

## LA IMPORTANCIA DE LA ARQUITECTURA TÉCNICA EN LOS ESTUDIOS INTERDISCIPLINARES PARA TRABAJOS DE INTERVENCIÓN EN EL PATRIMONIO EDIFICADO

**M. R. Pacheco Mateo, Y. Spairani Berrio, J. A. Huesca Tortosa**

Universidad de Alicante, Alicante, España

### RESUMEN

En el ámbito contemporáneo de la conservación cultural, la presente investigación subraya la trascendencia ineludible de adoptar enfoques interdisciplinarios para abordar el conocimiento óptimo y la preservación del patrimonio edificado. Esta premisa fundamental se valida empíricamente a través del trabajo realizado en torno a las Termas Occidentales del yacimiento arqueológico de La Alcudia, situado en Elche (Alicante), en el marco de una tesis doctoral. La complejidad inherente a los restos constructivos de épocas históricas demanda una visión holística que trascienda el estudio focalizado; el análisis desde múltiples ópticas de trabajo se revela como la única vía eficaz para resolver incógnitas complejas que, desde un punto de vista unidisciplinar, resultarían inabordables.

La metodología implementada en este estudio integra diversas áreas de conocimiento de la Arquitectura Técnica para la obtención de datos objetivos y cuantificables. En primera instancia, se ha procedido al estudio geométrico y espacial mediante el tratamiento de datos masivos provenientes de nubes de puntos, obtenidas a través de tecnología LiDAR. Esta técnica de levantamiento digital, conjugada con una rigurosa recopilación, estudio y análisis de fuentes documentales, ha permitido avanzar significativamente en la comprensión de la zona de las Termas Occidentales. Específicamente, el análisis pormenorizado de las deformaciones estructurales y de la materialidad ha derivado en una conclusión arqueológica relevante: la identificación y caracterización de dos fases constructivas diferenciadas en la *natatio* objeto de estudio.

Desde la vertiente de la ciencia de materiales, la investigación ha profundizado en la caracterización físico-química de los elementos constructivos. Este proceso analítico comenzó con la clasificación y preparación de muestras en el Laboratorio del Departamento de Construcciones Arquitectónicas. Posteriormente, se recurrió a los recursos avanzados de los Servicios Técnicos de Investigación (SSTI), empleando instrumental científico de alta precisión a través del área de instrumentación científica. Mediante la aplicación de técnicas como la Micro-fluorescencia de rayos X, la microscopía electrónica de barrido (SEM), la Difracción de Rayos X (DRX), el EDX Mapping y el estudio de láminas delgadas, se ha obtenido información crucial para el diagnóstico patológico y la comprensión de los sistemas constructivos históricos.

Asimismo, se ha desarrollado una línea de investigación experimental centrada en el comportamiento de los materiales ante tratamientos de conservación modernos, aplicando bioconsolidantes y

nanosílíce sobre muestras específicas para determinar su idoneidad. El propósito de este despliegue técnico es aportar un conocimiento de valor, sustentado en la evidencia científica, que permita consolidar las intervenciones sobre estructuras existentes. Los datos objetivos recabados permiten argumentar la necesidad de actuar y proponer soluciones materiales que aseguren la perdurabilidad de las intervenciones en el patrimonio edificado, especialmente en aquellas estructuras que quedan expuestas al ambiente tras su excavación.

En conclusión, este planteamiento interdisciplinar no solo abre nuevas hipótesis de trabajo para futuros investigadores, sino que establece un modelo metodológico extrapolable a otros casos, garantizando que la elección de técnicas y materiales prevenga el deterioro y mejore el comportamiento futuro del bien patrimonial.

**PALABRAS CLAVE:** arquitectura técnica, interdisciplinariedad, patrimonio edificado, conservación, materiales.

## 1. INTRODUCCIÓN

La interdisciplinariedad se ha convertido en un eje central para comprender y resolver problemas complejos en ámbitos técnicos, educativos y científicos. Aunque tradicionalmente se ha asociado a la colaboración entre disciplinas diferentes, investigaciones recientes muestran que también es fundamental dentro de una misma titulación cuando los profesionales se especializan en áreas complementarias. La coexistencia de especialización e interdisciplina constituye una relación dialéctica que potencia la construcción de conocimiento y la eficacia profesional [1], [2].

### 1.1. Marco teórico

#### 1.1.1. Especialización e interdisciplinariedad como procesos complementarios

La literatura científica señala que la especialización permite profundizar en áreas concretas, mientras que la interdisciplinariedad posibilita integrar saberes para abordar fenómenos complejos. Venegas-Thayer [3] sostiene que los procesos interdisciplinarios en la formación profesional se fundamentan en marcos epistemológicos que conciben el conocimiento como una construcción dinámica y relacional.

En el ámbito arquitectónico y urbano, Cereghino-Fedrico [4] demuestra que la investigación contemporánea se caracteriza por conexiones interdisciplinarias que integran enfoques provenientes de las ciencias sociales, las humanidades, la ingeniería y las ciencias ambientales. Su análisis evidencia que la producción científica en arquitectura se fortalece cuando incorpora perspectivas múltiples.

#### 1.1.2. Interdisciplinariedad en contextos universitarios y profesionales

Estudios recientes destacan que la diversidad de áreas de conocimiento dentro de una misma titulación constituye una fortaleza para afrontar los retos contemporáneos. La Universidad de Zaragoza [2] identifica la interdisciplinariedad como un elemento clave para modernizar la formación y adaptarla a las demandas sociales y profesionales actuales.

## 1.2. La importancia de la interdisciplinariedad entre profesionales con una misma titulación, en el caso particular de la Arquitectura Técnica

La arquitectura técnica es una profesión puente entre muchas áreas. Integra disciplinas como:

- Arquitectura
- Ingeniería civil y estructural
- Gestión empresarial y económica
- Prevención de riesgos laborales
- Tecnología de materiales
- Urbanismo y normativa
- Sostenibilidad y eficiencia energética
- BIM y digitalización de la construcción

En la práctica, el profesional de la arquitectura técnica es un gestor técnico integral del proceso edificatorio o de intervención en el patrimonio ya existente.

### 1.2.1. Integración de saberes especializados

Cuando varios profesionales comparten una base formativa común, pero se especializan en áreas distintas, la colaboración interdisciplinaria permite integrar conocimientos complementarios, esta integración es esencial para comprender fenómenos complejos y desarrollar soluciones más completas [1].

### 1.2.2. Mejora de la calidad y reducción de errores

La revisión cruzada entre especialistas de un mismo campo contribuye a detectar inconsistencias, optimizar procesos y garantizar la calidad del trabajo, la interrelación entre saberes especializados permite un tratamiento más riguroso y objetivo de los problemas [2].

### 1.2.3. Innovación y capacidad de adaptación

La colaboración interdisciplinaria favorece la creatividad y la innovación, especialmente en entornos donde los desafíos requieren enfoques múltiples, pensar más allá de los límites de la propia especialidad incrementa la capacidad de adaptación a contextos cambiantes [3].

## 1.3. La aportación de profesionales de otras disciplinas en la conservación del patrimonio

La conservación del patrimonio cultural constituye un campo caracterizado por su complejidad material, histórica y social. Esta complejidad exige la participación coordinada de profesionales provenientes de diversas disciplinas, cuya interacción permite ampliar el conocimiento disponible y abordar los problemas desde perspectivas complementarias [5], [6].

La participación de **historiadores y arqueólogos** resulta esencial para contextualizar el bien patrimonial, reconstruir su evolución y comprender los valores culturales asociados [7]. Por otro lado, disciplinas como la petrología, la geoquímica y la ciencia de materiales aportan herramientas fundamentales para el diagnóstico de patologías [8]. Los **técnicos de laboratorio** desempeñan un papel clave al generar datos empíricos que fundamentan las decisiones de conservación.

La colaboración de **arquitectos y arquitectos técnicos** garantiza que los resultados de los análisis históricos y científicos se integren en soluciones constructivas viables y respetuosas con el comportamiento estructural del edificio [6]. La convergencia de estas perspectivas permite aunar conocimientos, establecer relaciones causales entre los distintos factores de deterioro y formular diagnósticos más completos.

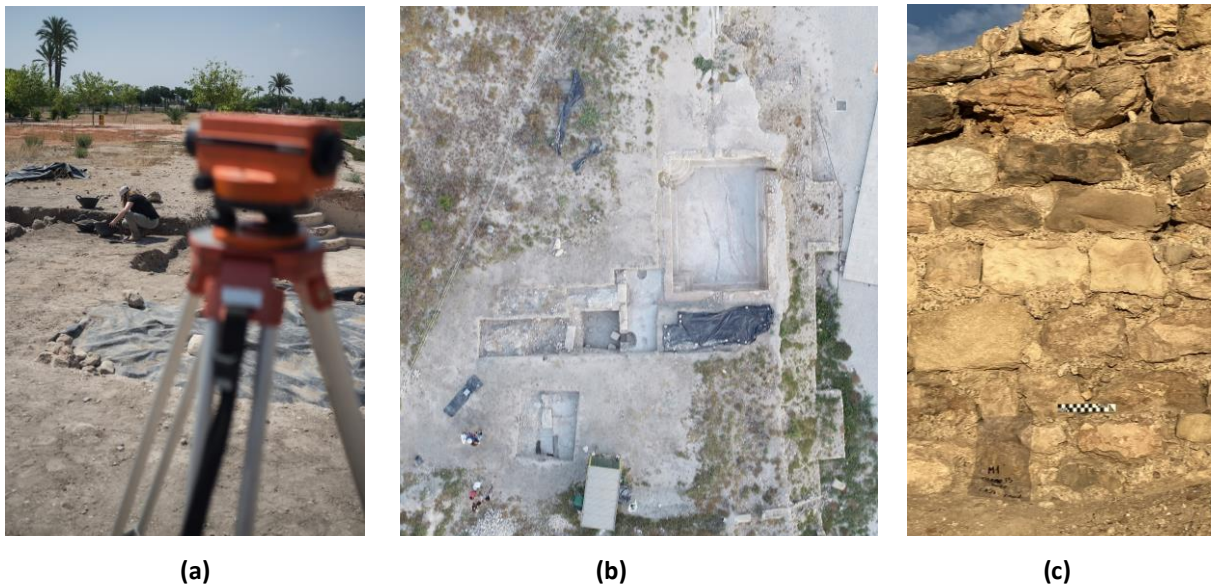
## 2. DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN DESDE EL ÁMBITO INTERDISCIPLINAR DE LA ARQUITECTURA TÉCNICA EN UN CASO PARTICULAR Y METODOLOGÍAS EMPLEADAS

En la presente investigación se han implementado diferentes metodologías según el objeto de estudio, definidas tras el enfoque de los problemas a tratar y el planteamiento de la estrategia de muestreo [9].

### 2.1. Toma de datos *in situ*

Los trabajos de toma de datos, observación directa, registro fotográfico, análisis documental y participación en excavaciones arqueológicas, selección de muestras de materiales a estudiar, que han permitido la transmisión y contrastación del conocimiento *in situ*, se han desarrollado en:

Yacimiento arqueológico de La Alcudia y laboratorio ubicado en el museo monográfico, gestionado por la Fundación Universitaria La Alcudia de Investigación Arqueológica. Universidad de Alicante. Se encuentra ubicado en el término municipal de Elche, en la provincia de Alicante (España), en km 1,5 de la carretera CV-855 Elche-Dolores.



**Figura 1.** (a) Toma de datos durante excavaciones arqueológicas. (b) Zona de Termas Occidentales en Yacimiento Arqueológico de La Alcudia de Elche. (c) Toma de muestras para posterior análisis en laboratorio.

**Fuente:** Elaboración propia.

## 2.2. Técnicas instrumentales empleadas

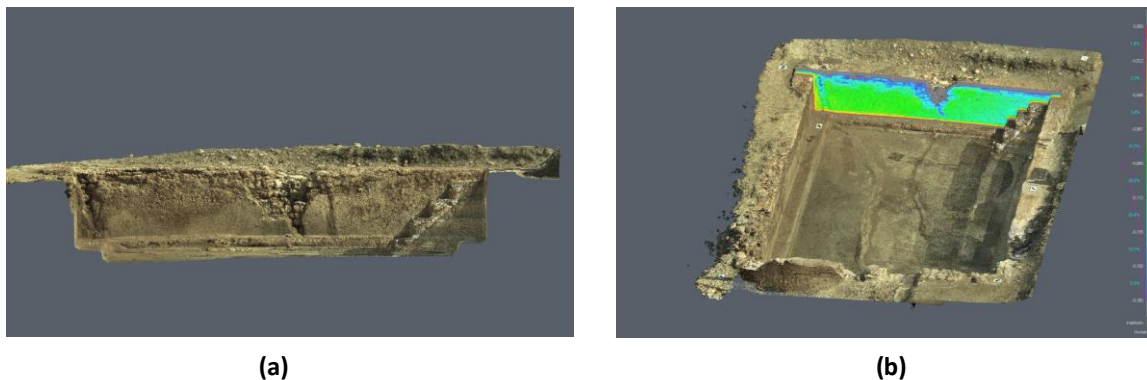
El estudio ha requerido la aplicación de diversas técnicas instrumentales orientadas a documentar, caracterizar y analizar el objeto de investigación desde distintas escalas. La combinación de métodos de registro visual, levantamiento geométrico y análisis microestructural, mineralógico y físico-químico ha permitido obtener una visión completa y rigurosa de la morfología, composición y comportamiento de los materiales, proporcionando una base sólida para la interpretación de los resultados.

### 2.2.1. Fotografía

La fotografía se emplea como herramienta fundamental para la observación, documentación y comunicación de los elementos analizados, resultando especialmente útil en investigaciones vinculadas a la arquitectura y la arqueología. Su capacidad para registrar el estado, las transformaciones y los detalles morfológicos de los objetos de estudio la convierte en un recurso indispensable dentro del proceso de análisis.

### 2.2.2. Fotogrametría y nubes de puntos obtenidas mediante tecnología LiDAR

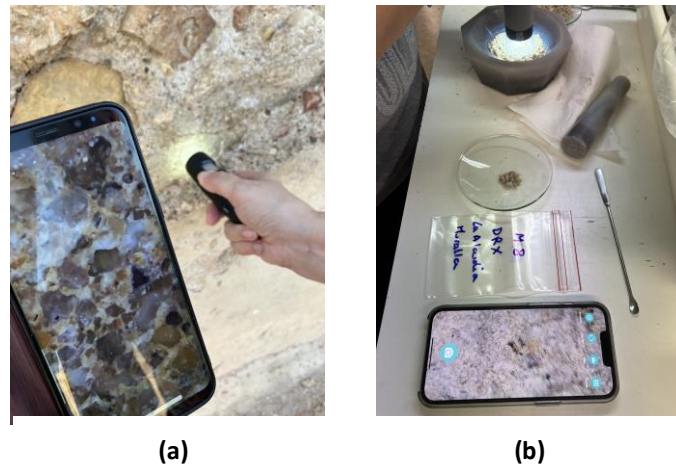
El estudio geométrico y espacial se ha desarrollado a partir del tratamiento de datos masivos procedentes de nubes de puntos obtenidas mediante tecnología LiDAR. Este proceso se ha complementado con técnicas de fotogrametría, que permiten generar modelos tridimensionales de alta resolución a partir de imágenes digitales. La combinación de ambas metodologías de levantamiento digital, junto con una rigurosa recopilación y análisis de fuentes documentales, ha proporcionado una base sólida para la interpretación precisa del objeto de estudio y la validación cruzada de los resultados [10].



**Figura 2. (a)** Sección muro a sur, comparación nube de puntos 2016-2022. **(b)** Deformación capas revestimientos y desplome de muro sur. **Fuente:** Elaboración propia.

### 2.2.3. Microscopía con lupa con luz LED

La microscopía con lupa dotada de iluminación LED se emplea como técnica de observación no invasiva que permite examinar con detalle la morfología y el estado superficial de los materiales. Su capacidad para ofrecer aumentos moderados y una iluminación homogénea facilita la identificación de texturas, microfisuras, depósitos y otras alteraciones no perceptibles a simple vista, aportando información esencial para la caracterización preliminar del material.



**Figura 3. (a)** Imagen *in situ* del revestimiento sobre el muro. **(b)** Imagen del material preparado en laboratorio.  
**Fuente:** Elaboración propia.

#### 2.2.4. Microscopía óptica de polarización

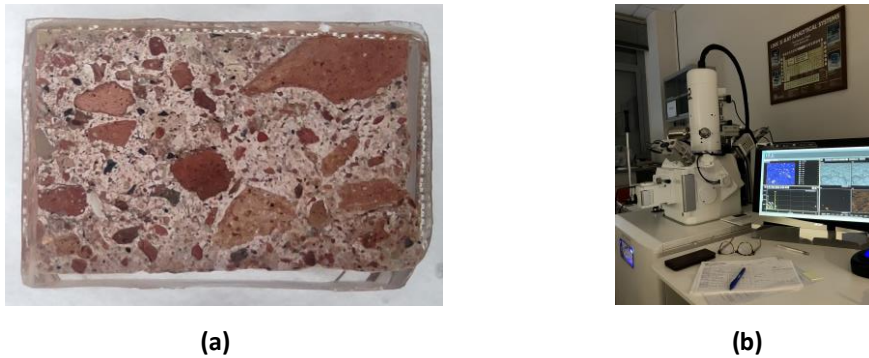
La microscopía óptica de polarización se utiliza para la identificación y caracterización mineralógica mediante la observación de láminas delgadas bajo luz polarizada plana y cruzada. Gracias a las propiedades ópticas anisotrópicas de los minerales, esta técnica permite reconocer texturas, microestructuras y procesos de formación o alteración, proporcionando información clave sobre la composición del material.

#### 2.2.5. Microscopía por difracción de rayos X (DRX)

La microscopía por difracción de rayos X (DRX) es una técnica analítica que combina la observación microscópica con el análisis difractométrico para estudiar la estructura cristalina de los materiales a escala microscópica. Su aplicación permite identificar cualitativamente las fases mineralógicas presentes mediante la detección de patrones de difracción característicos, lo que resulta esencial para comprender la naturaleza y los procesos de alteración de las muestras.

#### 2.2.6. Microscopía electrónica de barrido (SEM)

La microscopía electrónica de barrido (SEM) es una técnica de caracterización microestructural que utiliza un haz de electrones para obtener imágenes de alta resolución de la superficie de los materiales. Las señales generadas por la interacción del haz con la muestra permiten visualizar con gran detalle la morfología, la textura y las microestructuras, superando ampliamente la capacidad de resolución de la microscopía óptica y aportando información fundamental para el análisis de procesos de fabricación, alteración o degradación.



**Figura 4. (a)** Lámina delgada de mortero *opus signinum*. **(b)** Microscopio electrónico de barrido utilizado en una jornada de análisis en los SSTTI de la Universidad de Alicante. **Fuente:** Elaboración propia.

#### 2.2.7. Microfluorescencia de rayos X ( $\mu$ FRX)

La microfluorescencia de rayos X ( $\mu$ FRX) es una técnica analítica no destructiva que permite determinar la composición elemental de un material mediante la detección de la radiación fluorescente emitida por los átomos al ser excitados por un haz de rayos X focalizado. Su carácter microanalítico posibilita el estudio de áreas muy reducidas, facilitando la identificación de heterogeneidades, inclusiones o recubrimientos y proporcionando información cualitativa y semicuantitativa relevante para interpretar procesos de fabricación, procedencia o alteración.

#### 2.2.8. Porosimetría intrusión de mercurio (MIP)

Es una técnica destinada a caracterizar la porosidad de un material mediante la penetración controlada de mercurio en su red de poros bajo presiones crecientes. Dado que el mercurio no moja las superficies sólidas, su intrusión depende del tamaño y la conectividad de los poros, lo que permite determinar su distribución, volumen y geometría. Esta información es fundamental para comprender el comportamiento físico del material, su permeabilidad, su durabilidad y los procesos de alteración asociados.

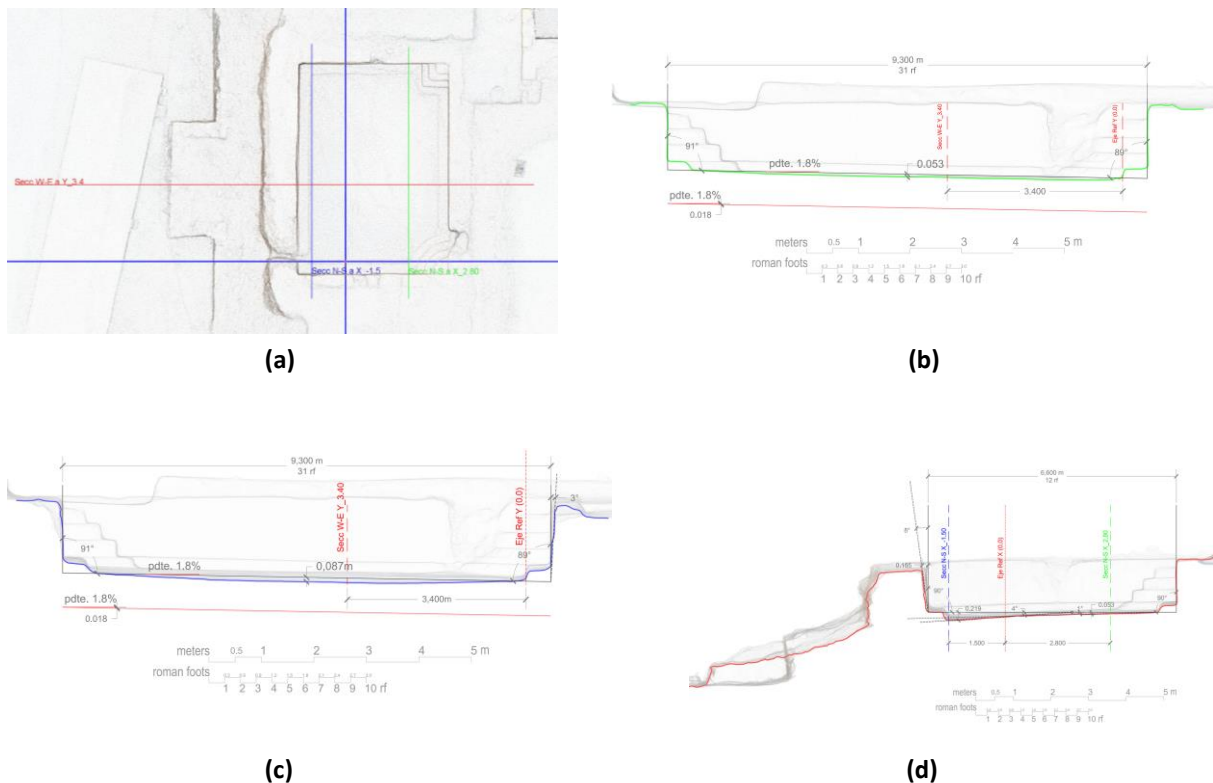
### 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La intervención de profesionales de la Arquitectura Técnica procedentes de distintas áreas de especialización, complementada con las aportaciones de expertos de otras disciplinas, ha posibilitado el desarrollo de un entorno de discusión crítica y de intercambio de conocimientos, del cual emergen las conclusiones presentadas en este apartado.

#### 3.1. Estudio geométrico y espacial

En primera instancia, se ha procedido al estudio geométrico y espacial mediante el tratamiento de datos masivos provenientes de nubes de puntos, obtenidas a través de tecnología LiDAR. Esta técnica de levantamiento digital, conjugada con una rigurosa recopilación, estudio y análisis de fuentes documentales, ha permitido avanzar significativamente en la comprensión de la zona de las Termas Occidentales. Específicamente, el análisis pormenorizado de las deformaciones estructurales y de la

materialidad ha derivado en una conclusión arqueológica relevante: la identificación y caracterización de dos fases constructivas diferenciadas en la *natatio* objeto de estudio.



**Figura 5.** Planta y secciones de la *natatio* dibujadas sobre nube de puntos. Se incluyen ejes de referencias y planos de cortes de secciones **(a)** Planta con planos de sección indicados. **(b)** Sección “A” dirección N-S en color verde junto a escalones. **(c)** Sección “B” dirección N-S en color azul. **(d)** Sección “C” dirección O-E en color rojo. **Fuente:** “Deformation and degradation study using point clouds in natatio of the Western Baths at La Alcudia in Elche (Alicante)”, Virtual Archaeology Review [10].

### 3.2. Estudio de los materiales

Desde la vertiente de la ciencia de materiales, la investigación ha profundizado en la caracterización físico-química de los elementos constructivos. Este proceso analítico comenzó con la clasificación y preparación de muestras en el Laboratorio del Departamento de Construcciones Arquitectónicas de la Escuela Politécnica Superior de la Universidad de Alicante. Posteriormente, se recurrió a los recursos avanzados de los Servicios Técnicos de Investigación (SSTI) de la misma universidad, empleando instrumental científico de alta precisión a través del área de instrumentación científica. Mediante la aplicación de técnicas como la Micro-fluorescencia de rayos X, la microscopía electrónica de barrido (SEM), la Difracción de Rayos X (DRX), el EDX Mapping y el estudio de láminas delgadas, se ha obtenido información crucial para el diagnóstico patológico y la comprensión de los sistemas constructivos históricos.

### 3.3. Investigación experimental. Propuestas de intervención

Se ha desarrollado una línea de investigación experimental centrada en el comportamiento de los materiales ante tratamientos de conservación modernos, aplicando bioconsolidantes y nanosílice

sobre muestras específicas para determinar su idoneidad. El propósito de este despliegue técnico es aportar un conocimiento de valor, sustentado en la evidencia científica, que permita consolidar las intervenciones sobre estructuras existentes. Los datos objetivos recabados permiten argumentar la necesidad de actuar y proponer soluciones materiales que aseguren la perdurabilidad de las intervenciones en el patrimonio edificado, especialmente en aquellas estructuras que quedan expuestas al ambiente tras su excavación.

#### 4. CONCLUSIONES

La interdisciplinariedad entre profesionales con una misma titulación y especializaciones diversas constituye un elemento clave para afrontar los retos actuales en entornos complejos. La literatura científica revisada demuestra que este enfoque:

- mejora la calidad del trabajo técnico y académico,
- reduce errores mediante la complementariedad de saberes,
- fomenta la innovación y la creatividad,
- fortalece la capacidad de adaptación a contextos cambiantes,
- y permite integrar perspectivas externas esenciales para la conservación del patrimonio.

La investigación arquitectónica contemporánea confirma que la integración de múltiples disciplinas constituye la base de una práctica profesional rigurosa y socialmente relevante.

Este planteamiento interdisciplinar no solo abre nuevas hipótesis de trabajo para futuros investigadores, sino que establece un modelo metodológico extrapolable a otros casos, garantizando que la elección de técnicas y materiales prevenga el deterioro y mejore el comportamiento futuro del bien patrimonial.

#### 5. ABREVIATURAS Y ACRÓNIMOS

SSTTI	Servicios Técnicos de Investigación de la Universidad de Alicante
SEM	Scanning Electron Microscope (Microscopio electrónico de barrido)
DRX	Difracción de Rayos X
EDX	Espectroscopía de Rayos X dispersiva en energía
CGATE	Consejo General de la Arquitectura Técnica de España
LIDAR	Light Detection And Ranging

## 6. AGRADECIMIENTOS

Se agradece el apoyo de las Ayudas a Doctorandos del Consejo General de la Arquitectura Técnica de España (CGATE), que han respaldado parte del desarrollo de la investigación en el marco de la tesis doctoral en curso cuyo título es “Sistemas constructivos y materiales empleados en las Termas Occidentales del yacimiento arqueológico de La Alcudia en Elche”.

## 7. BIBLIOGRAFÍA

[1] R. P. N. S. Roca, “Relación dialéctica entre especialización e interdisciplinariedad en la construcción del conocimiento,” *ROCA Revista Científico-Educacional*, 2020.

[2] Universidad de Zaragoza, *El aprendizaje interdisciplinar en la Universidad de Zaragoza*. Zaragoza, 2024.

[3] M. A. Venegas-Thayer, “Una perspectiva epistemológica a los procesos interdisciplinarios en la formación profesional,” *Estudios Pedagógicos*, vol. 49, no. 2, pp. 133–152, 2023.

[4] A. M. Cereghino-Fedriego, “Las conexiones interdisciplinarias en la investigación arquitectónica y urbana: un análisis de la Revista de Arquitectura (Bogotá),” *Revista de Arquitectura*, vol. 26, no. 41, pp. 6–17, 2021.

[5] C. Caple, *Conservation Skills: Judgement, Method and Decision Making*. London: Routledge, 2016.

[6] J. Jokilehto, *A History of Architectural Conservation*. Oxford: Butterworth-Heinemann, 1999.

[7] F. Matero, “Managing Change: The Role of Documentation and Condition Survey at Mesa Verde National Park,” *Journal of the American Institute for Conservation*, vol. 42, no. 1, pp. 39–58, 2003.

[8] E. Doehne and C. A. Price, *Stone Conservation: An Overview of Current Research*. Los Angeles: Getty Conservation Institute, 2010.

[9] L. Blaxter, C. Hughes, and M. Tight, *Cómo se hace una investigación*, traducido por G. Ventureira. Barcelona: Gedisa, 2007.

[10] J. A. Huesca-Tortosa, M. D. R. Pacheco-Mateo, M. Tendero-Porras, D. Torregrosa-Fuentes, y Y. Spairani-Berrio, “Deformation and degradation study using point clouds in natatio of the Western Baths at La Alcudia in Elche (Alicante),” *Virtual Archaeology Review*, vol. 15, no. 30, pp. 35–55, 2024, doi: 10.4995/var.2024.20417.