

---

## Las nuevas tecnologías aplicadas a la didáctica del patrimonio\*

---

Sebastián Rascón Marqués\*\*

Ana Lucía Sánchez Montes\*\*\*

### Resumen

Desde la experiencia real de los autores sobre este tipo de trabajos, se presenta la aparición en las dos últimas décadas de nuevas tecnologías que ayudan a comprender los espacios históricos y arqueológicos. Se realiza una valoración crítica de las posibilidades y resultados reales de las mismas, y se propone una metodología para su realización. Finalmente, se repasan algunas de las aplicaciones reales en este campo.

### Palabras Clave:

Educación patrimonial. Nuevas Tecnologías. 3D. Arqueología. Visualización.

### Abstract

This paper explores, from the authors' experiences, how new technologies have been used during the last two decades to understand archaeological and historical sites. Authors not only present a critical evaluation on the possibilities and real outcomes of their use, but also provide with a methodology for its implementation. Finally, an overview of productions in this field is included.

### Keywords:

Heritage Education. New Technologies. 3D. Archaeology. Visualization.

---

\* Este texto fue presentado como ponencia en el curso: Claves para una interpretación educativa del patrimonio artístico de las ciudades, celebrado en el Centro Internacional de Estudios Históricos Cisneros (UAH) en Alcalá de Henares en Julio de 2007.

\*\* Jefe del Servicio de Arqueología del Ayuntamiento de Alcalá de Henares.  
Profesor de la Universidad de Alcalá y de la Universidad Autónoma de Madrid,  
sebasrascon@complutum.com

\*\*\* Directora de la Escuela Taller de Arqueología de Alcalá de Henares.  
alucia@complutum.com

Profesora de la Universidad Autónoma de Madrid

---

## 1. Introducción

En los últimos años, y con el auge y diversificación del concepto de “Patrimonio”, se está configurando una voluntad generalizada sobre la necesidad de que éste se incorpore a los procesos educativos, tanto en los escenarios formales (colegios, universidades) como en los abiertos (museos, centros de interpretación, yacimientos arqueológicos, monumentos, etc). Este proceso ya está en marcha, y una de sus características es la superación de las presentaciones clásicas del Patrimonio Histórico, hasta ahora ligadas sistemáticamente a la Historia del Arte. Otros contenidos, también otros valores, aparecen cada vez con más fuerza entre los mensajes de referencia: así la perspectiva socioeconómica, la identitaria, los protocolos de los propios investigadores o el simple respeto hacia los valores ecológicos inherentes al patrimonio.

El cambio de los contenidos discurre parejo al de los contenedores. Concretamente, el desarrollo experimentado por las así llamadas nuevas tecnologías en los últimos veinte años, tanto en lo que se refiere a la mejora de su calidad como a sus costes, está suponiendo una auténtica revolución en muchos campos, uno de ellos la difusión del patrimonio histórico. Los museos, los yacimientos arqueológicos visitables, los centros de interpretación, incluso géneros cinematográficos como el documental se están adaptando a marchas forzadas a unos recursos muy poderosos, seductores y al mismo tiempo caros y en gran parte desconocidos para los profesionales del sector. Estas dos caras, por una parte la efectividad, por otra la relativa dificultad de su manejo, condicionan un panorama donde en general las nuevas tecnologías, cuando se aplican a la divulgación del patrimonio histórico, se mueven entre producciones ejemplares, de cuidada elaboración y contenido, y operaciones toscas que simplemente exhiben el empleo de un recurso novedoso para adaptarse a la moda, sin aprovechamiento didáctico ni, incluso a veces, estético.

## 2. Una revisión historiográfica del problema: ¿de qué hablamos?

### 2.1 Los conceptos

Por comodidad, porque su uso está muy extendido y a pesar de su carácter confuso, vamos a seguir empleando el término “nuevas tecnologías”. En realidad el concepto se refiere a multitud de técnicas, de aplicación y soporte muy diferente, que se emplean desde hace no mucho tiempo. En patrimonio histórico son nuevas tecnologías cosas tan diversas como las producciones interactivas, el dibujo en 3D por ordenador, la

limpieza de piedra con láser, la fotogrametría o las prospecciones geofísicas. Pero además de la imprecisión, la novedad a la que el nombre se refiere es relativa, porque la geofísica, por ejemplo, se conoce desde la II Guerra Mundial. Muchas de estas técnicas superan los 60 años de edad.

En concreto y en el marco de este trabajo nosotros vamos a referirnos a aquellas técnicas que facilitan la transmisión de mensajes relacionados con el patrimonio histórico: las que permiten que los responsables de esa difusión expliquen con mayor claridad y precisión las características de un yacimiento arqueológico, de un monumento o de una obra de arte. Sobre todo, se trata de un conjunto de técnicas ligadas al dibujo por ordenador en 3D y a la difusión de los contenidos mediante recursos multimedia.

Existe incluso un término (“arqueología virtual”, poco adecuado, a nuestro entender) que quiere referirse a la reconstrucción por ordenador de yacimientos arqueológicos, y que se encuentra con cierta frecuencia en publicaciones de carácter divulgativo para el gran público.

Dos términos muy importantes en el desarrollo de nuestro trabajo son, por el contrario, “entorno virtual” (que nosotros elegimos en nuestro discurso por encima del más habitual de “realidad virtual”) y “realidad aumentada”.

Se ha elegido el concepto de entorno virtual por encima del de realidad virtual. La realidad virtual es un concepto que se ha popularizado en los últimos quince años y que alude a un modo de experimentación del ser humano donde se desarrollan universos sustitutivos de la realidad: un tipo de mundo alternativo que solo existe en un ordenador y que además es de creación enteramente artificial, lo que le diferencia de fenómenos cercanos como el cine o la fotografía, donde las imágenes no son generadas por el hombre sino captadas de la realidad.

No hay una definición única y aceptada universalmente para la realidad virtual, ni siquiera un acuerdo unánime entre autores sobre qué es esto. Dada la contradicción que entraña el propio nombre, ya señalada por algunos autores, consideramos que es preferible la denominación de entorno virtual. Respecto a la definición, nosotros vamos a emplear el trabajo de M.<sup>a</sup> Paz Bellido<sup>1</sup>, para quien un entorno virtual es *un espacio inmersivo y visual, donde se intercambian experiencias de conocimiento, entretenimiento y relación*.

La misma autora considera que un entorno virtual se define a partir del cumplimiento de cuatro requisitos:

---

<sup>1</sup> Bellido Gant, 2001.

- La generación de imágenes de creaciones propias y no procedentes de la realidad.
- La tridimensionalidad de dichas imágenes.
- La posibilidad de que el usuario se vea inmerso en esa tridimensionalidad.
- La interactividad.

Sin embargo la mayoría de estos aspectos técnicos aun no están resueltos, principalmente en lo que respecta al tercero de los requisitos, la capacidad de inmersión. En realidad de los cuatro aspectos sólo los dos primeros gozan de un desarrollo técnico espectacular y que puede aplicarse a diversos productos: la generación de imágenes tridimensionales por ordenador. La generación de imágenes tridimensionales de creación propia ha sido muy desarrollada por las industrias del cine y el videojuego, pero incluso un cierto número de artistas se han decantado por la ilustración por medio de imágenes generadas por ordenador, con resultados espectaculares. De hecho, el desarrollo en el último lustro del concepto de “fotorrealismo” alude a un estilo gráfico donde el espectador de una imagen generada en 3D no es capaz de distinguir si se trata de una obra gráfica o de la realidad.

En el extremo opuesto, es la inmersión la que plantea mayores problemas para ser aplicada, entre otras razones porque requiere de grandes infraestructuras y complicadas puestas en escena.



Figura 1. La rápida evolución de los entornos virtuales: en seres orgánicos, del *Sleepy Guy* de Raman Hui (1990) al Gollum de *Lord of the Rings* (2003).



*Figura 2.* La rápida evolución de los entornos virtuales: modelos de baja poligonación en arquitecturas arqueológicas, ciudad mesopotámica (1995, según Forte y Silotti, 1997).



*Figura 3.* La rápida evolución de los entornos virtuales: modelos fotorrealistas en arquitecturas arqueológicas, Foro romano de Complutum (2005).

Respecto al último de los conceptos, la interactividad, ya es posible interactuar en entornos virtuales muy sofisticados. Los mecanismos más popularizados son los juegos de ordenador, donde por medio de atractivas interfaces y complejas programaciones se configuran diferentes alternativas al jugador a medida que avanza el juego. Las posibilidades de interacción, claro, están limitadas y las define siempre el autor del producto, de forma que la interacción es siempre limitada y dirigida.

## 2.2 Referencias historiográficas

La novedad de estos recursos, pero también la cierta prevención que su juventud provocan entre los especialistas, hacen que no existan escuelas para su estudio. Mencionaremos una vez más, por su interés para introducir al interesado en el mundo general de las nuevas tecnologías aplicadas al mundo de la cultura, el trabajo de M.<sup>a</sup> Paz Bellido. Posteriormente han existido otras líneas decididas a trabajar en la aplicación (muy general) de las tecnologías a la cultura, como el Congreso Internacional *Culturtec* 2002, celebrado en Madrid, los días 22, 23 y 24 de mayo (hay también una edición anterior, de 2000). La tendencia actual es que, tras una explosión de primeras experiencias, tanto el mundo académico como el empresarial tienden a dotar a este conjunto de disciplinas de un rigor y sistematización del que hasta la fecha carecen. En esta línea se enmarca, por ejemplo, el proyecto de investigación “Lazos de Luz Azul: estándares de calidad en la utilización de la Tecnología para el Aprendizaje en Museos y espacios de presentación del Patrimonio” (Plan Nacional de D+I+i del Ministerio de Educación y Ciencia. N.º Ref.: SEJ2006-15352).

En lo que se refiere concretamente al patrimonio arqueológico y monumental, el interesado podrá encontrar textos bastante dispares, que con frecuencia hacen referencia a aspectos muy concretos: así, acerca de los mecanismos empleados para obtener las mallas poligonales para confeccionar modelos 3D, los textos del equipo de la Universidad de Lovaina para la ciudad romana de Sagalassos<sup>2</sup>. O, en el extremo opuesto, documentos muy generales donde la aparición de ilustraciones generadas por ordenador acompaña a textos generales sobre ciertos yacimientos o episodios históricos. Es significativo el hecho de que el único compendio sobre arqueología virtual publicado hasta la fecha con intención globalizadora<sup>3</sup>, pues abarca todo el mundo y todas las épocas, se interese sobre todo por presentar experiencias digitales realizadas en torno a un amplio grupo de yacimientos arqueológicos (habitualmente, importantes

---

<sup>2</sup> Pollefeys, Proesmans, Koch, Vergauwen y Van Gool.

<sup>3</sup> Forte y Siliotti, 1997.

y conocidos del gran público), omitiendo tanto el aspecto técnico, es decir, cómo se ha realizado el modelo digital, como el proceso para generar la hipótesis que finalmente se representa, así como el objetivo, esto es para qué y para quién se elaboraron estas hipótesis de reconstrucción digital.

Sobre todo, lo que podrá encontrar el interesado son una cierta cantidad de presentaciones puntuales, que se corresponden con iniciativas concretas en diversos yacimientos. Tanto en algunos de los Congresos y Proyectos citados más arriba, como en algunos otros de carácter internacional: así, en 2005 *Imaginare Roma Antica*, acompañado por una exposición en los Mercados de Trajano de Roma, o las sucesivas ediciones del Siggraph.

Pero por otra parte, existen pocos y muy determinados trabajos que buscan dar una formulación general a la aplicación de entornos virtuales a los yacimientos arqueológicos. Para empezar, es una referencia obligada la misma formulación del término “arqueología virtual”, que fue propuesto por Reilly en 1990, en plena eclosión de las nuevas tecnologías<sup>4</sup>. También textos que constituyen una justificación teórica del empleo de estas técnicas, no sólo para la difusión, sino también para la investigación, destacando el trabajo de Barceló, Forte, y Sanders, quienes realizan un análisis de sus posibilidades a partir de los trabajos de diferentes investigadores y artistas<sup>5</sup>. Nosotros mismos presentamos en 2002 un acercamiento a las aplicaciones de estas técnicas en la musealización de yacimientos arqueológicos<sup>6</sup>, con la intención de guiar a los posibles usuarios en la amplia gama de posibilidades que la tecnología nos ofrece.

### 3. ¿Es útil divulgar el Patrimonio mediante las nuevas tecnologías?

Como premisa para evaluar la utilidad de las nuevas tecnologías, conviene recordar que estas no son un objetivo, sino tan solo una herramienta. No constituyen el mensaje, sino que son un vehículo para la transmisión de aquel. Esta advertencia es muy importante, porque en el campo del patrimonio histórico la fascinación por este recurso lleva en ocasiones a una aplicación indiscriminada, banal e inútil.

Por otro lado, la visualización de los yacimientos arqueológicos “tal cual fueron”, es decir la expresión gráfica de la dualidad *lo que queda-lo que hubo*, no es una novedad. La

---

<sup>4</sup> Reilly, 1990.

<sup>5</sup> Así el trabajo de Barceló, Forte, y Sanders, 2000.

<sup>6</sup> En el marco de los Congresos de Musealización de Yacimientos Arqueológicos. Rascón, 2003.

fascinación por el pasado que hemos sentido los europeos en ciertas etapas de nuestra Historia llevó desde finales del siglo XVIII a comienzos del XX a un estallido artístico donde pintores, escultores y arquitectos competían por perfeccionar la imagen de la Antigüedad, mediante escenas que divagaban entre el realismo y el romanticismo. Por tanto esta fascinación por revivir el pasado no es nueva, pero sí lo son las técnicas con que se reconstruye y la documentación histórica y arqueológica que sirve de base.

Como tal herramienta, se reconocen generalmente numerosas ventajas, que ya han sido puestas en relieve en determinadas publicaciones<sup>7</sup>. Pero además, en el caso del patrimonio arqueológico existe un valor añadido: el desarrollo de entornos virtuales posibilita las capacidades didácticas, y permite exponer al gran público (y también al resto de los investigadores) las distintas hipótesis que la investigación de un yacimiento arqueológico o un monumento pueden generar. Esto es especialmente importante en el caso de las realidades intangibles, de las que los yacimientos arqueológicos son un buen ejemplo. Uno de los mayores problemas que debería afrontar un arqueólogo es la explicación de los restos con los que trabaja, tanto a otros investigadores como al público en general. Este deber se hace cada vez más evidente, y los manuales más recientes ya contemplan la generación de modelos en tres dimensiones como fin necesario para una investigación arqueológica real.

Es difícil que un profano, incluso a veces que un especialista, puedan entender a partir de un conjunto de zócalos de muros y de cimientos (que son los restos que por lo general recupera la arqueología) la complejidad de edificaciones íntegras, con muros de gran alzado, cubiertas, complicadas decoraciones de pintura mural o mosaico y mobiliarios que ya han desaparecido.

Tradicionalmente, quienes se han movido en el campo de la restauración saben que la restitución es la única forma segura de hacer que un espectador comprenda un resto arqueológico o monumental. Es decir, que asimile sus características formales y sus funciones cuando el resto estaba “en uso”. La restauración, sin embargo, sabe que la restitución es muy desaconsejable salvo en contadas ocasiones, ya que no es ecológica. Permite la comprensión a cambio de dañar el original. A veces, incluso, se apoya en hipótesis que con el tiempo resultan revisadas, sea por la aparición de nuevos datos, sea por una evolución del propio marco académico en que se fundó.

Sin embargo, la restitución es posible en el mundo virtual. Los entornos virtuales posibilitan el desarrollo y la visualización de estas hipótesis. Incluso permiten visualizar

---

<sup>7</sup> Ventajas asumidas con respecto a los medios didácticos tradicionales: espacialización, ingravidez, e interacción, ya mencionados por Bellido Gant, 2001.



*Figura 4.* La utilidad de las nuevas tecnologías para explicar yacimientos arqueológicos: Casa de Hippolytus, en Complutum, Alcalá de Henares, vista general de los restos excavados.

varias de ellas diferentes y comprobar cuál funciona mejor. Y esto es posible de una forma ecológica y que garantice la conservación del original. Es decir, sin reconstruir los edificios sobre sus cimientos, alternando este enorme volumen de información con un absoluto respeto hacia los restos originales. En los modelos virtuales el investigador puede equivocarse al proponer su hipótesis. Descubierta el error, puede construirse un nuevo entorno que supla al anterior. ¿Qué pasa, en cambio, si nos equivocamos en una reintegración, o si hacemos una restauración no excesivamente afortunada en el mundo real? El problema es grave, y en España tenemos ejemplos para reflexionar, como el célebre teatro de Sagunto. Fuera de nuestro país, otros yacimientos clásicos pagan los errores de sus excavadores, unos errores que, para aumentar la confusión,



*Figura 5.* La utilidad de las nuevas tecnologías para explicar yacimientos arqueológicos: Casa de Hippolytus, en Complutum, Alcalá de Henares, entorno virtual mostrando la reconstrucción del edificio en el siglo IV d.C.

en su tiempo no lo eran: a fecha de hoy, en Creta, cualquier visitante de Cnossos puede asistir al lento y progresivo desmantelamiento de las reconstrucciones que Evans llevó a cabo sobre el palacio minoico.

De estos párrafos se extraen dos claras ventajas: primero, los entornos virtuales son ecológicos, y multiplican las posibilidades de conservar un yacimiento arqueológico sin detrimento de la información que el público puede recibir. Segundo, por vez primera en la historia de nuestra disciplina es posible sumergir al espectador en reconstrucciones científicamente documentadas y visualmente fotorrealistas, con lo que los límites para hacer entender un yacimiento arqueológico a un profano se diluyen, y van a coincidir solo con los de nuestra imaginación y nuestra capacidad técnica.

## 4. Definición de la metodología

### 4.1 Definición del mensaje: los objetivos

¿Son todos los mensajes aptos para transmitirse por vía de estas tecnologías? Probablemente no, y consideramos que dos factores limitan con bastante claridad los objetivos que podemos seleccionar, y a la vez separan los entornos virtuales específicos de tema arqueológico de otros de temática diferente:

El primer factor se refiere al desarrollo del diseño conceptual, que en este caso tiene necesariamente como soporte una fortísima documentación histórica y arqueológica. Por tanto y en nuestro caso el diseño conceptual no es sino la hipótesis científica debidamente contrastada que los investigadores han generado a partir de una cierta abundancia de datos y estudios preliminares. Así pues, los mensajes seleccionables serán necesariamente aquellos que tengan detrás una sólida investigación. Ejemplificamos esta vía mediante las tareas que está realizando actualmente el equipo del Servicio de Arqueología de Alcalá en la Casa de los Grifos, de los siglos I al IV, de la ciudad romana de Complutum: una minuciosa excavación arqueológica permite recuperar las estructuras constructivas y, derrumbada, la decoración pictórica que revestía las estancias de la vivienda. La excavación permite incluso conocer con cierta precisión la altura de los muros, las columnas y las cubiertas. Es evidente que el modelo 3D que se desarrolla a partir de estos datos tiene un fuerte respaldo científico, y que las imágenes fotorrealistas que se generan son muy verosímiles. Una situación ideal donde la oportunidad científica y la didáctica se refuerzan mutuamente.



*Figura 6.* Los yacimientos con documentación exhaustiva son los más indicados para la realización de entornos virtuales: la Casa de los Grifos de Complutum.

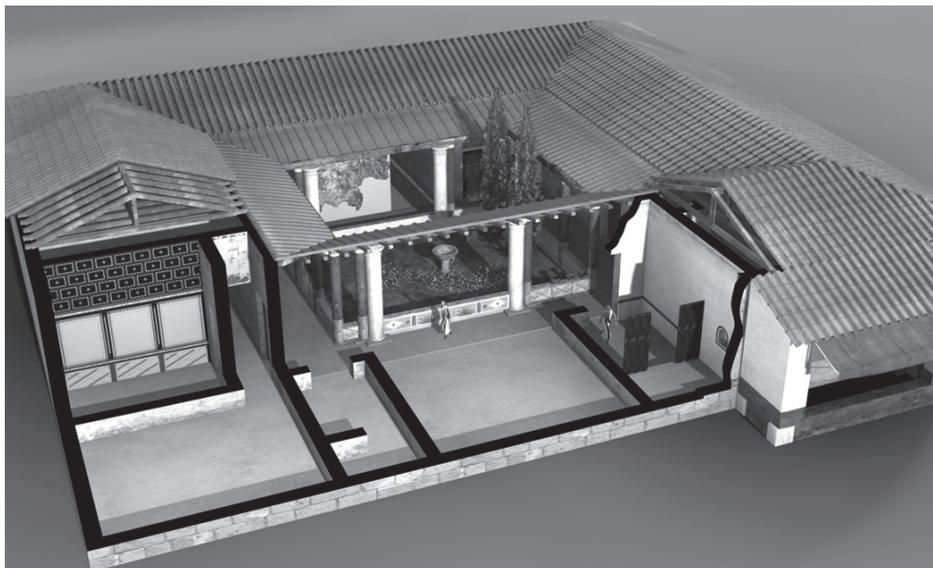


Figura 7. Entorno virtual de la Casa de los Grifos de Complutum, aplicando los datos recuperados en la excavación.

Por otro lado, el segundo factor alude a la necesidad de reforzar determinados mensajes. Ciertas piezas de un museo, ciertos espacios de un yacimiento arqueológico, por su relevancia dentro la narración del conjunto, por su dificultad para ser comprendidas, incluso por ambas razones, pueden demandar este tipo de aplicación. En estos casos puede incluso disculparse que la base de datos en la que se apoya la hipótesis sea relativamente limitada, lo que obligará al investigador a reforzar su argumentación por otras vías. Un buen ejemplo es la iglesia del siglo VI que se exhibe en el Museu d'Historia de la Ciutat de Barcelona: el resto se encuentra conservado escasamente, a nivel de cimientos, y es muy difícil entenderlo a simple vista. Por otro lado, tratándose de una excavación antigua los datos arqueológicos derivados del proceso de excavación en gran parte ya se habían perdido cuando pasaron a manos de los actuales responsables de la Institución. Sus investigadores desarrollaron un trabajo que ha permitido (entre otras cosas) que un video ilustre, a pie de monumento, los volúmenes reales de esta construcción. Ciertamente este entorno, empleando sólo los datos de la excavación, no puede competir con los citados en el párrafo anterior: no hay argumentos firmes para proponer una reconstrucción fotorrealista de los alzados, de la decoración de los interiores, de los ritos que se celebraban. Será precisa una compleja investigación arqueológica para minimizar esta falta de documentación. En este caso es la necesidad didáctica la que obliga a emprender la actuación.

## 4.2 Especificidad

Los entornos virtuales deben ser necesariamente específicos para el yacimiento que se divulga. Es importante huir de una práctica generalizada en determinados entornos virtuales de contenido histórico producidos en nuestro país o en otros países europeos donde los modelos y entornos no son específicos sino genéricos. Es decir, que para la hipótesis la base no es la documentación procedente del propio yacimiento, sino de otros que están en más avanzado estado de investigación, incluso que pertenecen a un cierto *imaginario científico* colectivo. Por tanto no estamos hablando de una rigurosa y específica búsqueda de paralelos y de referencias cronológicas y geográficas muy concretas, sino de una comparación un tanto grosera. Para ejemplificar este problema utilizaremos la referencia a varios yacimientos de época romana españoles cuyos entornos virtuales, lejos de aprovechar la documentación propia, emplean la de lugares mucho mejor conocidos, concretamente Pompeya. Como bien sabe la investigación, la cultura material de una ciudad como Pompeya situada en Italia y que termina su historia en el siglo I d.C., concretamente 74 d. C., no se transfiere necesariamente con facilidad a ciudades romanas de España, a veces con una cronología del siglo III o IV d. C. La diferencia geográfica y cronológica implica necesariamente unas diferencias en el edificio, su construcción, técnicas decorativas, hábitos y creencias de sus habitantes, etc.

Este abuso de paralelos arqueológicos que no son los mejores, pero sí los más populares o los más accesibles, se enfrenta a una rigurosa investigación arqueológica y el resultado, más que una divulgación científica, como sería deseable, es entonces la vulgarización.

## 4.3 El guión

Seleccionados los objetivos el primer paso es definir la narración y el guión técnico. Es decir, cuáles son los contenidos que se van a transmitir y qué procedimientos se utilizarán para ello. En este momento, han de tomarse dos decisiones importantes: una de ellas, a qué aspecto de la comunicación o a qué parte de la misma se van a aplicar estos recursos: ¿utilizaremos estas técnicas para exponer todo el yacimiento, o servirán para ilustrar una parte en concreto? La otra decisión es la selección de un soporte técnico determinado: paneles tradicionales con ilustraciones generadas en 3D, un vídeo de imagen 3D, un interactivo, un juego de ordenador... Estas decisiones son fundamentales: existe la creencia generalizada (y completamente errónea) de que basta con elaborar un único entorno virtual que servirá para cualquier cosa. En



Figura 8. Metodología para la realización de entornos virtuales de contenido arqueológico. El caso concreto de la ciudad romana de Complutum: la planta general a partir de la documentación arqueológica.

realidad, se generan modelos específicos para cada soporte. Poco tiene que ver, en producción y aspecto final, una ilustración estática con un vídeo, o un plano general con un primer o primerísimo plano.

Hecho esto nos enfrentamos a la fase de diseño conceptual, es decir, se generan los bocetos de lo que vamos a narrar: se definirá el aspecto general, así como las características ambientales y todo aquello que permite al dibujante de ordenador elaborar posteriormente el modelo. Como ya hemos dicho, el punto de partida en este caso será siempre una rigurosa investigación arqueológica.

#### 4.4 Del modelado al rénder

Con las salvedades expresadas (la necesidad de una hipótesis sólida) la metodología es casi la misma que en cualquier otra generación de imágenes tridimensionales, para video, imagen estática o juegos de ordenador. La generación de imágenes tridimensionales de creación propia ha sido muy desarrollada en las dos últimas décadas

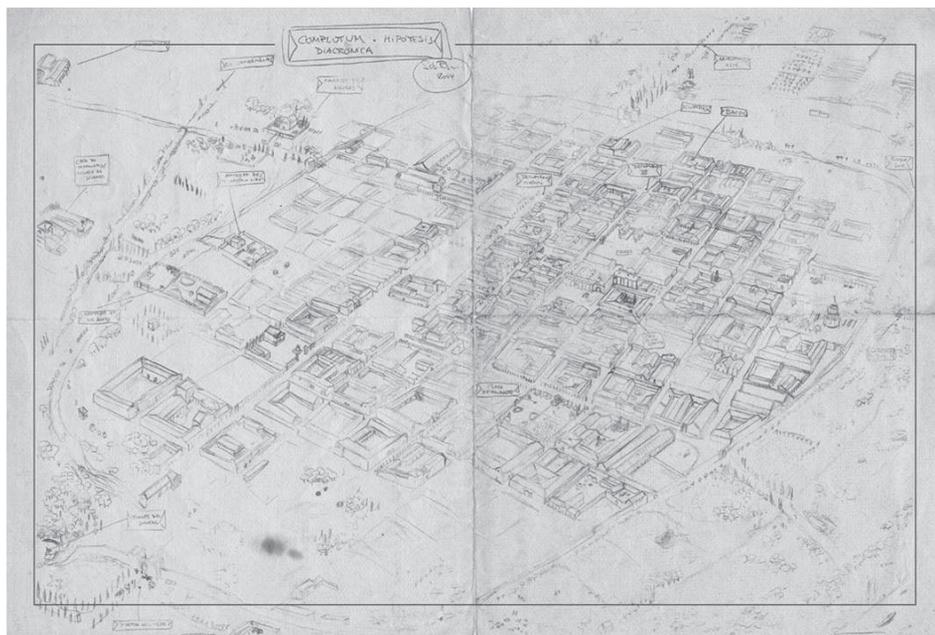


Figura 9. Metodología para la realización de entornos virtuales de contenido arqueológico. El caso concreto de la ciudad romana de Complotum: la hipótesis —o diseño conceptual—.

por las industrias del cine y el videojuego, incluso por un cierto número de ilustradores, con resultados espectaculares. Queremos decir con esto que los estándares de calidad son altísimos.

#### 4.5 Los límites de la reconstrucción virtual en los entornos virtuales

Uno de los aspectos que más ha reclamado la atención de los especialistas en los últimos años en lo que se refiere a la elaboración de modelos virtuales de patrimonio histórico y arqueológico es hasta qué nivel de precisión y de realismo debe llegar la reconstrucción.

La anastilosis es el concepto técnico empleado por arqueólogos y restauradores que se refiere a la reconstrucción, incluso no la virtual sino la física, de un yacimiento o un monumento a partir de sus ruinas, y empleando para ello el material derrumbado de las mismas. Es decir, es un método de restitución donde se trata de devolver a tres dimensiones lo que ahora parcialmente está en dos. La anastilosis ha sido un

concepto aplicado tradicionalmente en la restauración, pero recientemente se ha sometido a numerosas críticas, sobre todo debido a la enorme dificultad de ser precisos al cien por cien en las hipótesis de reconstrucción. Este procedimiento cuenta con aplicaciones notorias y muy generosas en yacimientos célebres, y España cuenta con ejemplos notables como son Segóbriga y Mérida. Incluso existen ejemplos de lo que podría denominarse *anastilosis total*, donde a partir de los zócalos de la excavación arqueológica se ha desarrollado la reconstrucción integral de un yacimiento. En España tenemos el caso de la ciudadela ibérica de Calafell, restituida por completo en fechas tan recientes como entre 1992 y 1996.

La gran crítica realizada a la anastilosis desde el punto de vista de la restauración es el habitual cambio de criterio en las hipótesis de interpretación de los yacimientos, además de la agresividad que reviste hacia los restos reales que aún se conservan *in situ*.

Sin embargo la rehabilitación intelectual de la anastilosis ha venido de la mano de las nuevas tecnologías: tal y como ya hemos dicho, el carácter ecológico de los entornos virtuales permite que una hipótesis de reconstrucción de un yacimiento arqueológico pueda ser desarrollada visualmente en un ordenador, y después visualizada por los especialistas y el gran público de manera no lesiva. La reconstrucción no afecta el estado de conservación de las ruinas verdaderas, pero sirve para entenderlas mejor. Un error, o un cambio de criterio en las hipótesis desarrolladas, cosa frecuente en la arqueología, que es una disciplina que evoluciona y cambia conceptos a medida que se van produciendo nuevos descubrimientos, solamente genera la necesidad de elaborar nuevas reconstrucciones digitales.

Por otro lado, dado el carácter novedoso de esta disciplina hay muchos investigadores que consideran que a veces no es necesario llegar a presentar un modelo virtual completamente cerrado. Esto, que técnicamente puede hacerse con cierto éxito, en términos didácticos no es bueno: las soluciones no propuestas por el investigador que ha generado la hipótesis, la persona con una mayor capacidad para pronunciarse en este sentido, serán suplidas por otras que cada espectador reconstruirá en su mente con unos criterios sin documentar y sin base científica alguna. Además, si no se emplea un criterio estético exquisito, esto restará calidad a la infografía.

## 4.6 Definición de estilos y soluciones finales

La resolución visual final se mueve entre la realidad aumentada y los entornos virtuales. Verdaderamente, la primera, llevada a los extremos de complejidad que

realmente acaban siendo necesarios, no es sino un entorno virtual más, donde, se introducen determinados recursos visuales extraídos directamente de la realidad (esto es, no generados expresamente por ordenador). Cada uno de estos sistemas proporciona un tipo de información distinta que es complementaria de la otra: la realidad aumentada informa principalmente sobre la diferenciación entre lo que había y lo que hay, siendo especialmente interesante esta dicotomía a la hora de presentar los yacimientos arqueológicos, incluso edificios y monumentos que han conocido una gran cantidad de reformas y rehabilitaciones. Esto es así porque sobre imágenes reales de fotografía o video, o sobre planos donde se muestra el estado actual de yacimientos o monumentos es posible superponer modelos tridimensionales con la reconstrucción de lo que un día contuvo ese yacimiento o monumento. Por tanto, conserva información metodológica relativa al proceso mediante el cual el arqueólogo desarrolla su hipótesis. Cuenta por tanto una historia apasionante y enriquecedora: además de explicar el resto arqueológico en sí mismo (qué y cómo es, para qué sirve....) nos habla de las vías usadas por el investigador para llegar a la reconstrucción del pasado.

Por el contrario el entorno virtual proporciona una información que la realidad aumentada no acaba de transmitir: la reconstrucción a partir de una hipótesis científica lo más completa y fidedigna posible de cómo era ese yacimiento en el tiempo en que funcionaba con su uso original, mostrando por tanto al espectador imágenes fotorrealistas de esas



Figura 10. Metodología para la realización de entornos virtuales de contenido arqueológico. El caso concreto de la ciudad romana de Complutum: El modelado en 3D del entorno virtual.



*Figura 11.* Metodología para la realización de entornos virtuales de contenido arqueológico. El caso concreto de la ciudad romana de Complutum: Texturado, iluminación y rénder fotorrealista.



*Figura 12.* Entorno virtual fotorrealista: Puerta de Occidente de la ciudad romana de Complutum.

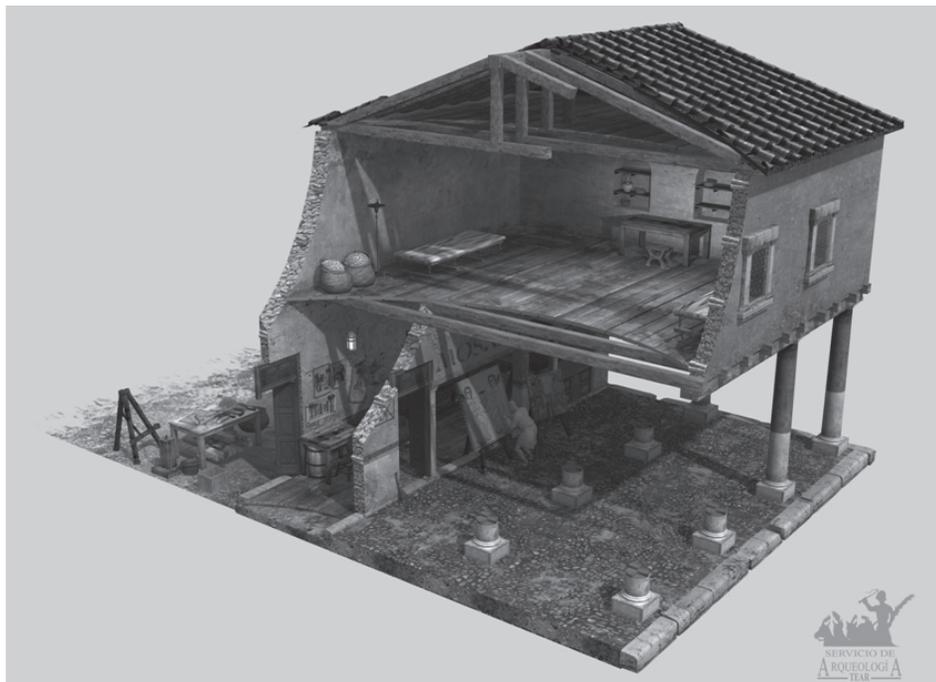


Figura 13. Entorno virtual fotorrealista adaptado para mostrar la técnica constructiva: el Pórtico Sur de Complutum.

hipótesis. Ese aspecto fotorrealista o hiperrealista es la información que se amplía con respecto a la realidad aumentada. El entorno virtual es inmersivo: quiere introducir al espectador en el mundo que está ilustrando

Puede por tanto hablarse de dos tipos de soluciones básicas:

La primera, aquella que conserva visualmente referencias de la información arqueológica empleada, y que se relaciona fuertemente con la realidad aumentada. Aquí, los entornos virtuales recurrirán a una combinación de visualización del modelado mediante gráficos de alambre o “escayola,” es decir, modelados sin textura, que sólo transmiten volúmenes pero no pieles ni colores, y en menor medida de imágenes fotorrealistas.

La segunda se refiere a entornos virtuales terminados, y por tanto con vocación inmersiva. En estas circunstancias, la solución debe ser fotorrealista, es decir debe partir de la vocación de *engañar* al espectador, haciéndole creer que se mueve en un mundo real.

Hay una tercera solución: a veces (en realidad con bastante frecuencia) el renderizado puede venir definido por necesidades didácticas, o en general del guión: puede *partirse* un edificio para dejar ver su interior, o su técnica constructiva, o pueden buscarse el b/n o el sepia para imitar determinados efectos visuales (fotos antiguas, etc.).

## 5. Estudio de casos concretos

### 5.1 La Casa de Hippolytus

Este colegio de jóvenes de la ciudad romana de Complutum se abrió al público en 1999, gracias a una iniciativa del Ayuntamiento de Alcalá y la Comunidad de Madrid. Nos interesa ahora por constituir uno de los usos más precoces de modelados 3D para divulgar yacimientos arqueológicos, que data de 1997. En la planificación museográfica original la visita comenzaba con la proyección de un vídeo con reconstrucciones 3D, que introducía al visitante en el contenido histórico y arqueológico del yacimiento. La visita al mismo, que se realizaba (y se realiza aun hoy) mediante un sistema de pasarelas, se acompaña de cartelería tradicional en cada punto de interés. Cada uno

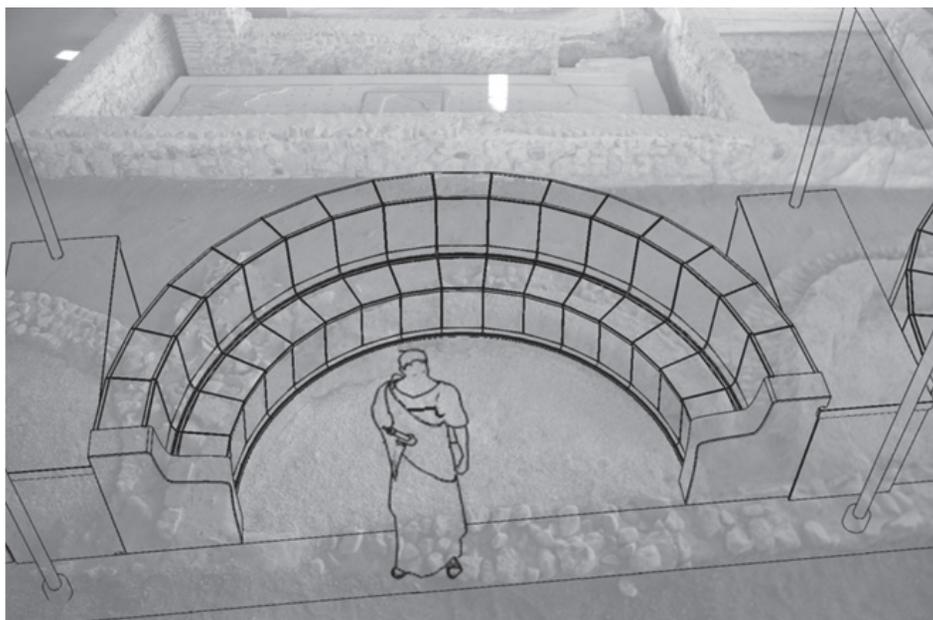


Figura 14. Realidad aumentada: exedras de la Casa de Hippolytus.

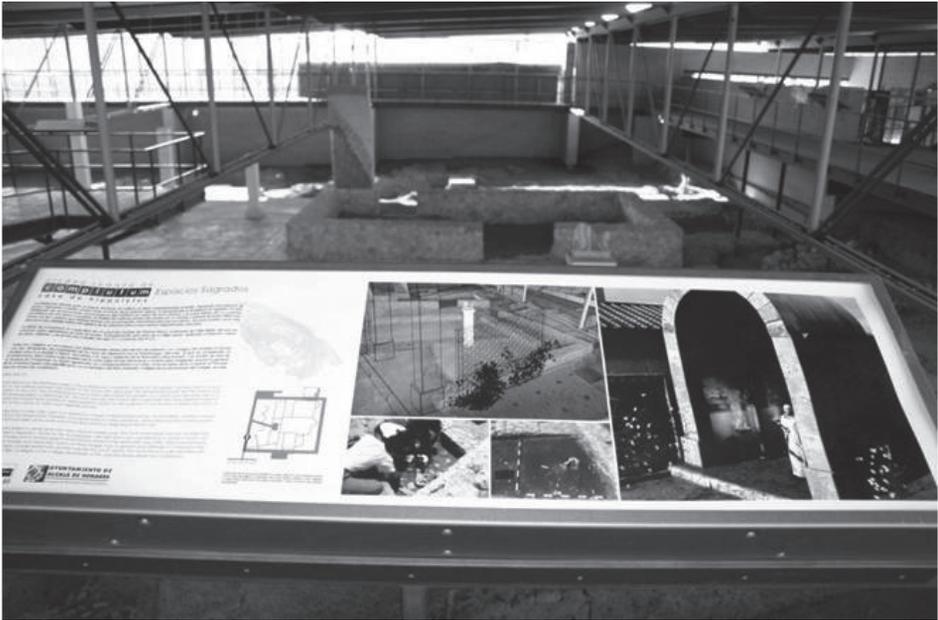


Figura 15. Las nuevas tecnologías en el recorrido didáctico por la Casa de Hippolytus.



Figura 16. Carteles para el público infantil en el recorrido didáctico por la Casa de Hippolytus (esta vez con dibujos tradicionales).



Figura 17. Carteles para el público infantil en el recorrido didáctico por la Casa de Hippolytus (detalle).

de estos carteles contenía una reconstrucción digital de la vista que un hipotético espectador alcanzaría en ese mismo punto hace 1700 años (que es el momento histórico elegido para las propuestas de reconstrucción del edificio). Hacia la mitad del recorrido, un punto interactivo proporcionaba diversa información: la función de la Casa de Hippolytus, cómo se hizo el edificio, las características de los principales elementos arqueológicos, etc.

En 2006 se consideró que la información podía mejorarse, eliminando recursos que no funcionaban correctamente (por ejemplo, los puntos interactivos clásicos funcionan siempre muy mal) y en todo caso recurriendo ahora a un sistema más complejo. Además, se estimó que sería muy deseable incorporar los nuevos datos de la investigación, concretamente los aportados por el redescubrimiento de un mausoleo funerario próximo y, sobre todo, el estudio del jardín, que confiere una singular relevancia al yacimiento.

Así, la renovación de cartelería realizada hace pocos meses, a lo largo de 2006, incluye una exposición complementaria de realidad aumentada más entorno virtual: la primera informa sobre el levantamiento ideal que los arqueólogos proponen de este

edificio romano del siglo I-III d.C. sobre la imagen real del yacimiento arqueológico que se conserva y que el público puede visitar. Junto a esto el entorno virtual proporciona información sobre el aspecto que el edificio tendría para un espectador de aquella época, resolviéndose mediante imágenes de carácter fotorrealista. Esto se combina, por cierto, con el desarrollo de una cartelería específica para el público infantil.

Al mismo tiempo se han mejorado los videos, y se ha desarrollado un nuevo sistema de información interactiva (aun no instalado).

## 5.2 Exposiciones

Diversas exposiciones temporales han venido apuntando también soluciones en esta línea de trabajo: el año 2000 *Gladiators and Caesars*, en el British Museum, incluía un juego de ordenador en que el jugador actuaba como uno de los gladiadores en la arena de un anfiteatro. El juego se contemplaba en una pantalla de grandes dimensiones mediante la proyección desde un cañón. Para ello se habilitó una sala al final del recorrido, diferenciada del resto de la exposición, de carácter enormemente tradicional en cuanto a contenidos y museografía.

*Máximo, Espartaco y Otras Estrellas del Espectáculo*, una producción del TEAR de Alcalá de Henares, que se expuso en esta ciudad en 2001 y Cartagena en 2002. Se empleó una torre de corte clásico con un monitor y un reproductor de DVD para cada una de las cuatro salas que componían el itinerario. Así, por ejemplo, un vídeo de corta duración sobre las carreras de carros, resuelto con reconstrucciones 3D, ilustraba la sala dedicada al mundo del circo, donde compartía espacio con una selección de piezas arqueológicas de primera importancia.

Mención especial merece *Complutum; la ciudad de las Ninfas*, celebrada en el Museo Arqueológico Nacional de Madrid entre octubre de 2004 y enero de 2005, producida por el TEAR de Alcalá de Henares. Se trató de la reconstrucción por ordenador de la ciudad romana de Complutum, concretamente de aquellos aspectos que arqueológicamente se encuentran en un avanzado estado de investigación: el urbanismo, los edificios públicos y varios edificios privados que han sido objeto de intervenciones arqueológicas recientes. En el marco de esta Exposición debe resaltarse uno de los videos ubicado junto a uno de los restos más abundantemente recuperados por la arqueología (no sólo en Complutum, en todo el mundo): la cerámica. Los modelos virtuales generados a partir de los fragmentos cerámicos recuperados se editaban junto a la evocación de una tienda de cerámica, haciendo desfilar ante el espectador diversas informaciones: por una parte, las mismas vajillas, y la función de cada pieza. Por otra, su evolución a lo

largo de los siglos, y su sometimiento a modas cambiantes. Por fin, el aspecto realista de la tienda y de las calles de la ciudad.

### 5.3 Visualización de la Antigüedad Tardía

Los objetivos de este ambicioso proyecto, que se encuentra ahora en sus inicios y está dirigido por los Doctores Luke Lavan y Sebastián Rascón, son la creación de imágenes de la ciudad de la Antigüedad Tardía, atendiendo no solo a la arquitectura, sino también a su gente, creencias, costumbres y objetos, claramente basados en investigaciones académicas que respondan a los más altos estándares internacionales. Las imágenes serán tanto académicamente creíbles como comprensibles y atractivas para el gran público.

Entre otros resultados, se contará con un programa de investigación que revertirá en una publicación de carácter académico, una publicación de carácter divulgativo y una gran exposición itinerante que circulará por varios países europeos.

Las ciudades representadas serán Complutum (Alcala de Henares-Dr. Sebastian Rascón y Ana Lucía Sánchez), Ostia (UniBerlin-Dr. Axel Gering), Rome (UCLA-Prof Bernard Frischer) Constantinopla (Tayfun Oner-Byzantium 1200 y James Crow-Universidad de Newcastle), Sagalassos (KULeuven-Toon Putzeys), Barcelona (Instituto Catalán de Arqueología Clásica - Dra. Isabel Rodá) con el apoyo de una larga nómina de colaboradores para otros yacimientos y para aspectos puntuales de la investigación.

Principalmente, estos aspectos serán los siguientes: Creencias y espacios públicos (Dr Luke Lavan-KULeuven), Iglesias, Dra. Beatrice Caseau (Paris), Casas privadas, Dr. Simon Ellis (Unesco) y Ana Lucía Sánchez (TEAR Alcala de Henares), Artefactos en su contexto Dr Toon Putzeys (KULeuven), Estética urbana ( Dr Ine Jacobs - KULeuven), Metodología para la visualización (Dr. James Crow - Universidad de Newcastle), Iluminación, Ángel Fuentes (UAM, Madrid).

La principal novedad de este proyecto con respecto a otros es la superación del simple aspecto arquitectónico, que ha sido el principal objetivo de muchos responsables de yacimientos arqueológicos en la última década. Por el contrario, se persigue una visualización más inmersiva, y atenta a la vida real de las ciudades tardoantiguas: la gente, sus costumbres, el pulso de la existencia cotidiana, las características de determinados modos de vida, en definitiva los mismos detalles que percibirían los habitantes de estas urbes y que, como la arquitectura, se pueden rescatar a pesar del paso del tiempo.

## 6. Conclusiones

Determinadas técnicas aportadas por las nuevas tecnologías, y especialmente los entornos virtuales y la realidad aumentada, tienen hoy en día un avanzado desarrollo técnico y además sus costes de realización son asumibles dentro de proyectos didácticos de museos, conjuntos históricos y parques arqueológicos. Más aun, son herramientas fundamentales a la hora de solucionar determinados problemas en la didáctica de este tipo de establecimientos, como es conseguir que elementos de nuestro patrimonio especialmente complejos, o muy deteriorados, como es el caso de los yacimientos arqueológicos, sean comprensibles por parte del público. Son técnicas de enorme potencial, pero su complejidad y su propia novedad hacen que todavía no se empleen de manera suficiente, o incluso que en ocasiones contribuyan a banalizar los contenidos. Sin embargo, existe una metodología rigurosa y contrastada que debe introducirse durante la producción de estos proyectos, y que de hecho ya se ha aplicado en los últimos años en casos determinados.

## 7. Bibliografía

BARCELÓ, J. A. FORTE, M. y SANDERS, D.H, 2000: "The diversity of archaeological virtual worlds" *Virtual Reality in Archaeology*. British Archaeological Reports, International Series, 843. ArcheoPress, Oxford.

BELLIDO GANT, M.L., 2001: *Arte, museos y nuevas tecnologías*. Ediciones Trea- Gijón.  
FORTE, M. y SILOTTI, A. ( Eds), 1997: *Virtual Archaeology: Re-Creating Ancient Worlds*. Harry N. Abrams, Inc, Publishers; New York.

POLLEFEYS, M. PROESMANS, M. KOCH, R. VERGAUWEN M. y VAN GOOL L.: "Flexible 3D - Reconstruction techniques with applications in archeology". [www.esat.kuleuven.ac.be/sagalassos](http://www.esat.kuleuven.ac.be/sagalassos).

RASCÓN MARQUÉS, S., 2003: "El mundo en sus manos. O cómo utilizar las nuevas tecnologías en la difusión del Patrimonio Arqueológico" *II Congreso Interacional sobre Musealización de Yacimientos Arqueológicos*. Barcelona, 7, 8 y 9 de octubre de 2002. Ayuntamiento de Barcelona, pp. 250-261.

REILLY, P., 1990, "Towards a virtual archaeology". *Computer Applications in Archaeology*. Edited by K. Lockyear and S. Rahtz. Oxford: British Archaeological Reports, Int. Series 565, pp. 133-139.

