



# Formigó armat per restaurar

**Valoració de l'ús** i els efectes del formigó armat com a tècnica de restauració en edificis històrics a l'Europa del segle XX

**Mariana Esponda Cascajares**

Doctora arquitecta

Col·laboradora i consellera de TRAC

■ ■ ■ El formigó armat es va convertir en el material més emprat en la restauració d'edificis històrics a l'Europa del segle XX. Els seus principals usos en aquest àmbit van sorgir a França i Itàlia, al principi de segle. A partir dels anys cinquanta es va generalitzar aquesta tècnica de restauració a la resta d'Europa i després dels anys setanta, a Amèrica i Àsia. La confiança excessiva en el formigó, l'absència d'una teoria específica sobre el seu ús, i la manca d'estudi previ van provocar uns efectes negatius sobre els edificis en què es va actuar. A continuació s'analitzen les raons de com i per què el formigó armat esdevé tan important en la restauració patrimonial en aquest període, així com els seus efectes negatius sobre els edificis i el seu estat actual<sup>1</sup>.

*Al principi del segle XX es va començar la pràctica generalitzada de substitució dels materials tradicionals per un nou material: el formigó armat.*

L'interès d'aquesta investigació va sorgir d'observar la irrupció que durant el segle XX varen tenir els nous materials en la restauració. Al principi del segle es varen començar a produir grans canvis en la concepció estructural dels edificis històrics, en part com a conseqüència de la forma en què es varen intervenir. Es va començar la pràctica generalitzada de substituir els materials tradicionals per un nou material: el formigó armat. A aquest material se li atribuïen unes característiques



**CATEDRAL DE REIMS. FRANÇA (1906), PAUL GOUT.** A LA PRIMERA FASE D'ACTUACIÓ VAN INTRODUIR BIGUES DE FORMIGÓ ARMAT AL CORONAMENT DE LA FAÇANA PRINCIPAL PER UNIR LES DUES TORRES I DISMINUIR LES TENSIONS DEL ROSETÓ

especialment favorables: resistència, durabilitat, plasticitat, versatilitat, actualitat expressiva, major rapidesa de fabricació, control del material i disminució dels costos.

Així, els motius de la seva difusió varen ser molt diversos: factors socials i històrics però, principalment, econòmics i tècnics. La confiança cega per una tècnica moderna va suposar transformacions com l'abandonament dels materials tradicionals, amb la consegüent pèrdua de mà d'obra qualificada, que va causar l'oblit de com construir i restaurar edificis de fàbrica amb els materials d'origen (pedra, maó, fusta i morters de calç).

Ignacio Garate estableix que “des del principi del segle XX es varen considerar obsolets l'ús de materials tradicionals com els morters de calç, el que en va provocar l'extinció de la



**CATEDRAL DE REIMS. FRANÇA (1945), HENRI DENEUX.**

PER REPARAR ELS DANYS DE LA SEGONA GUERRA MUNDIAL ES VA FER SERVIR EL FORMIGÓ ARMAT EN DIVERSES ZONES. EN LA COBERTA AQUEST MATERIAL VA SERVIR PER “SIMULAR ELEMENTS PREFABRICATS”. A MÉS QUE ELS PILARS DE LA NAU VAN SER REFORÇATS AMB INJECCIONS DE FORMIGÓ.

mestria artesanal, agreujant encara més el problema”<sup>2</sup>. Per tant –poc a poc– els coneixements sobre la tècnica constructiva antiga es varen anar perdent i, com diu Luigi Sorrentino, “la gran difusió d'aquests nous materials va provocar l'abandonament de la pràctica de restaurar edificis de maçoneria amb maçoneria”<sup>3</sup>.

Un altre factor que va influir perquè s'introduïssin els reforços de formigó va ser la poca resistència que es reconeixia a les estructures tradicionals. Es desconfiava de la seva estabi-

litat<sup>4</sup>: “Es pressuposa que les fissures i esquerdes en els edificis històrics indiquen un perill imminent per a la seva estabilitat, però això no és necessàriament així”<sup>5</sup>. En moltes ocasions, les esquerdes i les fissures són una de les formes que té l'obra de fàbrica per “defensar-se”, fent articulacions que li permeten moure's

1 Esponda Cascajares, Mariana. 2004. *Evolució de los criterios de intervención con hormigón armado en la restauración de edificios históricos en España, Méjico e Italia*. Director: Doctor José Luis González Moreno-Navarro. Universitat Politècnica de Catalunya.

2 Garate Rojas, Ignacio. 1994. *Artes de la cal*. Ministerio de Cultura. Instituto Español de Arquitectura. 2a edició, pàg. 298.

3 Sorrentino, Luigi. 1999. *Comportamento sismico delle costruzioni murarie storiche*. Cap.

4 L'opera di Antonio Giuffrè: riflessioni sul restauro strutturale nel novecento. Tesi di laurea. Università La Sapienza, Roma.

4 Sobre l'arribada dels nous materials D'Agostino diu: “*El formigó armat i l'acer, el desenvolupament de la teoria de l'elasticitat i la idea del 'marc rigid' dels edificis moderns varen suposar que les construccions antigues perdessin el sentit d'unitat*”. D'AGOSTINO, Salvatore. 1994. *The use of brickwork in the conservation and restoration of archaeological monuments. Proceedings of International Symposium*. Ed. P. Vicenzini. Itàlia. p. 255.

5 Huerta, Santiago. 1995. *Teoría, historia y restauración de estructuras de fábricas*. Heyman Jacques. Espanya.

sense col·lapsar-se.

La Carta d'Atenes de 1931 és el primer document internacional per a la protecció dels monuments. Per primera vegada es varen plantejar qüestions clarament tecnològiques a favor de l'ús del formigó armat. Específicament a l'article V s'esmenta:

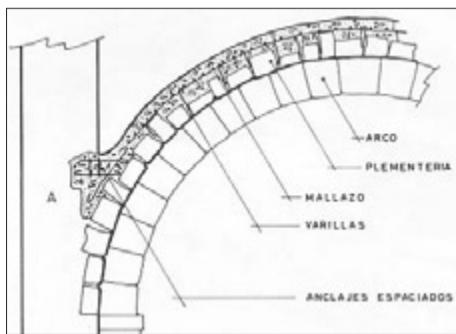
*“Els experts aproven la utilització prudent de tots els recursos de la tècnica moderna per a la conservació dels edificis antics, i més especialment el formigó armat”*

Les esquerdes i les fissures són una de les formes que té l'obra de fàbrica per “defensar-se”, fent articulacions que li permeten moure's sense col·lapsar-se.

#### Primeres intervencions amb formigó armat

Durant la primera meitat del segle XX, el formigó armat té una doble funció. En primer lloc, conservar zones arqueològiques del mediterrani i, en segon lloc, actuar de recurs suprem per reconstruir edificis històrics durant la Primera i la Segona Guerra Mundial.

A França, i després a Itàlia, es troben les primeres intervencions amb formigó armat, al començament de segle. A França, el precursor en va ser Anatole de Baudot, deixeble de Viollet-le-Duc. Baudot va establir que: “No s'havia de témer les noves tècniques, ja que aquestes es basen en un millor sistema constructiu”<sup>6</sup>. El 1907, estava totalment a favor de les restauracions amb formigó, i afirmava: “Fins a aquests últims anys els treballs de restauració han consistit en millores parcials, sense que les modificacions reals s'hagin realitzat. Tanmateix, avui, gràcies al formigó armat, és possible emprar un remei absolutament eficaç. Aquesta admirable tècnica contribuirà a la conservació dels nostres edificis de l'Edat Mitjana sense canviar el seu esperit...”<sup>7</sup>. Els primers exemples d'usos del formigó armat a França varen ser: Paul Gout (1880) va reparar uns forjats amb formigó armat al Mont Saint Michel. Emile Brunet (1897) va col·locar una closca de formigó armat per sobre de les voltes i va reforçar el pòrtic nord de la catedral de Chartres. Anatole Bau-



IMATGE DEL LLIBRE *RUINAS EN CONSTRUCCIONES ANTIGUAS*. DETALL DEL REFORÇ EN VOLTES AMB LLOSA DE FORMIGÓ ARMAT.



**CATEDRAL DE TUI, 1965.** VISTA DEL FORMIGÓ EN LES VOLTES DEL CLAUSTRE.

dot (1899) va consolidar els fonaments de l'església de Sant Nicolas de Blois. Emile Brunet (1905) va col·locar al creuer un forjat de formigó armat a la catedral de Laon. Paul Gout (1906) va reforçar amb bigues de formigó armat les dues torres de la catedral de Reims i a la catedral de Beauvais (1906–1910) va substituir la coberta original per un forjat de formigó armat.

En el cas d'Itàlia, l'ús del formigó armat es va centrar a solucionar problemes sísmics. La catedral de Messina, a Sicília, es va malmetre fortament pel terratrèmol del 28 de desembre de 1908. Francesco Valentí va realitzar el projecte de restauració estructural i la solució es va basar en “reconstruir integralment l'obra, amb la prèvia demolició de tots els murs perimetrals que havien suportat el sisme”, però amb la singularitat que la nova estructura portant fos realitzada amb formigó armat per satisfer la norma sísmica de 1909.

#### *Les primeres restauracions amb formigó armat es realitzen a cegues i coincideixen amb l'èxit de la construcció moderna.*

És important tenir present que els primers edificis històrics restaurats amb formigó armat “es realitzen a cegues i coincideixen amb l'èxit de la construcció moderna; aquesta confi-



**CATEDRAL DE TUI, PONTEVEDRA, 1965-72.** PONS SOROLLA. CONSOLIDACIÓ DE LES VOLTES DEL CLAUSTRE. INTRODUCCIÓ DE CÈRCOL EN ELS MURS DE LA NAU CENTRAL, EN EL CREUER I ABSIS. SEGUINT ELS CRITERIS D'INTERVENCIÓ DELS ANYS SETANTA DEL LLIBRE *RUINAS EN CONSTRUCCIONES ANTIGUAS*.



**CATEDRAL DE TUI,** REPOSICIÓ D'UNA NOVA COBERTA AMB CÈRCOL I FORMIGÓ ARMAT EN VOLTES DEL TRANSEPTE, COMBORI, CAPELLES I NAUS DEL CREUER. PER DAMUNT COM ACABAT FINAL AMB TEULA ÀRAB.

ança per la nova tecnologia influeixen en el fet que es traspassin alguns conceptes estructurals a la restauració”<sup>8</sup>.

Després de la Segona Guerra Mundial, la immensa destrucció provocada “va generar que l'ús del formigó armat tingués un auge molt important per a la reconstrucció del patrimoni”<sup>9</sup>. Entre les raons principals varen destacar: els factors econòmics i la urgència amb què s'havia d'intervenir en els monuments. Les estructures de formigó armat estaven considerades materials de baix cost, rapidesa de fabricació i reforç excel·lent. A més, proporcionaven “l'avantatge de múltiples actuacions com: fusteries originals que estaven deslligades dels murs de maçoneria; reforç als elements estructurals, com arcs, voltes, cúpules i torres molt fetes malbé per les bombes; tensors dintre del mur per lligar-los; injeccions de ciment per fer més rígids els paraments, i elements decoratius deteriorats”<sup>10</sup>. En aquesta època la versatilitat que va oferir el recurs del formigó armat va afavorir les múltiples reconstruccions estructurals malmeses.

Entre els principals exemples a Itàlia per a les reparacions de la guerra destaquen: l'església de San Lorenzo

Fuori le Mura, a Roma, i l'església de San Francesco, a Viterbo, on es va emprar un enginyós sistema d'elements horitzontals i verticals, per tesar i col·locar a plom les parets. Un altre exemple va ser el pont de Verona, reconstruït segons la seva forma original; a l'interior tenia estructures de formigó armat i per l'exterior estava folrat amb maó. L'església de Santa Chiara, a Nàpols, va quedar molt malmesa; per això es va decidir buidar les pilastres per privar-les de la seva funció estàtica i reforçar-les a l'interior amb peces ocultes de formigó armat. A més, es va reconstruir la coberta amb un forjat de formigó armat.

A França, l'edifici més representatiu per a les actuacions de després de la guerra en què es va aplicar el formigó armat va ser la catedral de Reims. Henri Deneux va emprar el formigó per “simular elements prefabricats de la coberta; aquest nou material permetia fer un muntatge fàcil, mantenir l'aspecte original i baixar els costos per la dificultat d'aconseguir fusta”<sup>11</sup>. Es van substituir unes 1.200 bigues de fusta per bigues prefabricades de formigó i es varen reforçar els pilars mitjançant injeccions de ciment líquid.

En el cas d'Espanya, un dels tècnics pioners en introduir el formigó armat en les intervencions d'edificis històrics va ser l'arquitecte tècnic

6 Mouton, Benjamin. 1997. *Reinforced concrete in reinforcement structures*. Monuments, França, pàg. 56.

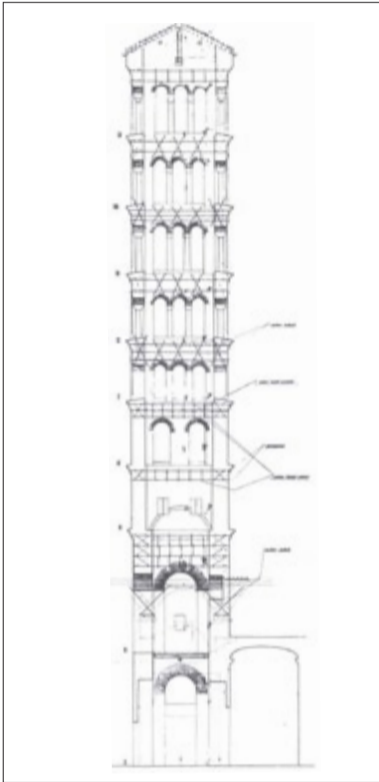
7 Pallot, Enric. 1997. *L'utilisation du béton dans la restauration des monuments historiques*. pàg. 50.

8 Pallot, Enric. 1997. *L'utilisation du béton dans la restauration des monuments historiques*.

9 Pierra Sette, Maria. 2001. *Il Restauro in Architettura Quadro storico*. UTET Libreria. Torino. 1a edició.

10 Pallot, Enric. 1997. *L'utilisation du béton dans la restauration des monuments historiques*.

11 Pallot, Enric. 1997. *L'utilisation du béton dans la restauration des monuments historiques*, pàg. 51.



**SANTA MARIA COSMEDIN, ROMA. 1958.** ELS MURS, LES VOLTES I EL CAMPANAR VAN SER INTERVINGUTS AMB EL SISTEMA DE COSITS ARMATS.



López Collado<sup>12</sup>. El criteri a seguir era: “En l’actualitat, disposem de materials moderns que poden millorar la duració del monument i allargar-li la vida; per això a les zones ocultes emprarem aquests materials”<sup>13</sup>. López Collado va escriure el llibre *Ruinas en construcciones antiguas* (1974). Aquest document es va convertir en el manual de restauració, a partir dels anys setanta i encara fins als noranta, per a la majoria d’universitaris i arquitectes interessats en la conservació del patrimoni espanyol. Era dels pocs materials que existia a l’època que proporcionava pautes a seguir en les actuacions dels edificis de fàbrica. Per tant, aquest llibre va tenir una gran difusió i influència en el sector de la restauració. Algunes de les solucions que proposa són: les voltes i els arcs “es podran reforçar emprant el formigó armat a zones no vistes; també, s’optarà per construir cercols i tirants, armar pilars de pedra, forjar cobertes i pisos, i reforçar interiorment murs

12 Gabriel López Collado va ser l’arquitecte tècnic per excel·lència. Va treballar en el Servicio de Regiones Devastadas del 1939 al 1957. Després va ser una peça clau en el Servicio de Monumentos de Arquitectura. En acabar la guerra civil existien problemes tècnics i econòmics per resoldre les intervencions urgents. A Espanya es va produir el fenomen de múltiples reconstruccions “més d’estil i de forma”, basades a comprendre les qüestions constructives i les condicions d’estabilitat dels edificis històrics. Això va coincidir amb la resta d’Europa a la postguerra.

13 López Collado, Gabriel. 1984. *Restauración de monumentos I*. Colegio de Aparejadores y Arquitectos Técnicos de Sevilla.

amb aquest material”. En el cas de les cobertes de fusta, estableix que “no hem de repetir la coberta per una altra de fusta, amb vida limitada i risc d’incendis; la substituïrem per una amb elements i procediments actuals, com el formigó armat o metàl·lic, segons els casos i mitjans econòmics. Aquesta solució sí serà eficaç i duradora”<sup>14</sup>. Estableix que es justifica la introducció del formigó perquè “millora i assegura la permanència dels elements i l’edifici accepta aquests materials per a la seva consolidació”. Afegeix que malgrat que no siguin indispensables per a l’edifici “sempres’han d’utilitzar reforços de formigó, encara que de moment no els considerem necessaris, ja que d’aquesta manera evitarem moviments que escurcin l’estabilitat en un futur pròxim a l’edifici”<sup>15</sup>.

*Després de la Segona Guerra Mundial, la immensa destrucció provocada “va generar que l’ús del formigó armat tingués un auge molt important per a la reconstrucció del patrimoni”.*

**Els usos més emprats**  
Els criteris d’intervenció més

14 López Collado, Gabriel. 1976. *Ruinas en construcciones antiguas: causas, consolidaciones y traslados*, pàg. 49.

15 López Collado, Gabriel. 1976. Pàg. 269

emprats varen ser: micropilotatges en fonaments<sup>16</sup>, reforços en contraforts, injeccions armades i resines epoxi en els murs<sup>17</sup> i voltes, cercols als murs, malles armades a l’entredós i a l’extradós de voltes<sup>18</sup> i cúpules, reforços en arcs<sup>19</sup> i columnes, i reconstrucció de cobertes amb forjats de formigó armat.

Les raons que varen dur a l’èxit i provocaren una generalització d’aquesta tècnica de restauració, a partir dels anys cinquanta, a Europa, i després dels anys setanta, a Amèrica i Àsia, varen ser les següents: confiança excessiva en el formigó, absència d’una teoria específica<sup>20</sup> sobre el seu ús, influència dels mètodes de càlcul i fort avanç de la tecnologia com a signe d’actualitat.

*L’escenari propici per a l’expansió: una confiança excessiva en el material, l’absència d’una teoria específica de l’ús, la influència dels mètodes de càlcul i el fort avanç de la tecnologia.*

#### Valoració de l’estat actual

Desafortunadament, la durabilitat d’aquestes intervencions no va ser l’esperada, ja que a partir de la dècada dels vuitanta es va iniciar un ràpid procés de deteriorament en aquelles obres intervingudes amb formigó armat. Durant aquesta dècada, a la restauració varen començar a concórrer posicions contradictòries sobre la forma d’intervenir el patrimoni històric, el que va produir diverses alternatives sobre un mateix problema. D’una banda, va sorgir la tendència a recuperar les tècniques tradicionals i interpretar el comportament estructural dels edificis històrics. Un dels principals científics que tenia la intenció de recuperar les tècniques tradicionals que estaven ja oblidades i treballar amb materials tradicionals, evitant utilitzar mitjans invasius o materials inapropiats com el formigó o el ferro, va ser l’enginyer d’Itàlia Antonino Giuffrè. En la mateixa línia de rescatar les tècniques tradicionals

16 Palau San Carlos en Trujillo, Cáceres i església de la Concepción, Tenerife (1970).

17 Església de Santa Clara, Huelva (1973) i monestir Monfero, La Coruna (1971).

18 Colegiata de Toro, Zamora (1973) i Catedral de Tui (1969).

19 Catedral de Santiago Compostel·la (1970) i església de Santiago Jerez de Frontera, Cadis (1962).

20 Referint-se a la carència de principis teòrics, intervencions de forma empírica i aplicació de receptes.

es varen enfocar dos congressos, el de l’ICCROM a Roma (1981), on per primera vegada apareixen documents especialitzats que fan referència als problemes del ciment pòrtland a la restauració, i el de Salamanca (1984), on es van estudiar els problemes de l’alteració de la pedra i dels utilitzats, establint que: “Els morters de ciment pòrtland són incompatibles amb els morters de calç”<sup>21</sup>.

D’altra banda, i oposant-se al respecte de la tradicionalitat, es va continuar amb la pràctica generalitzada de l’ús del formigó sense reflexionar sobre la seva idoneïtat sinó més com una recepta apresada i amb una alta confiança per la seva tecnologia. Aldo Aonzo considerava aquest material “com l’instrument i la tècnica determinant a la restauració, com el mitjà constructiu modern, científicament controlable i necessari per a la conservació”<sup>22</sup>.

Sobre una de les tècniques més utilitzades, l’engrapament en murs i voltes, el 1988, l’arquitecte italià Paolo Marconi va dir: “Té una durabilitat dubtosa per possibles efectes més perjudicials que beneficiosos, ja que les oxidacions i disgregacions de l’armadura poden agredir l’estabilitat del mur que es volia reparar”<sup>23</sup>.

Un altre problema que es va comprovar sobre aquest tipus d’intervencions, no sols a Espanya sinó a la majoria de països<sup>24</sup>, és que en gairebé totes el material va ser aplicat de forma excessiva, més com una moda que com una necessitat. Així ho expressa Javier Rivera sobre la intervenció de Luis Cervera Vela a la catedral de Valladolid, el 1974, on es “varen substituir amb formigó armat parts que no es trobaven excessivament malament, ja que era la moda a totes les catedrals”<sup>25</sup>.

Al final del segle XX es va comen-

21 Garate Rojas, Ignacio. 1994. *Artes de la cal*.  
22 Aonzo, Aldo. Era el president de l’Associazione Italiana Tecnica del Cimento quan va escriure el pròleg del llibre *Restauro e cemento in architettura*. CARBONARA, 1985. Itàlia. AITEC.

23 Garate Rojas, Ignacio. 1994. *Artes de la cal*, pàg. 282.

24 Aquesta forma d’intervenir amb formigó armat no sols es va generalitzar a Espanya, sinó en molts països, i el seu punt àlgid va ser del 1960 fins al 1990. Per això vaig realitzar una anàlisi exhaustiva dins la tesi als arxius de l’ICCROM, on es va constatar que a gairebé tots els països d’Europa, a la majoria d’Amèrica i en alguns d’Àsia es varen registrar majoritàriament restauracions a través d’aquesta tècnica. En aquestes actuacions es destaca la gran influència del formigó, aplicat com una simple recepta de restauració, sense conèixer a fons el seu comportament, ni els possibles efectes, creient que era la millor solució per a tots els casos.

25 Rivera, Javier. 1997. *Patrimonio, restauración y nuevas tecnologías*. Universitat de Valladolid. pàg. 153.

çar a observar, en major grau, que les restauracions amb formigó armat, que es pensaven com a molt eficaces, no estaven superant la “prova del temps”<sup>26</sup>. Es manifestaven incompatibilitats amb els elements, tant per les característiques internes dels materials com pels errors d'execució de l'obra, atesos els problemes de la tècnica d'execució, la qualitat o la quantitat de material. És a dir, aquest període de prova ha servit com el millor instrument de mesura per conèixer i valorar l'efectivitat d'aquestes intervencions.

*Oposant-se al respecte de la tradicionalitat, es va continuar la pràctica generalitzada de l'ús del formigó sense reflexionar sobre la seva idoneïtat i aplicant-lo de forma excessiva.*

#### Efectes negatius

En les primeres restauracions realitzades amb formigó armat, durant els anys trenta i quaranta, a les zones arqueològiques del mediterrani, com el Partenó d'Atenes, i al patrimoni històric reconstruït després de la postguerra, a França i Itàlia, a partir dels anys vuitanta es varen començar a presentar múltiples patologies. En la majoria dels casos es va poder comprovar que existien fortes degradacions, despreniments entre els materials originals i el formigó, corrosió dels elements metàl·lics, i constant presència de sals, esquerdes i fissures. Una de les raons per les quals es varen produir aquests danys va ser l'oxidació del ferro i la carbonatació del formigó. Un altre factor que es va comprovar va ser que després de cinquanta anys d'aquestes actuacions, sí que es podia corroborar el comportament real de les restauracions: com s'havia comportat l'estructura antiga amb els nous reforços, l'envelliment de les pròtesis i la interacció d'ambdós materials dintre del context.

En la dècada dels noranta va augmentar el nombre d'especialistes que desaconsellaven l'ús del formigó armat pels constants problemes que



**UXMAL, CUADRÁNGULO DE LAS MONJAS, MEXICO. (2005).** DANYS A LA MAJORIA DE LES LLINDES REFORÇADES AMB FORMIGÓ ARMAT. PRESENCIA D'OXIDACIONS, SALS I CARBONATACIÓ DEL FORMIGÓ.

estava generant i que consideraven que aquesta tècnica no era tan durable, ni compatible, ni reversible ni autèntica com s'esperava amb les construccions antigues. L'arquitecte Antón Capitel, fent referència a l'aplicació de les tècniques de restauració diu: “No és suficient trobar una tècnica eficaç i impedir la ruïna d'un monument. També és necessari que aquesta tècnica no es produeixi en contra de la naturalesa dels valors tècnics d'aquest”. En podrien ser exemple els reforços estructurals amb formigó armat –un cercol– per a una fàbrica antiga del gòtic –la solució tècnica pot ser eficaç però ‘traïria’ el sentit estructural original, ja que en el gòtic la forma resolvia per si sola el comportament mecànic i la seva voluntat d'expressió”<sup>27</sup>.

*“No és suficient trobar una tècnica eficaç i impedir la ruïna d'un monument; també és necessari que aquesta tècnica no es produeixi en contra de la naturalesa dels valors tècnics d'aquest”.*

Sobre la durabilitat del formigó<sup>28</sup> varen destacar tres tipus de patologies: la incompatibilitat fisicoquímica i

27 González Capitel, Antón. 1996. “Ciencia y técnica especializada en la restauración de monumentos: problemas conceptuales y otros problemas”, en *Ingeniería Civil*.

28 Sepulcre, Alberto. 1997 “Durant dècades va existir una indiferència cap al coneixement dels materials i tècniques constructives històriques, possiblement, perquè es pensava que la resistència i la durabilitat del formigó armat podia reemplaçar eficaçment els materials tradicionals, o simplement per desídia davant del predomini d'aquests nous materials”, en *Consideraciones sobre los morteros para la consolidación de fábricas de edificios históricos*, pàg. 85.



**TEMPLO DE LA COMPAÑÍA, PUEBLA, MEXICO.** DANYS DESPRÉS DEL SISME DE 1999. LA NAU CENTRAL VA PRESENTAR ESQUERDES DE FINS 6CM. AQUESTA ESGLESIÀ, ALS ANYS CINQUANTA, VA SER INTERVINGUDA AMB FORMIGÓ (RECONSTRUCCIÓ DE CÚPULA I VOLTES). EN AQUEST EXEMPLE ES VA COMPROVAR QUE: “LA RESPOSTA SÍSMICA DELS EDIFICIS HISTÒRICS ES SIGNIFICATIVAMENT DIFERENT DELS EDIFICIS MODERNES; AIXÒ ES DEU A LAS DIFERENTS FORMES I SISTEMES ESTRUCTURALS, AIXÍ COM A LAS DIVERSES PROPIETATS DELS MATERIALS” (MELI, R.2001.)



**LA ALHAMBRA. GRANADA (2002).**

DANYS CAUSATS PELS ARREBOSSATS EXECUTATS AMB CIMENT PÒRTLAND ALS ANYS SETANTA, I LA SEVA INCOMPATIBILITAT AMB ELS MORTERS DE CAL ORIGINALS.

la mecànica. Els danys fisicoquímics varen estar representats per: porositat, erosió entre materials pel gel-desgel, condensació a causa de la barriera de vapor que el formigó va causar, oxidació del ferro, carbonatació del formigó, sals solubles pel ciment pòrtland, atac dels materials tradicionals per la presència de sulfats i silicats, i reacció àrid-àlcals. Les incompatibilitats mecàniques varen ser: fissures, esquerdes i retraccions per la diferència de rigidesa. Es va comprovar a la mostra representativa que la introducció d'aquests reforços va modificar substancialment el comportament estructural original ja que presenten formes de treballar diferents; en rigiditzar-les, aquestes estructures de fàbrica es tornen més vulnerables perquè són capaces d'absorbir els moviments, especialment els sísmics.

Bàsicament, s'haurien de buscar altres alternatives i no aplicar-les com a receptes sinó com a solucions per a cada cas, desmitificant els materials moderns, modificant la visió a curt termini de les actuaci-



**CA MICHELE DELLE COLONNE, VENEZIA.**

AL 1960 ES VA REFORÇAR AMB FORJATS DE FORMIGÓ ARMAT. AL 1995 PER LES NOMBRESES ESQUERDES ES VA INICIAR UNA RECERCA DEL STAT DE L'ESTRUCTURA. ES VA VERIFICAR QUE LA INTERVENCIÓ AMB FORMIGÓ ARMAT: “VA PRODUIR INCOMPATIBILITATS AMB LA ELASTICITAT QUE ERA NECESSARI GARANTIR PER ABSORBIR EVENTUALS ASSENTAMENTS; ES VA PODER CONCLoure QUE L'ESTRUCTURA VA SER ALTERADA DE MANERA IRREVERSIBLE”. (LIONELLO, 2000)

ons i els hàbits dels responsables del patrimoni, introduint una metodologia sobre l'anàlisi dels danys “on es trobin la ciència, la història i l'arquitectura per avaluar el significat i les conseqüències de cada una de les alteracions i modificacions de la concepció original”<sup>29</sup>. Per això s'hauran de recuperar i assimilar les condicions sobre les tècniques tradicionals i entendre més el comportament estructural de la construcció històrica. Actualment, després de valorar la situació actual del formigó hem de limitar-lo, ja que una correcta elecció dels materials i la seva aplicació idònia evitarà majors alteracions del nostre patrimoni. ■

29 Croci, Gorgio. 1994. “Per una metodologia d'anàlisi estructural” en *Curs de diagnosi, patologia i intervencions en sistemes estructurals de parets de carrega*. Col·legi d'Aparelladors i Arquitectes Tècnics de Barcelona.

26 El factor temps ha estat l'element primordial per valorar els efectes del formigó armat en la restauració, comprovant-ne l'eficiència i utilitat. Un dels principals inconvenients és que aquest material experimenta amb el temps un deteriorament molt més accentuat amb els agents externs que els materials tradicionals ben executats. De fet, la calç té una considerable millora amb el pas del temps.