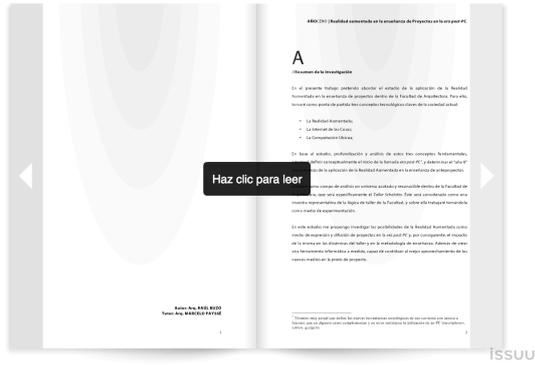
<sup>y</sup> Captura de pantalla de la pestaña descarga del sitio web [www.schelotto.ar.com](http://www.schelotto.ar.com)

<sup>z</sup> Captura de pantalla de la pestaña encuestas del sitio web [www.schelotto.ar.com](http://www.schelotto.ar.com)



Dicha publicación es un avance del proyecto de iniciación a la investigación "Año Cero, Realidad aumentada en la enseñanza de anteproyectos de arquitectura" realizado por el Arq. Raúl Buzó (Docente de la facultad de arquitectura) durante el año 2014.

Para leer la publicación haga un click sobre la imagen.



[Open publication - Free publishing](#)

Fig.aa sitio web<sup>aa</sup>

<sup>aa</sup> Captura de pantalla de la pestaña Publicación del sitio web [www.schelotto.ar.com](http://www.schelotto.ar.com)

# H

## //Desarrollo de la aplicación de realidad aumentada

### /Inicios

Uno de los puntos de los cuales partí para el desarrollo de la aplicación, fue tener en claro que no soy programador y que tampoco intento serlo. Cuando surgió la idea de desarrollar el proyecto sabía de los inconvenientes que traería aparejado, dado que el aspecto más importante del proyecto dependería de una capacidad con la que yo no contaba. Por esa razón, pedí asesoramiento sobre las herramientas a utilizar y sobre cuáles caminos no debía de transitar. Eduardo Casinelli<sup>69</sup>, docente de la EUCD (escuela universitaria centro de diseño) y compañero de trabajo en el Departamento de informática aplicada el diseño (DepInfo) fue uno de mis referentes a la hora del desarrollo de la aplicación. Otro actor relevante, que me dio una mano en cuanto a qué software utilizar fue Fernando Foglino<sup>70</sup>, poeta y artista visual, vinculado a diferentes proyectos dentro del DepInfo.

Otro aspecto a tener en cuenta fue el tiempo. Sabía que mientras durara el semestre del curso sobre el cual desarrollaría el trabajo, la aplicación no iba a estar terminada. El tiempo para el desarrollo de la aplicación y la etapa de trabajo con el taller coincidían. Debía de tener lista una alternativa para poder comenzar el semestre con una aplicación funcional, y debía lograrlo en el período de un mes, que era la duración del estudio de campo.

Esto implicaba que los estudiantes tendrían que trabajar con una versión beta. *“Cada versión importante de un producto pasa generalmente a través de una etapa en la que se agregan las nuevas características (etapa alfa), después una etapa donde se eliminan errores activamente (etapa beta), y finalmente una etapa en donde se han quitado todos los bugs importantes (etapa estable).”*<sup>71</sup> Esto podía traer problemas, porque en la mayoría de los casos los estudiantes trabajaban con un software que en sí mismo era inestable, se cerraba, daba errores, etc.; y esto podía desanimar al usuario. Pero debido a los tiempos con los que contaba, no tenía otra alternativa.

---

<sup>69</sup> <https://plus.google.com/+EduardoCassinelli/posts>

<sup>70</sup> <http://www.foglino.me>

<sup>71</sup> [https://es.wikipedia.org/wiki/Fases\\_del\\_desarrollo\\_de\\_software](https://es.wikipedia.org/wiki/Fases_del_desarrollo_de_software)

## /Lenguaje de programación<sup>72</sup>

Uno de los datos más relevantes obtenidos en las encuestas (para el desarrollo de la aplicación) que hice a los estudiantes (ver resultados en [www.schelotto-ar.com/encuestas/](http://www.schelotto-ar.com/encuestas/)) fue el estado de situación sobre qué tipo de dispositivos utilizaban y qué sistema operativo<sup>73</sup> era el más usado. Esto es fundamental a la hora de escribir una aplicación, pues el software de programación que utilice depende del lenguaje para el cual esté programando. Existen una infinidad de lenguajes de programación y una infinidad de software para programar. Aquí entraron los consejos de compañeros programadores o entendidos del tema que me asesoraron (debido a mi condición de arquitecto y no programador).

Existen softwares de programación que compilan el programa que uno escribe para diversos tipos de plataformas. A ellos fue a los que apunté.

Una de las primeras alternativas consideradas fue la utilización de **UNITY 3D**<sup>74</sup>. (ver imagen ab)  
*“Unity es un motor de videojuego multiplataforma creado por Unity Technologies. Unity está disponible como plataforma de desarrollo para Microsoft Windows, OS X y Linux, y permite crear juegos para Windows, OS X, Linux, Xbox 360, PlayStation 3, Playstation Vita, Wii, Wii U, iPad, iPhone, Android y Windows Phone.”*

La gran ventaja de esta plataforma de programación es que se puede compilar la aplicación para ser usada en iOS (iPhone), Android o para cualquier dispositivo que exista hoy día. Pudiendo de esta manera contemplar a la inmensa mayoría de los estudiantes.

Unity 3D es un motor que utiliza una interfaz gráfica para programar. Esto quiere decir que no tengo que escribir las líneas de comandos para llegar al resultado (o tengo que escribir muy poco código). Para un no programador, esto es una gran ventaja. Su interfaz es muy sencilla y la curva de aprendizaje es muy rápida. Es una plataforma pensada para realizar juegos muy complejos, pero funcionaba a la perfección con la aplicación que yo quería realizar.

Hasta aquí todo eran ventajas. Pero existían dos aspectos que me hicieron descartar su implementación.

Primero, podía utilizar solamente un único modelo 3D asociado a un marcador por cada aplicación. Eso quiere decir que tenía que realizar una aplicación para cada una de las pruebas que los estudiantes querían realizar. Si de una corrección a otra el ante-proyecto cambiaba (que es lo esperado) tenía que realizar la aplicación casi de cero nuevamente. Con los tiempos que esto acarrea.

---

<sup>72</sup> Un lenguaje de programación es un lenguaje formal diseñado para realizar procesos que pueden ser llevados a cabo por máquinas como las computadoras.

<sup>73</sup> Conjunto de órdenes y programas que controlan los procesos básicos de una computadora y permiten el funcionamiento de otros programas.

<sup>74</sup> <https://unity3d.com/es/>

Una de las ideas bases del proyecto era que debía de poder utilizarse en el proceso de diseño del proyecto. Ser una herramienta de diseño. No sólo una herramienta para mostrar arquitectura, sino para proyectar arquitectura. Si el proceso para poder utilizarla es muy complejo, pierde todo sentido.

Segundo. Otro de los aspectos que me hicieron descartar esta aplicación fue que era de pago. Era necesario comprar una licencia. No estoy en contra de la compra de software, pero esta aplicación es desarrollada dentro de un proyecto financiado por la universidad de la república, que aboga por la utilización de software libre y gratuito. Utilizar una aplicación de pago implicaba que los datos obtenidos al finalizar el proyecto no me pertenecerían, ni tampoco a la universidad. El fin de este proyecto es, principalmente, que todo lo aprendido en él pueda ser parte del colectivo universitario en su totalidad. Que no le pertenezca a nadie más.

Existieron varias plataformas de programación que se encontraban en esta misma línea. Por lo que no fue la única descartada. Un ejemplo fue ARmedia<sup>75</sup>. Funcionaba como un plugin dentro de algún programa de diseño como 3DMax, Schetchap, etc.

#### **/Acercas del desarrollo de la aplicación - Aumentaty**

Luego de manejar varias alternativas y tomando en cuenta el factor tiempo, me contacté con un grupo de desarrolladores españoles que estaban trabajando desde ya hace unos años con un software de realidad aumentada orientado a la educación. Se llamada **Aumentaty**<sup>76</sup>. El objetivo del contacto era poder obtener el *know how*<sup>77</sup> con este tipo de tecnologías.

Los desarrolladores son un grupo de programadores españoles (aspecto que me animó a contactarlos), impulsado por el laboratorio de tecnologías centradas en el humano (LabHuman), de la Universidad Politécnica de Valencia<sup>78</sup> (UPV).

Luego de varios mails explicándoles la idea que yo tenía acerca del proyecto con que estaba trabajando, el equipo de programadores accedió a enviarme el SDK<sup>79</sup> con el cual yo podría crear modificaciones al software para adaptarlo a mis necesidades. No sólo me permitieron modificar la aplicación (siempre con su guía y asesoramiento) sino que lo realizaron gratuitamente y permitiéndome hacer uso de la misma de forma libre. De alguna manera me

---

<sup>75</sup> <http://www.amedia.it>

<sup>76</sup> <http://www.aumentaty.com/productos/>

<sup>77</sup> Know-how, del inglés «saber cómo», o conocimiento fundamental, es un neologismo anglosajón que hace referencia a una forma de transferencia de tecnología.

<sup>78</sup> <https://www.upv.es>

<sup>79</sup> Un kit de desarrollo de software o SDK es generalmente un conjunto de herramientas de desarrollo de software que le permite al programador crear aplicaciones para un sistema concreto, por ejemplo ciertos paquetes de software, frameworks, plataformas de hardware, computadoras, videoconsolas, etc.

cedían los derechos de poder realizarle modificaciones sin su consentimiento. Siempre y cuando fuera utilizado con fines educativos.

Crear una aplicación de cero utilizando un lenguaje de programación tradicional (C++, C, cocoa, etc) era una tarea muy compleja para un no programador. Esto lo sabía desde un principio. Por tal motivo debía de utilizar un lenguaje de programación o un software que me facilitara la creación de líneas de comandos. Los que me permitían una forma de programación más simple, eran de pago y no tenía forma de utilizarlos para un ámbito universitario. En cambio los que eran gratuitos y libres necesitaban conocimientos de programación muy profundos. Con esta alternativa (Aumentaty Author) lograba un punto medio: tener un software gratuito y poder usarlo con bajos conocimientos de programación y con el asesoramiento de un equipo de programadores.

### **/Diferentes versiones para una misma aplicación**

La aplicación de realidad aumentada no es una sola. Técnicamente son dos. Por un lado tenemos la versión para la PC, la cual usamos para el proceso de pre-producción y del otro lado la versión móvil que nos sirve para visualizar los modelos. Cada una tiene un propósito.

### **/Acerca de AumentatyAuthor**

Para visualizar correctamente un proyecto mediante realidad aumentada, se hace necesario un proceso de pre-producción. Se debe realizar una serie de ajustes a los modelos para que sean correctamente visualizados. Se los debe escalar, posicionar, asignar un marcador y exportar a un formato para que la versión móvil los pueda leer. (*ver imagen ac*)

Para todos estos procesos vamos a utilizar *AumentatyAuthor*. Este software lo podemos encontrar en la página de [www.schelotto-ar.com](http://www.schelotto-ar.com). En la sección de descargas está alojada la versión modificada realizada especialmente para el curso de Ante I del taller Schelotto.



Utilizando un lector de códigos QR desde su dispositivo inteligente pueden acceder a la aplicación que se encuentra alojada en el sitio web de [www.schelotto-ar.com](http://www.schelotto-ar.com).

Previamente contaba cómo los programadores me permitieron acceder al SDK del software para realizar modificaciones y así adaptarlo a las necesidades de mi proyecto de investigación. Fue en este sector del software, el que se encarga de los procesos previos, donde realicé la mayoría de las adaptaciones.

Los estudiantes de arquitectura trabajan en determinados tipos de software, por lo que las extensiones que manejan son acotadas. Los formatos principales utilizados por el software *Aumentaty* para importar modelos son: *3ds*, *obj*, *dae*, *fbx*, etc. De esta manera se están contemplando la mayoría de los programas y sus extensiones a la hora de importar un modelo. Este punto es muy importante, ya que es indispensable que el software sea muy flexible. Si los formatos son cerrados o escasos, se hace muy precaria la vinculación entre los modelos realizados por los estudiantes y el software proyectado. Uno de los fundamentos a la hora de realizar las modificaciones al software de *Aumentaty* fue el de poder cargarle la mayor compatibilidad con los software de arquitectura utilizados por los estudiantes de la Facultad. Con esto lograba que el modelo que los estudiantes realizaban para hacer un Render<sup>80</sup> o componer un fotomontaje fuera utilizado también para el modelo de realidad aumentada. Cuando más sencillo el software, mejor acogida iba a tener con los estudiantes.

Una vez importado un modelo (en cualquier de los formatos anteriormente enunciados), se le asigna un marcador<sup>81</sup>.

Como acoté anteriormente, **Azuma** planteaba que unos de los puntos a tener en cuenta para el desarrollo de este tipo de aplicaciones era compatibilizar los mundos virtual y real a partir de sus coordenadas. La coexistencia de los dos mundos, el real y virtual, requiere de un adecuado alineamiento de los objetos virtuales en el mundo real. Cualquier error, por más pequeño, es muy fácil de detectar por el usuario.

De tal forma, la elección de los sistemas de posicionamiento es de vital importancia para una correcta puesta en marcha del proyecto.

Estos sistemas de tracking o posicionamiento determinan la posición y orientación de los objetos en el mundo real. Existen tres procedimientos utilizados en el campo de la realidad aumentada:<sup>82</sup>

\_Utilización de un dispositivo en mano o cabeza (HMD) que nos provea información. Existen dos métodos: el Magnético y el Óptico. El primero puede presentar problemas frente a campos magnéticos, pero es muy preciso. Mientras que el óptico tiene aún más precisión, pero menos resistencia a los movimientos rápidos.

\_Utilización de objetos del mundo real para determinar la posición. Estos objetos

---

<sup>80</sup> Renderizado (render en inglés) es un término usado en jerga informática para referirse al proceso de generar una imagen o vídeo mediante el cálculo de iluminación GI partiendo de un modelo en 3D.

<sup>81</sup> Estos sistemas de tracking o posicionamiento determinan la posición y orientación de los objetos en el mundo real.

<sup>82</sup> WELLNER, P., MACKAY, W., GOLD, R., "Computer augmented environments: Back to the real world", Comm. of the ACM, 1993, 37(7).

pueden ser naturales de nuestro entorno, o marcadores especiales concebidos para su fácil y rápida colocación.

\_Utilización de dispositivos activos en el medio donde estén el usuario y los objetos, para que nos provean de información de nuestro entorno, sobre los objetos y de cómo interactuamos con ellos.

La elección del método utilizado va a depender de muchos factores, que van desde el económico, hasta las capacidades con las que contamos. Particularmente, en nuestro caso se ha optado la detección de posición mediante una marca conocida (marcador), sobre la que se “pegará” la imagen virtual.

La razón de esta elección se sustenta en varios factores:<sup>83</sup>

\_En primer lugar, la aplicación pretende sustituir la representación tradicional de maquetas construidas por unas maquetas virtuales, pero conservando la interacción habitual con una maqueta: desplazarse alrededor, acercarse y alejarse. Esta libertad de movimientos no suelen garantizarla los sensores magnéticos u ópticos de consumo, ya que proporcionan posiciones relativas a la inicial pero no absolutas con respecto al sistema de coordenadas real.

\_En segundo lugar, el usuario necesita de un soporte físico sobre el que se sitúa la maqueta tanto real como virtual. Este soporte físico donde introducimos la marca, nos dará la clave para conocer hacia dónde está mirando el usuario. En muchos casos, este soporte coincide con la representación de terreno donde se va a posicionar el proyecto.

\_En tercer lugar, para garantizar la portabilidad, es deseable no necesitar entornos especiales con hardware específico, por lo que no es recomendable usar dispositivos activos externos. Es por estos motivos que se opta por posicionarse a partir de una marca artificial en el entorno.

Aprovechando que tanto mi Tutor (el arq. Marcelo Payssé) como yo pertenecemos al Departamento de Informática aplicada al diseño, donde se encuentra el Laboratorio de Fabricación Digital, les ofrecí a los docentes realizar las maquetas de los terrenos en fabricación digital. De esta manera podíamos contar con una representación física donde

---

<sup>83</sup> RUIZ, A., URDIALES, C., FERNÁNDEZ-RUIZ, J.A., SANDOVAL, F., “Arquitectónica Asistida mediante Realidad Aumentada”. Dpto. Tecnología Electrónica, ETSI Telecomunicación Univ. Málaga, Campus de Teatinos-Málaga .

colocar los marcadores para poder superponer lo real con lo virtual. A su vez, dichas maquetas constituirían aportes al taller por permitirme participar en uno de sus cursos. Las maquetas fueron utilizadas tanto para los procesos de corrección durante el semestre como también para la entrega final. Actualmente dichas maquetas forman parte de la entrega final de los cursos de Ante I (en la mañana y en la noche) del taller Schelotto. (ver imagen ad)

Ninguno de los sistemas de posicionamiento planteados anteriormente son cien por ciento perfectos. Por lo que el sistema elegido tampoco lo es, existiendo diversos problemas derivados. El principal radica en los errores de alineación a causa de las condiciones de captura y resolución.

*“Los errores de posicionamiento pueden ser estáticos y dinámicos.<sup>84</sup> Los estáticos aparecen cuando el tamaño de la marca es reducido en relación a la resolución de la imagen y, por tanto, se pierde precisión en la localización. Estos no son un problema en nuestra aplicación ya que: i) el usuario estará cerca de la maqueta y por tanto cerca de la marca o patrón que se debe detectar; y ii) el tamaño del soporte ha de ser proporcional al tamaño de la maqueta, y las maquetas reales son de proporciones elevadas para conseguir un elevado detalle del modelo y su apreciación por el usuario. Los errores dinámicos ocurren cuando el movimiento de la marca, del usuario o de las condiciones de captura provocan la pérdida de la marca. Aquí tampoco representan ningún problema, porque el movimiento de la maqueta o del usuario estará restringido a acercarse, alejarse y desplazarse alrededor, habitualmente de una forma pausada para observar la maqueta.”*

Dichos problemas fueron tenidos en cuenta en el desarrollo de la aplicación a favor de que su utilización genere una experiencia de uso lo más natural posible.

El software en ejecución es capaz de realizar un seguimiento del marcador de tal manera que si el usuario lo mueve, el objeto 3D superpuesto también sigue ese movimiento, si se gira el marcador se puede observar el objeto 3D desde diferentes ángulos y si se acerca o se aleja, el tamaño del objeto aumenta o se reduce respectivamente.

### **/Asignar modelos a un marcador**

Una vez que he asignado el modelo a un marcador (de los 20 preestablecidos), puedo activar la cámara web desde la aplicación para poder visualizar cómo se vincula el modelo al marcador. (ver imagen ae). Es aquí donde comienza el proceso de pre-producción. A pesar de existir únicamente 20 marcadores, el software me da la oportunidad de asignar varios modelos 3d a

---

<sup>84</sup> HOLLOWAY, R. L. “Registration Error Analysis for Augmented Reality”, Presence:

un mismo marcador. De esta manera cada estudiante podía tomar un marcador como propio, y siempre vincular su modelo 3d al marcador. De alguna forma se convertía en su logo, su marca.

Otra de las opciones que se desarrollaron para la aplicación fue la posibilidad de visualizar varios marcadores en una misma imagen. Con esta posibilidad podía asignar, por ejemplo, una planta baja a un marcador, los pisos intermedios a otro y así poder visualizarlos todos en un mismo momento. Este aspecto es un ventaja muy importante frente a las maquetas reales porque permite visualizar los proyecto en las secciones que se quiera, pudiendo mirar lo que se considere más importante. Haciéndolo todo con un mismo modelo y en el menor tiempo posible. Si se puede mostrar mejor el proyecto, puede contarse mejor y así dar a entender la idea de una forma más clara y directa. Tanto los docentes como los estudiantes se ven beneficiados.

### **/Ajustar modelos a un marcador**

A partir de este momento estoy en condiciones de ajustar el modelo. Cuando hablo de editarlo estoy hablando de referenciarlo en relación al marcador. (ver imagen af)

El software Aumentaty permite realizar todos estos procesos:

**Mover.** Este movimiento puede ser en cualquier eje (x, y, z). A veces se quiere que el modelo esté perfectamente sobre el marcador, otras veces que esté desplazado. Todos estos movimientos están contemplados. El movimiento sirve además para ajustar la posición en caso de tener más de un marcador por escena. Pudiendo componer una imagen a partir de varios modelos.

**Escalar.** Se puede ajustar el tamaño en relación al marcador. Se puede usar un marcador referenciado a una planta impresa, ajustando la escala para que coincida con el tamaño exacto de la planta.

**Rotar.** Además de mover y escalar, se pueden rotar los objetos 3d (x, y, z). Con esta opción se pueden ubicar marcadores verticales y referenciarles un modelo 3d que sea perpendicular a ellos.

Con estas tres opciones las posibilidades son infinitas.

### **/Exportar modelos 3d**

Una vez cargados los modelos 3d y realizados los ajustes en relación al marcador (según las necesidades del proyecto), pueden ser exportados (ver imagen ag). Anteriormente comenté que este sector del software servía como herramienta de pre-producción. La tarea de visualización estaba referenciada a la aplicación móvil (de la que hablaré más adelante).

Para poder exportar el modelo es necesario contar con una cuenta de usuario. Se optó por usar una única cuenta, para que todos los trabajos entraran por el mismo carril. Además, la cuenta creada para los estudiantes de Schelotto contaba con todos los privilegios a la hora de exportar y trabajar con los modelos 3d. Este fue un acuerdo al que llegué con los programadores. Ellos nos permitían crear una cuenta con todos los privilegios y específica para este curso. La cuenta utilizada fue: Usuario: *schelotto.ar*, contraseña: *schelotto.ar*. Las ventajas de utilizar una cuenta con todos los privilegios radicaba en que los modelos 3d no eran guardados por la aplicación Aumentaty (para utilizarlos en su web como publicidad de trabajos realizados con su aplicación), sino que eran de uso exclusivo de los propietarios. De esta manera los estudiantes eran dueños de sus modelos, de sus trabajos.

Una vez exportado el modelo 3d, la aplicación genera un archivo con una extensión<sup>85</sup> **.mtx2**. A dicho modelo los estudiantes debían subirlo a la página web, en el sector "Subir Modelo", donde era guardado en los servidores del Hosting, para luego ser descargado desde la aplicación móvil. De esta manera se cerraba el círculo: *Aplicación-Web-Aplicación*.

### **/Acercade AumentatyMovil**

Como lo comentaba previamente, el desarrollo de la aplicación se basó en dos programas: AumentatyAuthor y Aumentaty móvil. Este último es la versión utilizada para visualizar los modelos desde nuestro dispositivo portátil.

Cabe plantearse la pregunta de ¿por qué no utilizamos la versión para PC y así evitarnos el tener que exportar el modelo a la versión móvil?. Creo que la respuesta está en la base de este proyecto de investigación: utilizar un dispositivo que otorgue la mejor experiencia a la hora de visualizar los modelos 3d. La tecnología como una capa transparente. Esta se hace invisible y deja de ser relevante para nosotros. De esta manera la comenzamos a ver de forma más natural. Si utilizo aparatosos dispositivos para visualizar un modelo 3d, la experiencia de centrarme en el objeto se mueve hacia el dispositivo, generándose una distracción de lo verdaderamente importante. La parte técnica debe desvanecerse para que nos centremos en la experiencia.

Además, con el dispositivo inteligente (Smartphone o tablet) tenemos la libertad de movernos libremente en torno al objeto en estudio, pudiendo manipular el objeto 3d tal como se podría hacer con una maqueta real. Nos podemos acercar, mirarlo desde cualquier ángulo, mientras que el modelo virtual se va adaptando al punto de vista desde el cual lo observamos.

Aumentaty móvil es una aplicación de visualización. No permite hacer más que eso. No podemos editar, mover, escalar, modificar, etc. Se basa únicamente en mostrar el modelo. Para hacerlo utiliza sofisticados procesos para *trackear* (seguimiento de un pixel o grupo de

---

<sup>85</sup> Sufijo añadido al nombre de un archivo de ordenador aplicado para mostrar su formato.

pixeles de una imagen en movimiento) y *dibujar* en tiempo real el modelo seleccionado. Todo ésto lo realiza gracias a los motores de realidad aumentada desarrollados por los programadores de Aumentaty.

Azuma, autor que ya he nombrado anteriormente en este proyecto, plantea que la AR permite al usuario ver el mundo real con objetos virtuales superpuestos o compuestos con el mundo real. Es una mezcla de elementos reales y elementos virtuales añadidos.

Un sistema de AR debe tener las siguientes propiedades:

\_Combinar objetos reales y virtuales en un entorno real.

\_Ser interactivo y en tiempo real.

\_Registrar (alineal/ajustar) los objetos reales y virtuales dentro del entorno en 3D.

Cada uno de estos procesos es contemplado por la aplicación. Pero para llegar a esta conclusión se debieron tomar varias consideraciones. Primero, los modelos no debían de pesar más de 64Mb (tal como lo comenté en párrafos anteriores). Segundo, no se permitía utilizar texturas. Sí para la versión PC, pero en la versión móvil las eliminé. Tercero, se limitaba la cantidad de caras en los modelos 3d (este punto se asocia a la restricción de peso). A más caras, más pesado el modelo. Cuarto, se quitaron las sombras, reflejos, deformaciones cromáticas, etc.

Cuando un modelo no cumplía con algunos de estos puntos, no se podía visualizar, pues no se podían contemplar las propiedades planteadas por Azuma a la hora de visualizar un modelo mediante realidad aumentada.

Hay que tener en cuenta que el proyecto de investigación se centró en la visualización de ante proyectos de arquitectura. No fue pensado como una herramienta para mostrar un modelo final. Sino como un dispositivo a la hora de proyectar. Es un paralelo a una maqueta de estudio.

Uno de los puntos más complejos que se tiene hoy día es lograr programar para la gran variedad de dispositivos. Cada uno tiene un modelo particular de pantalla, procesador, tarjeta gráfica, memoria ram, sistema operativo, etc. Contemprarlos a todos es imposible. De esta manera, se debe programar pensando en la peor situación. Quizás al programar para un iPhone de última generación podría haberle introducido el renderizado de sombras, reflejos, etc, pero si además debo de pensar en un modelo de hace 3 años, esto se hace imposible. Se debe pensar en la mejor experiencia para el estudiante, que en fin de cuentas es el que va a decidir si utiliza o no la herramienta.

Lo último que queda es imprimir el marcador utilizado y colocarlo en la maqueta real para visualizar el modelo 3d mediante realidad aumentada. (ver imagen ah)

## **/Resumen de pasos para cargar un modelo3d y visualizarlo**

1\_ Desde cualquier programa de diseño 3d (autocad, 3dMax, Rhino, Blender, etc) exporto el modelo a utilizar con cualquiera de los siguientes formatos: 3ds, obj, dae, fbx, etc.

2\_ Importo dicho modelo a la sección Librería del software AumentatyAuthor en una PC.

3\_ Asigno un marcador al modelo importado. Para hacerlo arrastro el modelo a un marcador vacío.

4\_ Ajusto el modelo. Lo muevo, escalo y roto para ajustar el modelo en relación al marcador asignado.

5\_ Exporto el modelo. Mediante al utilización de la cuenta de usuario creada para el proyecto exporto el modelo para visualizarlo en la versión móvil. EL formato creado es .mtx2

6\_ Subo el modelo con la extensión .mtx2 a la pagina web de [www.schelotto-ar.com](http://www.schelotto-ar.com) en el apartado "Subir Modelo"

7\_ Desde mi dispositivo móvil, acceso a la pagina web de [www.schelotto-ar.com](http://www.schelotto-ar.com) en el apartado "Descargas" y en la lista busco mi modelo subido anteriormente. Lo descargo y abro con la aplicación Aumentaty Movil .

8\_ Imprimo el marcador seleccionado en el punto 3 (desde la aplicación AumentatyAuthor) y posiciono mi dispositivo móvil hacia dicho marcador para comenzar a visualizar el modelo en realidad aumentada.

## //Anexo de Imágenes de CAPITULO “H”



Fig.ab interfaz de unity3D<sup>ab</sup>

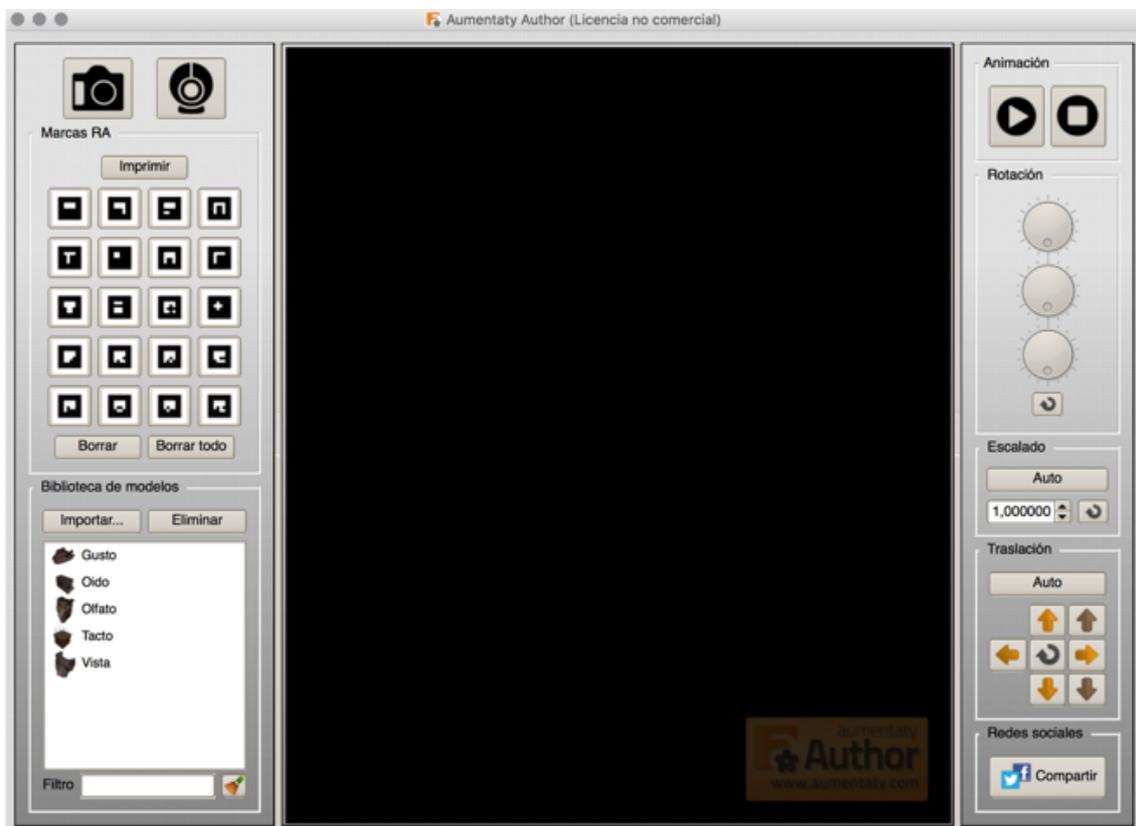


Fig.ac interfaz de AumentatyAuthor<sup>ac</sup>

<sup>ab</sup> Captura de pantalla de la aplicación Unity3D. Aplicación basada en programación gráfica.

<sup>ac</sup> Captura de pantalla de la aplicación AumentatyAuthor



Fig.ad Foto sacada a una de las maquetas del terreno preparada para la entrega<sup>ad</sup>

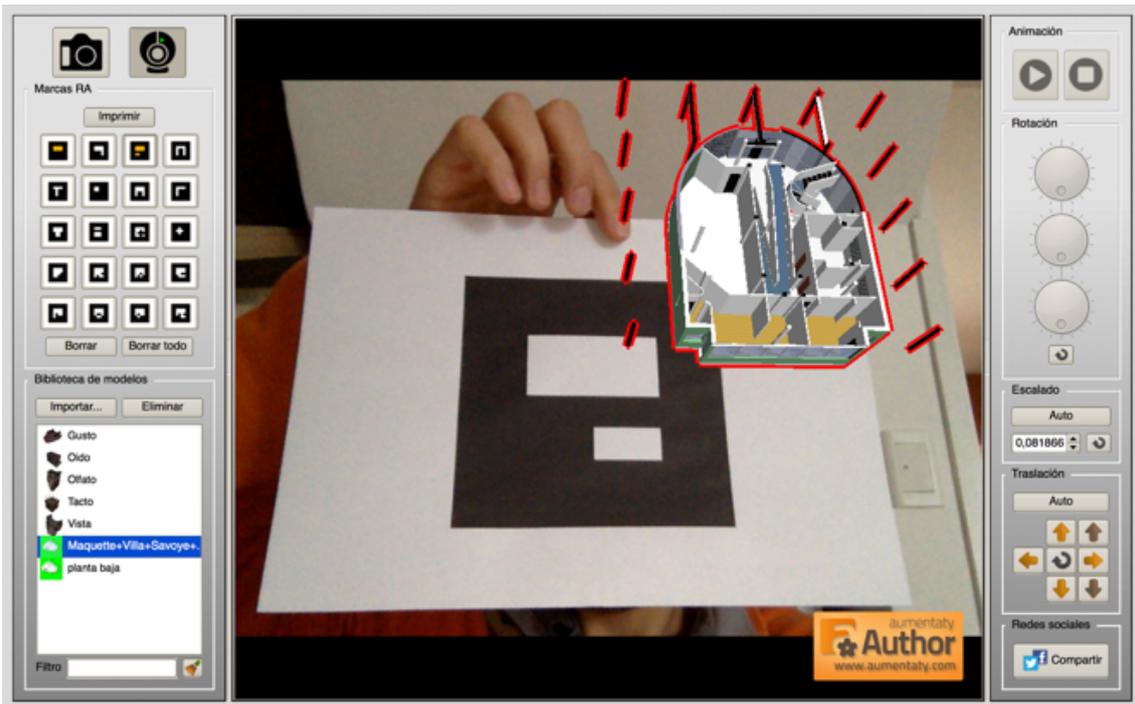


Fig.ae interfaz de AumentatyAuthor<sup>ae</sup>

<sup>ad</sup> Fotografía sacada por Raúl Buzó a una de las maquetas del terreno fabricadas en el laboratorio de fabricación digital.

<sup>ae</sup> Captura de pantalla de la aplicación AumentatyAuthor

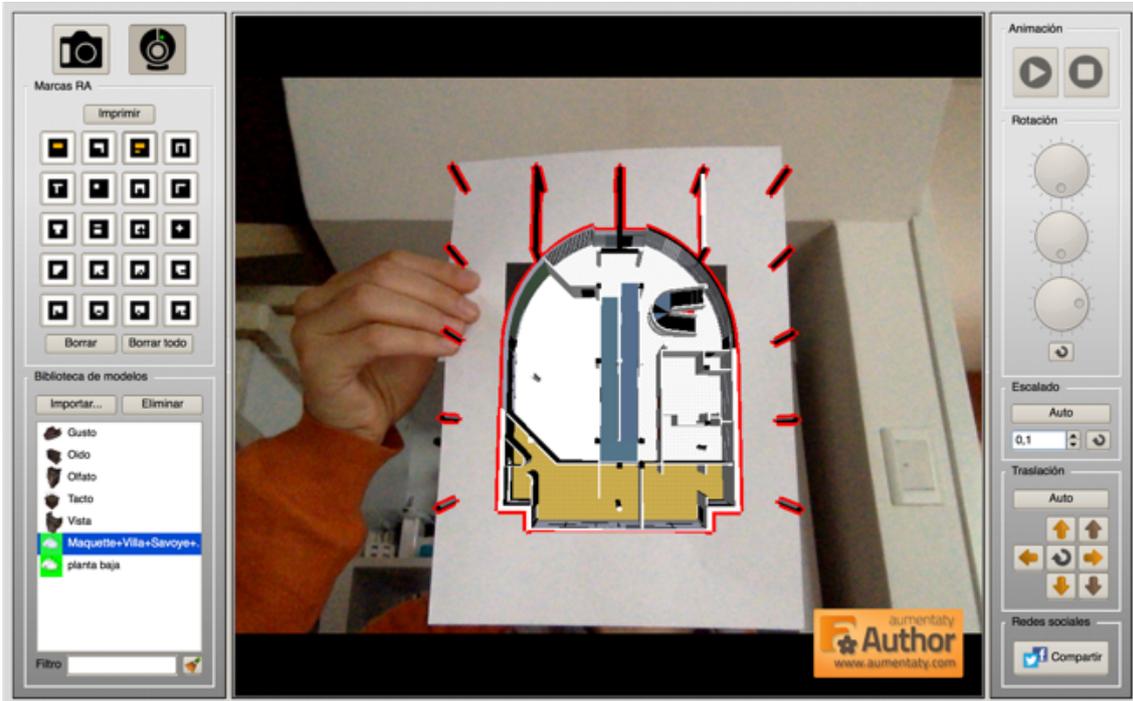


Fig.af interfaz de AumentatyAuthor<sup>af</sup>

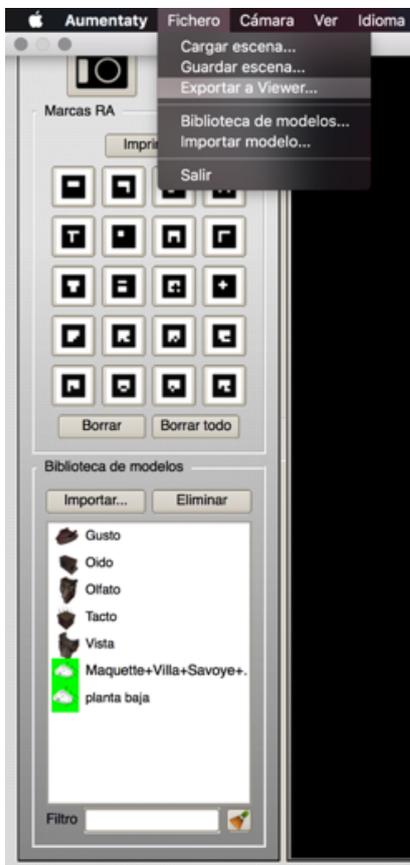


Fig.ag interfaz de AumentatyAuthor<sup>ag</sup>



<sup>af</sup> Captura de pantalla de la aplicación AumentatyAuthor

<sup>ag</sup> Captura de pantalla de la aplicación AumentatyAuthor

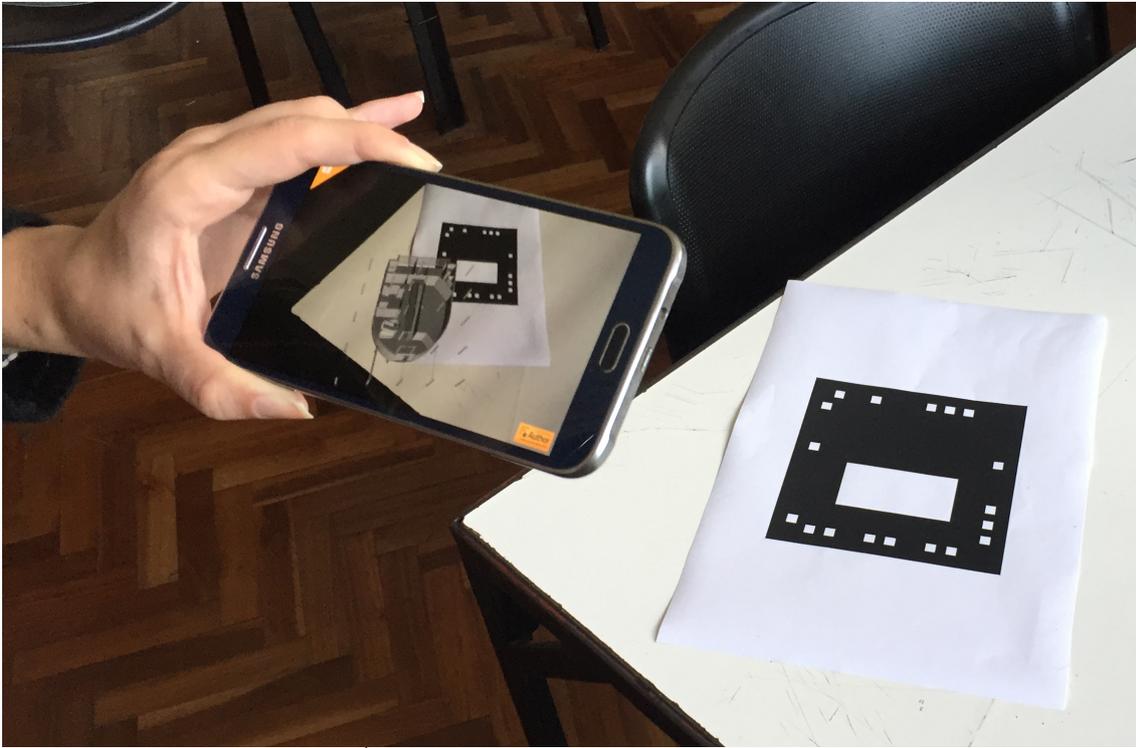


Fig.ah interfaz de AumentatyAuthor<sup>ah</sup>

---

<sup>ah</sup> Fotografía donde se ve funcionando la aplicación aumentaty movil

## //Cronograma de ejecución

Todo el trabajo se planificó a lo largo de dos semestres. A continuación presento el cronograma con el que se trabajó.

Mes	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Calendario de Facultad	Semestre 2 (2015)					Fin de año 2015	Semestre 2 (2016)			
Etapa	ETAPA 1					ETAPA 2		ETAPA 3		CONCLUSIONES y RESULTADOS
Actividad	Investigación y desarrollo conceptual					Investigación de campo		Desarrollo de la Aplicación		

- La etapa 1, constó de cuatro meses. Y finalizó en diciembre del 2014.
- La etapa 2, duró un mes y comenzó con el segundo semestre del 2015.
- Y la etapa 3, continuó durante el semestre y se extendió hasta finalizarlo, reservándose el último mes para divulgación y difusión de las conclusiones y resultados obtenidos.

# J

## //Resultados obtenidos y estrategias futuras de difusión

A la hora de evaluar los objetivos voy a enfocarme en la etapa del trabajo de campo en el taller Schelotto. Hay que considerar que el proyecto de investigación se aplicó en un único curso de taller, durante un único semestre. Igualmente este tiempo fue suficiente para insertar en la dinámica de taller conceptos actuales y relevantes de la cultura tecnológica del momento. No sólo se insertaron en el colectivo estudiantil, sino que se pudo trabajar con el equipo docente, el cual muchas veces es el más “rebelde” a la hora de incorporar nuevas herramientas. Trabajar conjuntamente con estudiantes y docentes enriqueció la experiencia.

Al mismo tiempo, estas nuevas dinámicas ayudaron a contribuir a la redefinición del trabajo de taller a partir del uso y aplicación de los nuevos medios y las nuevas tecnologías. Se reconoció que existen otras formas de proyectar, de visualizar, de interactuar con el anteproyecto de arquitectura. Todas con un único objetivo; el de mejorar el proceso mediante el cual los estudiantes cuentan su proyecto.

Es capacidad de los equipos docentes el continuar con estas nuevas experiencias. Trasladarlas a otros cursos y años. A fin de cuentas, son ellos quienes pueden permitir la continuidad del proceso. Por tal motivo es que mi proyecto se centró fuertemente en el equipo docente, siempre considerados parte fundamental del proceso.

Para medir el impacto del proyecto de investigación realicé una serie de encuestas (que están colgadas en el sitio web: <http://schelotto-ar.com/encuesta-final/>). Esto permitió cuantificar el trabajo y su incidencia en el curso, en los estudiantes y el equipo docente.

A la pregunta ***¿Pudo utilizar la aplicación de realidad aumentada para visualizar su proyecto?***, el 83% de los estudiantes contestó “sí”, mientras que sólo el 8% contestó que “sólo algunas veces”. Esto indica la buena aceptación que presentó la aplicación. Posiblemente debido a lo planteado en la segunda pregunta: ***¿Les resultó sencillo el uso de la aplicación?***. En la cual el 80% contestó “sí.” Hay una relación muy directa entre la facilidad de uso y el mayor uso de la aplicación. Si se puede utilizar fácilmente, es más probable que se use.

A la pregunta de ***¿En qué circunstancias utilizó la aplicación?***, el 36% contestó “en las correcciones”, el 29% “en los esquicios” y el 36% “en la entrega”. Analizando estos resultados, podemos decir que el uso de la app fue muy parejo entre las diferentes etapas del curso.

Una de las preguntas más importantes refiere al equipo docentes: ***¿Recibió apoyo por parte***

**del equipo docente a la hora de mostrar el proyecto?** El 76% contestó “sí”, el 19% contestó “muy poca” y sólo el 5% contestó “no”. Esto señala la importante acogida del proyecto por parte de los docentes. Los estudiantes se vieron apoyados por los docentes, y esto es muy bueno a la hora de continuar con esta propuesta en años siguientes.

Luego una pregunta muy similar a la anterior, pero referida al encargado del proyecto: **¿Recibió apoyo por parte del encargado del proyecto de investigación a la hora de mostrar el proyecto?** Contestando “sí” el 100% de los encuestados.

Las dos últimas preguntas son las consideradas de mayor importancia: **¿Le resultó útil la utilización de la realidad aumentada para mostrar su anteproyecto?** Tuvo un 86% de resultados positivos, un 10% contestó “en ciertas circunstancias” y sólo el 5% contestó “no”. Mientras que a la pregunta **¿Consideran seguir utilizando la aplicación para los siguientes años?** El 65% contestó “sí”, el 35% contestó “puede ser”, mientras que nadie contestó que no. Es cierto que si el equipo docente no estimula este tipo de proyectos, se torna muy difícil que únicamente por iniciativa de los estudiantes se utilice. Pero estos resultados son muy alentadores a la hora de mirar al futuro de la visualización de proyectos de arquitectura mediante realidad aumentada.

Además de las encuestas, durante el semestre me reuní, hablé y trabajé con el fin de tener un seguimiento cercano de cómo se iban desarrollando en el uso de la aplicación e ir sacando conclusiones para mejorar el proceso de trabajo durante su desarrollo.

### **//Estrategias de difusión**

En cuanto a la difusión, se buscarán canales diversos:

- *Publicación en Congresos.* Se presentarán los resultados de este estudio en el congreso anual de la Sociedad Iberoamericana de Gráfica Digital del año 2016, con lo que se asegurará la difusión en decenas de universidades de Latinoamérica.
- *Presentación ante CSIC.* El contenido global de este estudio, se presentará al llamado a Publicaciones de la Comisión Sectorial de Enseñanza, y postulará para ser electo como uno de los publicables de 2016.
- *Presentación ante el IE.* El contenido global de este estudio, se presentará al llamado a Publicaciones del Espacio Interdisciplinario de la UdelAR, y postulará para ser electo como uno de los publicables de 2016.

- *Promoción a través de sitio web y social media.*

De este modo, se buscará generar empatía con el proyecto en sí, pero sobre todo, estimular a las nuevas generaciones de Facultad, a investigar en la incidencia de las nuevas tecnologías en las *praxis* proyectuales.

//Anexo de imágenes del proyecto



Fig.ai marcador junto a maqueta real<sup>ai</sup>



Fig.aj marcador<sup>aj</sup>

<sup>ai</sup> Fotografía de un marcador de un estudiante en la maqueta del terreno



Fig.ak maqueta real junto a maqueta virtual <sup>ak</sup>

---

<sup>aj</sup> Fotografía de un marcador de un estudiante en la maqueta del terreno

<sup>ak</sup> Fotografía de una maqueta real junto a un maqueta virtual visualizada mediante realidad aumentada. Para obtener esta imagen se utilizó la aplicación para PC. Por tal motivo se visualizan las texturas.

# K

## //Referencias bibliográficas

ALONSO, N.; BALAGUER, A.; BORI, S.; FERRÉ, G.; JUNYENT, E.; LAFUENTE, A.; LÓPEZ, J. B.; LORÉS, J.; MUÑOZ, D.; SENDÍN, M.; TARTERA, E. "Análisis de escenarios de futuro en realidad aumentada. Aplicación al yacimiento arqueológico de Els Vilars.", Universidad de Salamanca, 2001.

AZUMA, R. "A Survey of Augmented Reality". ACM SIGGRAPH, 1997.

AZUMA, R.T. "Augmented Reality: Approaches and Technical Challenges", Fundamentals of Wearable Computers and Augmented Reality, W. Barfield, Th. Caudell (eds.), Mahwah, New Jersey, 2001.

AZUMA, R. T. "Recent Advances in Augmented Reality". IEEE Computer Graphics and Applications, 2001.

BARFIELD, W., CAUDELL, T. "Fundamentos de Informática usable y Realidad Aumentada". Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum, 2001.

BIMBER O., RAKAR R., "Spatial Augmented Reality. Merging Real and Virtual Worlds", 2005.

BERLANGA, "Computación Ubicua". Centro de Difusión de Tecnologías ETSIT-UPM. 2003.

BUSTOS GONZALES, A., "Estrategias didácticas para el uso de las TIC's en la docencia universitaria presencial. Un manual para los ciudadanos del Ágora", Programa de Mejoramiento de la Calidad y Equidad de la Educación (Programa MECESUP), Gobierno de Chile, 2005.

CARRETERO, N.; BERMEJO, A.; "Inteligencia ambiental". Centro de Difusión de Tecnologías, Universidad Politécnica de Madrid, 2011.

CARRACEDO, J., MARTINEZ, C. "Realidad Aumentada: Una Alternativa Metodológica en la Educación Primaria Nicaragüense", IEEE-RITA Vol. 7, Núm. 2, May. 2012

CARTER, L. "Why students with an apparent aptitude for computer science don't choose to major in computer science", ACM SIGCSE, boletín 38, pp. 27-31, 2006.

CASTELLS, Manuel; La Sociedad Red. Alianza Editorial, 2006.

DE LOS SANTOS ARANSAY, A. "Computación Ubicua" Universidad de Vigo, 2009

EDITORS OF IMAGES PUBLISHING, Cyberspace the world of digital architecture, Images Publishing Dist A/C, 2007.

FERNÁNDEZ ÁLVAREZ, Á. J. "Seis ideas para una nueva Geometría... ¿Descriptiva?" Revista de Expresión Gráfica en la Edificación EGE. Febrero de 2008, No 5, p. 41.

FERNÁNDEZ ÁLVAREZ, Á.J. "De las arquitecturas virtuales a la realidad aumentada: un nuevo paradigma de visualización arquitectónica." A Coruña, España , 2010.

FLEISCH, E. "What is the Internet of Things?". Auto ID-Labs. University of Zurich, 2010.

GARCIA AMEN, F.; BARBER, G. "¿Sueñan las ovejas con androides humanos? Orígenes cinematográfico-literarios de la Realidad Aumentada". SIGRADI, 2011.

GARCIA AMEN, F. (Autor); PAYSSE, M.(Tutor); "Proyecto Wadba. Una aproximación al rol del arquitecto en la Sociedad del Conocimiento". Proyecto Interno de Iniciación a la Investigación. Facultad de Arquitectura, 2011.

HALLER, M., BILLINGHURST, M. y THOMAS, B. "Tecnologías Emergentes de la Realidad Aumentada: Interfaces y Diseño". IDEA GROUP, 2006.

HOLLOWAY, R.L., "Registration Error Analysis for Augmented Reality", Presence: Teleoperators and Virtual Environments, 6(4) , 1997, pp. 413–432.

LEVY, P. (1999). ¿Qué es lo virtual? Editorial Paidós.

LOOMIS, R. GOLLEDGE and R. KLATZKY, "Personal guidance system for the visually impaired using GPS, GIS, and VR technologies", Proceedings of Conference on Virtual Reality and Persons with Disabilities, 1993.

LÓPEZ H. "Análisis y Desarrollo de sistemas de realidad aumentada". Master Thesis. Universidad Complutense de Madrid, 2009.

MILGRAM, H. C. (1999). A taxonomy of real and virtual world display integration, mixed reality – merging real and virtual worlds. Tokyo: Y.O.a.H. Tamura.

PORTILLO BURGHI, J.P., GARCÍA AMEN, F. "AR :DAR Regions, Areas, and Directioning in Augmented Reality: un estudio para el móvil Samsung I8000 Omnia II" SIGRADI 2010.

PLETINCKX, D.; SILBERMAN, N.; CALLEBAUT, D. Heritage presentation through interactive storytelling: a new multimedia database approach. The Journal of Visualization and Computer Animation, n. 14, 2003, pp. 225-231.

ROSALES, H., ALDANA, J, ASENJO, R., Trelles, O. "Adecuación de un modelo de enseñanza superior en modelo de enseñanza virtual", Primer Congreso Virtual Latinoamericano de Educación a Distancia, 23 de marzo a 4 de abril de 2004.

RUIZ, A., URDIALES, C., FERNÁNDEZ-RUIZ, J.A., SANDOVAL, F. "Arquitectónica Asistida mediante Realidad Aumentada". Dpto. Tecnología Electrónica, ETSI Telecomunicación Univ. Málaga, Campus de Teatinos-Málaga .

De la TORRE CANTERO, "Entorno de aprendizaje ubicuo con realidad aumentada y tabletas para estimular la comprensión del espacio tridimensional", Universidad de La Laguna, España.

VARKEY, J.P.; POMPILI, D.; WALLS, T. "Erratum to: Human motion recognition using a wireless sensor-based wearable system". Revista "Personal and Ubiquitous computing". Vol. 5. Agosto, 2012.

VEGA BARBAS, M.; CASADO MANSILLA, D.; VELASCO, J. "S3OiA: Propuesta de Arquitectura para la Interoperabilidad en la Internet de las Cosas". Universidad de Alcalá, 2010.

X. BASOGAIN, M. OLABE, K. ESPINOSA, C. ROUÈCHE y J.C. OLABE "Realidad Aumentada en la Educación: una tecnología emergente". Bilbao, España. 2011.

WELLNER, P., MACKAY, W., GOLD, R., "Computer augmented environments: Back to the real world", Comm. of the ACM, 1993.



