# Documento de Estudio del Estado del Arte en el campo de la Realidad Virtual y la Realidad Aumentada

Como parte del presente proyecto, así como el desarrollo del marco G3M, el uso de Realidad Virtual y Realidad Aumentada se ha estudiado como un medio para explorar mapas tridimensionales virtuales.

La Realidad Virtual (VR) se refiere en general a las tecnologías que nos permiten crear una simulación realista e inmersiva de un entorno tridimensional de 360 grados. La realidad virtual puede abarcar muchos sistemas diferentes para recrear imágenes, sonido, retroalimentación háptica, olores y más. Sin embargo, en esta disertación, solo nos estamos refiriendo a los aspectos visuales de la realidad virtual, y cómo se pueden aplicar a la visualización de una simulación mundial.

Por el contrario, la Realidad Aumentada (AR) es una visión en vivo del entorno físico del mundo cuyos elementos han sido artificialmente aumentados por entradas generadas por computadora, como sonido, video, gráficos 3D, etc. A lo largo de este documento, AR se menciona como un medio para agregar imágenes en 3D para un escenario del mundo real basado en la ubicación del espectador. Sin embargo, con la ayuda de la tecnología AR avanzada (como la visión por computadora) se pueden reconocer y mejorar visualmente los objetos del entorno. En ambos sentidos, la información se superpone a los objetos y lugares del entorno del usuario.

Ambos conceptos y tecnologías están integrados en un espectro denominado Virtuality Continuum. Este trabajo ofrece una taxonomía en la que la realidad y los escenarios sintéticos se mezclan en diferentes dimensiones y grados.

La idea de engañar a la percepción del individuo mediante el uso de tecnologías digitales se formuló por primera vez a principios del siglo XX. La tecnología VR se desarrolló durante los últimos 50 años, con `` The Sword Of Damocles '' como el primer sistema de visualización montado en la cabeza. No obstante, en la última década, y particularmente durante el desarrollo de la presente investigación, ha habido un crecimiento masivo en interés e inversión en el campo de la realidad virtual.

La RV puede implementarse en una pantalla portátil o en cualquier tipo de pantalla móvil. De hecho, esta es la idea explorada como primer acercamiento a la experiencia completa de realidad virtual. Sin embargo, la experiencia de Realidad Virtual más inmersiva se logra a través del uso de una pantalla montada en la cabeza que alimenta al usuario con imágenes emparejadas en estéreo. Durante los últimos cinco años, varias compañías han lanzado nuevos auriculares y soluciones de software para el mercado de realidad virtual. A saber:

* Oculus VR (ahora adquirido por Facebook Inc.) fue uno de los primeros promotores de esta nueva ola de interés hacia la realidad virtual. Sus auriculares con bandera son Oculus Rift, que ahora incluye un conjunto de controladores manuales que brindan una de las mejores experiencias de realidad virtual disponibles en el mercado. Este concepto fue pronto seguido por la entrega de Oculus Gear, que permite experiencias de realidad virtual a través de teléfonos Samsung.
* HTC también desarrolló su propia solución de escritorio para la realidad virtual después del ejemplo de Oculus Rift. También lanzaron un conjunto de controladores de mano que son rastreados por un conjunto de sensores de movimiento IR, tecnología llamada ``Vive Lighthouse ''.
* Sony, a su vez, presentó también PlayStation VR, un auricular con seguimiento de movimiento a través del reconocimiento de imágenes de marcadores de luz.
* La compañía Magic Leap todavía no ha lanzado su prototipo final, probablemente dirigido a aplicaciones AR. Sin embargo, vale la pena mencionar su enfoque novedoso que presenta una pantalla retina virtual montada en la cabeza que proyecta luz en los ojos del usuario, ya que podría ser el futuro inmediato de las tecnologías de realidad virtual / realidad virtual. Ciertamente, las enormes inversiones de Google y otros actores del mercado en esta empresa parecen confirmar esta idea.

A pesar de que estas soluciones pueden ser visualmente impactantes, todavía son demasiado costosas y se aplican de forma limitada para muchos usuarios finales, especialmente para el uso ocasional. Por otro lado, los auriculares vacíos también se han lanzado como una forma económica de implementar una pantalla montada en la cabeza usando un teléfono inteligente como pantalla. El más conocido de estos auriculares es probablemente Cardboard de Google, que permite a los usuarios de Android construir un auricular a un costo mínimo. Otros productos en la misma línea son Oculus Gear, Google's Daydream o VRAse (desarrollado por una empresa canaria).

En el lado del software, también hay numerosos motores que hoy en día ofrecen soporte para renderización estéreo de realidad virtual. Entre ellos, podemos encontrar Unreal Engine, CryEngine y el motor de Unity, estos últimos son particularmente notables en la industria del desarrollo móvil. Incluso marcos más ambiciosos como el proyecto Daydream de Google o OSVR apuntan a estandarizar, no solo el desarrollo de visuales VR en todas las plataformas, sino también el acceso a hardware y controladores relacionados. Del mismo modo, hay diferentes enfoques que intentan unificar las creaciones de realidad virtual utilizando estándares web.

En este sentido, el proyecto G3M, como un motor de gráficos implementado de forma nativa para teléfonos con iOS y Android, se encuentra en una posición ventajosa para adoptar estos nuevos modos de visualización demandantes de hardware. Como el motor de gráficos se implementa directamente en la parte superior de la biblioteca y no contiene ninguna dependencia de terceros, el motor puede aprovechar las capacidades gráficas máximas que ofrece el hardware. Sin embargo, esta independencia implica que el soporte VR / AR debe implementarse desde cero.

Por lo tanto, implementar estas nuevas configuraciones del widget G3M y agregarlas al marco implica una comprensión de las herramientas matemáticas y tecnológicas disponibles.

## Nuevos usos de VR y AR en aplicaciones basadas en ubicación

VR y AR se han utilizado durante este proyecto para explorar conjuntos de datos geoespaciales desde el punto de vista de la primera persona. Para algunos casos de uso, el uso de estos visores inmersivos implica que el usuario debe ubicarse físicamente en el entorno que se va a recrear o aumentar. Como en la actualidad, la mayor parte de la experiencia humana ocurre en las ciudades, la exploración de conjuntos de datos representativos urbanos se ha identificado como una aplicación potencialmente factible.

En este sentido, los servicios basados ​​en la ubicación (o LBS, por sus siglas en inglés) se han aplicado ampliamente en entornos urbanos y con frecuencia se utilizan para fines de planificación e investigación energética. La mayoría de estas aplicaciones se centran en proporcionar un servicio al usuario final, facilitar la recopilación de datos o en el análisis de datos que han sido generados por los usuarios a través de LBS, como los medios sociales.

Además, la aplicación de VR y AR a estos servicios destinados al despliegue urbano data de finales de los años noventa. Buenos ejemplos de esto son los ``MARS'', que superpusieron modelos 3D y punteros en entornos reales o ``Touring Machine'' que es una evolución del concepto de computadoras portátiles.

En el contexto urbano, se han desarrollado múltiples casos de estudio utilizando Google Glasses principalmente sobre el tema de navegación y exploración. En el campo de la planificación urbana, el diseño urbano y la investigación energética, las aplicaciones de realidad virtual basadas en Oculus Rift presentan varios ejemplos de aplicabilidad exitosa.

Otros casos de uso incluyen el uso de marcos de mapeo ya existentes como Cesium en combinación con Oculus Rift, por ejemplo, para representar vuelos de aviones no tripulados. Sin embargo, de acuerdo con la revisión de Zamyadi (2013), cuando se trata de entornos urbanos modelo, la mayoría de estos sistemas usaban formatos de visualización 3D como CAD, 3DS y formatos texturizados como KML y X3D.

Hasta el día de hoy, no existen muchos ejemplos que empleen modelos de datos 3D estructurados, a pesar de la existencia de estándares como CityGML, específicamente diseño para representar modelos geométricos de ciudades. Otras encuestas como Biljecki (2015) señalan algunos usos de CityGML en las presentaciones de realidad virtual y AR, pero no en la moda holística multimodal explorada por Santana(2016).

En cuanto a los resultados de este proyecto en términos de investigación de nuevas ideas, se plantea como interesante las capacidades de representación 3D para representar modelos CityGML brutos en plataformas móviles. Esta visualización es un desafío en términos del preprocesamiento del modelo y de cómo la representación interactiva de conjuntos de datos masivos se realiza en tiempo real sin depender de restricciones de la cámara o modelos multi-LoD.

Las instancias que usan formatos de representación estándar son, por ejemplo, la visualización del flujo de viento en CityGML como AR por Heuveline (2011) o el visor de AR de estructuras subterráneas por Schall (2010). Sin embargo, a nuestro entender, la conjunción de los tres modos de vista, modo de mapa, modos de realidad virtual y aumentada en la misma API de mapeo utilizando formatos de datos urbanos estandarizados como CityGML puede considerarse una contribución novedosa al campo.

## Referencias

A continuación se listan las principales publicaciones científicas que han sido recopiladas y de las que se han extraído ideas y conceptos a integrar en este proyecto, ya sea por su especial relevancia en el campo de los diversos modos de visualización aquí comentados o por su carácter novedoso.

* Feiner, S., MacIntyre, B., Höllerer, T., & Webster, A. (1997). A touring machine: Prototyping 3D mobile augmented reality systems for exploring the urban environment. *Personal and Ubiquitous Computing*, *1*(4), 208–217. https://doi.org/10.1007/BF01682023
* Torres, J., Ten, M., Zarzoso, J., Salom, L., Gaitan, R., & Lluch, J. (2013). Comparative Study of Stereoscopic Techniques Applied to a Virtual Globe. *The Cartographic Journal*, *50*(4), 369–375. https://doi.org/10.1179/1743277413Y.0000000034
* Höllerer, T., Feiner, S., Terauchi, T., Rashid, G., & Hallaway, D. (1999). Exploring MARS: Developing indoor and outdoor user interfaces to a mobile augmented reality system. *Computers and Graphics (Pergamon)*, *23*(6), 779–785. https://doi.org/10.1016/S0097-8493(99)00103-X
* Google. (2015). SensorManager - Android Reference. Retrieved April 4, 2017, from http://developer.android.com/reference/android/content/Intent.html
* Gateau, S. (2009). *3D Vision Technology - Develop, Design, Play in 3D Stereo*. *Acm Siggraph*. Retrieved from http://developer.download.nvidia.com/presentations/2009/SIGGRAPH/3DVision\_Develop\_Design\_Play\_in\_3D\_Stereo.pdf
* Blum, J. R., Greencorn, D., & Cooperstock, J. R. (2013). Smartphone sensor reliability for augmented reality applications. *Mobile and Ubiquitous Systems: Computing, Networking, and Services*, 127–138. https://doi.org/10.1007/978-3-642-40238-8\_11
* Rosenberg, L. B. (1993). The effect of interocular distance upon operator performance using stereoscopic displays to perform virtual depth tasks. In *Virtual Reality Annual International Symposium, 1993., 1993 IEEE* (pp. 27–32). https://doi.org/10.1109/VRAIS.1993.380802
* Mozilla. (2017). DeviceMotionEvent - MDN Web Reference. Retrieved April 4, 2017, from https://developer.mozilla.org/es/docs/Web/API/DeviceMotionEvent
* Azuma, R., Baillot, Y., Behringer, R., Feiner, S., Julier, S., & MacIntyre, B. (2001). Recent advances in augmented reality. *IEEE Computer Graphics and Applications*, *21*(6), 34–47. https://doi.org/10.1109/38.963459
* Krevelen, D. W. F. van, & Poelman, R. (2010). A Survey of Augmented Reality Technologies, Applications and Limitations. *The International Journal of Virtual Reality*, *9*(2), 1–20. https://doi.org/10.1155/2011/721827
* Grasberger, H. (2008). *Introduction to Stereo Rendering*.
* Apple. (2013). Core Motion - iOS Framework Reference. Retrieved April 4, 2017, from https://developer.apple.com/library/ios/documentation/CoreMotion/Reference/CoreMotion\_Reference/index.html
* Biljecki, F., Stoter, J., Ledoux, H., Zlatanova, S., & Çöltekin, A. (2015). Applications of 3D City Models: State of the Art Review. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, *4*(4), 2842–2889. https://doi.org/10.3390/ijgi4042842
* Heuveline, V., Ritterbusch, S., & Ronnas, S. (2011). Augmented Reality for Urban Simulation Visualization. *INFOCOMP 2011: The First International Conference on Advanced Communications and Computation*, (c), 115–119.
* Paolantonio, M. Di, Fernández, C. G., Latorre, M. J., & Pedrera, F. (2015). 3D virtual representation of drones’ flights through Cesium.js and Oculus Rift. *Geomatics Workbooks N° 12 – “FOSS4G Europe Como 2015,”* 577–578.
* Schall, G., Schmalstieg, D., & Junghanns, S. (2010). Vidente - 3D Visualization of Underground Infrastructure using Handheld Augmented Reality. *Integrating GIS and Water*, *1*(4), 1–17. https://doi.org/10.1.1.173.3513
* Tanaka, E. H., Paludo, J. A., Cordeiro, C. S., Domingues, L. R., Gadbem, E. V, & Euflausino, A. (2015). Using immersive virtual reality for electrical substation training. *Proceedings of the International Conference on E-Learning 2015, E-LEARNING 2015 - Part of the Multi Conference on Computer Science and Information Systems 2015*, 136–140.
* Lovett, A., Appleton, K., Warren-Kretzschmar, B., & Von Haaren, C. (2015). Using 3D visualization methods in landscape planning: An evaluation of options and practical issues. *Landscape and Urban Planning*, *142*, 85–94. https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2015.02.021
* Zamyadi, A., Pouliot, J., & Bédard, Y. (2013). A three step procedure to enrich augmented reality games with CityGML 3D semantic modeling. In *Lecture Notes in Geoinformation and Cartography* (pp. 261–275). Springer Berlin Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-642-29793-9-15
* Rehman, U., & Cao, S. (2015). Augmented Reality-Based Indoor Navigation Using Google Glass as a Wearable Head-Mounted Display. In *2015 IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics* (pp. 1452–1457). IEEE. https://doi.org/10.1109/SMC.2015.257
* Celik, B., Karatepe, E., Gokmen, N., & Silvestre, S. (2013). A virtual reality study of surrounding obstacles on BIPV systems for estimation of long-term performance of partially shaded PV arrays. *Renewable Energy*, *60*, 402–414. https://doi.org/10.1016/j.renene.2013.05.040
* Shen, Z. (2012). *Geospatial Techniques in Urban Planning*. *Control*. Springer Berlin Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-642-13559-0
* Heydarian, A., Carneiro, J. P., Gerber, D., Becerik-Gerber, B., Hayes, T., & Wood, W. (2015). Immersive virtual environments versus physical built environments: A benchmarking study for building design and user-built environment explorations. *Automation in Construction*, *54*, 116–126. https://doi.org/10.1016/j.autcon.2015.03.020
* Tussyadiah, I. (2013). Expectation of Travel Experiences with Wearable Computing Devices. In *Information and Communication Technologies in Tourism 2014* (pp. 539–552). Cham: Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-03973-2\_39
* Anthopoulos, L., & Fitsilis, P. (2010). From digital to ubiquitous cities: Defining a common architecture for urban development. In *Proceedings - 2010 6th International Conference on Intelligent Environments, IE 2010* (pp. 301–306). IEEE. https://doi.org/10.1109/IE.2010.61
* Sutherland, I. E. (1965). The ultimate display. *Multimedia: From Wagner to Virtual Reality*.
* Mozilla. (2017). WebVR API. Retrieved March 31, 2017, from https://developer.mozilla.org/en-US/docs/Web/API/WebVR\_API
* Milgram, P., & Kishino, F. (1994). A taxonomy of mixed reality visual displays. *IEICE TRANSACTIONS on Information and Systems*, *77*(12), 1321–1329.