

# TECNOLOGÍAS INMERSIVAS Y VISUALIZACIÓN SITUADA APLICADAS A GEOCIENCIAS

M. Luján Ganuza<sup>1,2</sup>, Matías N. Selzer<sup>1,2</sup>, Antonini Antonella S.<sup>1,2</sup>, Luque, Leandro E.<sup>1,2</sup>, Urribarri, Dana K.<sup>1,2</sup>, Larrea, Martín L.<sup>1,2</sup>, Ferracutti, Gabriela R.<sup>3</sup>, Asiain, Lucía<sup>3</sup>, Bjerg, Ernesto A.<sup>3</sup>, y Silvia M. Castro<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Laboratorio de I+D en Visualización y Computación Gráfica (VyGLab) (UNS-CIC)  
Dpto. de Cs. e Ing. de la Computación, Universidad Nacional del Sur (DCIC-UNS)  
{mlg, matias.selzer, antonella.antonini, leandro.luque, dku, mll, smc}@cs.uns.edu.ar

<sup>2</sup>Instituto de Ciencias e Ingeniería de la Computación (UNS-CONICET)

<sup>3</sup>INGEOSUR, Dpto. de Geología, Universidad Nacional del Sur  
gferrac@uns.edu.ar; {lasiain, ebjerg}@ingeosur-conicet.gob.ar

## RESUMEN

Las tecnologías inmersivas están avanzando a un ritmo vertiginoso, surgiendo cada día nuevos conceptos y aplicaciones. La visualización de datos, por otro lado, es una herramienta muy valiosa cuyo objetivo primario se basa en transmitir la información por medio de representaciones gráficas. Las tecnologías inmersivas pueden integrarse con la visualización de datos, ampliando su potencial, con el objetivo de transmitir información de manera que se potencie su análisis y entendimiento. Consideramos que la aplicación de tecnologías XR integradas en visualizaciones puede resultar de gran utilidad en diversas áreas, entre ellas las Geociencias. En este contexto se plantea como objetivo general el contribuir al diseño y desarrollo de técnicas inmersivas integradas en visualizaciones situadas interactivas en 3D que contribuyan a facilitar el trabajo de campo del geólogo.

**Palabras claves:** *Visualización Situada, Tecnologías Inmersivas, Tecnologías XR*

## CONTEXTO

Este trabajo se realiza en estrecha colaboración con investigadores de centros de investigación de reconocido prestigio como el INGEOSUR-CONICET (Instituto Geológico

del Sur) y el Departamento de Geología de la Universidad Nacional del Sur, y el VyGLab (Laboratorio de Investigación y Desarrollo en Visualización y Computación Gráfica) del Departamento de Ciencias e Ingeniería de la Computación (DCIC-UNS).

## 1. INTRODUCCIÓN

Las tecnologías inmersivas combinan la realidad con objetos virtuales (Realidad Aumentada y Realidad Mixta) o sumergen completamente al usuario en mundos totalmente virtuales (Realidad Virtual). La Realidad Extendida (XR, como se la conoce actualmente por sus siglas en inglés) es una tecnología novedosa que integra la Realidad Virtual (RV), la Realidad Aumentada (RA) y la Realidad Mixta (RM). A medida que las tecnologías digitales evolucionan hacia soluciones mejores, la RA, la RV y la RM se instalan lentamente en el centro de los negocios y de la vida cotidiana, provocando cambios sociales masivos. Aunque se suele pensar que estas tecnologías se utilizan principalmente para videojuegos, existen muchas aplicaciones en diversos campos que se benefician de ellas, como la educación [11, 12], el entrenamiento militar y médico [14, 15], el turismo, la salud mental y los deportes, entre otras [9,10].

La visualización de datos, por otro lado, es una herramienta muy valiosa siendo su objetivo primario el transmitir la información por medio de representaciones gráficas de datos para ayudar a los usuarios de la misma a generar insight, es decir, un entendimiento tanto de la información subyacente en éstos como de las posibles relaciones existentes entre éstos, para poder así llevar a cabo determinadas tareas de manera más eficiente. La XR puede integrarse con la visualización y al incorporar elementos virtuales a la realidad que percibimos (elementos sintéticos artificiales que se incorporan por un medio digital, como la computadora), o considerar una realidad totalmente virtual, brindará un abanico de nuevas formas de percibir e interactuar con estas realidades. Existen diversas alternativas tanto para integrar espacialmente los elementos virtuales a las escenas del mundo real o generar mundos totalmente virtuales, como para permitir la manipulación de los objetos virtuales en los ambientes de XR. Sin embargo, el éxito depende de cuán bien puedan comprenderse e integrarse las escenas generadas y cuán natural sea la interacción con ellas.

Consideramos que la aplicación de tecnologías XR integradas en visualizaciones puede resultar de gran utilidad en diversas áreas, entre ellas en las Geociencias. En particular, el trabajo de campo de los geólogos constituye un área de aplicación muy prometedora para la visualización de datos *in-situ* mediante la aplicación de tecnologías XR. Las actividades de campo resultan esenciales en lo concerniente a la búsqueda y explotación de recursos renovables y no renovables, emplazamientos de obras civiles e identificación y remediación de riesgos ambientales y uso de suelos entre muchas otras, involucrando cuidadosas observaciones y medidas de campo, recolección de muestras de rocas y almacenamiento de información

complementaria para su posterior análisis. Como soporte de estas tareas de campo, los geólogos utilizan simultáneamente diversos instrumentos de medición, además de imágenes de sensores remotos, mapas topográficos y mapas geológicos que deben referenciar y vincular al mundo real.

Adicionalmente, emerge el término de Visualización Situada para describir visualizaciones que son mostradas en el contexto en el cual son relevantes y el objetivo es que la combinación del mundo físico y la representación visual que se integra a éste tengan un significado integral [20]. En este caso, los datos visualizados deben estar claramente asociados con la ubicación física y/o los objetos reales y tener en cuenta al usuario y a las tareas a llevar a cabo por éste. La Visualización Situada también puede ser sumamente beneficiosa para el geólogo en el trabajo de campo. De este modo, podrá contar con herramientas informáticas que le brinden, en tiempo real e *in-situ*, no solo la documentación de soporte necesaria sino también los elementos que le permitan explorar nuevas alternativas para realizar el mapeo geológico incorporando los datos, tanto de laboratorio como los obtenidos con los instrumentos de medición propios e imprescindibles para el trabajo geológico (brújulas, clinómetros, magnetómetros, contadores Geiger, báculos, teodolitos, planchetas, GPS, etc.). La alternativa de integrar al ambiente real *in-situ* los mapas geológicos, los mapas topográficos, los datos recolectados durante una jornada y los obtenidos previamente, resultantes de los análisis de laboratorio, también permite reducir la cantidad de distintos tipos de soportes que contienen la información a utilizar (por ejemplo los esquemas en papel), facilitando el trabajo de campo y permitiendo una constante asociación de información 2D-3D.

## 2. LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO

Las líneas de investigación y desarrollo específicas planteadas son:

**Diseño y desarrollo de herramientas de software para el campo de las Geociencias que integren técnicas inmersivas:** Estas herramientas integrarán tecnologías de RA, RM y RV, que permitan interactuar con, y visualizar *in-situ* y de manera unificada, datos propios de la Geología.

La utilización de estas tecnologías de manera satisfactoria en exteriores presenta un gran desafío en cuanto a la forma de visualizar la información y a cómo interactuar con la misma. No es necesario contar con costosos dispositivos de hardware de alta gama para generar ambientes de XR en donde los usuarios puedan interactuar. Es posible desarrollar estas nuevas tecnologías a nivel nacional dados los recursos humanos y la tecnología actualmente disponibles.

**Diseño y desarrollo de una visualización unificada de distintos estratos visuales** que integre al ambiente real *in-situ* los datos multidimensionales que el geólogo utiliza (mapas geológicos, mapas topográficos, los datos recolectados durante una jornada, datos obtenidos de perforaciones y datos obtenidos previamente) en una aplicación de RA móvil. Esto permitirá reducir la cantidad de diferentes tipos de soportes que contienen la información a utilizar (por ejemplo los esquemas en papel), facilitando así la interpretación de los datos.

## 3. RESULTADOS OBTENIDOS Y ESPERADOS

Sobre los ejes presentados se han obtenido resultados parciales.

Con respecto al diseño y desarrollo de herramientas que integren tecnologías XR de bajo costo, se han desarrollado sistemas que

permiten a los usuarios explorar ambientes virtuales con una gran calidad visual, incluso en dispositivos móviles. Esas técnicas se complementaron con la detección de colisiones y la exploración de terrenos o ambientes con distintas alturas, lo que permite al usuario explorar e interactuar en ambientes más realistas [18, 19]. La exploración de mundos virtuales realistas y de gran tamaño presenta un desafío complejo en el área de tecnologías inmersivas de bajo costo; sin embargo, una gran ventaja es que esto puede utilizarse en diversas áreas, como por ejemplo la geología, en donde resulta muy útil la exploración grandes terrenos virtuales basados en terrenos reales.

Con respecto al diseño y desarrollo de una visualización unificada de distintos estratos visuales se ha trabajado de manera sostenida en el tiempo en temas relacionados con la Visualización de Datos aplicada a las Geociencias [4,5]. Se desarrollaron nuevas técnicas de visualización para datos geológicos aplicados a la mineralogía y a la prospección de recursos naturales [2, 6, 7, 8]. También se han realizado importantes avances en lo que respecta a visualización de datos multidimensionales en general [1, 3, 13, 16, 17], técnicas que son aplicables a datos provenientes del campo de las Geociencias.

## 4. FORMACION DE RECURSOS HUMANOS

A continuación, se detallan los proyectos de investigación, las tesis finalizadas y en desarrollo y las becas obtenidas vinculadas con las líneas de investigación presentadas.

### Proyectos Vigentes:

-PGI 24/ZN38 “Tecnologías Inmersivas y Visualización Situada aplicadas a Geociencias”. Directora: Dra. M. Luján Ganuza.

-PIBAA - CONICET (2872021010 0824CO) “Análisis Visual de Datos Multidimensionales sin Pérdida de Información”. Directora: Dra. M. Luján Ganuza.

-PGI 24//N048 “Análisis Visual de Datos”. Directora: Silvia M. Castro.

-PICT-2017-1246 “Análisis Visual en Geociencias”. Directora: Silvia M. Castro.

**Tesis Finalizada:** “Métricas de Inmersión para Sistemas de Realidad Virtual”, tesis de Doctorado en Ciencias de la Computación. Alumno: Matías N. Selzer. Directores: Dra. Silvia M. Castro - Dr. Martín L. Larrea.

**Tesis en Desarrollo:**

- “Realidad Aumentada Móvil en Exteriores para Visualización de Datos Geológicos”, tesis de Doctorado en Ciencias de la Computación. Alumno: Juan Manuel Trippel Nagel. Directores: Dra. Silvia Castro - Dr. Ernesto Bjerg.

-“Análisis Visual de Datos Multidimensionales”, tesis de Doctorado en Ciencias de la Computación. Alumna: Antonella S. Antonini. Directora: Dra. Silvia Castro. Codirectora: Dra. M. Luján Ganuza.

**Becas:**

-Antonella S. Antonini. Título del plan propuesto: “Análisis Visual de Datos Multidimensionales”. Beca doctoral 2019 CONICET. Adjudicada a partir de abril de 2019 y por un término de 5 años. Directores: Dra. Silvia Castro - Dr. Ernesto Bjerg.

-Leandro Luque. Título del plan propuesto: “Análisis Visual de Datos provenientes de Registradores de Movimientos Oculares”. Beca doctoral 2019 CONICET. Adjudicada a partir de abril de 2019 y por un término de 5 años. Directora: Dra. Silvia Castro. Codirector: Dr. Osvaldo Agamennoni.

- Matías Selzer. Plan de trabajo: “Interacción y Navegación en Ambientes de Realidad Extendida Colaborativa”. Beca Posdoctoral CONICET 2020, adjudicada a partir de abril de 2021 y por un término de 2 años.

**Proyecto Final de Carrera Concluido:**

“Sistema Georeferenciado de Realidad Aumentada Colaborativo”, trabajo final de carrera Ingeniería en Sistemas de Computación. Alumno: Franco Raniolo. Directora: Dra. M. Luján Ganuza. Codirector: Dr. Matías N. Selzer.

**5.BIBLIOGRAFÍA**

- [1] Antonini, A. S., Ganuza, M. L. & Castro, S. M. (2022). VISUEL - A Web Dynamic Dashboard for Data Visualization. *Journal of Computer Science and Technology*, 22(1), e03.
- [2] Antonini, A. S., Ganuza, M. L., Ferracutti, G., Gargiulo, M. F., Matković, K., Gröller, E., Bjerg, E. A & Castro, S. M. (2021). Spinel web: an interactive web application for visualizing the chemical composition of spinel group minerals. *Earth Science Informatics*, 1-8.
- [3] Antonini, A. S., Luque, L., Ganuza, M. L. & Castro, S. M. (2022). Towards a Taxonomy for Non-Paired General Line Coordinates: A Comprehensive Survey. *International Journal of Data Science and Analytics*.
- [4] Ferracutti, G. R., Gargiulo, M. F., Ganuza, M. L., Bjerg, E. A., and Castro, S. M. (2015). Determination of the spinel group end members based on electron microprobe analyses. *Mineral. Petrol.* 109, 2 153-160.
- [5] Ganuza, M. L., Castro, S. M., Ferracutti, G., Bjerg, E. A., and Martig, S. (2012). Spinelviz: An interactive 3d application for visualizing spinel group minerals. *Comput. Geosci.* 48, 50–56.
- [6] Ganuza, M. L., Ferracutti, G., Gargiulo, M.F., Castro, S. M., Bjerg, E. A., Gröller, E., and Matkovic, K. (2014). The spinel explorer - interactive visual analysis of spinel group minerals. *IEEE TVCG.* 20, 12, 1913–1922.
- [7] Ganuza, M. L., Ferracutti, G., Gargiulo, M. F., Castro, S. M., Bjerg, E. A., Gröller, E.,

- Matkovic, K. (2017). Interactive visual categorization of spinel-group minerals. Proc. of the Spring Conf. on Comput. Graph.
- [8] Ganuza, M. L., Gargiulo, M. F., Ferracutti, G., Castro, S. M., Bjerg, E. A., Gröller, E., Matkovic, K. (2015). Interactive semi automatic categorization for spinel group minerals. In 2015 IEEE, VAST 2015, October 25-30, 2015, 197–198.
- [9] Grandi, J.G., Debarba, H.G., Nedel, L., and Maciel, A. (2017, May). Design and evaluation of a handheld-based 3d user interface for collaborative object manipulation. In Proceedings of the 2017 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems (pp. 5881-5891).
- [10] Gutwin, C., Greenberg, S., (2002). A descriptive framework of workspace awareness for real-time groupware. Computer Supported Cooperative Work (CSCW) Vol. 11. n. 3-4 , pp. 411-446.
- [11] Huang, H.-M., Liaw, S.-S., Lai, C.-M., (2016). Exploring learner acceptance of the use of virtual reality in medical education: a case study of desktop and projection-based display systems. *Interactive Learning Environments*, 24(1), 3-19.
- [12] Ibayashi, H., et al., (2015). Dollhouse VR: a multi-view, multi-user collaborative design workspace with VR technology. SIGGRAPH Asia 2015 Emerging Technologies. 1-2, 2015.
- [13] Kutak, D., Selzer, M. N., Byska, J., Ganuza, M. L., Barisic, I., Kozlikova, B. & Miao, H. (2021). Vivern A Virtual Environment for Multiscale Visualization and Modeling of DNA Nanostructures. *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics*, 28(12), 4825-4838.
- [14] Lacoche, J., Pallamin, N., Boggini, T., and Royan, J. (2017). Collaborators awareness for user cohabitation in co-located collaborative virtual environments. In Proceedings of the 23rd ACM Symposium on Virtual Reality Software and Technology (pp. 1-9).
- [15] Le Chénéchal, M., Lacoche, J., Royan, J., Duval, T., Gouranton, V., and Arnaldi, B. (2016). When the giant meets the ant an asymmetric approach for collaborative and concurrent object manipulation in a multi-scale environment. In 2016 IEEE Third VR International Workshop on Collaborative Virtual Environments (3DCVE) (pp. 18-22).
- [16] Luque, L.E., Ganuza, M.L., Antonini, A.S. & Castro, S.M. (2021a). npGLC-Vis Library for Multidimensional Data Visualization. En *Cloud Computing, Big Data & Emerging Topics: 9th Conference, JCC-BD&ET, La Plata, Argentina, June 22-25, 2021, Proceedings (Vol. 1444, p. 188)*.
- [17] Sabando, M. V., Ulbrich, P., Selzer, M., Byška, J., Mičan, J., Ponzoni, I., . . . Kozlíková, B. (2021). ChemVA: Interactive Visual Analysis of Chemical Compound Similarity in Virtual Screening. *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics*, 27(2), 891-901.
- [18] Selzer, M. N., Ganuza, M. L., Urribarri, D. K., Larrea, M. L. & Castro, S. M. (2021). Stereoscopic Image-Based Rendering Technique for Low-Cost Virtual Reality. En P. Pesado & J. Eterovic (Eds.), *Computer Science – CACIC 2020* (pp. 91-101). Cham: Springer International Publishing.
- [19] Selzer, M. N., Ganuza, M. L. & Castro, S. M. (2021). High Visual-Quality Scenes in Low-Cost Virtual Reality With Collisions and Irregular Surfaces. *IEEE Computer Graphics and Applications*, 41(4), 40-51.
- [20] White, S.; Feiner, S., Kopylec J., (2006). Virtual vouchers: Prototyping a mobile augmented reality user interface for botanical species identification. Proceedings of the 3D User Interfaces, p. 119–126.