



## **INNOVAR EN LA VISUALIZACIÓN TÉCNICA Y GRÁFICA DE ARQUITECTURAS HISTÓRICAS**

TEMA: Extensión

SUBTEMA: Actividad extensionista relacionada con la disciplina

**TRIVI, Belén<sup>1</sup> - SANSEVERINO, Anna<sup>2</sup> - CARBONARI, Fabiana<sup>1</sup> - BARBA, Salvatore<sup>2</sup>**

1-Facultad de Arquitectura y Urbanismo – Universidad Nacional de La Plata

2- Dipartimento di Ingegneria Civile – Università degli Studi di Salerno

trivibelen@gmail.com, asanseverino@unisa.it, fabianacarbonari@yahoo.com.ar, sbarba@unisa.it

### **PALABRAS CLAVES:**

Patrimonio construido, Relevamiento digital, Pensamiento técnico y gráfico.

### **ABSTRACT:**

The new three-dimensional surveying techniques provide an important contribution to conservation and recognition to architectural heritage. The objective of this research is carried out to explore the possibilities offered by the new 3D recording technologies in architecture, such as Laser Scanning. This study focuses particularly on the archaeological complex of Casino Macri in the city of Locri, Calabria Region, Italy. Additionally, this technology could be useful to create an advanced hypothetical 3D digital model that reconstructs the complete Roman building, using the new 3D technologies, so as to contribute to a cultural and educational diffusion.

### **RESUMEN:**

Durante los últimos años, en nuestro contexto cultural ha habido un incremento en la importancia de la puesta en valor del patrimonio, aspecto que implica una acción fundamental en la protección de su identidad. En este sentido, el registro de los bienes patrimoniales resulta esencial para la conservación y el reconocimiento de los mismos, existiendo una amplia variedad de metodologías para el relevamiento. Las técnicas de registro 3D brindan un gran aporte en este campo, y si bien se encuentran ampliamente difundidas a nivel mundial, poseen todavía pocos antecedentes de aplicación en la Argentina.

El trabajo se desarrolla en el marco del Convenio de Cooperación Cultural, Educacional y Científica impulsado por el Laboratorio Modelli del Dipartimento di Ingegneria Civile de la Università degli Studi di Salerno y el Laboratorio de Experimentación Gráfica Proyectual del Habitar – L’egraph – de la Universidad Nacional de La Plata.

El relevamiento y el posterior procesamiento, permitirán producir información integral de un sitio histórico obteniendo modelos 3D interactivos. Particularmente, se tiene como objeto de estudio al complejo arqueológico “Casino Macri” en la ciudad de Locri, Región de Calabria, Italia. Es un sitio de gran valor patrimonial: conserva una *masseria* del siglo XIX que incorpora en sus fundaciones la estructura muraria de un edificio romano del siglo II d.C., posiblemente unas termas.

En el proceso de desarrollo, se llevó a cabo un relevamiento del sector con el uso de los escáneres láser Faro Focus<sup>3D</sup> X130 HDR y X330 para luego procesar los datos en el software SCENE. Se realizó así una reconstrucción hipotética de las termas romanas incorporando el uso de software de modelado y BIM, como SketchUp y Revit. De esta manera, se utilizaron las nuevas tecnologías de registro y producción 3D, contribuyendo al entendimiento del mismo al momento de su difusión.

## 1.- INTRODUCCIÓN

En la actualidad, existen diversas metodologías para el registro, la documentación y la difusión de los bienes patrimoniales. La utilización de modelos tridimensionales digitales representa una óptima herramienta para el reconocimiento y el análisis de un objeto de estudio, dando a su vez la posibilidad de emplearlos como un recurso didáctico e interactivo al momento de su divulgación.

El presente trabajo, se centró en el relevamiento, el análisis y la reconstrucción hipotética de un edificio termal romano del siglo II d.C. perteneciente al complejo arqueológico “Casino Macri” en la ciudad de Locri, Región de Calabria, Italia.

El sitio estudiado envuelve un enriquecido testimonio que documenta más de 2700 años de historia, desde la fundación de la ciudad greca de Locri Epizefiri, hasta una *masseria* del siglo XIX que incorpora en sus fundaciones la estructura muraria del edificio romano. Los diferentes vestigios encontrados, se entrelazan y superponen, siendo reflejo del patrimonio cultural con los signos que el tiempo y los acontecimientos le fueron agregando.

Los rastros romanos, poseen una imponente estructura que ocupa un área de 1350 m<sup>2</sup> aproximadamente, con muros de ladrillo y cemento romano que van desde los 60 a 90 cm de espesor. Estudios previos, demuestran que algunos de estos tabiques conformaban una serie de estanques o piscinas, por lo que se considera que se trataba de un complejo termal.

Sin embargo, la ausencia de ciertos elementos característicos de las termas romanas, como materiales de revestimiento o un pavimento elevado para el funcionamiento de un sistema de calentamiento de aire y agua, podría insinuar que la construcción fue interrumpida antes de su finalización. Por lo tanto, el complejo nunca habría entrado en funcionamiento, dejando inconclusa la realización de la cubierta y los acabados finales por razones desconocidas. Si bien también es posible, que la gran cantidad de modificaciones sufridas durante los periodos sucesivos pueda haber afectado este hecho.

A través del estudio, el reconocimiento y el relevamiento del sitio con el uso de nuevas tecnologías 3D, se realizó un análisis de la información para intentar reconocer los diferentes sectores que

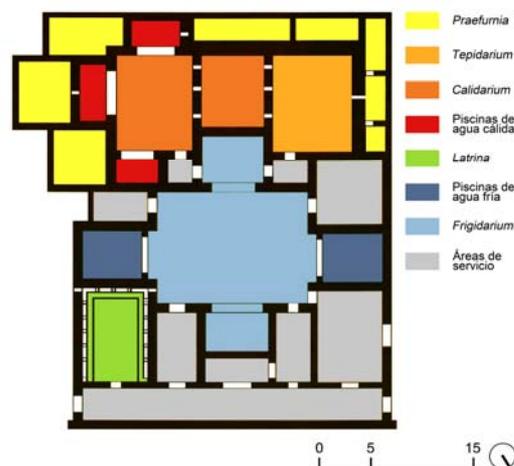


Fig. 1 – Esquema de los sectores del complejo.

formaban parte del complejo. De esta manera, como hipótesis, se identificó un pórtico de ingreso que daba inicio a un recorrido que atravesaba una serie de áreas de servicio para así arribar al *frigidarium*. Esta gran sala central, de baja temperatura, daba acceso a dos grandes piscinas de agua fría. Inmediatamente se ubicaba una secuencia de ambientes calefaccionados, el *tepidarium* y el *calidarium*, con sus respectivas piscinas de agua cálida suministradas indirectamente por un sector de servicios semienterrado a su alrededor, llamados *praefurnia*.

A través del relevamiento del sitio con diversas metodologías, se obtuvo un registro del mismo en su estado actual que permitió la posterior reconstrucción hipotética de un modelo tridimensional digital del sector romano termal. La obtención de este modelo, no sólo facilitó su análisis y reconocimiento, sino que también resultó una herramienta atractiva al momento de su difusión como bien patrimonial.

## 2.- METODOLOGIA

Para alcanzar el modelo tridimensional virtual de la hipótesis del edificio romano, se partió de un relevamiento que contempló tanto metodologías tradicionales (bosquejos y croquis a mano alzada) así como también tecnologías más avanzadas con el registro a través de escáneres láser.

Tras realizar el trabajo de campo en el sitio de estudio, se dio lugar al trabajo en gabinete, contemplando en primera medida la investigación del funcionamiento general de las termas, encontrando analogías con otras ruinas romanas existentes en la zona.

En este sentido, los datos adquiridos en el relevamiento, sumado a la consulta de diversas fuentes bibliográficas realizadas durante la totalidad del trabajo, aportaron al proceso deductivo para la reconstrucción del modelo hipotético termal.

Los escaneos realizados a través de los escáneres láser FARO FOCUS<sup>3D</sup> X130 HDR y X330, que utilizan la tecnología de desfase, fueron procesados en el software SCENE, obteniendo como resultado una nube de puntos del estado actual del sitio.

La misma fue utilizada para la elaboración de los planos vectoriales del edificio termal que sirvieron a la hora de elaborar el modelo tridimensional virtual en el software SketchUp de Trimble.

Finalmente, mediante el uso del software Autodesk Revit, fue posible crear una superposición de la nube de puntos del estado actual, con el modelo tridimensional hipotético, permitiendo la creación de una animación virtual comparativa en Adobe After Effects.

### 3.- DESARROLLO

Inicialmente se realizó un reconocimiento y un registro a mano alzada del sitio, que posibilitó la posterior elaboración del Plan de Relevamiento en el que se establecieron los distintos puntos donde posicionar los escáneres y targets.

El trabajo de campo se llevó a cabo en un tiempo de aproximadamente 6 horas siguiendo el plan realizado anteriormente, organizando dos grupos de escaneos por cada escáner láser utilizado.

A través del instrumento FARO FOCUS<sup>3D</sup> X130 HDR se efectuaron los escaneos del interior del “Casino Macri”, mientras que el escáner láser FARO FOCUS<sup>3D</sup> X330 fue utilizado en el exterior y en el sector de la *latrina*.

En cuanto a los objetivos artificiales o targets, se utilizaron objetivos esféricos de 15 cm de diámetro que referenciaron las áreas de escaneo. Evitando posicionarlos de manera simétrica, se realizó una distribución de los mismos formando polígonos alrededor del escáner controlando que cada escaneo tomara al menos tres targets en común con el precedente y el sucesivo. La ubicación en distintas elevaciones permite obtener distancias diferentes al instrumento por lo que colabora a un correcto relevamiento del sitio.

Una vez posicionados los targets, se establecieron los parámetros de escaneo con una resolución de 1/5, que equivale a



Fig. 2 – Registro a mano alzada.



Fig. 3 – Escáneres láser y targets utilizados.

una distancia entre dos puntos consecutivos de 7,670 mm @ 10 m, de manera que se garantizara una adecuada visualización de los sectores de interés.

Habiendo tomado un total de 50 escaneos en el sitio de estudio, se procedió al inicio del trabajo en gabinete para su procesamiento. Para ello se empleó el software SCENE 2019, creado específicamente para procesar los datos de los escáneres láser utilizados.

Al comenzar, se importó la totalidad de los escaneos, se elaboró un pre-procesamiento de los mismos y una alineación



Fig. 4 – Primera nube de puntos del estado actual.



Fig. 5 – Estaciones de escaneos en vista superior.

aproximada automática inicial a través del comando *Colocar Escaneos: Basados en Objetivos*, comenzando también a crear las *Nubes de puntos de escaneo* – que son una representación alternativa de los escaneos y deben crearse desde escaneos individuales –. En este sentido, mediante de los sensores empleados por los escáneres FARO (brújula, altímetro e inclinómetro – en este caso no se utilizó GPS) y del reconocimiento de los propios targets esféricos (reconocidos automáticamente por el mismo software), el programa ejecutó una pre-alineación, creando *Agrupamientos automáticos*. Se reconoció internamente cuáles eran los escaneos que podían alinearse adecuadamente y cuáles no, por lo que se agruparon los correctamente registrados y se ordenaron de manera automática.

Quando no se lograron alinear automáticamente, se utilizó la opción *Colocar escaneos: Creación manual de correspondencias con la vista Correspondencia dividida*. Mediante esta vista fue posible visualizar pares de escaneos efectuados desde diferentes posiciones y así detectar los objetos correspondientes. En el caso en que el software todavía no lograra encontrar las correspondencias se utilizó también el comando *Forzar correspondencia*.



Fig. 6 – Síntesis del proceso de elaboración en SCENE.

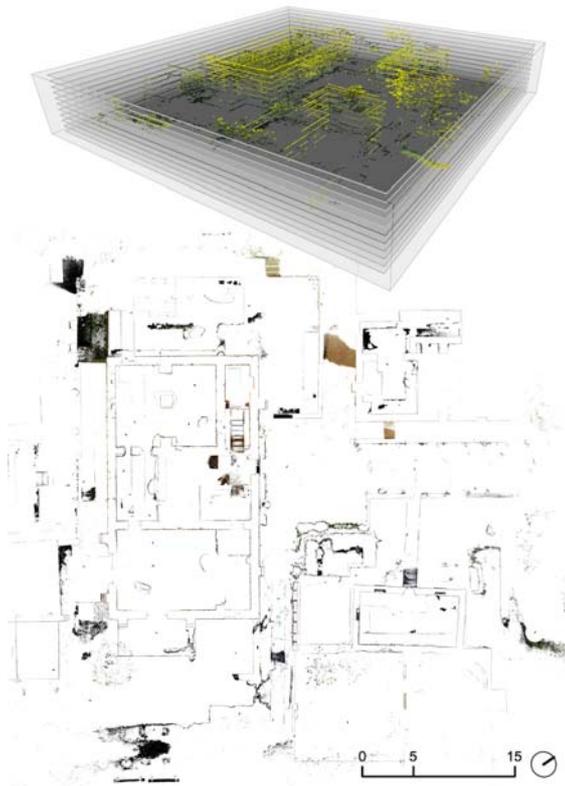
Quando hubo presencia de fallas en esta segunda colocación automática, se recurrió al *Registro manual con la vista Correspondencia*. Esto permitió la colocación manual de los escaneos y/o grupos alineándolos según su geometría en vista superior, lateral y alzado.

Después de la fase de alineación es siempre oportuno dejar que el software efectúe una registración automática del alineamiento, por lo que se utilizó el método *Registro basado en la vista superior + de Nube a Nube*. Este proceso, se puede considerar terminado una vez que figure la luz del icono semáforo en verde en el *Scanmanager*, que también almacena un reporte de los errores detectados en la alineación. En esta etapa, se logró exitosamente permanecer dentro del umbral fijado anteriormente.

Una vez finalizada la alineación total se hizo una limpieza del ruido en la nube de escaneos (personas y objetos no requeridos) para poder crear la *Nube de puntos del proyecto* – que puede considerarse una nube de puntos integral del proyecto de escaneo completo – utilizando el valor de 4 mm en el parámetro *Homogeneizar la densidad de puntos*, dando como resultado una nube de 238.955.892 puntos.

Al obtener finalmente la nube de proyecto, se exportó la misma en forma de archivo ReCap para sucesivamente lograr importarla al software Revit.

En el posterior modelado de la reconstrucción romana, se decidió utilizar el software SketchUp, por lo que fue necesario realizar los planos vectoriales bidimensionales del sitio de interés. De este modo se crearon en SCENE, *Cuadros de Recorte Múltiples* sobre la nube de puntos a lo largo de un eje para obtener las plantas de los distintos niveles y diversos alzados y vistas a lo largo



**Fig. 7 – Cuadros de recorte y ejemplo de restitución.**

de otros dos ejes. Se optó por realizar cuadros de recortes reducidos en la dirección ortogonal a las fachadas y plantas a un ancho de pocos milímetros para obtener un perfil preciso que sea más efectivo al momento del redibujo. Como resultado se adquirieron proyecciones ortogonales u ortofotos con un parámetro de 200 px/m que se exportaron en formato .tif y .dxf, compatible con AutoCAD de modo que ya la contenga en su tamaño real.

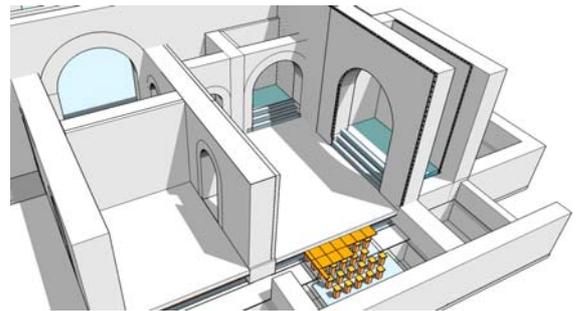
A través de las ortofotos, se redibujaron en dicho software los planos del estado actual del sitio, desglosando los segmentos pertenecientes a cada uno de los diferentes periodos que atravesaron al mismo. A partir de allí y a través de una investigación histórica efectuada en paralelo, se dibujaron los planos hipotéticos de lo que habría sido la terma romana al momento de su construcción.

Mediante del software SketchUp, se realizó el modelo tridimensional hipotético utilizando dichos planos vectoriales. Esto permitió la posterior exportación del archivo en formato .dwg con el fin de vincularlo al software Revit sin perder ninguna información.

Este programa computacional, ofrecía la posibilidad de importar la nube de puntos



**Fig. 8 – Ortofoto + plano vectorial en AutoCAD.**



**Fig. 9 – Hipótesis de reconstrucción en SketchUp.**

del estado actual del sitio y el modelado 3D hipotético termal, por lo que fue utilizado para realizar una animación con el objetivo de comparar ambos elementos superponiéndolos.

Después de asignar los distintos materiales al modelo y definir los parámetros de iluminación y visualización según el grado de detalle requerido, se creó un recorrido animado que expone inicialmente la nube de puntos, luego superpone el modelo tridimensional a la misma y finaliza con la visualización de la reconstrucción hipotética romana. De esta manera, fue posible elaborar un video comparativo en After Effects en el que se manifiesta la transición desde el sitio en su estado actual a la hipótesis de reconstrucción y viceversa.

#### 4.- CONCLUSIONES

A manera de síntesis, los resultados alcanzados demostraron que la combinación de distintas metodologías, tanto para el relevamiento del sitio como para su posterior procesamiento, permitió lograr un trabajo integrador que implica un gran aporte en la valorización del patrimonio cultural.

El relevamiento del sitio que contempló el registro gráfico convencional y la aplicación de tecnologías avanzadas, significó una contribución sustancial en el proceso deductivo y comprensión del espacio en cuestión ya que brindó información de gran precisión y calidad.

En función de los objetivos deseados, el posterior procesamiento de datos se



Fig. 10 – Frame de la nube de puntos + el modelo 3D.

centró en la búsqueda de las potencialidades que ofrecía cada uno de los software operados, explorando las distintas variantes que podían adquirirse al combinarlos. En consecuencia, se entendió que dependiendo las particularidades del proyecto que se está realizando y de los criterios propios de los profesionales involucrados, cada tecnología brinda posibilidades diversas y que la integración de las mismas puede incrementar la calidad de los resultados. De esta manera, es de gran importancia divulgar y seguir investigando las diversas ventajas que proporcionan estas metodologías en diferentes casos de estudio.

Finalmente, se obtuvo un modelo tridimensional virtual que implica una herramienta esencial para el entendimiento, la conservación y el reconocimiento del patrimonio cultural. Asimismo, se convierte en un excelente recurso atractivo que potencia la experiencia de comprensión en el público frente a un recorrido virtual didáctico y de carácter científico. En ese sentido, se adquirió una significativa contribución a la puesta en valor del sitio arqueológico que implica un aspecto primordial en la importancia de la valoración de su identidad.

## 5.- AGRADECIMENTOS

Agradecemos al Laboratorio Modelli del Dipartimento di Ingegneria Civile de la Università degli Studi di Salerno y al Laboratorio de Experimentación Gráfica Proyectual del Habitar – L’egraph – de la Universidad Nacional de La Plata que impulsaron la creación del Convenio de Cooperación Cultural, Educacional y Científica entre ambas Universidades haciendo posible la realización del trabajo.

Destacamos especialmente la participación de la Ing. De Feo Emanuela y el Ing. Limongiello Marco, como también a

los alumnos de la asignatura Rilievo dell’Architettura que aportaron una importante colaboración al proyecto dirigido por la empresa NAOS Consulting s.r.l. (<http://www.naoslab.it/>).

Por último, agradecemos al personal del “Complesso museale Casino Macri” y al “Museo e Parco Archeologico Nazionale di Locri” por su buena predisposición facilitando el acceso al sitio estudiado y al material necesario.

## 6.- REFERENCIAS

- [1] AGOSTINO R., CARDOSA M., GRILLO E., MILANESIO-MACRI M., SABBIONE C. (2016). Complesso museale Casino Macri. Museo e Parco Archeologico Nazionale di Locri. Polo Museale della Calabria. Laruffa Editore SRL.
- [2] AGOSTINO R., CARDOSA M., GRILLO E., MILANESIO-MACRI M. (2012). Il Parco Archeologico di Locri. Soprintendenza per i Beni Archeologici della Calabria. Laruffa Editore SRL.
- [3] BARBA S., DE FEO E., D’AURIA S., GUERRIERO L. (2012). Survey and Virtual Restoration. The Castle of Magacela (Spain). XVIII International Conference on Virtual Systems and Multimedia, Milano, 2-5 settembre 2012. IEEE.
- [4] D’AMBROSIO F.R., CHIDICHIMO A., SORRENTINO F. (2006). Sulla termo tecnica in epoca romana. Atti del I Convegno Nazionale di Storia dell’Ingegneria, Napoli, 8-9 marzo 2006. Cuzzolin Editore.
- [5] DI MONACO R. (2012-13). Il calidarium delle Terme di Minturno. Tesi di Laurea in Rilievo e analisi dei monumenti antichi. Facoltà di Lettere e Filosofia. Seconda Università degli Studi di Napoli.
- [6] LERMA GARCÍA J.L., BIOSCA TARONGERS J.M. (2008). Teoría y práctica del Escaneado Láser Terrestre Material de aprendizaje basado en aplicaciones prácticas. Education and Culture Leonardo da Vinci.
- [7] MORITA M.M., BILMES G., ANDRUCHOW M. (2016). Registro en 3 dimensiones de bienes culturales. Aplicaciones al arte contemporáneo. Doctorado en Artes. Universidad Nacional de La Plata.