

Artículo

# Digitalización de Brixen para la educación sobre el patrimonio cultural

## *The digitization of Brixen for heritage education*

Alessandro Luigini<sup>1</sup>, Francesca Condorelli<sup>2</sup>, Giuseppe Nicastro<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Associate Professor  
Free University of Bozen-Bolzano  
<https://orcid.org/0000-0001-9449-6139> 

<sup>2</sup> Assistant Professor  
Free University of Bozen-Bolzano  
francesca.condorelli@unibz.it  
<https://orcid.org/0000-0003-3786-4868> 

<sup>3</sup> Assistant Professor  
Free University of Bozen-Bolzano  
<https://orcid.org/0000-0001-7642-5054> 

<https://doi.org/10.56205/mim.4-2.12>

### Resumen/Abstract

*En este trabajo se presentan las experiencias del laboratorio EARTH\_LAB de la Universidad Libre de Bozen/Bolzano, que lleva años trabajando en el campo de la representación arquitectónica y la digitalización del patrimonio con el objetivo de realizar itinerarios didácticos para la educación artística, tanto en las escuelas como en los museos. En particular, se presentarán proyectos pasados y presentes de realidad virtual y aumentada para la educación sobre el patrimonio cultural, con especial atención a la puesta en valor del Tirol del Sur, en particular la ciudad de Brixen. Se presenta un flujo de trabajo para digitalizar el entorno urbano con el objetivo de desarrollar entornos interactivos para la educación y la didáctica del patrimonio. En concreto, la primera fase se refiere a la adquisición de datos urbanos del centro histórico de la ciudad de Brixen con campañas de reconocimiento arquitectónico de monumentos y patrimonio urbano que se seleccionaron utilizando escáneres láser 3D, drones y fotografías HDR de 360°. Tras la segunda fase de tratamiento de datos, la tercera consiste en la producción de modelos navegables del patrimonio que se utilizan para la construcción de recorridos didácticos mediante navegación VR y AR para la realización de proyectos de valorización dedicados a los ciudadanos y también a los turistas.*

*This paper reports on the experiences of the EARTH\_LAB laboratory of the Free University of Bozen/Bolzano, which has been working for years in the field of architectural representation and digitization of heritage with the aim of creating educational paths for art education, both in schools and museums. In particular, past and present projects of virtual and augmented reality for heritage education will be presented, with a focus on the enhancement of South Tyrol, especially the city of Brixen. A workflow for making the urban environment digital with the goal of developing interactive environments for heritage education and teaching will be presented. Specifically, the first phase concerns the acquisition of urban data of the historic center of Brixen with architectural survey campaigns of monuments and urban heritage that have been selected using 3D laser scanners, drones, 360° HDR photos. After the second phase of data processing, the third one consists of the production of navigable models of the heritage that are used for the construction of educational paths through VR and AR navigation for the realization of enhancement projects dedicated mainly to citizens but also to tourists.*

**Palabras clave:** patrimonio cultural; educación; serious game; AR; VR.

**Key words:** cultural heritage; education; serious game; AR; VR.

Recibido  
01/08/23  
Aprobado  
23/10/23  
Publicado  
30/06/24

Mimesis.jsad  
ISSN 2805-6337



EDITORIAL  
Environment & Technology  
Foundation



**unibz** EARTH.LAB  
Digital environment for Education, ARTs and Heritage

EARTH.LAD opera nel campo della digitalizzazione del patrimonio con l'obiettivo di realizzare percorsi educativi di educazione all'arte, sia nelle scuole che nei musei.

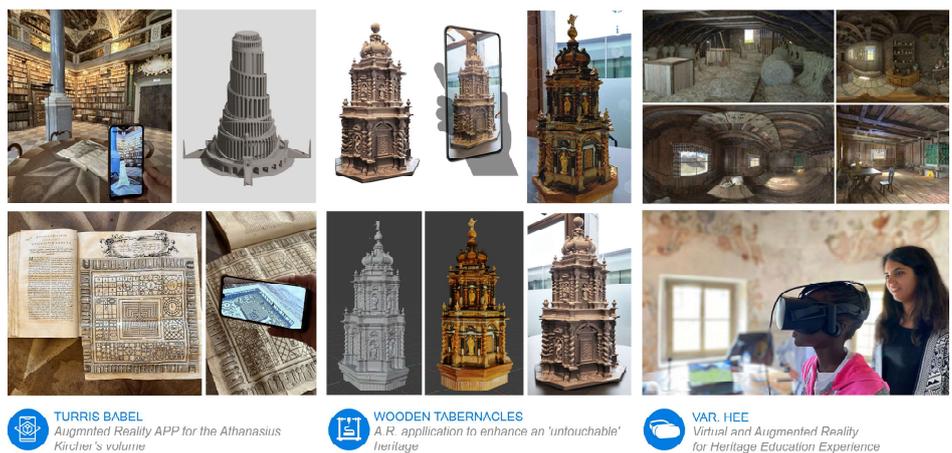
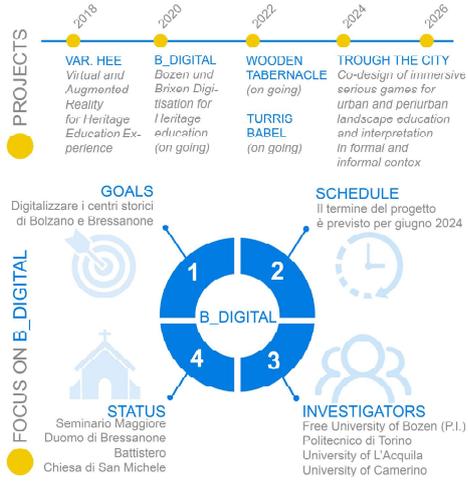
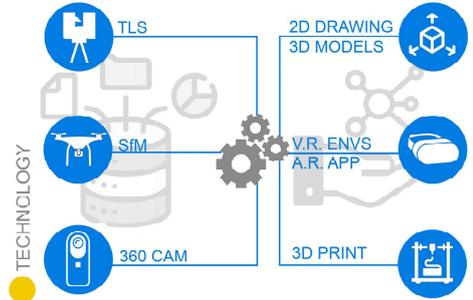


Figura 1. Contenuto grafico del panel espositivo del evento 3EXP.it. Autori: Luigini A., Condorelli, F, Nicastro, G, 2023.

### *Introducción*

En este trabajo se presentan las experiencias del laboratorio EARTH\_LAB de la Universidad Libre de Bozen/Bolzano, que lleva años trabajando en el campo de la representación arquitectónica y la digitalización del patrimonio con el objetivo de realizar itinerarios didácticos para la educación artística, tanto en las escuelas como en los museos. En particular, se presentan proyectos pasados y presentes de realidad virtual y aumentada para la educación del patrimonio cultural, con especial atención a la puesta en valor del Tirol del Sur, especialmente la ciudad de Brixen. Se presenta un flujo de trabajo para digitalizar el entorno urbano con el objetivo de desarrollar entornos interactivos para la educación y la didáctica del patrimonio.

### *Estado del arte*

La realidad virtual y la realidad aumentada no son nuevas en el panorama educativo, y aunque todo lo relacionado con ellas está recibiendo una enorme atención mediática y experimentando un cambio de paradigma sin precedentes, es importante destacar que ni siquiera la tecnología educativa más novedosa y prometedora ha surgido recientemente, sobre todo si se considera como herramienta educativa. Las primeras aplicaciones de la realidad virtual aparecieron a finales de los años ochenta y, aparte de algunos experimentos infructuosos en el sector del entretenimiento, como era de esperar, estaba claro desde el principio que sus aplicaciones más prometedoras serían tarde o temprano las educativas.

La realidad virtual es una herramienta poderosa y no sólo en sus variantes inmersivas. En los programas educativos, la cuestión crítica se refiere a la capacidad natural de entretenimiento de las aplicaciones de realidad virtual y aumentada, que debe prevenir contra el peligro de la gamificación, que podría convertir fácilmente esas aplicaciones en un “mero videojuego”. Por consiguiente, la RV y la RA deben integrarse cuidadosamente en programas bien definidos, con objetivos y procedimientos claros. Por esta razón, el planteamiento de la RV/RA como herramienta didáctica muy adecuada para la investigación y el estudio de los objetos artísticos ha sido últimamente fuente de discusión y debate.

El flujo de trabajo relativo a la realización de entornos digitales consta de tres fases principales: la adquisición de datos, su posterior tratamiento y la creación de modelos 3D que se utilizan para crear las aplicaciones. A continuación, se describe detalladamente cada una de las fases.

El primer paso consistió en la adquisición de datos métricos digitales del centro histórico de la ciudad de Brixen/Bressanone con varias campañas para el estudio arquitectónico de monumentos y patrimonio urbano en las que se utilizaron diferentes tecnologías, incluido el escaneado láser terrestre para la adquisición de nubes de puntos, fotogrametría SfM terrestre y aérea y fotografías panorámicas tomadas con cámaras de 360 grados.

Una vez completadas todas las operaciones relacionadas con las campañas de levantamiento arquitectónico, la segunda fase del proyecto permitió la interpretación de los datos y su posterior procesamiento de acuerdo con la restitución y el uso previstos. Trabajando con un flujo de trabajo ampliamente establecido en el campo de la topografía digital integrada, se llevaron a cabo todas las operaciones de registro de los escaneos adquiridos con escáner láser terrestre y SfM con el fin de obtener un nivel óptimo de superposición entre los diferentes tipos de datos y así poder proceder a las fases posteriores de interpretación crítica de los datos. La tercera fase consistió en la producción de modelos 3D navegables utilizados

para la construcción de senderos educativos mediante navegación VR y AR dedicados principalmente a los ciudadanos y turistas de Brixen/Bressanone. Los mismos modelos se utilizaron posteriormente para el diseño y la implementación de juegos serios para la educación sobre el patrimonio en las escuelas. La posibilidad de utilizar los datos digitales adquiridos en diferentes aplicaciones (recorridos virtuales, aplicaciones de realidad virtual o aumentada) permitió diseñar experiencias de usuario diversificadas capaces de satisfacer las necesidades de un público heterogéneo, logrando al mismo tiempo contener los costes y los tiempos de producción.

### *Resultados y discusión*

A continuación, se presentan algunos de los resultados obtenidos siguiendo el flujo de trabajo que se acaba de describir. El proyecto B\_Digital, - Bozen und Brixien Digitisation for Heritage education, prevé la digitalización de las arquitecturas más importantes de los centros históricos de Bozen y Brixen para la realización de juegos aplicados que puedan fomentar la transmisión de valor en una perspectiva de educación patrimonial (Figura 2).



En la fase iniciada en 2020, el grupo de trabajo llevó a cabo una campaña de prospección digital integrada sobre la arquitectura religiosa más relevante de la ciudad de Brixen. En particular, se adquirieron datos sobre la Catedral de Santa María Assunta y San Cassiano, el principal lugar de culto de la ciudad, y la cercana iglesia de San Michele. Las adquisiciones del TLS abarcaron tanto los interiores como los exteriores de los dos monumentos. No muy lejos de las dos

Figura 2. El proyecto B\_Digital. El proyecto B\_Digital, - Digitalización de Bolzano y Brixien para la educación sobre el patrimonio.



iglesias se encuentra el Seminario Mayor, sede del Estudio Teológico de Brixen, y la biblioteca contigua. El monumento se estudió en dos fases: la primera adquisición (realizada en paralelo con la Catedral y la Iglesia de San Miguel) abarcó las fachadas principales de la plaza con mismo nombre, el patio interior, la Iglesia de la Santa Cruz y, por último, algunas de las salas principales del primer piso, incluida la antigua biblioteca.

Una segunda campaña de adquisición abarcó todas las fachadas exteriores restantes, el patio y los tejados, que se digitalizaron íntegramente mediante operaciones de fotogrametría aérea realizadas con un dron Dji Mavic Mini 2. El uso de un dron con peso reducido (<250 g) permitió volar no sólo en las partes exteriores de los edificios, sino también en los espacios interiores, y poder adquirir fotos y vídeos de alta resolución útiles para ofrecer a los usuarios de las plataformas en desarrollo nuevos puntos de vista sobre los objetos adquiridos. El siguiente paso del proyecto, una vez finalizadas las fases de procesamiento de datos de nubes de puntos y posterior mallado de modelos 3D y aplicación de texturas, será importar los modelos 3D a los programas de renderizado dinámico (Unity, Unreal) necesarios para crear los entornos interactivos. Para finales de 2023, el grupo de trabajo espera completar todas las adquisiciones en curso.

En la biblioteca del Seminario Mayor de Brixen se conserva un ejemplar de la Antología del jesuita Athanasius Kircher en la que ofrece reflexiones que vinculan la Torre de Babel con el nacimiento de las lenguas modernas, a partir del final del Diluvio Universal. El texto trata de arquitectura, tanto a través de cuidadosas descripciones de edificios antiguos como de consideraciones sobre las técnicas de construcción para demostrar la posible sostenibilidad de la idea de construir la torre. Kircher presenta una descripción de la torre y el texto va acompañado de varias ilustraciones que había encargado a Coenraet Decker y Gérard de Lairese. Dada la importancia que la UNESCO concede a la documentación y valoración del patrimonio cultural material, el objetivo de este proyecto es mostrar a los investigadores culturales y a los turistas lo que no pueden ver por estar encerrado en las páginas del libro, es decir, las imágenes más significativas de la Torre de Babel y de otras iconografías del libro, como el Laberinto. Esto fue posible gracias a la aplicación de un flujo de trabajo que implicaba en primer lugar la reconstrucción del modelo de la torre. Esta es la parte más difícil de todo el proceso, ya que implica crear un modelo de una arquitectura imaginaria que nunca existió. Combinando técnicas avanzadas de inteligencia artificial, fotogrametría y modelado 3D, el modelo se creó a partir de las imágenes del texto y se comparó con otros diseños de la torre. La segunda parte fue el desarrollo de una aplicación de realidad aumentada para crear el modelo de la torre y el laberinto y hacerlo navegable en 3D y accesible al público. La reconstrucción de la torre y la implementación de la aplicación se realizaron con herramientas de bajo coste y software de código abierto. En el desarrollo de la aplicación se utilizó tecnología sin marcadores para que la experiencia fuera más envolvente y fácil de usar. A continuación, se presentan los resultados de las aplicaciones de RA desarrolladas para la Arqueología Athanasius Kircher. Gracias a la implementación de la herramienta Vuforia en el entorno Unity, la aplicación visualiza el modelo navegable de la torre en tiempo real con sólo apuntar el dispositivo a la imagen correspondiente (Figura 3). El proyecto de investigación Tabernáculos de madera, iniciado en septiembre de 2022 y aún en curso, se refiere a la digitalización de una serie de tabernáculos de madera realizados entre los siglos XVII y XVIII como testimonio histórico-artístico de la orden capuchina de los Abruzzos.

El objetivo del proyecto es obtener, mediante fotogrametría SfM, una serie de modelos 3D geoméricamente precisos que puedan utilizarse para la realización de réplicas físicas de los objetos estudiados mediante el uso de la impresión 3D. Una aplicación de realidad aumentada ampliará la experiencia del usuario de la réplica añadiendo una serie de capas de información digital (fotos, vídeos, modelos 3D) que pueden activarse enmarcando la propia réplica (Figura 4).

Combinando esta tecnología con la impresión 3D, es posible asociar a un objeto físico una serie de contenidos informativos que enriquezcan su disfrute.

A continuación, se muestran los resultados del tabernáculo de los frailes capuchinos de Pescara del que se realizó la aplicación de prototipado 3D y Realidad Aumentada, diseñada implementando las funcionalidades de Model Target disponibles con las librerías Vuforia en el entorno de software Unity. El prototipo impreso demostró ser adecuado para los fines del proyecto, devolviendo una reproducción física del objeto a escala 1:5, capaz de reproducir con precisión la



**TURRIS BABEL**

*Augmnted Reality APP for the Athanasius Kircher's volume*

Figura 3. El proyecto Turrus Babel.

riqueza de detalles del objeto. La plataforma de realidad aumentada también se sometió a pruebas exhaustivas, demostrando buenos resultados en términos de precisión de reconocimiento del objetivo y, por tanto, de superposición correcta entre la impresión física y el objeto.

En particular, utilizando el modelo digital 3D mapeado, fue posible superponer los datos de color del objeto real a la impresión 3D. Por último, en cuanto a la calidad global de la réplica física, las próximas etapas del proyecto consisten en aumentar aún más su calidad trabajando en el valor Layer High (actualmente 0,15 mm) y aumentar el tiempo de impresión (actualmente 61 horas) para minimizar los defectos de impresión aún presentes. En los itinerarios de valorización del patrimonio y educación implementados con gamificación de contenidos, existe una fase de prueba con niños de primaria. Por este motivo, los juegos serios creados en RV fueron probados por niños entre 5 y 12 años. En concreto, se presentan los resultados de dos pruebas diferentes. El primer juego se visualizó a través de visores Oculus Rift VR HMD (head-mounted display) de alta definición. El segundo juego se desarrolló para ser visualizado mediante cardboard. En este caso, este juego serio experimental se basa en el uso integrado de imágenes de 360° para crear la ilusión de estar en el espacio real. Técnicamente, la calidad gráfica es inferior y la funcionalidad más sencilla.

Los resultados educativos fueron excelentes. Los niños mostraron mucho interés por los juegos de RV, tanto como forma de entretenimiento como por ser una nueva forma de aprender conocimientos.

Los datos mostraron que el juego basado en cardboard tuvo más éxito que el otro, de menor calidad gráfica, porque era más intuitivo y fácil de usar sin apoyo externo, lo que es necesario cuando se usa la RV en Oculus (Figura 5).

## WOODEN TABERNACLES

*A.R. applligce to enhance an 'untouchable' heritage*

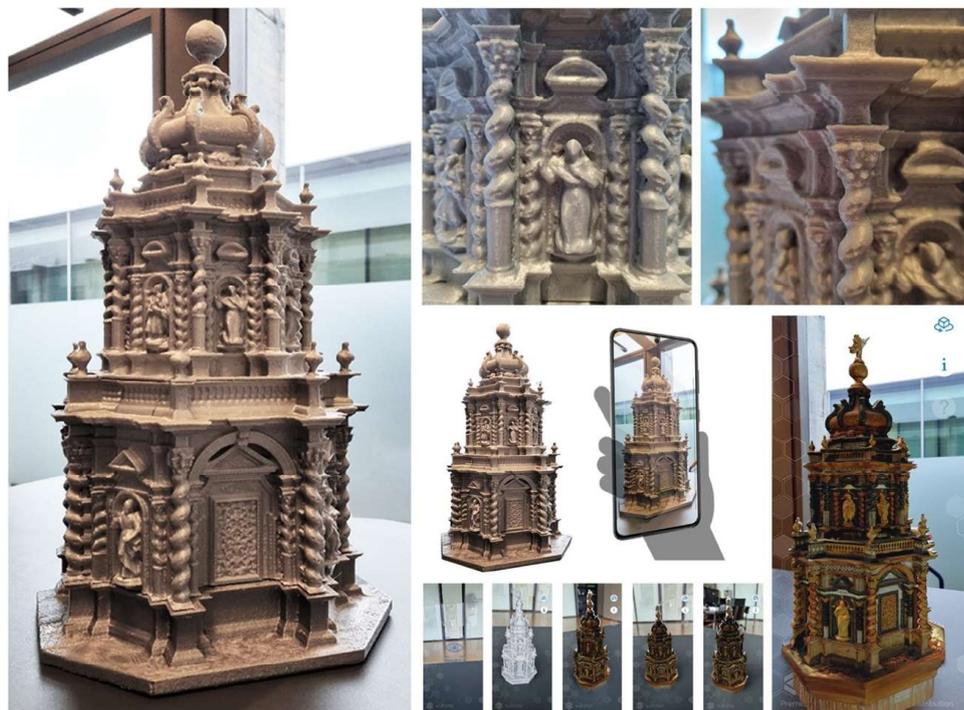


Figura 4. El proyecto Turrís Babel.

## VAR.HEE

Virtual and Augmented Reality for Heritage Education Experience



Figura 5. El proyecto VAR.HEE.

## Referencias

- Alhejri, A., Bian, N., Alyafeai, E., Alsharabi, M. (2020). Reconstructing real object appearance with virtual materials using mobile augmented reality. *Comput. Graph.* 108, 1–10. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0097849322001480>
- Luigini, A., Fanini, B., Basso, A., Basso, D. (2020). Heritage education through serious games. A web-based proposal for primary schools to cope with distance learning. *VITRUVIO International Journal of Architectural Technology and Sustainability* 5(2), 72–85 <https://bia.unibz.it/esploro/outputs/journalArticle/Heritage-education-through-serious-games-A/991005902846401241>
- Mortara, M., Catalano, C.E., Bellotti, F., Fiucci, G., Houry-Panchetti, M., Petridis, P. (2015). Learning cultural heritage by serious games. *J. Cult. Herit.* 15(3), 318–325. <https://core.ac.uk/download/pdf/78384415.pdf>
- Paliokas, I. (2019). Serious games classification for digital heritage. *Int. J. Comput. Methods in Heritage Science (IJCMHS)* 3(2), 58–72. <https://dl.acm.org/doi/abs/10.4018/IJCMHS.2019070104>
- Pellas, N., Fotaris, P., Kazanidis, I., Wells, D. (2019). Augmenting the learning experience in primary and secondary school education: a systematic review of recent trends in augmented reality gamebased learning. *Virtual Reality* 23, 329–346. <https://research.brighton.ac.uk/en/publications/augmenting-the-learning-experience-in-primary-and-secondary-school>
- Shih, N.-J., Diao, P.-H., Chen, Y. (2019). ARTS, an AR tourism system, for the integration of 3D scanning and smartphone AR in cultural heritage tourism and pedagogy. *Sensors* 19(17), 3725. <https://doi.org/10.3390/s19173725>.