

Aplicación del motor de videojuegos Unity para la reconstrucción virtual de yacimientos arqueológicos

Alberto Calzado-Martínez, Ángel-Luis García-Fernández^{id*} y Lidia M. Ortega-Alvarado^{id}

Departamento de Informática. Universidad de Jaén
Campus Las Lagunillas s/n. 23071 Jaén (ESPAÑA)

Abstract

En este trabajo se presenta una aplicación desarrollada para enriquecer y ampliar las técnicas actuales de registro arqueológico. Basada en una arquitectura cliente-servidor, se ha utilizado el motor de videojuegos Unity para implementar una aplicación cliente sencilla e intuitiva que permite realizar la reconstrucción virtual de un yacimiento a partir del escaneado 3D in situ del terreno excavado, así como del escaneado 3D en laboratorio de los hallazgos más importantes. Así se consigue preservar la información espacial del yacimiento, y se facilita la visita virtual del mismo desde cualquier equipo conectado a Internet.

CCS Concepts

• *Applied computing* → *Arts and humanities*; • *Human-centered computing* → *Graphical user interfaces*; *Information visualization*; • *Computing methodologies* → *Virtual reality*;

1. Introducción y estado del arte

El proceso de registro es una de las tareas más importantes en Arqueología. Desde que se encuentra un hallazgo en un yacimiento hasta que se cataloga e integra en una base de datos, se realizan una serie de tareas muy meticulosas [Luc11]. El objetivo es capturar y preservar para la posteridad la mayor información posible. A pesar de lo preciso de la metodología seguida, aún hay aspectos que pueden mejorarse en el registro arqueológico. En concreto, la disposición espacial de dichos hallazgos es crucial para una reconstrucción posterior o para tratar de hacer una retrospectiva del momento en el que fueron sepultados [DCC18].

Para poder añadir la mayor información posible al respecto, es habitual añadir a la información alfanumérica (fechas, nombres, dimensiones, etcétera) fotografías o dibujos hechos a mano de los objetos, siempre antes de ser extraídos. Aunque estas entradas 2D son muy enriquecedoras, tienen muchas limitaciones porque: (1) son representaciones con un alto nivel de abstracción al tratar una realidad tridimensional de manera bidimensional; (2) están tomadas en un instante de la excavación y normalmente desde un punto de vista o ángulo específico y (3) no suelen estar totalmente integradas con la base de datos, es decir, son campos de información añadida pero no conectada con la información alfanumérica.

Las limitaciones del 2D se han resuelto en gran medida con la digitalización en 3D [KFH10]. Algunos ejemplos de técnicas de captura 3D son la fotogrametría (dentro de la cual encontramos la

Structure from Motion) [ES20], y los escaneados tipo láser o LiDAR (Light Detection and Ranging) [RR17, ABPK*18]. Los modelos 3D ofrecen ventajas, principalmente en términos de visualización, y también para el análisis y el intercambio de datos [Jen18]. Estas tecnologías pueden solucionar la falta de precisión en la representación. Sin embargo, la integración de información 3D con una base de datos tradicional sigue siendo un desafío [GCM19]. Los modelos escaneados suelen ser muy pesados, y se necesita software y a veces hardware diferente para su visualización. En algunos casos específicos, el 3D suele utilizarse a modo de visualización, esto es, desconectado del resto de la información alfanumérica. Además, en pocas ocasiones los modelos 3D que representan estos hallazgos conservan su posicionamiento original, especialmente la relación espacial con el resto de objetos circundantes [VBO*17]. En definitiva, para cambiar el paradigma arqueológico de “excavación es destrucción” por “excavación es reconstrucción digital” [RCM*15] se necesitan sistemas de información integrados. En ellos, la información alfanumérica coexiste con modelos 3D y permite al usuario la reconstrucción virtual del yacimiento arqueológico para su posterior estudio. Para ello, se puede ayudar de herramientas gráficas para la edición y posicionamiento de modelos, reconstruyendo así la configuración inicial de un yacimiento.

2. Arquitectura del sistema

En este artículo proponemos un sistema ágil, apto para su utilización *in situ*, que permite al usuario trabajar con la información almacenada en la base de datos de la excavación de una forma totalmente interactiva y visual. Para ello se diseña una arquitectura

* Autor de contacto: algarcia@ujaen.es

cliente-servidor en la que el cliente es un dispositivo conectado a Internet que ejecuta una aplicación desarrollada con el motor de videojuegos Unity, mientras que el servidor mantiene una base de datos con la información relevante del yacimiento, cuyo diseño está inspirado en la base de datos que se utiliza actualmente en el yacimiento arqueológico de Cástulo (Jaén), pero añadiendo capacidades espaciales, como las coordenadas UTM de cada pieza, relaciones topológicas o matrices de transformación que permiten situar los modelos 3D en la reconstrucción virtual del yacimiento. El sistema gestor de bases de datos utilizado es PostgreSQL, complementado con la extensión PostGIS.

La comunicación entre cliente y servidor es bidireccional, a través de una API REST implementada en PHP. Las peticiones desde el cliente se pueden realizar de diversas formas, por ejemplo a través de un formulario de consulta o utilizando la interfaz gráfica del entorno desarrollado en Unity. En cualquier caso, la actualización del posicionamiento de las piezas, realizada con modificadores habituales en las herramientas de modelado 3D, implica la actualización de la matriz de transformación correspondiente en la base de datos del servidor. Es decir, esta comunicación bidireccional posibilita el uso de la aplicación cliente como herramienta visual para la actualización de la información de la base de datos de forma eficaz e intuitiva para el usuario.

3. Reconstrucción virtual del yacimiento

La reconstrucción de un yacimiento arqueológico tiene dos partes diferenciadas: 1) captura y 2) reposicionamiento espacial de los hallazgos. Es necesario indicar que la forma habitual de trabajar en una excavación arqueológica es por capas (definidas por cambios relevantes en la composición del terreno o por los hallazgos presentes en cada una de ellas), por lo que a la hora de la reconstrucción virtual, también utilizaremos este concepto.

La captura de datos se realiza 1) *in situ*, escaneando el terreno de cada capa antes de extraer las piezas descubiertas y 2) en el laboratorio, con las piezas ya extraídas y una vez han sido lavadas y catalogadas en la base de datos.

Para el escaneado del terreno se ha optado por el uso de dispositivos móviles con sensores ToF (Time of Flight), cada vez más comunes en los teléfonos móviles actuales. Su utilización es muy ágil, permite trabajar con diferentes condiciones lumínicas y se obtiene un escaneado de la superficie del terreno en solo unos segundos. Genera modelos 3D con textura que se pueden incorporar fácilmente a la base de datos. El nivel de detalle que se obtiene en estos modelos no es muy elevado, pero es suficiente para obtener un modelo de referencia de la superficie del yacimiento. El software que se ha utilizado es "3D Live Scanner" accesible de forma gratuita a través de Google Play. En la Figura 1 se observa el resultado de un escaneado llevado a cabo en el campo de prácticas que utilizan los estudiantes del grado de Arqueología de nuestra universidad.

El proceso de escaneado de piezas a nivel individual se lleva a cabo en el laboratorio con un escáner 3D estándar. En nuestro caso, hemos utilizado el escáner EinScan Pro 2X fabricado por Shining 3D. Tiene una precisión de hasta 0.04mm y una velocidad de hasta 30 fps. El escaneado de cada pieza individual es de unos 4 o 5 minutos, ya que normalmente es necesario hacer varias tomas y

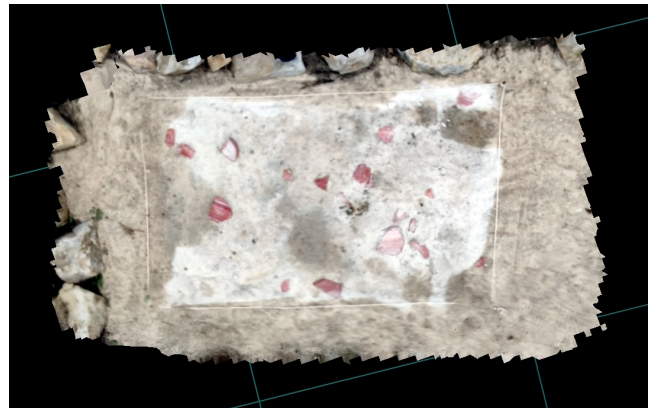


Figure 1: Modelo de terreno escaneado con la tecnología ToF

fusionar los resultados parciales con el software propietario del escáner. La Figura 2 muestra el proceso de escaneado y los resultados obtenidos para una pieza cerámica.

Una vez escaneadas las piezas, se utiliza el modelo 3D del terreno escaneado como soporte o guía para colocar los modelos obtenidos y crear la reconstrucción virtual del yacimiento. Para ello, a cada uno de los modelos escaneados se le ha dotado de la escala correcta, mientras que en la base de datos se guarda la ubicación (coordenadas UTM) bastante aproximada de cada pieza, obtenida durante el proceso de excavación. La orientación inicial del modelo 3D de cada pieza es la generada en el proceso de captura.

Por tanto, considerando ya la escala establecida, el proceso de recolocación de cada pieza consiste en trasladar y rotar el modelo hasta encajarlo con la representación que se tiene de dicha pieza en el modelo del terreno. Se parte del hecho de que las escalas de ambos modelos coinciden y de que la pieza objetivo se encuentra semienterrada en el modelo tridimensional del terreno. Una vez finalizado este proceso de edición en el cliente, la matriz de transformación resultante se actualiza en la base de datos en el servidor.

Para llevar a cabo el proceso de edición de los modelos 3D se ha desarrollado una aplicación en Unity que nos permite cargar modelos en 3D y generar una escena para su visualización. En nuestro caso, estos modelos se obtienen de la base de datos, una vez seleccionada una capa del yacimiento. El usuario puede navegar libremente por dicho escenario, y se permite un determinado grado de interacción con los objetos que la forman. En definitiva, añade una interfaz gráfica para la manipulación de estos modelos 3D. El proceso de edición que nos interesa, tal y como se ha especificado anteriormente, es la rotación y traslación de los hallazgos hasta hacerlos coincidir con el modelo escaneado del terreno.

Sin embargo, a pesar de que Unity permite realizar el control de la cámara y la manipulación de objetos, de entrada sólo lo permite en tiempo de edición, es decir, para su uso por parte del programador. Para obtener esta funcionalidad en tiempo de ejecución, se ha utilizado una API denominada Runtime Transform Gizmos. De este modo, se le da al usuario final el control para editar la escena, y hacerlo de forma sencilla.

Las imágenes de la Figura 3 recogen el proceso para una capa

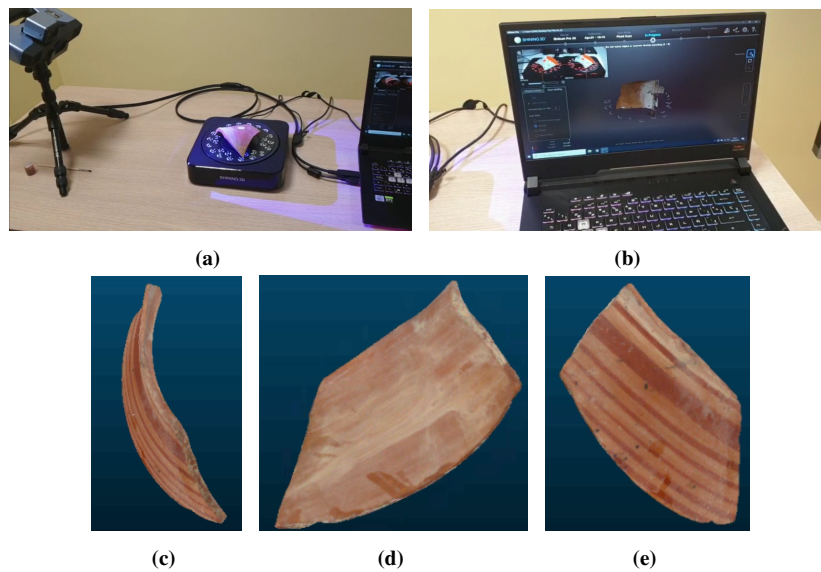


Figure 2: Proceso de escaneado de una pieza en laboratorio (a, b), y uno de los modelos obtenidos (c, d, e). Este escáner permite su uso tanto como escáner de mano (para piezas grandes) o con plataforma giratoria (en la imagen).

concreta (el resto de capas se trataría de igual forma). En la Figura 3a se observan las piezas halladas en la capa con la distribución inicial guardada por defecto en la base de datos. A esta imagen se le ha superpuesto el modelo digitalizado del terreno en la Figura 3b.

En la Figura 3c vemos el comienzo del proceso de posicionamiento. Como cada pieza está digitalizada de dos formas, una incrustada en el terreno y otra mediante la digitalización en laboratorio, se ha añadido la posibilidad de aplicar una pátina roja al terreno para poder diferenciarlo, en caso de que el usuario lo vea necesario. La manera de interactuar con la escena para seleccionar cualquiera de estas piezas es mediante un clic de ratón. En la figura aparece el manipulador que permite la traslación del modelo. Como indicamos anteriormente, esta posición ya es bastante aproximada porque en el yacimiento se cuenta con una estación total para obtener su posicionamiento. Este ejemplo, aunque parte de una escena sintética, refleja el proceso real.

Finalmente, la manipulación más importante para ajustar la disposición espacial de los hallazgos es la rotación. En la Figura 3d se observa el manipulador para rotar sobre los tres ejes de coordenadas, que se puede conjuntar con el de traslación para obtener los resultados esperados. En la Figura 3e se puede ver el resultado de rotar la pieza hasta integrarse con el modelo del terreno. El resultado final se visualiza en la Figura 3f, con la pieza recolocada tal y como estaba en el momento de su hallazgo (en esta última imagen se ha desactivado la visualización del terreno).

4. Conclusiones y trabajo futuro

En este artículo hemos presentado una herramienta gráfica para la reconstrucción virtual de un yacimiento. Partiendo de la idea generalizada de que tras excavar un lugar arqueológico se destruye para siempre la información sobre la disposición espacial de los

hallazgos, lo que se pretende con esta aportación es guardar para la posteridad dicha información. Para ello se ha implementado un sistema cliente-servidor, en el cual la aplicación cliente está implementada en Unity. Mediante esta herramienta se puede manipular la distribución y disposición espacial de cada hallazgo con respecto a un modelo del yacimiento digitalizado durante la excavación. Este proceso de actualización se ve reflejado en tiempo real en la base de datos espacial ubicada en el servidor. De este modo, en un mismo sistema integrado, se mantiene la información alfanumérica y gráfica del registro arqueológico.

Como trabajos futuros están la prueba de algoritmos automáticos para la realización del ajuste de la posición y rotación de los modelos de las piezas, así como la prueba de esta herramienta en un entorno real. Creemos que este proceso se puede adaptar a determinados entornos arqueológicos donde haya un número manejable de hallazgos lo suficientemente importantes como para ser escaneados individualmente.

Agradecimientos

Este trabajo está financiado parcialmente por el Ministerio de Economía y Competitividad y la Unión Europea (fondos FEDER) a través del proyecto TIN2017-84968-R.

Bibliografía

- [ABPK*18] ARMSTRONG B., BLACKWOOD A., PENZO-KAJEWSKI P., MENTER C., HERRIES A.: Terrestrial laser scanning and photogrammetry techniques for documenting fossil-bearing palaeokarst with an example from the Drimolen Palaeocave System, South Africa. *Archaeological Prospection* 25, 1 (2018), 45–58. doi:10.1002/arp.1580. 1
- [DCC18] D'URSO M., CORSI E., CORSI C.: Mapping of archaeological evidences and 3D models for the historical reconstruction of archaeological sites. In *2018 IEEE International Conference on Metrology for*

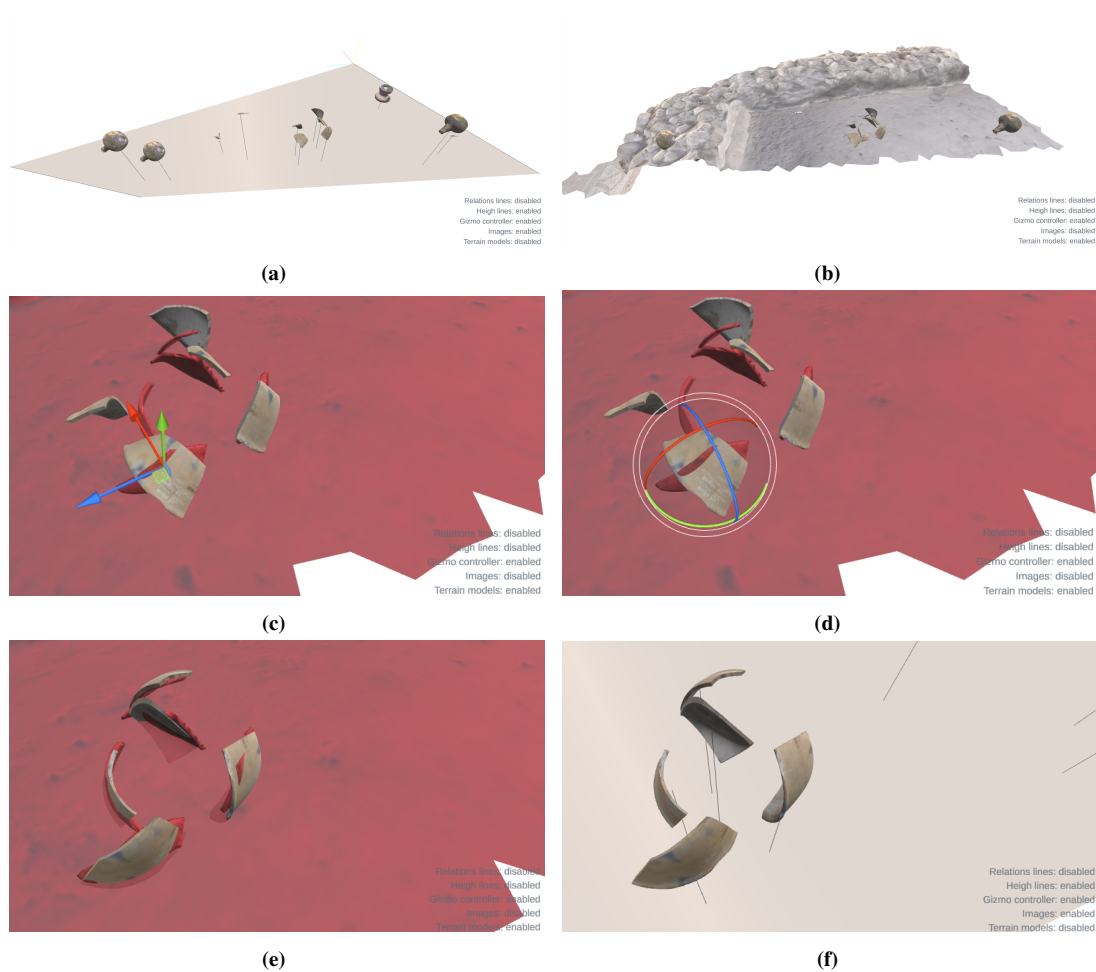


Figure 3: Proceso de reconstrucción virtual del yacimiento

Archaeology and Cultural Heritage, MetroArchaeo 2018 - Proceedings (2018), pp. 437–442. doi:10.1109/MetroArchaeo43810.2018.9089783. 1

[ES20] ELTNER A., SOFIA G.: Chapter 1 - Structure from motion photogrammetric technique. In *Remote Sensing of Geomorphology*, Tarolli P., Mudd S. M., (Eds.), vol. 23 of *Developments in Earth Surface Processes*. Elsevier, 2020, pp. 1–24. ISSN: 0928-2025. doi:10.1016/B978-0-444-64177-9.00001-1. 1

[GCM19] GRIFFO M., CIMADOMO P., MENCONERO S.: Integrative IRT for documentation and interpretation of archaeological structures. In *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences - ISPRS Archives* (2019), vol. 42, pp. 533–539. Issue: 2/W15. doi:10.5194/isprs-archives-XLII-2-W15-533-2019. 1

[Jen18] JENSEN P.: Semantically Enhanced 3D: A Web-based Platform for Spatial Integration of Excavation Documentation at Alken Enge, Denmark. *Journal of Field Archaeology* 43, suppl (2018), S31–S44. Publisher: Routledge _eprint: https://doi.org/10.1080/00934690.2018.1510299. doi:10.1080/00934690.2018.1510299. 1

[KFH10] KOLLER D., FRISCHER B., HUMPHREYS G.: Research Challenges for Digital Archives of 3D Cultural Heritage Models. *J. Comput. Cult. Herit.* 2, 3 (2010). Place: New York, NY, USA Publisher: Association for Computing Machinery. URL: https://doi.

org/10.1145/1658346.1658347, doi:10.1145/1658346.1658347. 1

[Luc11] LUCAS G.: *Understanding the Archaeological Record*. Cambridge University Press, University of Iceland, Reykjavik, 2011. 1

[RCM*15] ROOSEVELT C. H., COBB P., MOSS E., OLSON B. R., ÜNLÜSOY S.: Excavation is Destruction Digitization: Advances in Archaeological Practice. *Journal of Field Archaeology* 40, 3 (2015), 325–346. Publisher: Routledge _eprint: https://doi.org/10.1179/2042458215Y.0000000004. doi:10.1179/2042458215Y.0000000004. 1

[RR17] RICHARDS-RISSETTO H.: What can GIS + 3D mean for landscape archaeology? *Journal of Archaeological Science* 84 (2017), 10–21. doi:https://doi.org/10.1016/j.jas.2017.05.005. 1

[VBO*17] VALENTE R., BRUMANA R., ORENI D., BANFI F., BARAZZETTI L., PREVITALI M.: Object-oriented approach for 3D archaeological documentation. In *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences - ISPRS Archives* (2017), vol. 42, pp. 707–712. Issue: 2W5. doi:10.5194/isprs-archives-XLII-2-W5-707-2017. 1