

# Chapter 1

## Destino Research Group: A Journey in XR

**Grupo de Investigación DESTINO: Un viaje en XR**

Andrés A. Navarro-Newball

SCAN THIS QR CODE TO WATCH A VIDEO ABOUT THIS CHAPTER  
ESCANEE ESTE CODIGO QR PARA VER UN VÍDEO SOBRE ESTE CAPÍTULO

<https://youtu.be/2wEUueGdMcl>



## Destino Research Group: A Journey in XR

Andrés A. Navarro-Newball  
Pontificia Universidad Javeriana Cali (Colombia)  
[anavarro@javerianacali.edu.co](mailto:anavarro@javerianacali.edu.co)

### Abstract

We present the experience in XR from the DESTINO Research Group at the Pontificia Universidad Javeriana in Cali, Colombia. We summarised our relevant work to show the wide spectrum of applications in XR. The works presented here include proposals for surgical simulation, narrative systems to increase knowledge in museums, interactive proposals for the preservation of cultural, historical, and natural heritage, inclusive language learning systems, among others. The technologies used for its development include video games, animation, interactive systems, tangible interfaces, the virtual continuum, all within the framework of the XR. For the implementation of these works, we overcame challenges such as the coordination of interdisciplinary teams, the development of appropriate user experiences, the achievement and understanding of information and challenges associated with the use of technology. Several of these projects have made an impact in the real world and all of them have given us the opportunity to deepen our knowledge in XR. We hope this summary will inspire and motivate younger researchers to explore diverse solutions.

**Keywords:** Virtual Continuum, X Realities, Computer Graphics.

### Introduction

The DESTINO research group belongs to the Department of Electronics and Computer Science from the Pontificia Universidad Javeriana, Cali. It was founded in 2002, however, as a founding member I state that the research interest on visual computing started from my side back in 1994 when I developed the GUI of a chess game (Camacho & Navarro-Newball, 1994), just months after I finished attending my computer graphics course. Ever since, I have contributed to the development of the computer graphics field

and brought many research ideas to the group and encouraged students to understand the graphics field and one of its major applications, the X-Realities (XR). In our case, we found several challenges through the different projects, these include:

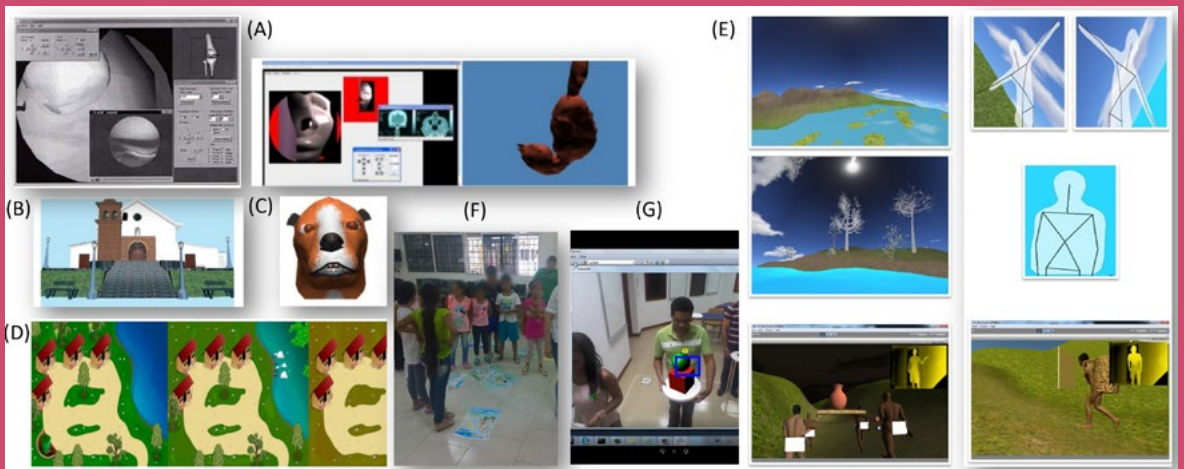
- Teamwork challenges: proper integration of an interdisciplinary team. Sometimes it is complex to achieve a fluid communication between the members of the group, who do not normally speak the same professional language. In addition, it can be difficult to reach a consensus on the ideas that are ultimately embodied in the projects.
- User experience challenges: this includes aspects of enjoyment and usability of the applications developed. Refining systems requires many users to get involved at different stages of the development process and provide feedback on how the system should be implemented.
- Information challenges: sometimes, it can be difficult to obtain the information necessary for the development of projects. For example, in the case of health-oriented systems, confidentiality can prevent access to patient data and patient testing must be conducted under the highest ethical considerations. One solution is to make agreements with entities and professionals that provide the information required within the framework of the projects following strict ethical guidelines.
- Technological challenges: The field of XR is evolving rapidly. This implies learning to use and integrate new devices in an agile way. The above noting that XR equipment is expensive and requires special configurations, in many cases. On the other hand, the computational part, in several cases, uses techniques that can be complex, or sometimes impossible, to implement. For example, in one of our developments, the final system worked well in the lab, but not in the real world. This was because the machine learning technique used did not work well.

This paper summarises the presentation at the first XRCOL & Netherlands 2020 conference, which took place in November 2020. The idea is to open minds on the broad range of applications and challenges around the field. Next, we describe our work. Then, we finalise with a conclusion.

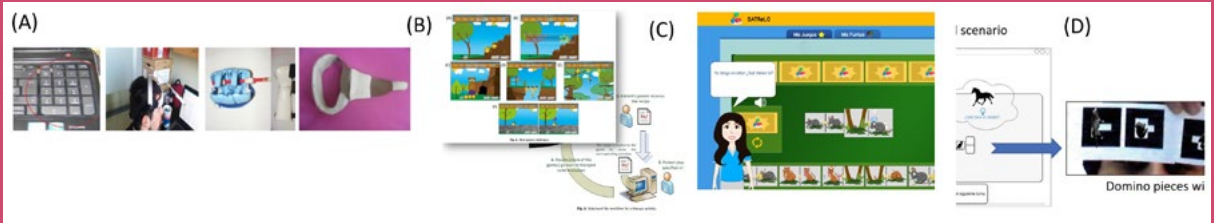
## Our Work

XR concepts and technologies can be applied to surgical simulation. In these kinds of projects, the idea is to train a medical trainee to perform surgery before he/she can interact with a real patient, to guide an expert surgeon or to make a patient understand a surgical procedure. Fig. 1A shows three simulators; the first one is a knee surgery system developed for my MSc dissertation (Navarro-Newball, 1995); the other two were the first XR work within the DESTINO group (Navarro-Newball, Herrera & Marin, 2007). Then, we developed our first 3D heritage reconstruction, which could be used to understand the city of Cali's past (Navarro-Newball et al., 2007) and for a PhD thesis I developed the complex computing model for a dog facial animation system (Navarro-Newball, 2010) (Fig. 1B and C). We found that all natural, cultural, and historical heritage were important. We decided to create games to raise consciousness about different kinds of water sources (Fig. 1D), such as the wetlands (Ochoa Angrino et al., 2013); the water eyes, for which we created an AR board game together with the children of a countryside foundation (Fig. 1F) (Hernández & Navarro-Newball, 2013); and the migratory birds and our indigenous past (Fig. 1E) (Navarro-Newball et al., 2016). At this point we proposed an interactive floor to interact with such games (Fig. 1G) (Ventes et al., 2014). Later, we realised that inclusion was important. Thus, we explored how severely impaired professionals used technology (Contreras, Gómez, Navarro-Newball, 2019) and developed one of our most successful lines of projects, those made in collaboration with the Institute for the Deaf and Blind Children in Cali. These projects are aimed at teaching the Spanish language to children with cochlear implants and many of them are still used and in continuous development (Correa et al., 2018, Navarro-Newball et al., 2014, Martínez et al., 2021) (Fig. 2). Meanwhile, we evolved our XR systems on heritage. We created a prototype project that took a helmet and used it as a tangible interface (Fig. 3B). This helmet allows the user to travel the line of the virtual continuum from the real world (the plastic helmet) to an immersive virtual reality experience, when the user puts on the helmet and becomes a Tlingit indigenous in a virtual world (Loaiza et al., 2017). Also, an XR radio (Fig. 3A) was developed that began a speech once it detected users crossing in front of it using motion detection (Moreno et al., 2015).

Our most successful XR game was the Chimú Adventure, which ran for three years (2014-2017) at the Museo de América de Madrid and allowed the understanding of the ancient Peruvian Chimú culture. It had an on-site and a mobile application (Navarro-Newball et al., 2016, Perea-Tanaka et al., 2015, Moreno et al., 2019) (Fig. 3C). Our more recent developments include an AR system for water pumps maintenance for the public water company in Cali (Castellanos & Navarro-Newball, 2019); an interactive musical instrument from the Pacific Colombian (the Marimba) (Valencia, Cardona, Navarro-Newball, 2019) and Smart Books (Kolivand et al., 2021) (Fig. 3D). All these systems have great potential for integration with digital twins, enhancing the interaction provided by XR. During our journey, we have had to investigate the complex underlying computational models which have allowed us to create very novel systems at different moments (Pilco et al., 2019, Efren et al., 2019, Navarro-Newball et al., 2017). We are starting to explore multisensorial interactive narratives for children with severe visual limitations, again expanding our collaboration with the Institute for the Blind and Deaf Children and thinking about developing a VR digital twin for the maritime port of Buenaventura to explore its modernisation and gamifying my own lectures using technologies from the virtual continuum, such as Minecraft, Hubs, Teams (together mode) and Roomkey.



**Figure 1.** Previous work. A) Surgical simulation. B) Heritage. C) Animation. D) Wetlands rescue. E) Natural and historical heritage. F) A board game. G) An interactive floor.



**Figure 2.** Inclusion. A) Gadgets used by severely impaired people. B) Mechanisation of speech. C) Automatic generation of therapy games. A domino for learning classification. E) The domino in AR.



**Figure 3.** Evolving heritage. A) Interactive radio. B) Travelling the continuum. C) Different aspect of the Chimú Adventure. D) Great potential for Digital Twins.

## Discussion

The process of developing the set of applications presented and potential applications in the area will continue to present challenges related to teamwork, user experience, information, and technology. For a successful interdisciplinary teamwork, it is necessary to understand that this work is a creative process in which all disciplines must contribute, always seeking openness regarding the ideas proposed by all to achieve a consensus in the development of the projects. In this sense, we believe that the work of a cultural manager can be relevant to avoid conflicts and improve communication. In terms of user experience, one of the great difficulties is to convince people to participate in the different evaluations required at the different stages of the projects (Contreras, Gómez & Navarro-Newball, 2019). This problem can be worse when situations such as pandemics occur; then, it is very difficult to involve people directly. Thus, it is possible to find motivational mechanisms to achieve the participation of a good number of users. The challenges related to the access to information and the ethical management of it can be solved by integrating a team of people committed to the project under the framework of an appropriate agreement or contract. As for the technical and technological challenges, it is important to propose ideas whose implementation is possible and to have enthusiastic research assistants who can learn quickly. The projects presented used many technologies. For the development of future projects, we seek to deepen the use of artificial intelligence techniques that promote greater interactivity to XR environments. This means going far beyond traditional gaming intelligence techniques and involving machine learning (Moreno et al., 2015; Efren et al., 2019). In addition, many of the systems have the potential to evolve towards the idea of a digital twin (Kolivand et al., 2021; Valencia, Cardona & Navarro-Newball, 2019; Castellanos & Navarro-Newball, 2019), which would also make them an important decision-making tool. In both cases, the development of XR systems may require technologies such as sensors, connectivity, cloud storage and mobility. A final challenge is to find a way for projects to have an impact in the real world and not be stored in a library.

## Conclusion

We have presented several applications from the virtual continuum that were implemented using XR technologies and concepts. Some of these were visionary at the time they were finished. Many of them were implemented with the help of undergraduate and graduate students, professors and lecturers from the Pontificia Universidad Javeriana Cali, Colombia and the support of collaboration networks from Spain, The United Kingdom, Canada, China, New Zealand, Chile, Italy, and Colombia. This summary may serve as an open minder for those wishing to develop XR applications. The continuous development in XR involves diverse challenges, but at the same time it involves creativity, fun and a lot of learning.



## References

- Camacho, J.G. & Navarro-Newball, A.A. (1994). Applying AI techniques to the game of chess. Undergraduate research project. Pontificia Universidad Javeriana Cali, Colombia. <http://vitela.javerianacali.edu.co/handle/11522/4391>
- Castellanos, M.J. & Navarro-Newball, A.A. (2019). Prototyping an augmented reality maintenance and repairing system for a deep well vertical turbine pump. *CONIELECOMP 2019 - 2019 International Conference on Electronics, Communications and Computers*. Paper 8673254, 36-40.
- Contreras, V.E., Gómez, G. & Navarro-Newball, A.A. (2019). Towards the Gamification of Assistive Technology for Professionals with Severe Impairments. *International Conference on Virtual Reality and Visualization (ICVRV)*. 176-179.
- Correa P.A. et al. (2018). Building Alternative Methods for Aiding Language Skills Learning for the Hearing Impaired. *Advances in Computing, Communications in Computer and Information Science*. 885.
- Efren, C. et al. (2019). Procedural Placement of Existing Building Models in Virtual Cities. *International Conference on Virtual Reality and Visualization*. 238-242.
- Hernández, J. & Navarro-Newball, A.A. (2019). A Software Architecture for Integrating Augmented Reality to a Board Game for Water Source Care Awareness. *ClbSE - IberoAmerican Conference on Software Engineering Proceedings*. 641-649.
- Kolivand H. et al. (2021). Reimagining the Book ... Again! A New Framework for Smart Books Using Digital Twins Technology. *Smart Cities. ICSC-CITIES 2020. Communications in Computer and Information Science*. 1359, 233-245.
- Loaiza D.F. et al. (2017). Mixing Art and Technology: An Interactive Radio for a Museum Exhibition. *Communications in Computer and Information Science*. 735.
- Martínez J.C. et al. (2021). SATReLO: A tool to support language therapies for children with hearing disabilities using video games. *Rev.Fac.Ing.Univ. Antioquia*. 99, 99-112.
- Moreno, I. et al. (2015). Marker-less feature and gesture detection for an interactive mixed reality avatar. *Symposium on Signal Processing, Images and Computer Vision*. 1-7.
- Moreno, I. et al. (2019). Archaeological simulation to explore the Chimú culture from Peru. *International Conference on Virtual Reality and Visualization (ICVRV)*. 266-267.
- Navarro-Newball, A.A. (1998) The Implementation of a Windows 95 based virtual environments knee arthroscopy training system. MSc dissertation. University of Hull. [aanewball.com/Tesis/Dissertation.pdf](http://aanewball.com/Tesis/Dissertation.pdf)

- Navarro-Newball, A.A. (2010). Londra, A Dog Facial Animation Model. PhD thesis, University of Otago. [aannewball.com/Tesis/thesis.pdf](http://aannewball.com/Tesis/thesis.pdf)
- Navarro-Newball, A.A. et al. (2016). Gesture based human motion and game principles to aid understanding of science and cultural practices. *Multimed Tools Appl.* 75, 11699–11722.
- Navarro-Newball, A.A. et al. (2017). An Interactive Modelling Architecture For Education And Entertainment At Museums. *Dyna*, 92(3), 269-273.
- Navarro-Newball, A.A., Herrera, F.J. & Marin, C.A. (2007) Using an interactive module to enhance and understand 3D cavity navigation: a patient's view. *Journal Of Telemedicine And Telecare*. 13(S1), 13 - 15.
- Navarro-Newball, A.A., Herrera, F.J., Matta, A. & Loaiza, D.F. (2007) Rebuilding the Past from the City of Santiago de Cali, Colombia, South America. An Example of Virtual Heritage Preservation. *The 8th International Symposium on Virtual Reality, Archaeology and Intelligent Cultural Heritage. Short and Project Papers*, 62 - 68.
- Navarro-Newball, A.A., Loaiza, D., Oviedo, C. et al. (2014). Talking to Teo: video game supported speech therapy. *Entertainment Computing*. 5(4), 401-412.
- Ochoa Angrino, S. et al. (2013). Diseño de un escenario educativo para museos con el uso de TRIZ y ACT. *Pensamiento Psicológico*. 11(2), 71-88.
- Perea-Tanaka, C.F. et al. (2015). Towards Tantalluc: Interactive mobile augmented reality application for the Museo de América in Madrid. *10th Computing Colombian Conference*, 164-171.
- Pilco, A. et al. (2019). Procedural Animation Generation Technology of Virtual Fish Flock. *International Conference on Virtual Reality and Visualization*. 233-237.
- Valencia, L., Cardona, J.M. & Navarro-Newball, A.A. (2019). Interactive computer-based system to promote the exploration of Tumaco's culture. *International Conference on Virtual Reality and Visualization*. 281-282.
- Ventes, C. et al. (2014) A Programming Library for Creating Tangible User Interfaces. *GSTF Journal on Computing*. 4(1), 23-32.

## Grupo de Investigación DESTINO: Un viaje en XR

Andrés A. Navarro-Newball  
Pontificia Universidad Javeriana Cali (Colombia),  
[anavarro@javerianacali.edu.co](mailto:anavarro@javerianacali.edu.co)

### Resumen

Presentamos la experiencia en XR del Grupo de Investigación DESTINO en la Pontificia Universidad Javeriana en Cali, Colombia. Resumimos nuestro trabajo relevante para mostrar el amplio espectro de aplicaciones en XR. Los trabajos presentados aquí incluyen propuestas de simulación quirúrgica, sistemas narrativos para aumentar el conocimiento en los museos, propuestas interactivas para la preservación del patrimonio cultural, histórico y natural, sistemas inclusivos de aprendizaje del idioma, entre otros. Las tecnologías utilizadas para su desarrollo incluyen los videojuegos, la animación, los sistemas interactivos, las interfaces tangibles, el continuo virtual, todas en el marco de la XR. Para la implementación de estos trabajos se superaron retos como la coordinación de equipos interdisciplinarios, el desarrollo de experiencias de usuario adecuadas, la consecución y comprensión de la información y retos asociados al uso de la tecnología. Varios de estos proyectos han causado impacto en el mundo real y todos han permitido la profundización y el aprendizaje en XR. Esperamos que este resumen inspire y motive a los investigadores más jóvenes a explorar soluciones diversas.

**Palabras clave:** Continuo virtual, X Realities, Gráficos por ordenador.

### Introducción

El grupo de investigación DESTINO pertenece al Departamento de Electrónica y Ciencias de la Computación de la Pontificia Universidad Javeriana, Cali. Fue fundado en 2002, sin embargo, como miembro fundador, el interés de investigación en computación visual comenzó de mi lado en 1994 cuando desarrollé la GUI de un juego de ajedrez (Camacho & Navarro-Newball, 1994), pocos meses después de terminar de asistir

a mi curso de computación gráfica. Desde entonces, he contribuido al desarrollo del campo de los gráficos por ordenador y he traído ideas de investigación al grupo y motivado a estudiantes a incursionar en el campo de la computación gráfica y una de sus principales aplicaciones, las X-Realities (XR). En nuestro caso, encontramos varios desafíos a través de los diferentes proyectos, estos incluyen:

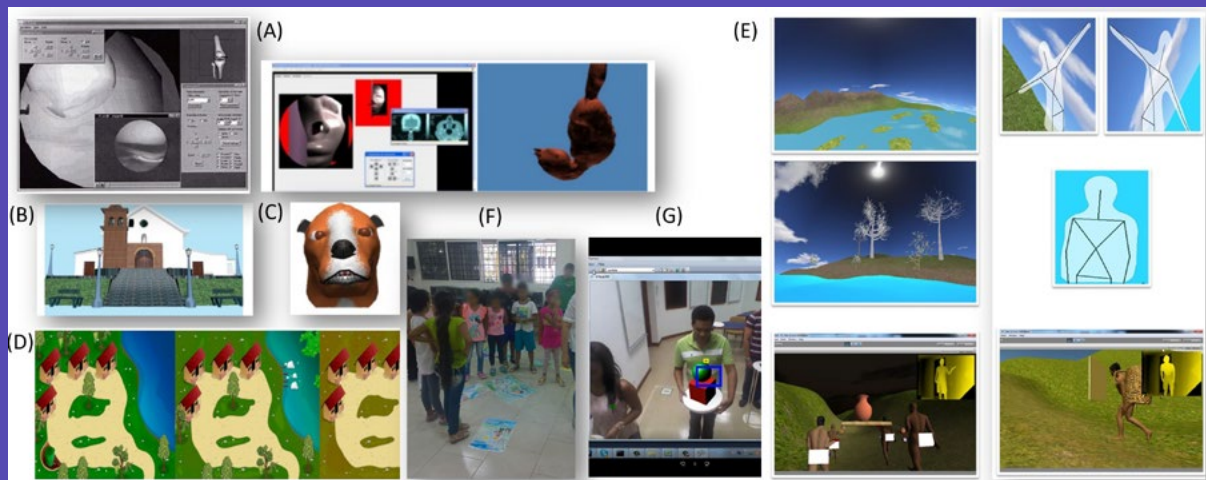
- Retos de trabajo de equipo: integración adecuada de un equipo interdisciplinario. En ocasiones es complejo lograr una comunicación fluida entre los integrantes del grupo, que normalmente no hablan el mismo idioma profesional. Además, puede resultar complejo lograr un consenso respecto a las ideas que finalmente quedan plasmadas en los proyectos.
- Retos de experiencia de usuario: incluye aspectos de disfrute y usabilidad de las aplicaciones desarrolladas. Refinar los sistemas requiere que muchos usuarios se involucren en distintas etapas del proceso de desarrollo y brinden sus opiniones respecto a la manera como el sistema debería ser implementado.
- Retos de información: en ocasiones, puede resultar complicado obtener la información necesaria para el desarrollo de los proyectos. Por ejemplo, en el caso de sistemas orientados a la salud, la confidencialidad puede impedir el acceso a datos de pacientes y las pruebas con pacientes deben realizarse bajo las mayores consideraciones éticas. Una solución es la realización de convenios con entidades y profesionales que brinden la información requerida en el marco de los proyectos y bajo estricta confidencialidad.
- Retos tecnológicos: el campo de XR evoluciona rápidamente. Lo anterior implica aprender a utilizar y desarrollar en los nuevos dispositivos de manera ágil. Lo anterior anotando que los equipos de la XR son costosos y requieren configuraciones especiales, en muchos casos. Por otra parte, la parte computacional, en varios casos, utiliza técnicas que pueden resultar complejas, o a veces imposibles, de implementar. Por ejemplo, en uno de nuestros desarrollos, el sistema final funcionó bien en laboratorio, pero no en el mundo real. Esto se debió a que no funcionó bien la técnica de aprendizaje de máquina utilizada.

Este documento resume la presentación realizada en la primera conferencia XRCOL & Netherlands 2020, que tuvo lugar en noviembre de 2020. La idea es abrir la mente a una amplia gama de aplicaciones y desafíos en todo el campo. A continuación, describimos nuestro trabajo. Luego, finalizamos con una conclusión.

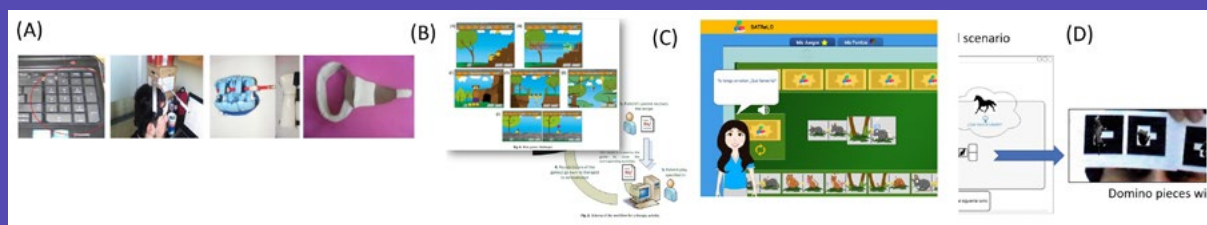
## Nuestro trabajo

Los conceptos y tecnologías XR se pueden aplicar a la simulación quirúrgica. En este tipo de proyectos, la idea es capacitar a un aprendiz médico para realizar la cirugía antes de que pueda interactuar con un paciente real, guiar a un cirujano experto o hacer que un paciente entienda un procedimiento quirúrgico. La Fig. 1A muestra tres simuladores; el primero es un sistema de cirugía de rodilla desarrollado para mi tesis de MSc (Navarro-Newball, 1995); los otros dos fueron el primer trabajo XR dentro del grupo DESTINO (Navarro-Newball, Herrera & Marin, 2007). Luego, desarrollamos nuestra primera reconstrucción del patrimonio 3D, que podría ser utilizada para entender el pasado de la ciudad de Cali (Navarro-Newball et al., 2007) y para una tesis doctoral desarrollé el modelo computacional para un sistema de animación facial para perros (Navarro-Newball, 2010) (Fig. 1B y C). Posteriormente, encontramos que el patrimonio natural, cultural e histórico eran importantes. Decidimos crear juegos para crear conciencia sobre diferentes tipos de fuentes de agua (Fig. 1D), como los humedales (Ochoa Angriono et al., 2013); los ojos de agua, para los que creamos un juego de mesa en realidad aumentada (AR) junto con niños de una fundación del campo (Fig. 1F) (Hernández & Navarro-Newball, 2019); y las aves migratorias y nuestro pasado indígena (Fig. 1E) (Navarro-Newball et al., 2016). En este punto, propusimos un piso interactivo para interactuar con tales juegos (Fig. 1G) (Ventes et al., 2014). Más tarde, nos dimos cuenta de que la inclusión era importante. Así, exploramos el problema de cómo profesionales con limitaciones severas utilizan la tecnología (Contreras, Gómez & Navarro-Newball, 2019) y desarrollamos una de nuestras líneas de proyectos más exitosas, los realizados en colaboración con el Instituto para Niños Ciegos y Sordos de Cali. Estos proyectos están dirigidos a enseñar la lengua española a niños con implantes cocleares y muchos de ellos todavía se utilizan y están en desarrollo continuo (correa

et al., 2018, Navarro-Newball et al. 2014, Martínez et al., 2021) (Fig. 2). Mientras tanto, evolucionamos nuestros sistemas XR sobre patrimonio. Creamos un prototipo de proyecto que tomó como interfaz tangible un casco (Fig. 3B). Este casco permite al usuario viajar la línea del continuo virtual desde el mundo real (el casco de plástico) hasta la realidad virtual inmersiva, cuando el usuario, al ponerse el casco, se convierte en un indígena Tlingit en un mundo virtual (Loaiza et al., 2017). También, se desarrolló una radio de XR (Fig. 3A) que comenzaba un discurso una vez que detectaba a los usuarios cruzando frente a esta utilizando detección de movimiento (Moreno et al., 2015). Nuestro juego XR más exitoso fue La Aventura Chimú, que se exhibió durante tres años (2014-2017) en el Museo de América de Madrid y permitió la comprensión de la antigua cultura peruana Chimú. Tenía una aplicación móvil y una en sitio (Navarro-Newball et al., 2016, Perea-Tanaka et al., 2015, Moreno et al., 2019) (Fig. 3C). Nuestros desarrollos más recientes incluyen un sistema de AR para el mantenimiento de bombas de agua para la empresa pública de aguas en Cali (Castellanos & Navarro-Newball, 2019); un instrumento musical interactivo del Pacífico colombiano (la Marimba) (Valencia, Cardona & Navarro-Newball, 2019) y libros inteligentes (Kolivand et al., 2021) (Fig. 3D). Todos estos sistemas tienen un gran potencial de integración con gemelos digitales, para mejorar la interacción proporcionada por XR. Durante nuestro viaje, hemos tenido que investigar los complejos modelos computacionales subyacentes que nos han permitido crear sistemas muy novedosos en diferentes momentos (Pilco et al., 2019, Efen et al., 2019, Navarro-Newball et al., 2017). Estamos empezando a explorar narrativas interactivas multisensoriales para niños con limitaciones visuales severas, ampliando nuevamente nuestra colaboración con el Instituto para Niños Ciegos y Sordos y pensando en desarrollar un gemelo digital VR para el puerto marítimo de Buenaventura para explorar su modernización. Mientras tanto, estoy gamificando mis propias clases utilizando tecnologías del continuo virtual, tales como Minecraft, Hubs, Teams (modo juntos) y Roomkey.



**Figura 1.** Trabajo previo. A) Simulación quirúrgica. B) Patrimonio. C) Animación. D) Rescate de humedales. E) Patrimonio natural e histórico. F) Un juego de mesa. G) Un piso interactivo.



**Figura 2.** Inclusión. A) Dispositivos utilizados por personas con discapacidad. B) Mecanización del habla. C) Generación automática de juegos de terapia. Un dominó para la clasificación en idioma español. E) El dominó en AR.





**Figura 3.** Evolución del patrimonio. A) Radio interactiva. B) Viajar el continuo virtual, C) Aspectos de la Aventura Chimú. D) Gran potencial para los gemelos digitales.



## Discusión

El proceso de desarrollo del conjunto de aplicaciones presentadas y potenciales aplicaciones en el área seguirá presentando retos relacionados al trabajo en equipo, la experiencia de usuario, la información y la tecnología. Para un trabajo interdisciplinar en equipo exitoso se requiere entender que este trabajo es un proceso creativo en donde todas las disciplinas deben aportar, siempre buscando apertura respecto a las ideas propuestas por todos con el fin de lograr un consenso en el desarrollo de los proyectos. En este sentido, hemos observado que la labor de un gestor cultural puede ser relevante para evitar conflictos y mejorar la comunicación. En cuanto a la experiencia de usuario, una de las grandes dificultades consiste en convencer a las personas a que participen de las diferentes evaluaciones requeridas en las diferentes etapas del proyecto (Contreras, Gómez & Navarro-Newball, 2019). Este problema puede ser peor cuando ocurren situaciones como pandemias, en donde resulta muy difícil involucrar personas de manera directa. Así, hay que encontrar mecanismos motivacionales para lograr la participación de un buen número de usuarios. Los retos relacionados a la consecución de información y el manejo ético de la misma se pueden solventar integrando un equipo de personas comprometidas con el proyecto bajo el marco de un convenio o contrato adecuado. En cuanto a los retos técnicos y tecnológicos, es importante proponer ideas cuya implementación sea posible y contar con asistentes de investigación entusiastas que pueden aprender rápidamente. Los proyectos presentados utilizaron muchas tecnologías. Para el desarrollo de futuros proyectos se busca profundizar en el uso de técnicas de inteligencia artificial que den mayor interactividad a los entornos XR. Esto implica ir mucho más allá de las técnicas tradicionales de inteligencia para juegos, llegando al aprendizaje de máquina (Moreno et al., 2015; Efen et al., 2019). Además, muchos de los sistemas tienen el potencial de evolucionar hacia la idea de un gemelo digital (Kolivand et al., 2021; Valencia, Cardona & Navarro-Newball, 2019; Castellanos & Navarro-Newball, 2019), lo que los convertiría, además en una herramienta importante en la toma de decisiones. En ambos casos, los XR desarrollados a futuro pueden llegar a requerir tecnologías como sensores, conectividad, almacenamiento en la nube y movilidad. Un último reto consiste en encontrar la manera en

que los proyectos tengan un impacto en el mundo real y no se queden almacenados en una biblioteca.

## Conclusión

Hemos presentado varias aplicaciones del continuo virtual que se implementaron utilizando tecnologías y conceptos XR. Algunos de ellos eran visionarios en el momento en que terminaron. Muchos de ellos se implementaron con la ayuda de estudiantes de pregrado y posgrado, profesores de la Pontificia Universidad Javeriana Cali, Colombia y el apoyo de redes de colaboración de España, Reino Unido, Canadá, China, Nueva Zelanda, Chile, Italia y Colombia. Este resumen puede servir como inspiración para aquellos que deseen desarrollar aplicaciones XR. El continuo desarrollo en XR implica retos diversos, pero al mismo tiempo implica creatividad, diversión y mucho aprendizaje.

## Referencias

- Camacho, J.G. & Navarro-Newball, A.A. (1994). Applying AI techniques to the game of chess. Undergraduate research project. Pontificia Universidad Javeriana Cali, Colombia. <http://vitela.javerianacali.edu.co/handle/11522/4391>
- Castellanos, M.J. & Navarro-Newball, A.A. (2019). Prototyping an augmented reality maintenance and repairing system for a deep well vertical turbine pump. *CONIELECOMP 2019 - 2019 International Conference on Electronics, Communications and Computers*. Paper 8673254, 36-40.
- Contreras, V.E., Gómez, G. & Navarro-Newball, A.A. (2019). Towards the Gamification of Assistive Technology for Professionals with Severe Impairments. *International Conference on Virtual Reality and Visualization (ICVRV)*. 176-179.
- Correa P.A. et al. (2018). Building Alternative Methods for Aiding Language Skills Learning for the Hearing Impaired. *Advances in Computing. Communications in Computer and Information Science*. 885.
- Efren, C. et al. (2019). Procedural Placement of Existing Building Models in Virtual Cities. *International Conference on Virtual Reality and Visualization*. 238-242.
- Hernández, J. & Navarro-Newball, A.A. (2019). A Software Architecture for Integrating Augmented Reality to a Board Game for Water Source Care Awareness. *ClbSE - IberoAmerican Conference on Software Engineering Proceedings*. 641-649.
- Kolivand H. et al. (2021). Reimagining the Book ... Again! A New Framework for Smart Books Using Digital Twins Technology. *Smart Cities. ICSC-CITIES 2020. Communications in Computer and Information Science*. 1359, 233-245.
- Loaiza D.F. et al. (2017). Mixing Art and Technology: An Interactive Radio for a Museum Exhibition. *Communications in Computer and Information Science*. 735.
- Martínez J.C. et al. (2021). SATReLO: A tool to support language therapies for children with hearing disabilities using video games. *Rev.Fac.Ing.Univ. Antioquia*. 99, 99-112.
- Moreno, I. et al. (2015). Marker-less feature and gesture detection for an interactive mixed reality avatar. *Symposium on Signal Processing, Images and Computer Vision*. 1-7.
- Moreno, I. et al. (2019). Archaeological simulation to explore the Chimú culture from Peru. *International Conference on Virtual Reality and Visualization (ICVRV)*. 266-267.
- Navarro-Newball, A.A. (1998) The Implementation of a Windows 95 based virtual environments knee arthroscopy training system. MSc dissertation. University of Hull. [aanewball.com/Tesis/Dissertation.pdf](http://aanewball.com/Tesis/Dissertation.pdf)

- Navarro-Newball, A.A. (2010). Londra, A Dog Facial Animation Model. PhD thesis, University of Otago. [aannewball.com/Tesis/thesis.pdf](http://aannewball.com/Tesis/thesis.pdf)
- Navarro-Newball, A.A. et al. (2016). Gesture based human motion and game principles to aid understanding of science and cultural practices. *Multimed Tools Appl.* 75, 11699–11722.
- Navarro-Newball, A.A. et al. (2017). An Interactive Modelling Architecture For Education And Entertainment At Museums. *Dyna*, 92(3), 269-273.
- Navarro-Newball, A.A., Herrera, F.J. & Marin, C.A. (2007) Using an interactive module to enhance and understand 3D cavity navigation: a patient's view. *Journal Of Telemedicine And Telecare*. 13(S1), 13 - 15.
- Navarro-Newball, A.A., Herrera, F.J., Matta, A. & Loaiza, D.F. (2007) Rebuilding the Past from the City of Santiago de Cali, Colombia, South America. An Example of Virtual Heritage Preservation. *The 8th International Symposium on Virtual Reality, Archaeology and Intelligent Cultural Heritage. Short and Project Papers*, 62 - 68.
- Navarro-Newball, A.A., Loaiza, D., Oviedo, C. et al. (2014). Talking to Teo: video game supported speech therapy. *Entertainment Computing*. 5(4), 401-412.
- Ochoa Angrino, S. et al. (2013). Diseño de un escenario educativo para museos con el uso de TRIZ y ACT. *Pensamiento Psicológico*. 11(2), 71-88.
- Perea-Tanaka, C.F. et al. (2015). Towards Tantalluc: Interactive mobile augmented reality application for the Museo de América in Madrid. *10th Computing Colombian Conference*, 164-171.
- Pilco, A. et al. (2019). Procedural Animation Generation Technology of Virtual Fish Flock. *International Conference on Virtual Reality and Visualization*. 233-237.
- Valencia, L., Cardona, J.M. & Navarro-Newball, A.A. (2019). Interactive computer-based system to promote the exploration of Tumaco's culture. *International Conference on Virtual Reality and Visualization*. 281-282.
- Ventes, C. et al. (2014) A Programming Library for Creating Tangible User Interfaces. *GSTF Journal on Computing*. 4(1), 23-32.

## ANDRES A. NAVARRO-NEWBALL



### English

He was born in Cali, Colombia. Computer Scientist from the Pontificia Universidad Javeriana, Cali Colombia (1994); Master of Science in Computer Graphics and Virtual Environments at the University of Hull in the United Kingdom (1998); PhD in Computer Science (Graphics Lab) from the University of Otago in New Zealand (2010). Postdoctoral researcher at the Universidad Complutense, Madrid Spain (2014-2017). Head of Computer Science Major at the Pontificia Universidad Javeriana Cali, Colombia (2016-2019) He has carried out projects related to surgical simulation, immersive systems for knowledge of cultural and natural heritage, video game-based systems for social inclusion, plant growth simulation and edutainment. Author of multiple publications in areas of application of computer graphics and keynote speaker in conferences in China, México, El Salvador, Argentina, India, and Colombia. Invited research fellow in the United Kingdom, Italy and Spain (2006 – 2019). He is currently serving as Full Professor and Researcher in the Department of Electronics and Computer Sciences of the Pontifical Javeriana University of Cali and actively collaborates with the research groups Destino from that institution; Museum I+D+C from the Complutense University of Madrid; and the Connected Universal Experiences Lab.

### Español

El nació en Cali, Colombia. Ingeniero de Sistemas y Computación de la Pontificia Universidad Javeriana de Cali (1994); Máster en Ciencias en Computación Gráfica y Ambientes Virtuales en la Universidad de Hull en el Reino Unido (1998); Doctor en Ciencias de la Computación (Laboratorio de Computación Gráfica) de la Universidad de Otago en Nueva Zelanda (2010). Investigador posdoctoral en la Universidad Complutense de Madrid (2014-2017). Director de la Carrera de



Ingeniería de Sistemas y Computación de la Pontificia Universidad Javeriana de Cali (2016-2019). Ha llevado a cabo proyectos relacionados con la simulación quirúrgica, sistemas inmersivos para el conocimiento del patrimonio cultural y natural, sistemas basados en videojuegos para la inclusión social, simulación de crecimiento de plantas y educación. Ha escrito múltiples publicaciones en áreas de aplicación de computación gráfica. Ha sido Orador Principal en conferencias en China, México, India, El Salvador, Argentina y Colombia. Investigador invitado en Italia, Reino Unido y España (2006 – 2019). Actualmente sirve como Profesor Titular e Investigador en el Departamento de Electrónica y Ciencias de la Computación de la Pontificia Universidad Javeriana de Cali y colabora activamente con los grupos de investigación Destino de esa institución; Museo I+D+C de la Universidad Complutense de Madrid; y el Laboratorio de Experiencias Universales Conectadas.