



1. Selinunte, Italia. Templo E. Actualmente se presentan problemas por el extensivo uso del hormigón, como grietas, eflorescencias y oxidaciones

Zonas arqueológicas de Italia y Grecia restauradas con hormigón armado. Valoración de su estado¹

Mariana Esponda Cascajares*

Palabras clave: arqueología, hormigonado, patologías, restauración, des-restauración, efectos negativos

Keywords: archeology, reinforced concrete, pathologies, restoration, de-restoration, negative effects

Este interesante estudio es uno de los pioneros en analizar de manera extensiva los efectos del hormigón armado en la restauración de grandes monumentos arqueológicos del pasado en Italia y Grecia. Resulta un privilegio poder observar y confrontar los criterios similares adoptados en la primera mitad del siglo XX en múltiples lugares muy conocidos, como el Partenon, el Palacio de Cnosos, el templo de Selinunte, la ciudad de Pompeya o la ciudad de Lindos, y cómo el hormigón armado que caracteriza a todas estas intervenciones se ha comportado y ha repercutido negativamente en la conservación de estos monumentos a largo plazo, con los problemas actuales derivados de la necesidad de de-restaurar el monumento.

Archaeological zones in Italy and Greece restored with reinforced concrete. Assessment of their current state. This interesting study is one of the pioneers in examining in depth the effects of reinforced concrete in the restoration of important archaeological monuments of the past in Italy and Greece. It is a privilege to observe and compare the similar criteria adopted in the first half of the 20th century in many well-known places, such as the Parthenon, the Palace of Knossos, the Temple of Selinunte, the city of Pompeii or the city of Lindos, and the negative effect of the reinforced concrete that characterises all these interventions on the conservation of these monuments in the long term, with the current problems arising from the need to de-restore the monument.

*Mariana Esponda Cascajares es profesora de la Universidad de Carleton, Ontawa (Canadá).

A principios del siglo XX se comenzaron a verificar grandes cambios en la concepción estructural de los edificios históricos y esto influyó, de manera fundamental, en la forma de intervenirlos. Se inició la práctica de sustituir los materiales tradicionales por un nuevo material, el hormigón armado, al que se le atribuían características especialmente favorables de resistencia, durabilidad, mayor rapidez de fraguado y fabricación, control del material y disminución de los costos. Los motivos de su difusión fueron diversos, factores sociales e históricos pero, principalmente, económicos y técnicos. La confianza ciega en una nueva técnica moderna supuso transformaciones como el abandono de los materiales tradicionales con la consiguiente pérdida de mano de obra cualificada y el olvido de cómo construir y restaurar edificios de fábrica con los materiales de origen (piedra, ladrillo, madera y morteros de cal). Por esta razón, el conocimiento de las técnicas constructivas tradicionales fue perdiéndose paulatinamente.

Durante la primera mitad del siglo XX, el hormigón armado surgió primero en la restauración arqueológica como un recurso supremo que se extendió de forma generalizada en la zona del Mediterráneo, especialmente, en Italia y Grecia después de la Segunda Guerra Mundial. Esta práctica se difundió de manera extensa en la restauración de edificios históricos al resto de Europa.

En las áreas arqueológicas, la principal técnica de intervención fue la anastilosis², que consiste en la recomposición de ruinas a partir de los elementos remanentes para completar el conjunto. Este procedimiento, considerado como el ejemplo más puro de reintegración³, está sin embargo condicionado al hallazgo de las partes originales⁴ y al conocimiento de su sitio exacto dentro del conjunto. El uso del hormigón⁵ en masa o armado fue considerado como un elemento primordial para poder recuperar y reforzar estas estructuras (figs. 2 y 3). Uno de los primeros y más importantes ejemplos de anastilosis fue la intervención en los templos de la Acrópolis ateniense, iniciada por Nicolaos Balanos en los años treinta. En 1931, Balanos, responsable de las obras del Partenón, afirmó que las restauraciones por anastilosis poseen la gran ventaja del uso del hormigón armado “discreto, entonado y respetuoso como un elemento firme, sólido y durable”. Este nuevo criterio de actuación se basó en el texto del artículo V de la Carta de Atenas (octubre 1931). Este documento contiene normas de restauración muy generales, pero por primera vez planteó cuestiones claramente tecnológicas a favor del uso del hormigón armado. Expresa la opinión de que normalmente estos medios de refuerzo deben estar disimulados para no alterar el aspecto y el carácter del edificio a restaurar. Confía el empleo de dichos medios, especialmente en los casos en que permiten conservar los elementos *in situ*, evitando los riesgos de la destrucción y de la reconstrucción. El artículo V menciona que: “Los expertos aprueban el empleo prudente de todos los recursos de la técnica moderna para la conservación de edificios antiguos y más especialmente del hormigón armado. Lo recomiendan en los casos que permita evitar los riesgos de disgregación y de asiento de los elementos que se han de conservar”.

2. Vila Adriana, Italia. Columnas consolidadas por medio de la técnica de anastilosis con cemento Portland. El objetivo era unir las partes restantes. Entre sus propiedades: permitía la coloración, la plasticidad de la masa, el refuerzo de los elementos fragmentados y la distinción con las partes originales. (foto Isabel Bestué)

3. Puzzoli, Italia. Se utilizaron prótesis de hormigón armado para consolidar las columnas. También se añadió una viga de hormigón armado en la parte superior. Este material fue el más utilizado a partir de los años treinta en los yacimientos arqueológicos

2



3



Así, el hormigón armado como material de restauración fue oficialmente consagrado durante la Conferencia Internacional de Atenas. Entre los participantes destacaron de Italia, Gustavo Giovannoni, Luigi Pernier y Amédeé Maiuri; de España, Modesto López Otero y Leopoldo Torres Balbás; de Francia, Pierre Paquet y Paul Léon⁶; de Grecia, Nicolaos Balanos y de México, Luis Ortiz Macedo.

En general, surgieron dos aspectos significativos: por un lado, la exaltación técnica del hormigón armado y, por otro, en menor proporción, las dudas sobre los aspectos formales y la visibilidad de las actuaciones. La mayoría de los teóricos que participaron en dicha conferencia se mostraron entusiastas con este nuevo material, como único recurso para la conservación del patrimonio. La influencia de la nueva tecnología y el saber científico tuvieron gran importancia en el impulso del hormigón. En un artículo ligeramente posterior, Gustavo Giovannoni⁷ indicaba que “el campo de la restauración está abierto a la contribución de la física y a los modernos medios constructivos, en especial, al uso del hormigón en sus variadas aplicaciones”⁸. Otro orador que confiaba absolutamente en el hormigón y en la nueva técnica para restaurar los edificios de mampostería fue Modesto López Otero⁹: “...el triunfo son las intervenciones con hormigón armado, ningún material ni sistema constructivo le aventaja, por su plasticidad, por su facilidad de adaptación, por su gran unidad constructiva, incombustibilidad y hasta economía. Además, tiene el hormigón, la curiosa cualidad de comportarse como un ser viviente, contrayéndose localmente para sustraerse a esfuerzos excesivos y transportarlos sobre las regiones de fatiga, de tal modo, que acaba por adoptar un estado de equilibrio más perfecto”¹⁰. Por el contrario el documento de Luís Ortiz Macedo contiene una temida perplejidad sobre el sistema de perforaciones armadas en el Complejo de la Alhambra¹¹. Otro ponente, Pierre Paquet, manifiesta algunas dudas acerca del uso del hormigón armado en la restauración y la compatibilidad estructural con los edificios históricos: “Es fácil entender la preocupación que la aplicación de un sistema constructivo a un edificio medieval puede conmocionar; esto significa introducir en su estructura extremadamente elástica elementos que son esencialmente rígidos y susceptibles de alterar su equilibrio”¹². Pero al mismo tiempo Paquet menciona la ventaja que tiene este nuevo material como recurso en la restauración: “la aplicación del hormigón armado nunca modifica el sistema constructivo en la consolidación de muros, cubiertas, bóvedas y carpinterías”¹³.

En 1938, con motivo de las reformas a las leyes italianas sobre la protección de objetos de interés artístico-histórico y, en ocasión de la fundación del Instituto Central del Restauo (ICR) en Roma, se formó la comisión ministerial presidida por Gustavo Giovannoni, Roberto Longhi y Guglielmo De Angelis D'Ossat. De aquí surgió la Carta del Restauo Italiana y las Instrucciones para el Restauo, que contenían normas similares a la Carta de Atenas. Con respecto al uso de los nuevos materiales dice: Art. IX: “Con el

objeto de reforzar la estanqueidad de un monumento y de reintegrar su volumen, todos los medios constructivos modernísimos pueden proporcionar auxilios precisos y será oportuno valerse de ellos cuando la adopción de medios constructivos análogos a los antiguos no lleven al objetivo”.

Las diversas razones para el uso del hormigón armado en la restauración de edificios históricos estuvieron fuertemente influenciadas por dos vertientes:

- Una vertiente teórica, que justificó e impulsó en la Carta de Atenas la utilización del hormigón armado que se “vuelve de uso común, aunque no necesario y poco meditado, erróneamente considerado como fácil e inmediato, tanto que muy seguido, terminara calificándose como una banal y dañosa operación de rutina”¹⁴.

- Una vertiente práctica, la gran difusión y acogida de este material por los especialistas como el recurso para mejorar la calidad estructural de los edificios históricos “consideraban que este nuevo material les permitía resolver a través de métodos científicos actuaciones que los materiales tradicionales no habían sido capaces de solucionar”¹⁵.

Fue así como se generalizó con entusiasmo y convicción el hormigón armado como la herramienta principal en la conservación de los monumentos del siglo XX. La posición conceptual y la evolución de las ideas admitieron esta nueva técnica de reintegración y tendieron a abandonar los materiales tradicionales y a sustituirlos por criterios científicos. Desafortunadamente, a partir de este momento se produjo en la mentalidad del arquitecto-restaurador un cambio sustancial en el conocimiento estructural de los edificios de fábrica.

USOS

Entre los principales usos de este nuevo material en la conservación de yacimientos arqueológicos, destacan la reconstrucción de muros y columnas aplicando la técnica de la anastilosis, la sujeción y refuerzo de vanos y arquitrabes, la inyección de morteros en pinturas murales y la reconstrucción de cubiertas.

El objetivo principal en la introducción de este nuevo material era aportar mayor resistencia a los restos arqueológicos. Algunas veces la actuación se realizaba utilizando parte del muro existente para colocar las varillas, quedando completamente insertada la nueva estructura dentro del conjunto, es decir, de modo invisible cumpliendo, así otro de los criterios de la restauración de los años treinta¹⁶.

Para realizar la anastilosis de elementos faltantes, se utilizaron dos tipos de materiales, el hormigón en masa o armado (sobre todo entre 1930 y 1970), y en segundo término el ladrillo. La práctica del hormigón tuvo mayor éxito porque se consideraba más “mimética” la intervención dentro del conjunto. La anastilosis estuvo fuertemente influenciada por la necesidad de diferenciar las partes nuevas o agregadas de las partes originales, y el hormigón proporcionaba esta distinción (figs. 4 y 5).

En los años cincuenta, esta técnica se convirtió en una práctica común.

4. Vila Adriana, Italia. Sala de las columnas dóricas reconstruidas con cemento blanco (foto Isabel Bestué)

5. Ostia, Italia. Zona de baños, reconstrucción de columnas por anastilosis, utilizando tanto cemento Pórtland como ladrillo para unir los restos



Por ejemplo, Carlo Perogalli sostenía que era “útil el uso del cemento en la anastilosis por su franqueza, por su plasticidad y por su facilidad de elaboración”¹⁷. En otras ocasiones, este nuevo material fue considerado como “oportuno y resolutivo”¹⁸. Así lo describe el arqueólogo Luigi Pernier en la intervención de Festo (isla de Creta), donde utiliza este material para consolidar la estructura de los muros de guijarros y tierra. Uno de los problemas de la anastilosis reside en su aplicación a edificios sin sillares o piedras labradas, es decir, obras con otros sistemas constructivos, por ejemplo, mampostería ordinaria acabada con enlucido. Por esta razón, Piero Sanpaolesi concluía en 1973 que era casi imposible la anastilosis pura, ya que era “necesario recurrir al método de la reconstrucción, siendo la diferencia entre ambos métodos que el segundo implica el empleo de materiales nuevos y aún de técnicas nuevas como el hormigón armado”¹⁹. Paul Philippot confirmaba este punto de vista: “la anastilosis sólo puede plantearse cuando el edificio es fábrica aparejada sin mortero, cuando las juntas permiten una exacta restitución de la forma original y las piezas no se han deformado a causa de la erosión”²⁰. En la restauración arqueológica mesoamericana, el recurso puro de la anastilosis representa una concepción limitada y demasiado estricta por tratarse de sistemas constructivos con mampuestos irregulares. Augusto Molina Montes afirma: “... esto obstaculizaría seriamente la restauración de monumentos mesoamericanos ya que, exceptuando los de la región norte del área maya y los de Mitla²¹, son muy pocos los que están contruidos o recubiertos con piedra labrada y colocada en forma uniforme, la mayoría tienen piedras toscamente trabajadas, no están colocadas en hiladas y están recubiertos de un aplanado muy grueso de estuco”²².



6

Otro recurso aplicado en la restauración de zonas arqueológicas, desde los años cuarenta hasta los setenta, fue la técnica conocida como *bauletti* o “*baúles*” que se utilizó para proteger la parte superior de los muros a través de la confección de una mezcla de cemento Portland con distintas piedras como: guijarros, ladrillos, etc. Así se aprecia en la zona arqueológica de Ostia, cerca de Roma (figs. 6 y 7).

Entre las primeras zonas arqueológicas del Mediterráneo donde se aprecia el diverso empleo del hormigón armado como técnica de restauración, entre los años veinte y cincuenta del siglo XX destacan:

En Grecia:

- Partenón, Atenas
- Cnosos, Creta
- Lindos, Rodas

En Italia:

- Selinunte, Sicilia
- Pompeya, Nápoles
- Herculano, Nápoles
- Villa Adriana, Roma
- Ostia, Roma



6 y 7. Ostia, Italia. Se utilizó la técnica los “baúles” para proteger la parte superior de los muros a través de la confección de una mezcla de cemento Portland con distintas piedras como guijarros y ladrillos.

7

PARTENÓN, GRECIA

El Partenón fue construido²³ en el siglo V a.C. El templo, construido con mármol blanco del Monte Pentélico, está rodeado por un peristilo, formado por ocho columnas en las fachadas este y oeste y diecisiete en las norte y sur, un total de 50 columnas de estilo dórico, con más de diez metros de altura y un metro de ancho. Estas columnas sostenían un entablamento compuesto por un arquitrabe sobre el que se asentaba el friso de triglifos y metopas.

Tras 2.500 años de existencia, el complejo de la Acrópolis ha sufrido graves deterioros. La primera transformación acaeció en el siglo V d.C. cuando se retiró la estatua de Fidias y se convirtió en iglesia cristiana. Hacia el siglo VII sufrió otros cambios estructurales en su interior. En 1485, los otomanos tomaron el templo y convirtieron el edificio en mezquita, erigiendo un minarete en el lado occidental. Pero el daño más grave ocurrió en 1687, durante la guerra entre la República de Venecia y el imperio otomano, cuando un proyectil incendió el Partenón que servía como almacén de pólvora, provocando una enorme explosión. Además, a comienzos del siglo XIX se arrancaron gran parte de los frisos esculpidos²⁴ y en 1894, el Partenón resultó seriamente lastimado por un terremoto.

En la Acrópolis de Atenas se distinguen fácilmente los diferentes medios constructivos, materiales y métodos de restauración arqueológica. Se calcula que en los últimos dos siglos se han emprendido ocho restauraciones. En 1833 se inició la primera excavación. Ludwig Ross, Stamatios Kleanthius y Eduard Schaubert ejecutaron la reconstrucción parcial del Partenón en 1834, del Templo de Atenea en 1835 y del Erecteo en 1836. En esta primera fase, las piezas faltantes o rotas se sustituyeron por mármol pentélico. Después, entre 1842 y 1845 el arqueólogo griego K. Pittakis y Alexandros Rizos-Rangabé utilizaron en la intervención blo-

ques antiguos recuperados de la excavación. Entre 1846 y 1847, el arquitecto francés A. Paccard sustituyó las columnas de mármol por ladrillos en el pórtico de las Cariátides, reparó el podio y el arquitrabe con nuevos bloques que con los años han resultado dañinos para la estructura. Entre 1870 y 1872, el arqueólogo griego P. Eustratiadis reforzó el arquitrabe con barras de hierro.

Restauración con hormigón armado en 1930

Mientras en el siglo XIX, se utilizaron materiales tradicionales como mármol y ladrillo, a partir del siglo XX se introdujeron nuevas técnicas y fue así como “el hormigón armado transformó el criterio de actuación”²⁵. La intervención con hormigón armado de los templos atenienses que comenzó de la mano del Sr. Caviadas y fue continuada por el ingeniero civil Nikolaos Balanos²⁶ en los años treinta, que empleó este nuevo material en sustitución de las partes perdidas de columnas y arquitrabes, como se sugería en la Carta de Atenas de 1931: “en pos de la diversidad de materiales y de la modernidad de la técnica”.

Durante la década de 1920 a 1930 Balanos utilizó la anastilosis, en un intento de recuperar las diversas piezas y tratar de restituirlas al lugar que ocupaban originalmente. Para restaurar tanto las columnas como el entablamento utilizó hierro, hormigón y mortero de cemento. Los fragmentos dispersos de los fustes los ligaron por medio de “una masa externa de hormigón ingeniosamente armada, adoptando el mismo perfil de la columna y el gran dintel con vigas de hormigón armado; de este modo las ruinas quedaron firmes y sólidas”²⁷. A la mayoría de estos fustes se les añadió hormigón por su parte interior y algunos tambores de las columnas fueron unidos con grapas de hierro. Además, se rehicieron algunos bloques en mortero de cemento mixto con polvo de mármol pentélico y se levantó parte del entablamento del peristilo norte. También en el Templo de Atenea Nike (1935-1940) se introdujeron vigas de hierro en los bloques dañados y se utilizó “el hormigón armado en las partes no visibles”²⁸ (figs. 8 y 9).

Daños por las restauraciones con hormigón armado

Uno de los primeros ejemplos representativos de esta necesidad de restaurar lo ya restaurado por los fuertes problemas ocasionados por el hormigón, se encuentra en la Acrópolis de Atenas. En 1971, dentro del primer coloquio internacional sobre el deterioro de las piedras, Theodore Skoulikidis explicó que las “sucesivas restauraciones de la Acrópolis, en donde el mármol fue reforzado con elementos de hormigón armado y hierro, presentan fuertes degradaciones; recomienda reemplazarlo por titanio”²⁹. Específicamente, el Partenón fue el primer edificio arqueológico que requirió actuaciones urgentes por los daños producidos a los materiales tradicionales. Este templo comenzó a mostrar desprendimientos y roturas gravísimas por la oxidación del hierro y su aparición a la vista en diferentes zonas. Sólo habían pasado cuarenta años desde las intervenciones con hormigón armado y ya se necesitaban otras obras adicionales por los inconvenientes que estaba produciendo



8



9

este material. Gran parte de las columnas del Partenón, especialmente los fustes que tenían añadidos, presentaban fuertes oxidaciones y deterioros en el mármol original. Debido a esto se inició una campaña de investigación para conocer los problemas que estaban surgiendo y poder sustituir, de la mejor manera, las prótesis de hormigón introducidas por Nikolaos Balanos. Fue entonces cuando se emprendió un trabajo exhaustivo, en el que se decidió retirar en la medida de lo posible el hormigón y sustituirlo por otros materiales más compatibles y durables.

En la década de los noventa, modificando el criterio de intervención hacia el respeto por los materiales tradicionales, el arquitecto Manolis Korres y la arqueóloga Tupula comenzaron a utilizar el mismo mármol blanco del Monte pentélico, y la misma cantera que emplearon hace 2.500 años sus creadores (fig. 10). El profesor Paolo Marconi acerca de este mármol expone: “que podrá tener los problemas causados por la contaminación atmosférica, pero no se debilitará nunca la estructura del modo que le ocurre con el hormigón armado”.

A mediados de 1999, el Consejo Central Arqueológico de Atenas decidió aprobar un amplio proyecto para la restauración que incluyó la reconstrucción de varias columnas de mármol del Partenón; se tuvieron que desmontar ocho de las columnas —de la cuarta a la undécima— cuyo interior de hierro se estaba oxidando y su superficie presentaba fisuras debido a la erosión y problemas de incompatibilidad entre los materiales añadidos; también se sustituyeron 14 tambores de las columnas. Tanto el ingeniero restaurador Kostas Zapa, como el presidente del Comité de Restauración de la Acrópolis

8 y 9. Partenón, Grecia (1920-1930). Restauración por Nicolaos Balanos de columnas y de entablamento con hormigón armado. Algunos tambores fueron unidos con grapas metálicas y se rehicieron los bloques con cemento.

Haralambos Buras, expusieron al Consejo Arqueológico Central la necesidad e importancia de esta restauración. “Con la tecnología actual, la recuperación sería mucho mejor que la de Balanos, ya que se eliminarían todas las piezas y fragmentos de hormigón y sus grapas de hierro, encontrando muchas que estaban aún perdidas”³⁰. Para liberar al Partenón de los añadidos de los años 30 “se calcula que entre los refuerzos de cemento de las columnas, las grapas de hierro entre los «anillos» de cada columna y otros añadidos, más de 145 toneladas de materiales deberán ser retirados del célebre monumento”³¹.

Para la restauración de finales del siglo XX se estaban utilizando varias toneladas de mármol pentélico de la cantera original y numerosas barras de titanio. Se han tenido que esculpir cinco anillos de columnas dóricas con mármol y, entre otras operaciones, se recolocarán 200 fragmentos del monumento original que estaban esparcidos por el conjunto de la Acropolis. También se están restaurando otros monumentos, como los Propileos que daban entrada al recinto arqueológico y el templo jónico de Atenea Niké. En este último se están sustituyendo los hierros que refuerzan los mármoles y los bloques que la sustentan con elementos de titanio. Estas acciones permitirán que se recupere el aspecto original de los templos, enmendando los errores pasados y los variados procesos de reconstrucción.

Acerca de la situación que presenta el Partenón, al retirar las prótesis de hormigón armado, la arqueóloga Fani Malouhou mencionó en el año 2005 que: "para nuestra sorpresa, durante los trabajos nos dimos cuenta de que los daños por restauraciones anteriores son mayores a lo estimado hasta la fecha, y ello les obliga a ser especialmente cuidadosos sobre todo con los trabajos de saneamiento del Partenón. Porque hay problemas estáticos que dificultan el trabajo". Fani Malouhou enfatiza que la principal dificultad que existe en la intervención “es la sustitución de las viejas barras de hierro de sus columnas por otras de titanio: -El hierro está oxidado y amenaza con hacer estallar la columna-. Un hecho que se suma a otra de las preocupaciones de los arqueólogos y arquitectos que trabajan en la vieja polis de

10



10. Partenón, Grecia (2000). Éste fue de los primeros edificios arqueológicos, que requirió actuaciones urgentes a partir de los años ochenta del siglo XX, por los daños que ocasionó el hormigón armado. Detalle de los deterioros en los tambores de columnas. También hay roturas por el descubrimiento del hierro en arquitrabes.

Palas Atenea: no saben exactamente en qué estado se encuentra el mármol del interior de las columnas³². Además de los graves errores que se cometieron por la restauración con hormigón armado, en los últimos tiempos el conjunto arqueológico sufre un peligroso deterioro por el turismo masivo y la contaminación.

CNOSOS, CRETA, GRECIA

Cnosos, la ciudad más importante de la civilización minoica, se localiza en la isla de Creta, situada en el mar Egeo. La edificación más emblemática de esta zona arqueológica fue el Palacio de Cnosos, con 17.000 m² y más de 1.500 habitaciones. El primer palacio fue construido hacia el 2000 a.C., y fue destruido en 1700 a.C. por un terremoto; el segundo palacio fue reconstruido en 1600 a.C., pero otro terremoto lo destruyó en 1400 a.C. y fue abandonado. En esta reconstrucción histórica se respetó el esquema arquitectónico anterior pero se erigió con técnicas mejores. Los muros se levantaron con aparejo de sillares que sirvieron de soporte a las decoraciones de frescos y una red de saneamiento con tuberías de terracota. Los restos de la zona arqueológica dan testimonio de que allí floreció una sociedad con un nivel de desarrollo superior a la Grecia continental. El conjunto estaba organizado en torno a un gran patio central, de 58 x 28 metros, y se divide en dos partes, oriental y occidental, separados por dos accesos al norte y al sur. El ala oeste acogía una serie de dependencias oficiales y de carácter religioso, como el Salón del Trono o depósito de ofrendas, los almacenes y talleres. En el ala Este se ubicaban las estancias privadas, con una distribución más laberíntica donde, desde una escalera principal, los caminos se bifurcaban a salas decoradas como el Megarón de la Reina. El acceso al palacio desde el patio occidental³³ se efectuaba a través de un corredor cubierto, donde existía un fresco en relieve con el motivo del juego del toro³⁴. Tras franquear la entrada, se abría el corredor de las procesiones, un gran pasillo que poseía dos salidas, una hacia el Propileo Sur con una gran escalinata y otra hacia el Gran Patio Central. Debido al modo de construir de los minoicos, que iban añadiendo habitaciones progresivamente, estos corredores no guardan una disposición lineal, sino que están dispuestos de modo aleatorio siguiendo un recorrido tortuoso.

Los muros del primer palacio de Cnosos se levantaban sobre un zócalo de mampostería, con alzados de madera, siendo ese mismo material el utilizado por los minoicos para realizar los fustes de las columnas debido, probablemente, a que eran conscientes de que la madera tenía más elasticidad a la hora de soportar los terremotos tan frecuentes en la isla.

Las excavaciones arqueológicas fueron comenzadas en 1878 por el cretense Minos Kalokairinos, pero la excavación sistemática fue realizada de 1900 a 1932 por el arqueólogo británico Arthur Evans³⁵. Durante estos años, los trabajos sólo se interrumpieron por la Primera Guerra Mundial. Desde 1920 hasta 1935 el arqueólogo publicó sus trabajos en cinco tomos titulados "The Palace of Minos at Knossos".

Restauración con hormigón armado desde 1900 hasta 1932

Existieron dos grandes etapas en esta área arqueológica, la primera de 1900 a 1910, cuando los trabajos se centraron en los descubrimientos arqueológicos y en la protección de los restos. En poco más de dos años se excavó la totalidad del palacio, descubriéndose sucesivamente la Sala del Trono, el Patio Central, la Gran Escalinata, los almacenes y las estancias reales. Por el contrario, en la segunda, a partir de los años veinte se realizó “una de las reconstrucciones más intensivas con hormigón armado que jamás se haya intentado en un complejo arqueológico”³⁶. A medida que el investigador inglés iba profundizando en las excavaciones observó que las vigas y columnas de madera, que sostenían los pisos superiores del palacio, se destruían muy rápidamente al contacto con el aire, por lo que precisaba la sujeción de las zonas excavadas. Con esa finalidad Evans no dudó en colocar vigas de hierro cubiertas con cemento, que resultaban especialmente agresivas en el contexto en que se insertaban. El arqueólogo afirmó en 1925 que “el creciente uso del hormigón reforzado con varillas de hierro para construir todo tipo de elementos abre una nueva era de reconstrucciones y conservaciones sobre el Palacio de Cnosos”³⁷. Como consecuencia de esta confianza por el hormigón, el sistema estructural de los muros fue sustituido por uno nuevo realizado con vigas y forjados de este material, debido a que estos elementos modernos tenían la virtud de adoptar la misma forma que los antiguos. Vigas de hierro, cemento armado y madera del Tirol austriaco contribuyeron a recrear la visión que Sir Arthur Evans concibió del legendario palacio del rey Minos (fig. 11).

En la Sala del Trono se aprecian las diferentes épocas y criterios de restauración. En 1901 los restos estaban cubiertos con un techo plano soportado por pilares de ladrillo y por columnas de madera. En 1904 sustituyeron el techo por una cubierta a dos aguas con estructura metálica. Por último, en 1930 reemplazaron los restos por un nuevo edificio con elementos de hormigón armado (pilares, vigas y forjados).

Daños por las restauraciones con hormigón armado

Sobre la reconstrucción de Cnosos han existido diversas controversias. Una de las primeras documentadas fue la de Cagian de Azevedo en 1948, que rechazó el criterio aplicado en la reconstrucción “bajo la afirmación sospechosa e hipócrita que, atenuada la reconocibilidad de la parte antigua, es lícito rehacer todo lo que falta, aunque su modernidad no engaña a nadie”³⁸. En 1975, Augusto Molina afirmaba que: “Evans inició sus trabajos en forma conservadora, pero, sucumbiendo a una enfermedad que parece ser endémica entre los que se dedican a la restauración, se volvió más audaz y acabó materializando imágenes arquitectónicas que él había concebido, logrando unas construcciones de carácter fantasmagórico que fascinaron al gran público, considerando como el Cnosos minoico, no a las ruinas originales, sino a las reconstrucciones que en gran parte las recubren; entusiasmado por la visión de su propia creación, jamás percibió hasta qué grado sus reconstrucciones con hormigón armado parecían un set cinematográfico”³⁹.

La restauración llevada a cabo por Evans, bajo la supervisión del arquitecto británico Christian Doll, ha sido severamente juzgada no sólo por su método de excavación poco sistemático y creación de diversos elementos del edificio y de la decoración⁴⁰ carente de documentación arqueológica, sino también por los materiales empleados y su poca durabilidad con el paso de los años. En la zona arqueológica de Cnosos, en 1990, se realizaron unas investigaciones sobre los efectos y las patologías químicas que el hormigón armado estaba produciendo. Participaron varios científicos, entre ellos: A. Bakolas, Guido Biscontin, P. Maravelaki, Th. Markopoulos, E. Repouskou, Elisabetta Zendri. Las campañas de exploración científica tuvieron el objetivo de valorar el grado de degradación de las intervenciones con este material. Se llevaron a cabo diferentes estudios químicos y físicos, tales como: la porosimetría⁴¹, la difracción de rayos X, la espectroscopia, etc., con la finalidad de conocer el estado actual de los componentes del hormigón. Se encontró que los minerales presentes como: portlandita⁴², tobermorita⁴³ e hidromagnesita son indicativos de una súbita transformación del aglomerante y de los efectos negativos en la durabilidad del hormigón (fig. 12).

Entre los puntos de interés, acerca de la evaluación del hormigón armado en la restauración de Cnosos destacan, que:

- El estado de conservación presenta una cierta alteración en la carbonatación de los elementos debido al alto porcentaje de carbono, reduciendo el espesor del hormigón y, por consiguiente, se producen fuertes oxidaciones en las varillas.
- Los materiales originales que contenían gran cantidad de yeso fueron sustituidos por una mezcla de cemento Pórtland que reaccionó con la formación de etringita.
- La hidromagnesita presenta índices significativos de la transformación de los minerales bajo la influencia del anhídrido carbónico.
- La reducción del Ph de la mezcla y la presencia de la portlandita.
- Hay un aumento de porosidad debido a la acción de la degradación ambiental⁴⁴.

LINDOS, RODAS, GRECIA

Lindos es una ciudad de la isla que se ubica al Este de Rodas, fundada por los dorios en el siglo X a.C. La localización de Rodas la convirtió en un lugar de encuentro natural entre los griegos y los fenicios, y en el siglo VIII a.C. era un gran centro comercial. Además esta ciudad conservó importancia desde el punto de vista religioso, porque tenía dos santuarios, uno de Atenea Lindia y uno de Heracles⁴⁵. Sobre la ciudad se sitúa la acrópolis de Lindos, una ciudadela natural que fue fortificada sucesivamente por los griegos, romanos, bizantinos y otomanos. En época clásica, en el extremo de la acrópolis y en el punto más alto se levantó el enorme templo de Atenea⁴⁶, el cual logró su forma definitiva alrededor del 300 a.C. Medía 21,5 por 7,75 m. y tenía un pórtico de cuatro columnas dóricas en cada uno de los lados cortos, similar al templo de Atenea Niké en la acrópolis de Atenas. En la época helenística y romana, el recinto del templo creció y fue cuando se le añadieron más edificios. A principios de la Edad

11. Cnosos, Creta, Grecia (1930). Reconstrucción del pórtico oeste del corredor norte. Arthur Evans realizó una de las reconstrucciones más extremas con hormigón armado. Se aprecian los elementos verticales y horizontales de hormigón armado simulando a los originales elementos de madera.

12. Cnosos, Creta, Grecia. El hormigón armado fue colocado directamente sobre los restos arqueológicos, ocasionando fuertes patologías y acelerando el proceso de ruina. Actualmente muestran grandes alteraciones como: oxidación de los elementos metálicos, desprendimiento de material y sales. Nótese las eflorescencias en la parte superior del techo de hormigón armado.

11



12



Media estos edificios cayeron en desuso, y en el siglo XIV fueron parcialmente cubiertos por una fortaleza construida en la acrópolis por los caballeros de San Juan para defender la isla contra los otomanos. Actualmente, se conservan importantes restos arqueológicos, entre los que destaca el teatro y dos templos, el de Atenea y el de Zeus Polieo.

Restauración con hormigón armado

Las excavaciones fueron realizadas de 1900 a 1914 por el Instituto Carlsberg de Dinamarca, dirigidas por K.F. Kinch y Christian Blinkenberg. El sitio de la acrópolis fue excavado hasta el lecho de roca y los cimientos de todos los edificios fueron descubiertos. Durante la ocupación italiana de la isla, de 1912 a 1945, el principal trabajo de restauración fue hecho en la acrópolis de Lindos. El lado noreste del templo de Atenea fue restaurado por anastilosis empleando hormigón. La monumental escalera de los propileos fue reconstruida y muchas de las columnas de la *stoa*⁴⁷ helenística fueron erigidas de nuevo con este material. El arqueólogo Giulio Jacopi también utilizó el hormigón armado cubriendo amplias superficies del conjunto; bases y bloques grabados fueron tomados de sus ubicaciones y puestos a lo largo de los muros reconstruidos.

Daños por las restauraciones con hormigón armado

Éste es uno de los primeros ejemplos donde el nuevo material, en conjunto con el antiguo muy deteriorado, no dio buen resultado y no pudo evitar el derrumbe en 1966 documentado por G. Pavan⁴⁸. A partir de 1989 se realizaron unas campañas de investigación por el fuerte deterioro que mostraban las estructuras originales de Lindos; aparecieron graves daños producidos por la inserción del hormigón armado en la anastilosis de las cuatro columnas dóricas del Templo de Apolo, restauradas en los años treinta con uso excesivo de hormigón armado. El profesor Theoulakis, encargado de dicho estudio, comenta acerca de estas intervenciones: “desgraciadamente algunos de los métodos y de las técnicas aplicadas, violaron ciertas reglas de la restauración, usando refuerzos de hormigón armado con varillas de hierro y cemento Pórtland en contacto con las piedras originales. Estos materiales causaron un fuerte deterioro a los elementos originales, severas grietas en las columnas, en los arquivados y degradación en las piedras por las sales solubles del cemento”⁴⁹.

Entre los principales daños se encontraron:

a) Las piedras de las columnas fueron unidas con corzones de hormigón armado, siendo una solución contraria al concepto de la arquitectura dórica, debido a que se les priva de su movimiento original:

- Las sales solubles del cemento Portland causaron un rápido deterioro a la piedra calcárea.

- Las varillas presentan oxidación, corrosión marina y aumento de volumen. Los refuerzos de hormigón armado son más rígidos que las piedras originales, ocasionando grietas y desprendimientos; mecánicamente se producen fuertes tensiones durante los sismos.

b) Los nuevos elementos arquitectónicos se reconstruyeron con hormigón

armado cubriéndose por el exterior de un mortero que imitaba las características estéticas de la piedra original, que provocó:

- La oxidación de los redondos produjo grietas en el hormigón desligando la capa de mortero.

- El rápido deterioro de los elementos arquitectónicos originales al reaccionar el agua de lluvia con las sales solubles del cemento Portland, presentando su aspecto grandes manchas.

c) Algunos elementos fueron rellenados con piedra artificial calcárea. Esta técnica fue menos dañina que el hormigón armado, pero no reprodujo satisfactoriamente las propiedades físico-mecánicas de las piedras originales, ya que la piedra es menos porosa y más resistente.

d) El comportamiento de la estructura de hormigón armado es muy distinto desde el punto de vista mecánico a la estructura original, y provoca serios problemas que se apreciaron después de los seísmos, entre ellos las grandes grietas y desprendimientos en las zonas intervenidas con hormigón armado. La causa principal radica en que este material modifica la flexibilidad de la estructura original y la hace más vulnerable en presencia de fenómenos sísmicos. En los últimos años arqueólogos del Ministerio Griego de Cultura han trabajado para restaurar y proteger los restos antiguos del templo de Atenea. Estos arqueólogos han corroborado que el uso masivo de nuevos materiales de la restauración se hizo sin tener cuidado con los restos arquitectónicos supervivientes. A este problema se debe añadir el creciente volumen de turistas.

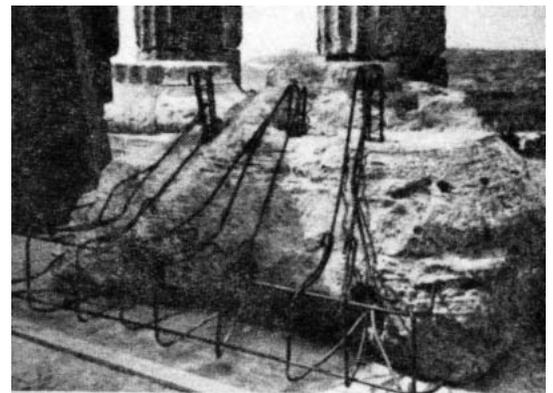
SELINUNTE, SICILIA, ITALIA

Selinunte fue fundada a mediados del siglo VII a.C., se ubica en la provincia de Trapani en la costa oriental de Sicilia⁵⁰. Es uno de los enclaves arqueológicos más destacados del Mediterráneo y, sobre todo, el yacimiento griego más extenso. En el 409 a.C. la ciudad fue asediada durante nueve días por una armada de 100.000 cartagineses; en esta batalla fueron saqueados la mayoría de los templos y se destruyeron muchos edificios⁵¹. Posteriormente, sufrió daños por terremotos. En el año 1551, el historiador y fraile Tommaso Fazello reconoció el yacimiento. Dos siglos después, Fernando II de Borbón dictó un decreto prohibiendo retirar piezas del yacimiento. Pero no fue hasta el siglo XIX cuando los trabajos de arqueología comenzaron e identificaron los restos arqueológicos⁵².

El complejo arqueológico actual se divide en cuatro zonas: los Templos Orientales, la Acrópolis, la Ciudad Antigua, y el Santuario de Malophoros. Los Templos Orientales, ubicados en la entrada por el acceso del Este, son los que mejor representan la importancia de Selinunte. Sobre la colina oriental se localizan los templos E, F y G. El Templo E de estilo dórico, con *pronaos*, *naos* y *opistodomos*, se construyó a principios del siglo V a. C. El Templo F se construyó entre el 560 y el 540 a. C. y está completamente derruido. El Templo G⁵³ contaba con un peristilo de 46 columnas de 16 metros, siendo uno de los más grandes de la antigüedad. Se inició en el 580 a.C. y, cien años después cuando la ciu-

13. Selinunte, Italia (1928). Restauración por Francesco Valenti. Detalle del refuerzo en la base de las columnas del Templo C, con hormigón armado. Libro MOLINA, Augusto. La Restauración Arquitectónica de Edificios Arqueológicos. INAH. México. 1975.

13



dad fue destruida, aún estaba inconcluso. Actualmente una columna restaurada en 1832 se erige solitaria para que los visitantes puedan intuir la grandeza del templo. En dirección hacia el mar se ubica la Acrópolis, sobre una explanada irregular, que cuenta con un importante y avanzado sistema defensivo con muralla y torres. La Puerta Norte está rodeada por dos torres rectangulares, precedida de un foso y de un torreón semicircular. En su interior se sitúan los templos A, B y C. Cercano al mar, el Templo A, de planta períptera exástila, data de 490 a.C. El Templo B posee columnas jónicas y friso dórico. En 1824, el alemán Jacques Ignace Hittorf reveló la policromía de este templo. El Templo C, que se alza en la explanada de la acrópolis, data del siglo VI a.C. y está formado por 6 columnas en el frontal y 17 en el lateral. La organización de las viviendas en la acrópolis se realizó siguiendo un trazado ortogonal, en la que destaca el eje Norte-Sur.

Restauración con hormigón armado en 1930

En esta zona arqueológica también se empleó la anastilosis. Ejemplo de ello fueron las vigas de hormigón armado colocadas de manera oculta en el Templo C. El responsable de esta intervención fue Francesco Valenti, quien realizó en 1928 una anastilosis tan completa como los restos originales le permitieron (fig. 13). Dicha intervención consistió en levantar 15 columnas, muchas de las cuales con sus capiteles completos. En un costado del templo y sobre ellas recolocó un largo tramo del entablamento con estructura interior de hormigón armado. Este trabajo mereció aprobación unánime y sigue señalándose como ejemplo de una buena anastilosis. Después, en los años cincuenta, Jole Bovio Marconi⁵⁴ realizó la restauración del Templo E mediante anastilosis de los pilares y reintegró los basamentos esparcidos por el suelo. (fig. 14).

Daños por las restauraciones con hormigón armado

La intervención de J. B. Marconi en el Templo E ha sido fuertemente criticada por numerosos autores porque consideran que la restauración fue excesiva y no justificada por los elementos que subsistían, “pero sobre todo por la cantidad de hormigón armado para lograr la integración de las partes repuestas por anastilosis”⁵⁵. Cesare Brandi sobre esta intervención de los años sesenta afirma que “fue incluso necesario alterar drásticamente la estructura con hormigón armado, de tal modo, que no se llenaron satisfactoriamente ni los requisitos estéticos ni los históricos. Hubiese sido mejor preservar los restos del templo en el estado en que habían sido transformados por el tiempo”⁵⁶. Por último, Ceschi insistió en que “el uso del hormigón armado fue demasiado abundante”⁵⁷ (fig. 1).

En 1978, Franco Minissi mencionó que “se debe evitar cualquier solución de carácter inamovible e insustituible, cuando el añadido de hormigón presuponga una preparación especialmente invasiva en los puntos de contacto con la materia originaria (armadura para los agarres con la nueva parte de hormigón en columnas o capiteles), el argumento de la reversibilidad pierde sentido y significado, por ejemplo en Segesta, Selinote, Isla di Coo”⁵⁸.



14. Selinunte, Italia. Templo E por J.Bovio Marconi (1950). Levantaron 15 columnas, por anastilosis y sobre ellas recolocaron un largo tramo del entablamento con estructura interior de hormigón armado.

POMPEYA, NÁPOLES, ITALIA

Los orígenes⁵⁹ de la antigua ciudad de Pompeya (sur de Italia) se remontan al siglo VI a. C. cuando la ciudad estaba habitada por pobladores de origen etrusco. De esta época datan los templos de Apolo y Dórico del Foro Triangular. A partir del año 310 a.C., cuando Pompeya se convierte en aliada de Roma, se registró una gran actividad de construcción en la que se reestructuró el Templo Dórico, se renovó el culto a Apolo y se comenzó la construcción de una nueva muralla.

Pompeya y Herculano, dos yacimientos arqueológicos muy importantes de la cultura clásica fueron destruidos en el año 79 d.C. por una erupción del Vesubio. Las cenizas encapsularon y preservaron los edificios y el urbanismo de la ciudad. En 1748 fueron descubiertas, aportando una valiosa información sobre el estilo de vida del antiguo imperio romano. Giuseppe Fiorelli, superintendente de Pompeya entre 1863 y 1875 impulsó la idea de que los elementos encontrados quedaran en su lugar y valoró por primera vez todo tipo de construcciones, desde las casas más modestas hasta las villas y palacetes cubiertos de murales. Amedeo Maiuri, en el mismo cargo entre 1924 y 1961, continuó el mismo criterio de conservación y prohibió retirar objetos de las ruinas que se desenterraban.

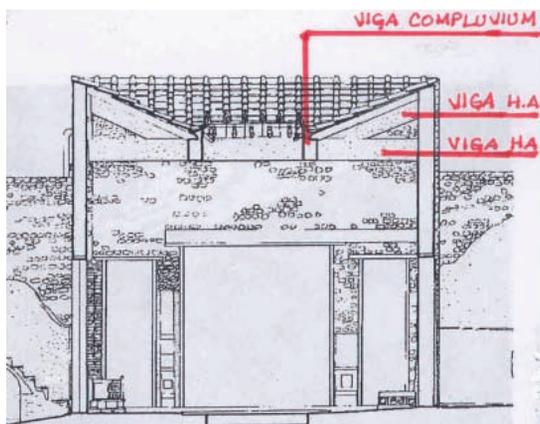
La zona arqueológica de Pompeya es conocida por su arquitectura doméstica, con fábricas de adobe, muros internos de cañizo revocados con barro y balcones de madera y piedra. Desde que salió a la luz ha sufrido varios daños en sus construcciones, entre ellos: movimientos sísmicos, bombardeos en la Segunda Guerra Mundial, factores climatológicos (cambios de temperatura entre verano e invierno), problemas de conservación de los materiales⁶⁰ e inadecuadas intervenciones a partir de los años treinta a los ochenta, aplicando materiales como el hormigón armado. Este nuevo material⁶¹ se utilizó ampliamente para la reconstrucción de muros y cubiertas, en la sujeción y refuerzos de vanos e inyección de pinturas murales.

15. Casa del Vetti, Pompeya, Italia (2001). Los refuerzos de hormigón armado introducidos en los años cincuenta presentan importantes degradaciones. Estos deterioros han aumentado debido a la falta de mantenimiento y a la mala ejecución de las obras. Algunas vigas tienen mayores dimensiones de lo necesario y otras presentan un armado muy insuficiente, especialmente, los estribos.

16. Casa del Vetti, Pompeya, Italia (1954). Sección transversal del atrio con la nueva estructura formada por vigas de hormigón armado.



15



16

Daños por las restauraciones con hormigón armado

A partir de la década de los ochenta, comenzaron a presentarse serios problemas derivados del excesivo uso y mal comportamiento de este nuevo material. El sismo de 1980⁶² causó graves daños en las estructuras y cubiertas de las siguientes casas: las denominadas de Giulia Felice, dei Vetti y delle Nozze d'Argento. Aparecieron a simple vista los problemas derivados de la mala ejecución del hormigón armado y del comportamiento rígido que presenta este material en comparación con las estructuras originales. A partir de entonces se determinó la importancia de realizar estudios sobre los daños provocados y apuntar a la recuperación de las técnicas tradicionales, empleando materiales más afines a los antiguos. Desgraciadamente, en algunos casos, los resultados evidenciaron la necesidad de demoler ciertas partes de los edificios y, en otros, la de restaurar lo ya restaurado con materiales similares a los originales.

En 1995 la Soprintendenza Archeologica y el Istituto Centrale per il Restauro efectuaron diversos análisis. Uno de ellos se destinó a las cubiertas que habían sido sustituidas con hormigón armado. La finalidad era diagnosticar las causas de su estado de degradación, a través de pruebas a los materiales añadidos y de un cuidadoso análisis estructural siguiendo la normativa actual. En la mayor parte de las cubiertas intervenidas con hormigón se encontró un elevado estado de degradación, debido a tres factores que se interrelacionan:

- Los agentes atmosféricos produjeron la oxidación de las armaduras, situación agravada por la ineficaz protección y el bajo mantenimiento.
- Errores de proyecto e incongruencias técnico-constructivas, empleando tipologías poco duraderas como los forjados SAP (característicos del período posguerra).
- La baja calidad de los materiales utilizados.

La casa di Giulia Felice

La cubierta de la casa fue intervenida con hormigón armado durante la década de los cuarenta y cincuenta, y hacia finales del siglo XX ya presentaba un estado de degradación avanzado, con evidentes desprendimientos y corrosiones de los redondos. El techo estaba flechado y tenía diversos apuntalamientos. Se ejecutaron estudios que confirmaron la precariedad de la estructura, el bajo nivel técnico en las actuaciones, la mala calidad y resultado de los materiales aplicados, en especial por el uso del hormigón armado, y la incongruencia técnica-constructiva en su realización. Al final, después de realizar el análisis del estado actual, se decidió la demolición de la estructura de hormigón hasta donde fue posible y la construcción de una nueva cubierta semejante a la original.

También la cubierta del pórtico había sido sustituida por hormigón armado en la misma época. Actualmente, el estado de conservación de los elementos originales del pórtico -las columnas de mármol- es bueno porque no se sustituyó el material original. En cambio, la cubierta de hormigón del pórtico sí presentaba deterioro superficial. La bóveda de cañón de la terma, que fue intervenida con hormigón, también mostraba daños como fisuras y grietas.

La casa dei Vetti

A partir de 1927 se iniciaron los trabajos de sustitución de los elementos de madera en el atrio y en el peristilo por otros tipos de madera como el abeto y el pino, que forraban las armaduras de hierro del interior. Esta práctica se llevó a cabo hasta 1954, cuando se comenzó a utilizar hormigón armado en la cubierta, tanto en las correas como en las tejas, prefabricadas del mismo material. Actualmente, esta cubierta de hormigón presentaba una fuerte degradación con desprendimiento de material debido a la oxidación de los redondos metálicos. Se realizaron varias pruebas de laboratorio para determinar las características mecánicas de dicha estructura. Se obtuvo que:

- Las vigas principales tenían 35 x 53 cm de sección. Su armado longitudinal estaría dentro de normativa vigente, pero no los estribos, aunque cumplieran la normativa de esa época⁶³.

- Los brochales del compluvium tenían 30 x 38 cm de sección, y estaban armados con 20 redondos del 4 más 16 redondos en el lecho inferior. No se pudo medir el lecho superior por la presencia de la otra estructura. El armado longitudinal sí estaría dentro de los requerimientos de la normativa, a diferencia de los estribos del 8 cada 30 cm.

- Las correas tenían 12 x 15 cm de sección, y estaban armadas con 4 redondos del 8 en el lecho inferior, 3 redondos del 8 en el lecho superior y estribos del 6 cada 45 cm. La cantidad y la disposición de redondos longitudinales cumplirían hasta la normativa actual, mientras que los estribos eran insuficientes incluso para la normativa de esa época. Los redondos inferiores presentan una fuerte corrosión y la adherencia entre hierro y hormigón es pobre. De los cálculos, pruebas y observaciones, se concluye que se detecta un grave estado de tensión del hormigón al límite de las características mecánicas. De manera específica, Salvatore D'Agostino afirma que “la estructura presenta incongruencias en el proyecto y en la ejecución algunas vigas están sobredimensionadas mientras otras están al límite de lo admisible; que hay numerosos problemas sobre la conservación y sobre las vigas de hormigón de tipo SAP que han dado pésimo resultado por la presencia de fuertes desprendimientos, corrosión y oxidación”⁶⁴ (figs. 15 y16).

La casa de la Nozze d'Argento

El atrio de esta casa también exhibía daños por la sustitución de la cubierta de madera por una nueva de hormigón armado, ejecutada en 1978. La estructura está constituida por cuatro vigas principales, las vigas para el “compluvium” y las viguetas de menor dimensión. Es importante destacar que, a diferencia de las intervenciones realizadas en las otras casas de Pompeya, aquí la estructura de hormigón armado aún se encuentra en correcto estado de conservación, posiblemente porque es bastante reciente su ejecución, ya que sólo han pasado treinta años. De los estudios, se comprobó que no se observaban deformaciones y que el material estaba íntegro. Por tanto, D'Agostino observa que: “a los veinte años de la realización de esta obra se comprueba la adecuada eficiencia estructural que deberá ser asegurada por el continuo mantenimiento”⁶⁵.

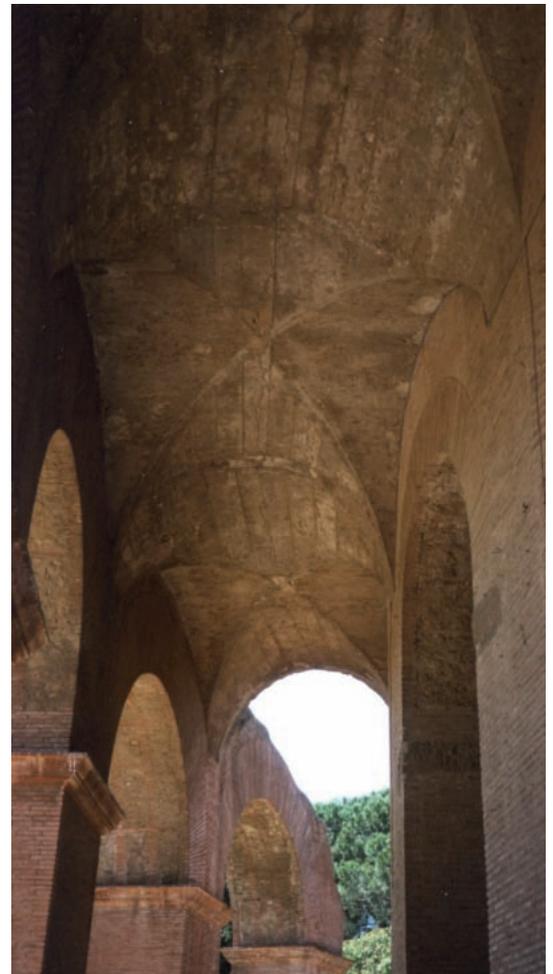
17. Herculano, Italia (2007). Existen fuertes degradaciones en los dinteles intervenidos con hormigón armado, que se han tenido que apuntalar por problemas estáticos.

18. Herculano, Italia (2007). El criterio de restauración se basa en la recuperación de los materiales tradicionales y de técnicas reversibles y compatibles. En algunos ejemplos como en este patio, las cubiertas se han intervenido haciendo uso de técnicas no tradicionales como madera laminada y tensores. (foto Cesar Díaz)

17



18



Como colofón de los estudios en Pompeya acerca de la durabilidad y la eficacia del hormigón como material en las restauraciones del siglo XX D'Agostino afirma que “en definitiva, los elementos modernos de hormigón armado están requiriendo una urgente intervención a diferencia de los elementos tradicionales. Después de cincuenta años estas intervenciones e incluso la eliminación completa de la estructura de hormigón armado son inevitables, tanto por su difícil recuperación como en aras a salvaguardar otras partes de las casas, cuya conservación está comprometida por la degradación de dicha estructura”⁶⁶.

Entre las diferentes actuaciones realizadas en los últimos años en el yacimiento arqueológico de Pompeya y de Herculano, se han sustituido los materiales dañinos, a saber: en la reconstrucción de muros y paramentos, el cemento se ha reemplazado por argamasas hidráulicas a base de cal, puzolanas y arena, mezcladas con áridos y fragmentos de ladrillo. Estas intervenciones se reconocen fácilmente porque se encuentran en un nivel inferior. En la consolidación de los enlucidos se han empleado inyecciones de morteros de cal de diverso tipo, mezcladas con polvo de ladrillo, áridos y, en algunos casos, con aditivos sintéticos. En las pinturas murales, afectadas en gran medida por microorganismos y sales en la superficie originadas por el cemento Portland, se han sustituido las resinas sintéticas por productos orgánicos. Para retirar estas capas se han utilizado medios mecánicos y químicos. En las cubiertas se han cambiado las tejas prefabricadas de hormigón, por las tejas de barro denominadas pompeyanas que son similares a las primitivas. Otro material ampliamente utilizado es la madera de abeto laminada⁶⁷ tanto para cubiertas como para carpinterías. “Actualmente se utiliza en techumbres, voladizos y vanos en sustitución de las vigas de cemento, aportando una mayor estabilidad desde el punto de vista técnico y de resistencia mecánica, así como gran similitud con los aspectos constructivos y estéticos; en los refuerzos de vanos, sus extremos se recubren con láminas de plomo para protegerla y, en caso necesario, facilitar su sustitución”⁶⁸ (figs. 17 y 18).

19



VALORACIÓN DEL ESTADO ACTUAL DE LAS INTERVENCIONES CON HORMIGÓN ARMADO

Desafortunadamente, la durabilidad de estas intervenciones en las zonas arqueológicas analizadas de Italia y Grecia no fue la esperada, ya que a partir de la década de los ochenta se inició un rápido proceso de deterioro. Las patologías más relevantes de menor a mayor grado fueron: la debilidad, las fisuras, las fracturas y la ruptura de los elementos en contacto con el cemento, especialmente cuando se usaba algún tipo de armado. En la mayoría de los casos, existía una fuerte degradación en los arquivados de los pórticos, desprendimientos entre los materiales, corrosión de las grapas y la constante presencia de sales en los bloques de mármol, todo ello como consecuencia de la oxidación del hierro y de la carbonatación del hormigón.

Otro factor que se comprobó en dichos yacimientos, fue el del paso del tiempo. A cincuenta años de estas actuaciones, se observó que el comporta-

miento real de las restauraciones con hormigón armado, en la mayoría de los casos, no había sido el óptimo sino, por el contrario, se detectaba un gran envejecimiento de las prótesis modernas y una pésima interacción entre los materiales. Se manifestaron incompatibilidades con los elementos, tanto por las características internas de los materiales como por errores en obra, (técnica de ejecución, la calidad o cantidad del material). Además en torno a la durabilidad del hormigón se identificaron tres tipos de patologías: la incompatibilidad física, la química y la mecánica. Sin duda, este periodo de prueba ha servido como el mejor instrumento de medición para conocer y valorar la efectividad de estas intervenciones con hormigón armado (fig. 19).

A mediados de la década de los noventa aumentó el número de especialistas, que desaconsejaban el uso del hormigón armado por los constantes problemas que estaba generando y porque consideraban que esta técnica no era tan duradera, compatible, reversible, ni auténtica como se auguraba con el patrimonio construido.

Después de observar los daños existentes en las zonas arqueológicas se ha comenzado a gestar un cambio de mentalidad en los criterios de intervención con hormigón armado. El objetivo principal radica en no seguir abusando de un recurso técnico como si fuera la única fórmula para resolver los problemas de las construcciones históricas, sin conocer exactamente la interacción entre ambos materiales. Definitivamente, la aplicación del hormigón armado no ha sido un “recurso mágico” como se pensaba en la segunda mitad del siglo XX, pero su influencia ha sido tan fuerte que, además de modificar la concepción de los edificios durante muchos años, aún continúa presente en algunas intervenciones. Esta forma de restaurar con nuevos materiales sin saber sus consecuencias debe modificarse, especialmente cuando este material ya ha presentado fuertes deterioros e incompatibilidades, tanto en zonas arqueológicas como en los edificios históricos, muestra una degradación irreversible (figs. 20 y 21).

En general, después de observar el deterioro producido por el hormigón armado, el nuevo criterio de restauración tanto en zonas arqueológicas como en edificios históricos se está enfocando a la recuperación de las técnicas tradicionales, con el empleo de materiales naturales, de composición y funcionamiento similares a los antiguos, fáciles de aplicar, eliminar y, sobre todo, duraderos en el futuro. Es importante la continua búsqueda de alternativas, sin aplicarlas como recetas, sino como soluciones parciales para cada caso, desmitificando los materiales modernos, transformando la visión a corto plazo de las actuaciones y los hábitos de todos los responsables del patrimonio, introduciendo una metodología sobre el análisis de los daños, recuperando y asimilando los conocimientos sobre las técnicas tradicionales y comprendiendo más y mejor el comportamiento estructural de la construcción histórica.

Actualmente, tras una valoración de la situación actual del hormigón en las restauraciones del pasado siglo, se debe limitar su uso, porque sólo una correcta elección de los materiales y su idónea aplicación evitarán mayores alteraciones en nuestro patrimonio. 

19. Pompeya, Italia (2001). Detalle de los dinteles reforzados con vigas de hormigón armado. Se observa la presencia de oxidaciones y la corrosión de los elementos metálicos de consolidación, eflorescencias por el cemento Portland y desprendimiento del material.

20 y 21. Ostia, Italia (2002). Estas bóvedas muestran diferentes patologías, por las incompatibilidades físicas, químicas y mecánicas entre el hormigón armado y los materiales tradicionales, entre ellas, oxidaciones, sales y grietas. Otros deterioros producidos por el hormigón armado se presentaron por su comportamiento rígido en relación con las estructuras originales.

20



21



Notas

1. Este artículo se basa en las conclusiones de la investigación realizada para mi tesis doctoral, centrándose en el estudio de algunas zonas arqueológicas restauradas en la primera mitad del siglo XX en Italia y Grecia, analizando las razones técnicas y culturales sobre el extensivo uso del hormigón armado y, sobre todo, la valoración de su estado actual. ESPONDA, M.: *Evolución de los criterios de intervención con hormigón armado en la restauración de edificios históricos en España, México e Italia*. Director de tesis, Dr. J. L. González Moreno-Navarro, inédita, Universidad Politécnica de Cataluña III, 2004
2. Según Modesto López: “es la reposición en su propio lugar de los elementos originales, derrumbados y esparcidos de un monumento. Es un acercamiento a la original integridad, raramente conseguida por la frecuente desaparición de aquellos. Pero aun en este caso, ha permitido levantar partes importantes, procurando nuevos estudios y emociones. Exige para el reemplazamiento de esos elementos delicados, fragmentados o incompletos, la utilización de medios sustentantes, de ligazón y de suplemento. Propicio a diversas formas, aceptando la masa necesaria, sin detrimento de la resistencia, admite la coloración del material dominante y sin confundirse con él”. LÓPEZ OTERO, M. “La técnica moderna en la conservación de monumentos”, *Discursos leídos ante la Academia de Historia*, Artes Gráficas Faure, Madrid, 1932, p. 17
3. La restauración de reintegración es la que se realiza para restituir al monumento los elementos perdidos, materializado por la anastilosis. Dentro del actual concepto de reintegración se incluye la reposición de algunas partes no originales cuando existe la absoluta certeza de todas sus características. Apoyado por los nuevos materiales como el cemento Portland. PEROGALLI, C. *La Progettazione del restauro monumentale*, Editrice Politecnica Tamburini, Milano, 1955
4. Una anastilosis absolutamente pura, en la práctica, ha sido muy difícil de conseguir ya que, en general, es necesario completar las piezas rotas o utilizar partes nuevas para sustituir las que no se encuentran
5. “El empleo de piezas nuevas, llamadas elementos de integración, no cambia la naturaleza, siempre y cuando representen una parte relativamente pequeña del conjunto, que se tenga absoluta certeza de sus formas y dimensiones y que se diferencie de las partes originales, por ejemplo, mediante el empleo de materiales diferentes como el hormigón o el ladrillo”. MOLINA MONTES, A. *La Restauración Arquitectónica de Edificios Arqueológicos*, INAH, Colección Científica, México, 1975, p. 56
6. Director de la Escuela de Bellas Artes en Francia
7. (1873-1948). Director de la Real Escuela de Arquitectura en Roma. Sucesor de las ideas de Camillo Boito en el siglo XX, establece lo que podría considerarse como una moderna teoría de la restauración científica
8. GIOVANNONI, G. “Les moyens modernes de construction appliques a la restauration des monuments” en *La conservation des monuments d’art et d’histoire*, Paris, Institut de Coopération Intellectuelle, 1933, p. 179-184
9. Director de la Escuela de Arquitectura de Madrid
10. LÓPEZ OTERO, M. “La técnica moderna en la conservación de Monumentos”, *Discursos leídos ante la Academia de Historia*, Artes Gráficas Faure, Madrid, 1932, p.14 y 17
11. ORTIZ MACEDO, L. 1931. “La conservation des monuments d’art et d’histoire”. En Gizzi, S. *Il uso dei nuovi materiali*, Italia, 1988
12. PAQUET, Pierre. “Le ciment armé dans la restauration des monuments anciens”. En *La conservation des monuments d’art et d’histoire*, Paris, Institut de Coopération Intellectuelle, 1933, p. 199
13. PAQUET, P. “El cemento armado en la restauración” en GIZZI, S. *IL uso dei nuovi materiali*, Italia, 1988
14. SETTE, P. M. *Il Restauro in Architettura Quadro storico*, UTET Librería, 1ed, Torino, 2001
15. Op. cit. 14
16. “Especifica que esos medios deben disimularse, salvo imposibilidad, con el fin de no alterar el aspecto externo y el carácter del edificio que se restaura”. MARTINEZ, Mª J. *Antología de textos sobre Restauración*. Universidad Jaén, 1995, p. 22
17. PEROGALLI, C. *La progettazione del restauro monumentale*, Milano, 1955
18. SETTE, P. M. *Il Restauro in Architettura. Quadro storico*, UTET Librería, 1 ed, Torino, 2001, p. 158
19. SANPAOLESI, P. *Principes Generaux dans la Conservation et la restauration des monuments et des batiments historiques*. Serie Musees et Monuments XIV, UNESCO, Francia, 1973
20. PHILIPPOT, P. “Restauración: Filosofía, Criterios y Pautas”, en *Documentos de trabajo. Primer Seminario Regional Latinoamericano de Conservación y Restauración*, Centro Regional Latinoamericano de Estudios para la Conservación y Restauración de Bienes Culturales, México, 1973. p. 13
21. Mitla es una zona arqueológica ubicada en el estado de Oaxaca (sobre la Costa del Pacífico) México
22. MOLINA MONTES, A. *La Restauración Arquitectónica de Edificios Arqueológicos*, INAH, Tomo 21, Colección Científica, Arqueología, México, 1975, p.57
23. Construido de 447 a 438 a.C., fue el templo de mayores dimensiones de su época. Proyectado por el arquitecto Ictinos, construido por el arquitecto Calícrates y el escultor Fidias
24. Actualmente se encuentran en el Museo Británico; también se conservan algunos restos de escultura en el Louvre, Copenhague y Atenas
25. Op.cit. 18
26. Nikolaos Balanos realizo el primer programa completo de restauración monumental en Grecia, en el Partenón: de 1898-1902, 1911, 1913 efectuó trabajos estructurales y de mantenimiento sobre el entablamento del lado occidental y oriental del templo; de 1923 a 1933 restauración de todas las columnas del lado norte y parte del lado sur. En el Erecteo de 1902 a 1909 restauró el techo y los casetones del Pórtico norte y sur, el entablamento del muro occidental
27. Op. cit. 10, esp. p. 17
28. Op cit. 18
29. SKOULIKIDIS, T. “Deterioration des materiaux de construction et notamment

- des marbres per la corrosion de l'acier incorpore", *Primer coloquio internacional sobre el deterioro de las piedras*, 1971, p. 41
30. CASTIELLA, B. "Grecia empleará un billón y medio de pesetas en restaurar el Partenón", *ABC*, España, 7 de junio 1999
31. CASTIELLA, B. "Una «liposucción» dejará al Partenón con 145 toneladas menos de cemento", *ABC*, 8 de marzo de 2001
32. "En Grecia aseguran que la restauración de la Acrópolis tardará 15 años". 19.02.2005. <http://www.clarin.com/diario/2005/02/19>
33. En este patio existen 2 altares, así como tres grandes cavidades, que eran utilizadas como depósito de la vajilla de los rituales
34. En los pórticos, los frescos de estuco en relieve representan diversas escenas de toros
35. Duncan Mackenzie y Mr. Fyfe colaboraron con Evans en la excavación y reconstrucción de Cnosos
36. MOLINA MONTES, A. *La restauración Arquitectónica de Edificios Arqueológicos*. INAH. Tomo 21, Colección Científica, Arqueología, México, 1975, p. 22
37. EVANS, A. "Opere di recostruzione a Cnosos", en GIZZI S. *Il uso dei nuovi materiali*, Italia, 1988
38. CAGIANO DE AZEVEDO, M. 1948. "Il gusto del restauro delle opere d'arte antiche" Roma, p. 68-85, en GIZZI, S. *Le reintegrazioni nel restauro. Una verifica nell'Abruzzo Aquiliano*, Edizioni Kappa, Roma, 1988
39. Op. cit. 36
40. Varios frescos fueron restaurados completamente a partir de tan solo pequeños fragmentos originales
41. Es una técnica para la caracterización del sistema poroso de los materiales.
42. Conocido como hidróxido de calcio es el encargado de mantener el Ph de la pasta en valores altos (12-13), actúa como reserva alcalina, esto es, lo que mantiene a los hormigones armados protegidos contra la corrosión electroquímica. En CALLEJA, J. "La portlandita y la tobermorita de la pasta de cemento: tratamiento estequiométrico de sus comportamientos". *Cemento y Hormigón*, vol. 72, no. 824, España, 2001, p. 526-542
43. Son los silicatos de calcio. Es el responsable de la armazón interna de la pasta de cemento, de la adherencia de ésta con los áridos en los morteros y hormigones y de la resistencia de estos conglomerados. En CALLEJA, J. "La portlandita y la tobermorita de la pasta de cemento: tratamiento estequiométrico de sus comportamientos". *Cemento y Hormigón*, vol. 72, no. 824, España, 2001
44. BAKOLAS, A.; BISCONTIN, G.; MARAVELAKI, P.; MARKOPOULOS, Th.; REPOUSKOU, E.; ZENDRI, E. "Indagine sui calcestruzzi armati usati nel restuaro dell'area archeologica di Cnosos", en *Actas Bressanone*, Italia, Julio 1993
45. Con una pintura de Parrasio, célebre pintor
46. Este templo se construyó sobre los restos de un templo más antiguo, edificado a mediados del siglo VI a. C y destruido por un incendio
47. Construcción de planta rectangular, conformada mediante la sucesión de columnas
48. Op cit. 18
49. THEOULAKIS, P. "Stone deterioration problems caused by previous restoration at the Citadel of Lindos", *Congress of Science Technology*, Bologna, Italy, 1989, p. 675-678
50. Por colonos de Megara Hyblaea. La ciudad se asentó sobre dos colinas delimitadas por dos ríos: el Selino y el Cottone. La población se incrementó a 25.000 habitantes, convirtiéndose en un potente centro comercial de la Magna Grecia y una de las mayores ciudades helenísticas
51. En este año se firmó el tratado entre Cartago y Dionisio I de Siracusa que confirmó a Selinunte como posesión cartaginesa, pero la ciudad ya no recuperó su antiguo poder. Además, durante la primera guerra púnica, fue de nuevo destruida en la huida de los cartagineses ante los romanos
52. Entre los años 1822 y 23, los arquitectos ingleses William Harris y Samuel Angell, iniciaron la primera excavación, aquí fue donde descubrieron las metopas del Templo C. Actualmente estas metopas y una grandiosa máscara de Gorgona se exhiben en el museo de Palermo. En 1910 el arquitecto francés Jean Louis Hulot publicó un ensayo, a través del estudio de la ruina, que reconstruía gráficamente la ciudad de Selinunte y sus edificios religiosos y civiles. Se debe a Ettore Gabrici, en 1915, la recuperación de las excavaciones de la ciudad y de los templos
53. Dedicado a la divinidad de Apolo
54. Directora de la Soprintendente alle Antichità de 1939 a 1963. Supervisó la remodelación del Museo Arqueológico de Palermo, donde se encuentran restos del Templo C, E y F (metopas, una grandiosa máscara de Gorgona y frisos). Este edificio fue dañado durante la Segunda Guerra Mundial
55. Op. cit. 36
56. BRANDI, C. Restoration and conservation in *Enciclopedia World Art*, Vol II, p. 179-184, Mc. Graw Hill Publishing Co, Ltd London, 1966
57. CESCHI, C. *Teoría e storia del restauro*, Mario Bulzoni Editore, Roma, 1970
58. MINISSI, F. *Conservazione dei beni storico artistici e ambientali*, Italia, 1978, p. 94
59. Los resultados de las excavaciones, realizadas por unos cincuenta investigadores de doce países, entre 2003 y 2006 establecen que fue en el siglo VI a.C.
60. Al ser cubiertos por las cenizas quedaron como piedras, estas condiciones se alteraron drásticamente cuando se desenterraron las piezas
61. La ventaja que presentaba el cemento era que adoptaba las formas y dimensiones de la estructura anterior
62. El sismo afectó la zona de la Campania y de la Basilicata en Italia
63. D'AGOSTINO, S. "La conservazione delle coperture di calcestruzzo armato nell'antica Pompei", en *Atti del convegno di studi Bressanone. La prova del tempo: verifiche degli interventi per la conservazione del costruito*, Italia, 2000, p. 289-290
64. D'AGOSTINO, S. 2000, p. 292
65. D'AGOSTINO, S. 2000, p. 295
66. Op.cit. 65
67. Tratada para evitar su envejecimiento debido a los agentes climáticos
68. MORENO, A. y SÁNCHEZ Á. "Pompeya: Conservación y Restauración", *R&R* No. 29, España 1999, p. 35