

# Proyecto de musealización de los restos hallados en la estación de Ópera (Metro de Madrid). Reconstrucciones infográficas, escaneo laser 3D y digitalización del patrimonio arqueológico.

Eduardo Penedo Cobo, Patricia Moraga Vaz, Elia Organista Labrado, Áurea Izquierdo Zamora y Ana Belén Martínez Granero.

ARTRA, S.L. Madrid. España

---

## Resumen

*Los trabajos de seguimiento arqueológico y paleontológico, asociados al proyecto de implantación de nuevos ascensores en la estación de Metro de Ópera en Madrid, pusieron de manifiesto en el año 2009 la presencia de restos del antiguo entramado urbano de la desaparecida Plazuela de los Caños del Peral (siglos XVI-XVII y XVIII), actualmente Plaza de Isabel II. El alto valor histórico y patrimonial de los restos recuperados, que son elementos significativos del pasado de Madrid, ha supuesto la creación de un espacio musealizado en la misma estación. En el discurso expositivo realizado se han empleado diversas técnicas infográficas, animaciones y visualizaciones 3D de los elementos documentados durante las labores de excavación.*

**Palabras Clave:** CAÑOS DEL PERAL, ÓPERA, INFOGRAFÍA.

---

## Abstract

*In 2009, the archaeological and paleontological investigation associated with the new lift installation project in Opera Underground Station in Madrid, revealed remains of the ancient town structure of the lost Caños del Peral Square (XVI-XVII and XVIII centuries), currently known as Isabel II Square. The recovery of these remains, which are of immense historical heritage value since they are significant elements of Madrid's past, has led to the creation of a museum space in the station itself. In the explanatory document a range of techniques have been used including graphic information, animation and 3D imagery of the elements recorded during the excavation.*

**Key words:** CAÑOS DEL PERAL, ÓPERA, GRAPHIC INFORMATION.

---

## 1. Introducción

A lo largo de la primera década del siglo XXI, Metro de Madrid ha venido desarrollando numerosos proyectos destinados a mejorar la calidad de sus infraestructuras adaptándolas a los nuevos avances en sistemas de transporte viario, facilitando la accesibilidad a todos los usuarios de la red y mejorando la calidad del servicio. Los trabajos de seguimiento arqueológico y paleontológico, asociados al proyecto de implantación de nuevos ascensores en la estación de Metro de Ópera en Madrid, pusieron de manifiesto en el año 2009 la presencia de restos del antiguo entramado urbano de la desaparecida Plazuela de los Caños del Peral, actualmente Plaza de Isabel II.

Dentro de esta política de mejora se está haciendo especial hincapié en la fusión del legado antiguo de la ciudad y los avances del presente siglo, apostando por la completa difusión y puesta en valor de los restos históricos existentes y aun visibles, como es el caso de la estación “fantasma” de Chamberí, la antigua central térmica de Metro de Cuatro Caminos, así como los que han ido apareciendo tras la construcción de nuevas infraestructuras de transporte, como la iglesia del Buen Suceso

en la Puerta del Sol, el intercambiador de Príncipe Pío o la estación de Ópera, en pleno centro de Madrid, siendo este último el caso que nos ocupa.

La mayor parte de estas obras se vienen desarrollando en el interior del Recinto Histórico de la Villa de Madrid, declarado Bien de Interés Cultural por Real Decreto en el año 1993.

## 2. El Museo de Los Caños del Peral

El alto valor histórico y patrimonial de los restos recuperados, que son elementos significativos del pasado de Madrid, ha supuesto la creación de un espacio musealizado en la misma estación de Ópera, en el que prima la conservación y puesta en valor de los restos más relevantes documentados: la Plazuela y Fuente de los Caños del Peral (siglo XVI), la Alcantarilla del Arenal que canaliza las aguas del arroyo epónimo desde el siglo XVI, y el Acueducto del Viaje de Agua de Amaniel (siglo XVII).

Al abordar el discurso expositivo, se ha tenido en cuenta la gran cantidad de datos obtenidos no solo de la intervención arqueológica, sino también del desarrollo de las labores de investigación en archivos y bibliotecas.



Fig. 1. Museo de los Caños del Peral.

La aplicación de nuevas herramientas derivadas de la informática ha posibilitado una plasmación satisfactoria de estos datos.

El contenido de la exposición, articulado en torno a los tres elementos expuestos, pretende dar a conocer además el proceso de excavación y restauración que, dentro del contexto de la Obra de la Estación de Ópera, ha posibilitado la culminación de este proyecto museográfico.

A la hora de definir el ámbito y los recursos expositivos a desarrollar es fundamental tener en cuenta que el patrimonio conservado y mostrado se encuentra fragmentado, como consecuencia de las características del entorno en el que se ha ubicado, limitado por el proyecto constructivo, así como por las condiciones para su recuperación y puesta en valor.

Por estas razones, es imprescindible desarrollar un ambiente de comunicación con el usuario destinado a completar la información asociada a cada uno de los elementos presentes, es decir, la contextualización de este patrimonio, su interpretación y su presentación con el objetivo de fomentar su comprensión.



Fig. 2. Interior de la Exposición

El entorno de comunicación con el usuario posibilita unos determinados sistemas de mediación entre los elementos expuestos y el mensaje que se quiere transmitir, a través del empleo de diversas técnicas y formalizaciones que se adaptan a las distintas necesidades y demandas.

### 3. Aplicación de Nuevas Tecnologías.

El desarrollo de medios audiovisuales ha sido considerado en el presente proyecto como el complemento divulgativo fundamental a los restos expuestos, ya que posibilita su transmisión a través de la reconstrucción virtual del contexto histórico, imprescindible para su comprensión. Realizados con el máximo rigor, sirven de complemento científico y educativo para la divulgación de los hallazgos, tanto a los profesionales del sector, como al público en general, sin olvidar el sector turístico que a diario visita el casco histórico de Madrid.

La aplicación de las Nuevas Tecnologías al estudio y difusión de los Bienes Culturales se ha revelado como parte fundamental de la investigación arqueológica, optimizando la representación de los datos a la par que facilita el acercamiento del gran público a la información arqueológica.

El soporte fundamental sobre el que se apoya el contenido de los audiovisuales son las infografías y las reconstrucciones virtuales mediante imágenes en 3D, completadas con grabaciones e imágenes reales que muestran el proceso de excavación, restauración y musealización.

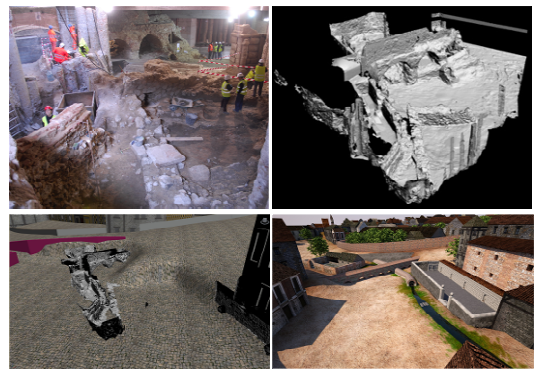


Fig. 3. Proceso de modelado de la Plazuela y Fuente de los Caños del Peral.

Para la reconstrucción y digitalización en 3D de los diversos momentos históricos que conforman la contextualización de los restos hallados, se ha recurrido a la elaboración de:

Visualizaciones tridimensionales realizadas a partir del material escaneado en 3D<sup>4</sup> de los elementos documentados durante la fase de excavación. Uso de las ortoimágenes, nubes de puntos e imágenes capturadas durante el escaneo.

<sup>4</sup> ASF IMAGEN. Actividades y Servicios Fotográficos, S.L.

Reconstrucciones tridimensionales de la plaza de Isabel II y sus alrededores en diferentes épocas a partir de la planimetría histórica.

Animaciones de la evolución de la plaza a lo largo de su devenir histórico: grabados históricos del entorno de antiguo Alcazar.

Restitución infográfica de la plazuela de los Caños del Peral a partir de los datos extraídos en campo y en los archivos, de modo que la comprensión del conjunto sea total. El hallazgo de las diferentes estructuras arquitectónicas construidas en granito, pedernal, caliza y ladrillo permite realizar una anastilosis virtual, aunque hay otros aspectos que no se llegan a conocer totalmente recurriendo al estudio de paralelos en la arquitectura forense para poder levantar las plantas en 3D, como es el caso de la casa de Don Urbano de Peralta o los Lavaderos de los Caños del Peral, entre otros.

Sistema de renderizado que garantiza la optimización de las imágenes procesadas.

Los programas externos seleccionados para la recreación arquitectónica patrimonial fueron Blender, Maya, 3DStudio, con diferentes plugins y motores de renderizado.

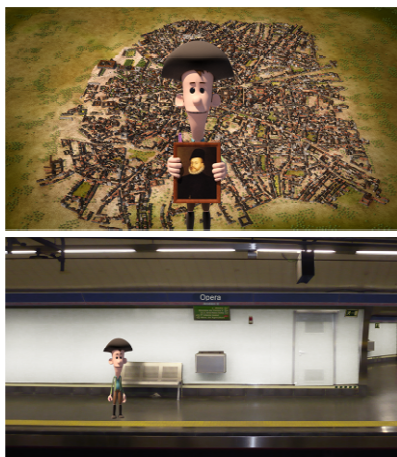


Fig. 4. Creación de personaje virtual como narrador.

La reconstrucción virtual se ha basado tanto en la toma de datos de las evidencias materiales descubiertas en la excavación, como en los datos históricos recopilados en archivos y bibliotecas.

Aunque continua siendo fundamental la aplicación de métodos convencionales de recogida de datos ya sea a través del dibujo de campo, la topografía y su posterior procesado con programas de diseño como Autocad, el uso de Escaneo Laser 3D en contextos arqueológicos garantiza una mayor fiabilidad a la vez que proporciona un formato digital de dichos datos que permite su representación formal con un elevado grado de precisión.

El uso del sistema Láser Escáner 3D consiste en la elaboración de un estudio integral de los restos mediante el registro exhaustivo de los mismos a través de la caracterización geométrica y levantamiento topográfico de detalle, completándose la planimetría así generada con la realización de composiciones fotográficas-fotogramétricas.



Fig. 5. Proceso de escaneo láser.

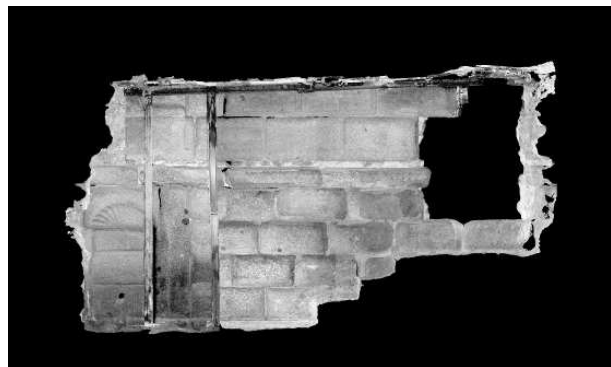


Fig. 6. Escaneado laser del acueducto de Amanuel.

Para este caso concreto se ha empleado el láser escáner 3D FARO LS 880, de gran rapidez y precisión, que permite tomar hasta 120.000 puntos por segundo, siendo necesarios 4 minutos para tomar los 360°, y alcanzando una fiabilidad de 3mm a 10m.



Fig. 7. Escaneo laser del acueducto de Amanuel.

El modelado en 3D de la ciudad de Madrid se ha apoyado en los mapas topográficos y cartográficos existentes. Para el diseño del modelo de terreno virtual se procedió a obtener el modelo digital de elevación del terreno (MDT) de la zona a partir de planimetrías con curvas de nivel (A. MARTÍNEZ DÍAZ, 2008: 27-31).

Una vez recreada la topografía histórica de esta parte de la ciudad mediante una malla, se procedió a la construcción de la

trama urbana sobre el modelo virtual generado tomando como base el plano de Pedro de Texeira (1656).

A pesar de todos los datos con los que se cuenta es imposible realizar una reconstrucción totalmente fiable, ya que en muchas ocasiones la ausencia de evidencias materiales suficientes obliga a la especulación. No obstante este tipo de recreaciones son la herramienta perfecta para representar aquello que ya no existe o que se encuentra alterado por el paso del tiempo.

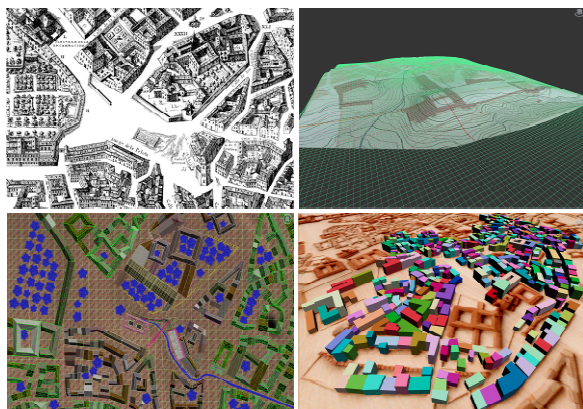


Fig. 8. Recreación de la topografía original.

El ambiente reconstruido se ha centrado principalmente en el casco histórico de Madrid y la Plazuela de los Caños del Peral, teniendo como objetivo la máxima rigurosidad en las vistas panorámicas desarrolladas.

El resultado es una sucesión de imágenes virtuales a través de las que se pretende mostrar al público en general la evolución de la Plaza de Isabel II a lo largo de 400 años de historia.

Teniendo en cuenta los diferentes *targets* o segmentos de población, en función de la edad y del contenido del mensaje a los que va dirigida la exposición, se han elaborado tres audiovisuales<sup>5</sup>:

Nivel Infantil: destinados a niños de edades comprendidas entre los 5 y los 12 años.

Nivel Usuario: destinados a los usuarios de la Red de Metro de Madrid, al público adulto en general.

Nivel Profesional: destinado a los profesionales de la historia y la arqueología, básicamente.

En la recreación de la evolución urbana se representan los principales momentos históricos que han acontecido en el ámbito estudiado:

Representación de los recintos amurallados musulmán y cristiano, y recreación del poblamiento de la zona anterior al siglo XVI.

Representación de la plazuela de los Caños del Peral, Acueducto del Viaje de Agua de Amanuel y Alcantarilla del Arenal, entre los

siglos XVI-XVIII, dentro de su recinto urbano correspondiente, con especial detalle de la plazuela de la fuente en el siglo XVII.



Fig. 9. Evolución histórica a través de infografías.

Evolución de la zona desde el reinado de José I, momento en el que se colmata la plazuela y se cubre la fuente, hasta el siglo XX.

Se ha recurrido como complemento de la narración, al empleo de documentos gráficos y paneles explicativos, videos, fotografías...etc., recogidos a lo largo del desarrollo de los trabajos, así como a reconstrucciones, infografías y dibujos en los que se muestran los tres elementos musealizados<sup>6</sup>, tal y como debieron de coexistir en relación al espacio que ocuparon.



Fig. 10. Maqueta de los recintos amurallados de Madrid.

Todos estos recursos didácticos son los más demandados por la sociedad, haciendo más digerible y comprensible, e incluso atractivo, el discurso histórico que se pretende contar. Lo que se ha venido a denominar el “lenguaje de la imagen”, cada día más utilizado para la divulgación de unos resultados científicos.

<sup>5</sup> MADRID SCIENTIFIC FILMS S.L. Javier Trueba.

<sup>6</sup> Javier de Prado.

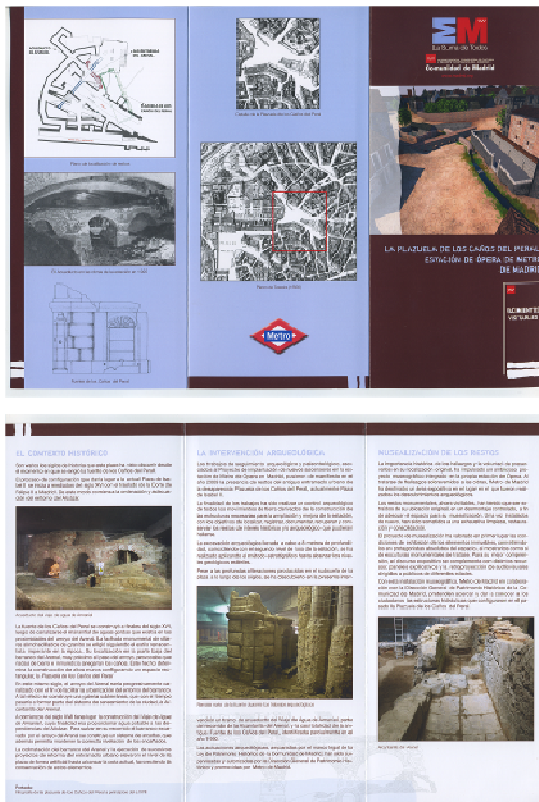


Fig. 10. Tríptico del Museo de los Caños del Peral.

Este proceso ha servido también como base para la realización de dos maquetas que apoyan el discurso expositivo desde la superficie de la actual plaza de Isabel II. Una precisa los recintos fortificados de Madrid, estando el ámbito estudiado a extramuros de uno de ellos. La otra representa la idealización de la plazuela de los Caños del Peral a inicios del siglo XVII.

Por último, la divulgación social de los hallazgos se ha completado con dos soportes tradicionales. Se ha editado un tríptico explicativo, incluyéndose el museo dentro del Plan de Yacimientos Visuales de la Comunidad de Madrid. Además, se ha realizado una monografía específica en la que se plasman los resultados de todo el proceso de investigación de manera secuencial.

**Bibliografía**

AYUNTAMIENTO DE MADRID (1986): “Geología, Geomorfología, Hidrogeología y Geotecnia de Madrid. Temas Urbanos. ECOLOGÍA.” Área de Urbanismo e Infraestructuras del Ayuntamiento de Madrid.

ANDREU MEDIERO, E; MALALANA UREÑA, A; RETUERCE VELASCO, M (1992): “Plaza de Oriente. Arqueología y Evolución Urbana” Ayuntamiento de Madrid, Área de Obras e Infraestructura.

COLEGIO OFICIAL DE ARQUITECTOS DE MADRID (1979): “Cartografía básica de la Comunidad de Madrid. Planos históricos, topográficos y parcelarios de los siglos XVII-XVIII-XIX y XX.” Comisión de Cultura. Servicio Histórico.

GRANDE LEÓN, A (2002): “Itálica virtual. Un proyecto educativo que hace Historia.” En *PH Boletín del Instituto Andaluz de Patrimonio Histórico*, nº 40/41, pp. 241-247.

MARTÍNEZ DÍAZ, ÁNGEL: Espacio, tiempo y proyecto. El entorno urbano del Palacio Real de Madrid entre 1765 y 1885.

MARÍN PERELLÓN, F. J.; ORTEGA VIDAL, J, (dir.) (2006): “La forma de la Villa de la Ciudad de Madrid. Soporte gráfico para la información histórica de la ciudad de Madrid” Comunidad de Madrid. Fundación Caja Madrid.

RODRÍGUEZ ALCALÁ, A. (2004). “La reconstrucción histórica virtual: una herramienta para la formación del arquitecto restaurador”. *1er Encuentro internacional sobre experiencias académicas en resaturación*, Mérida, FAUADY.

SALVADÓ ARQUÉS, F; TORRELLA FONT, A.M.; VILLA SICILIA, A. (2006). “Reconstrucción virtual de edificios modernistas de Terrassa”. *Actas del XVIII Congreso Internacional de Ingeniería Gráfica*. Sitges, Barcelona. INGEGRAF.