

LA SEGURIDAD SÍSMICA EN LA RESTAURACIÓN DE LOS BIENES CULTURALES DE LORCA (MURCIA) TRAS EL TERREMOTO DEL 2011

THE SEISMIC SAFETY IN THE RESTORATION OF CULTURAL HERITAGE OF LORCA (MURCIA) AFTER THE EARTHQUAKE OF 2011

* **María del Sagrado Corazón García Martínez**

Arquitecta. Servicio de Planeamiento y Gestión Urbanística. Ayuntamiento de Lorca

** **María del Carmen Martínez Ríos**

Arquitecta. Servicio de Patrimonio Histórico. Dirección General de Bienes Culturales. Consejería de Turismo, Cultura y Medio Ambiente. Región de Murcia

PALABRAS CLAVE

Seguridad sísmica
Bienes culturales
Estructuras históricas
Movimiento sísmico
Lorca
Arquitectura
Restauración

KEY WORDS

*Seismic security
Cultural heritage
Historical structures
Earthquake
Lorca
Architecture
Restoration*

RESUMEN

En la recuperación del patrimonio cultural de Lorca tras los terremotos del 2011, se han desarrollado actuaciones de restauración en la seguridad sísmica de los bienes culturales inmuebles manteniendo sus características constructivas y recuperando los materiales y técnicas tradicionales. Así mismo, se han diseñado medidas de protección sísmica para los bienes culturales muebles en espacios expositivos. Se analiza la restauración sísmica de estos bienes culturales, desglosado en la recuperación de la volumetría, la utilización de los morteros de cal y los sistemas de arriostramiento y rigidización de elementos estructurales, previa descripción de la evolución de los sistemas de mejora sísmica desde la Antigüedad hasta la actual normativa italiana y el análisis de la importancia de la tipología en la seguridad sísmica.

ABSTRACT

In the recovery of the cultural heritage of the city of Lorca after the seismic movements of 2011, restoration actions have been developed in the seismic security of immovable cultural property has been considered, maintaining its constructive characteristics and recovering the materials and traditional techniques. Likewise, seismic protection measures have been designed for movable cultural property in exhibition spaces. The seismic restoration of these cultural assets is analyzed, broken down into the recovery of the volumetry, the use of lime mortars and the bracing and stiffening systems of structural elements, previous description of the evolution of seismic improvement systems since antiquity up to the current Italian regulations and the analysis of the importance of typology in seismic safety.

* maria.garcia@lorca.es

** mcarmen.martinez5@carm.es

1. INTRODUCCIÓN

Las edificaciones históricas se caracterizan por ser una agregación de elementos estructurales (muros, arcos, cúpulas bóvedas, forjados) con una configuración para cada tipología. El comportamiento estructural frente al sismo depende de las características tipológicas y estructurales. La respuesta sísmica diferente de edificios con tipología similar depende entre otros factores, de la heterogeneidad de la construcción debido a las fases constructivas y transformaciones de la estructura original.

En los edificios de fábrica son importantes las conexiones estructurales entre muros que determinan la resistencia frente a las acciones sísmicas, influyendo además la degradación de los elementos estructurales y sus condiciones de mantenimiento. Igualmente, es relevante la composición de la estructura muraria para mantener su cohesión frente al vuelco, que depende del tipo de materiales y técnicas de ejecución. En una fábrica de mampostería la resistencia se consigue mediante una disposición regular de las piedras de mayor tamaño con relleno de huecos con piedras de menor tamaño, teniendo el mortero un papel esencial en la resistencia de la estructura muraria, al variar la cohesión en función de los morteros utilizados y su estado de conservación.

En las estructuras de fábrica los daños tras un sismo son identificables por las grietas o líneas de fractura de localización de la deformación, representando una discontinuidad en la estructura muraria. Estas grietas dividen las estructuras en partes que oscilan de manera distinta y actúan por golpeo aumentando los daños en los diferentes elementos estructurales. La disposición de estratos horizontales elásticos absorbe gran parte de la energía. Así mismo, los encadenados permiten mantener la continuidad de las fábricas evitando los daños por la diferencia de comportamiento estructural.

Las intervenciones de restauración de un edificio histórico en zonas de riesgo sísmico deben contemplar el análisis previo de sus estructuras murarias de forma que el tipo de actuación que se proyecte permita asegurar la continuidad y elasticidad de las fábricas además de contribuir a la solidez y estabilidad general de dichas estructuras.

2. SISTEMAS DE MEJORA SÍSMICA EN LA ANTIGÜEDAD

Los elementos de atado en las edificaciones históricas reflejan el conocimiento de los daños provocados por los terremotos en la Antigüedad. Los sistemas de mejora sísmica varían desde el diseño de la volumetría de los edificios, los engatillados de los elementos pétreos, el armado con fibras vegetales, el uso de verdugadas horizontales o los encadenados con madera o piedra de las fábricas. Se considera de tradición babilónica el uso de cañas para armar hiladas en las fábricas disponiendo un estrato de hojas de palma

cada siete hiladas, sumado al uso de productos de alta elasticidad en la elaboración de morteros. El betún caliente como mortero con un estrato de caña trenzada cada trece hiladas fue contrastado por el arqueólogo alemán Robert Koldewey en las excavaciones de la antigua ciudad de Babilonia, donde estos estratos se presentaban con una distancia máxima entre sí de trece hiladas y un mínimo de cinco. Esta técnica perduró en época sasánida ejecutándose en todas las hiladas en Dawalib, y en el siglo IX los abasidas todavía construyen en Zibliyat una torre rectangular con el mismo sistema (ARCE, 1996).

El uso del betún continúa en época greco-romana, siendo utilizado en las bóvedas de la basílica de Aspendos, así como el uso de grapas y pernos de hierro o bronce con plomo como elemento de protección frente a la oxidación para evitar la fractura de las piezas que enlaza. En la arquitectura bizantina se usaron con profusión tirantes de madera y hierro, pasando el uso de estos elementos a la arquitectura islámica y occidental. En la arquitectura omeya, y más tarde en la abasí y fatimí, se hace extensivo el uso de tirantes para atar los arranques de los arcos.

El uso de carreras de madera es frecuente en las construcciones históricas por su buen comportamiento antisísmico. El templo Qasr El-Bint situado en la ciudad de Petra, posee varias carreras continuas de madera en su perímetro y otras de refuerzo en puntos singulares. En Egipto es frecuente la introducción de hiladas continuas de madera en los alminares, como el de la mezquita del Sultán Hassan, en El Cairo. En los alminares de las mezquitas aljamas de Córdoba (HERNÁNDEZ, 1975) y Sevilla (JIMÉNEZ y CABEZA, 1988) igualmente fueron colocados encadenados y carreras en madera

El sitio arqueológico de Umm-al-Jimal, antigua ciudad de origen nabateo situada en la zona del Hauran al norte Jordania, posee unas estructuras murarias entre las que destacan las torres. En ellas se aprecian los encadenados, con carreras constituidas por piezas de basalto de hasta cuatro metros de largo y llaves formadas por sillares en forma de U enlazados entre sí.

En el renacimiento, el *Libro di diversi terremoti* del arquitecto Pirro Ligorio escrito en Ferrara en 1571 tras los eventos sísmicos iniciados el 17 de noviembre de 1570, es el primer texto de conocido en el que se realiza una propuesta de casa antisísmica diseñada en alzado y en planta, reflejada en *Delli rimedi contra terremoti per la sicurezza degli edifici* (GUIDOBONI, 2005, ff. 60-61). El tratado ha sido publicado en el año 2005 bajo la edición crítica de la arqueosismóloga Emanuela Guidoboni.

El arquitecto francés Jean Rondelet, en su célebre *Traité théorique et pratique de l'art de bâtir* (1802-1817) plantea soluciones empíricas a partir del análisis de muchos edificios históricos. Los atados perimetrales para el refuerzo de estructuras frente a los terremotos mediante el uso de cable de acero se siguen utilizando en la actualidad (ARCE, 1996).

3. LA NORMATIVA DE RESTAURACIÓN SÍSMICA ITALIANA

En Italia, las primeras normas antisísmicas fueron promulgadas tras el terremoto que afectó a la Región de Calabria en 1783, a las que siguieron una larga serie de Decretos Reales orientados a definir normas de validez general (D'AVINO, 1988).

Tras el terremoto de Messina el 28 de diciembre de 1908, fue constituida la Comisión Panetti para estudiar los efectos del terremoto. El concepto de *adeguamento* ya fue codificado por dicha Comisión al admitir la posibilidad de modificar las estructuras de los edificios, de acuerdo con las prescripciones que fueron impuestas para las reconstrucciones. Esto supuso una difusión del hormigón armado para las nuevas estructuras manteniendo el lenguaje de la arquitectura histórica, y recuperando así la imagen monumental de la ciudad destruida (BARBERA, 2015).

El uso del hormigón armado se generalizó desde 1960 hasta 1990 en la restauración de edificios históricos por su resistencia, durabilidad y plasticidad, convirtiéndose en una práctica común la sustitución de los materiales tradicionales. Se desconfió de la estabilidad de las estructuras tradicionales, presuponiendo que las grietas en los edificios históricos indicaban un peligro para su estabilidad y abandonando los materiales tradicionales como la piedra, ladrillo, madera y morteros de cal (GÁRATE, 1994).

El *adeguamento sísmico* fue definido a partir del terremoto de Irpinia de 1980 y conseguido mediante *l' esecuzione di un complesso di opere che rendono l'edificio atto a resistere alle azioni sismiche*, que se asoció a la reestructuración como tipo de intervención. Sin embargo, el rápido proceso de deterioro en aquellas obras intervenidas con hormigón armado en la década de los ochenta, originó posiciones contradictorias sobre los criterios de intervención en el patrimonio histórico.

En el primer manual para la protección de los bienes culturales en zona sísmica del arquitecto Bernard M. Feilden publicado en 1987, ya se avanzaba que ciertas intervenciones de refuerzo antisísmico podían causar pérdidas importantes en los valores históricos y culturales de la estructura, por lo que la mejor opción era la intervención mínima para responder a un riesgo aceptable (FEILDEN, 1987). Ciertos métodos tradicionales proporcionan una resistencia y elasticidad suficiente frente al sismo, y aportan un claro enfoque sobre la posibilidad y necesidad de hacer compatible las intervenciones de mejora y protección de las fábricas históricas.

La tendencia a recuperar las técnicas tradicionales e interpretar el comportamiento estructural de los edificios históricos estuvo representada por el arquitecto italiano Antonino Giuffrè. Esto condujo a un replanteamiento de los modos de intervención en las estructuras históricas sometidas a riesgo sísmico, reconociendo que las técnicas y la estática de las estructuras históricas son importantes testimonios culturales y, por tanto, su técnica y sus

aspectos estructurales deben ser analizados en relación al contexto cultural del momento de su construcción (GIUFFRÈ, 1988).

Este enfoque condujo a replantear la normativa de intervención en Italia en 1986, introduciendo el concepto de *miglioramento* sísmico frente al hasta ahora vigente de *adeguamento*. El objetivo fue conseguir un mayor grado de seguridad frente a las acciones sísmicas sin modificar sustancialmente el comportamiento estructural del edificio, abandonando los planteamientos que tendían a alterar el comportamiento global de las estructuras históricas y su constitución material sin ningún respeto por los valores culturales.

En este contexto, el arquitecto Francesco Doglioni desarrolló técnicas de intervención y formas de diseño para la consolidación y protección sísmica en restauración. En la publicación *Las iglesias y el terremoto* en 1994, resultado de la investigación CNR GNDT,¹ sistematizó la lectura e interpretación del daño sísmico relacionado con la historia constructiva y la configuración arquitectónica, para llegar a definir la vulnerabilidad de los monumentos y el tipo de intervención (DOGLIONI, 1994). Entre 1999 y 2000, mediante convenio de investigación entre la Región de Las Marcas y IUAV, elaboró el *Codice di Pratica (Linee Guida) per la progettazione degli interventi di riparazione, miglioramento sismico e restauro dei beni architettonici danneggiati dal terremoto umbro-marchigiano del 1997* (DOGLIONI, 2000).

La prevención sísmica había sido abordada con discontinuidad hasta el año 2003 fecha de entrada en vigor de la *Orden del Presidente del Consejo de Ministros n. 3274, de 20 de marzo*, por la que se establecieron normas para la evaluación de daños y se obligó a realizar la verificación sísmica en edificios relevantes. Un año después se aprueba el *Código de los bienes culturales y del paisaje aprobado por Decreto Legislativo de 22 de enero de 2004, n. 42*. En relación a las intervenciones sobre los bienes protegidos, el artículo 29 precisa que para los bienes inmuebles situados en zona sísmica, la restauración debe reflejar el tipo de intervención para el adecuado comportamiento estructural frente al sismo, estableciendo que el Ministerio debía definir, con la colaboración de las Regiones así como de las Universidades e Instituciones líneas de trabajo, normas técnicas, criterios y modelos de intervención en materia de conservación de los bienes culturales.

En 2005, de acuerdo con lo establecido en el art. 3 de la *Orden del Presidente Consejo de Ministros n. 3431 de 3 de mayo de 2005*, se promulga un acuerdo institucional entre el Departamento de Protección Civil y el Ministerio para los Bienes y Actividades Culturales (Dirección General de Bienes Culturales y Paisaje), destinado a la elaboración de directrices para la aplicación de la normativa técnica en las Regiones con especial atención para el patrimonio cultural.

1 Gruppo Nazionale per la Difesa dai Terremoti.

La propuesta para las *Directrices para la evaluación y reducción del riesgo sísmico del patrimonio cultural* fue elaborada por un equipo multidisciplinar,² definiendo un proceso para evaluar la seguridad sísmica en edificios protegidos en relación a sus características históricas y constructivas, y proponiendo las intervenciones más adecuadas para mejorar el comportamiento estructural frente al sismo. El marco científico y metodológico a seguir fue definido en marzo de 2006, comenzando un largo proceso institucional necesario para dar validez al contenido en las Directrices.

Las *Directrices para la evaluación y reducción del riesgo sísmico del Patrimonio Cultural* fueron aprobadas por el Consejo Superior de Obras Públicas en la Asamblea General de 23 de julio de 2010, prot. N.º 92 y es la adaptación de la *Directiva del Presidente del Consejo de Ministros para la valoración y reducción del riesgo sísmico del patrimonio cultural del 12 de octubre de 2007* a las nuevas Normas Técnicas para la Construcción (NTC) (D. M. 14 de enero de 2008). El documento es un instrumento de orientación y de metodología para las intervenciones dirigidas a reducir el riesgo sísmico en el ámbito del patrimonio cultural protegido.

Las Directrices han sido redactadas con la intención de especificar un proceso de valoración del nivel de seguridad entre la acción sísmica y el proyecto de intervención, análogo a las intervenciones en los inmuebles no protegidos pero adaptado a las exigencias del patrimonio cultural. La finalidad es la de formular la valoración final sobre la seguridad y conservación garantizada por la intervención y la mejora del comportamiento estructural.

Mediante *Circular n. 26/2010 de la Secretaria General del Ministerio para los Bienes y la Actividad Cultural* publicada el 19 de enero de 2011 se facilitó la comprensión de las Directrices con una serie de Anexos que tienen carácter de ejemplo de aplicación a algunos de los edificios históricos, así como esquemas para la verificación sísmica. Los diversos capítulos de este documento dan indicaciones para definir la acción sísmica en relación al sitio, el uso y la capacidad de la estructura, mediante un correcto conocimiento y modelización del edificio (MARTÍNEZ, 2015).

Posteriormente, fue promulgada la *Directiva de 12 de diciembre de 2013* actualizada por la *Directiva de 23 de abril de 2015 del Ministerio de Bienes Culturales, de la Actividad Cultural y del Turismo*, mediante la que se establecen los procedimientos para la gestión de la seguridad y salvaguardia de los bienes del patrimonio cultural en caso de emergencias derivadas de catástrofes naturales. La Directiva está diseñada para garantizar la máxima agilidad y eficacia en las acciones destinadas a salvaguardar el patrimonio cultural, trabajando de manera coordinada, de acuerdo con protocolos específicos entre el Ministerio de Bienes Culturales, de la Actividad Cultural y

2 Coordinación del arquitecto Roberto Cecchi y el profesor Gian Michele Calvi.

del Turismo, y del Servicio de Nacional de Protección Civil, así como con el resto de órganos centrales y periféricos.

4. LA IMPORTANCIA DE LA TIPOLOGÍA EN LA SEGURIDAD SÍSMICA

En el sismo del 2011 de Lorca las estructuras de los bienes culturales inmuebles se vieron sometidas a un movimiento orientado en la dirección noroeste-sureste perpendicular a la Falla de Alhama de Murcia (FAM), produciéndose la mayor intensidad de las deformaciones entre los ejes N145E y N195E. El grado de afección de los diferentes elementos arquitectónicos dependió de su posición respecto a dicha orientación media noroeste-sureste.

El comportamiento estructural de las edificaciones históricas depende de la geometría, la técnica constructiva, la ejecución de los elementos arquitectónicos y la calidad de los materiales. De estos factores, la geometría, y más concretamente la disposición en planta y la altura condiciona el modo de vibración del edificio, determinando así los desplazamientos con los que poder disipar la energía. Asimismo, el comportamiento estructural está condicionado por las características geológicas y estratigráficas locales así como los cambios en la topografía, factores determinantes en el movimiento del suelo, pudiendo producir efectos de amplificación del movimiento sísmico.

La torre Alfonsina, de fábrica de mampostería regular dispuesta en hiladas y cronología fechada en el siglo XIII (MARTÍNEZ, 2003, p. 118), está situada en la cota más alta del cerro del castillo y en el cambio de su topografía. El excepcional comportamiento frente al sismo está motivado por su disposición simétrica en planta con machón central macizo y bóvedas de ladrillo a rosca de tradición bizantina, donde son prácticamente coincidentes el centro de gravedad de masa y el centro de torsión, originando que los esfuerzos debidos a esta excentricidad sean mucho menores. Igualmente, por la posición de sus lados mayores perpendiculares a la orientación noroeste-sureste de orientación media del movimiento del terreno, siendo la cara noroeste un potente muro en los tres cuerpos de la torre, que carece de la pérdida de sección por la posición de la escalera que se desarrolla entre los muros exterior e interior de las caras noreste, sureste y suroeste y parte del noroeste en el último tramo de salida a la cubierta (Lám. 1) (MARTÍNEZ y GRANADOS, 2013).

El Palacio de Guevara es de planta cuadrada con patio central y doble crujía, siendo la crujía que conforma el patio de dos alturas y la crujía exterior de tres plantas con sótano en las alas noreste y sureste. Construido en el siglo XVII, se encontraba iniciado en 1672 y la escalera construida en 1691, siendo finalizada la portada en 1694 (BRAVO, 2011). Los dos pisos del patio

fueron proyectados como galerías abiertas, cerrándose el cuerpo superior en su ejecución en 1690 (Lám. 2). Los daños ocasionados por el sismo de 2011 fueron leves motivado por su configuración en planta con disposición de muros ortogonales entre sí y con presencia de forjados intermedios, habiendo sido esencial este «comportamiento de caja» para resistir las acciones sísmicas.

Lámina 1. Torre Alfonsina. Situación topográfica en el cerro del castillo de Lorca.

Lámina 2. Palacio Guevara. Planta cuadrada con patio central y doble crujía.



5. LA RESTAURACIÓN DE LOS BIENES CULTURALES DE LORCA EN EL SISMO DEL 2011

Las estructuras históricas de Lorca se caracterizan por la presencia de muros de sillería, así como de mampostería de piedra con verdugadas de ladrillo, de bóvedas tabicadas construidas sin cimbra, de cubiertas de madera con cerchas de par e hilera, de pares o con vigas apoyadas en los muros levantados sobre los arcos fajones, con utilización de materiales como el ladrillo, la cal y el yeso.

5.1. La reconstrucción de la volumetría

Tras el terremoto de Lorca de 2011, y en el marco del Plan Director de Recuperación del Patrimonio Cultural de Lorca, se han realizado actuaciones de reconstrucción del volumen del cuerpo superior de la torre del Espolón, de la cabecera de la iglesia de Santiago, del último cuerpo de la torre campanario de la iglesia de la Virgen de las Huertas, de las torres campanario de la capilla del Rosario e iglesia del convento de las Clarisas, así como de la planta primera de la Estación de Renfe.

Se ha reconstruido la volumetría de la torre del Espolón con el mismo tipo de fábrica de mampostería regular dispuesta en hiladas con un enripiado del mismo material y esquinas con fábrica de sillería, recuperando la altura previa y prescindiendo de la ejecución de las almenas (Lám. 3). En esta reconstrucción se ha consolidado la geometría posterior al sismo, visible en el desplazamiento de las caras de la torre por la fractura de esquina noroeste,

Lámina 3. Torre del Espolón. Desplazamiento de la cara norte de la torre por la fractura de esquina noroeste.

Lámina 4. Iglesia de Santiago. Reconstrucción del crucero: arcos, tambor, pechinas y bóvedas tabicadas del crucero y de las capillas anexas.

tanto en los muros de cerramiento interiores como exteriores, y el cambio de curvatura del nervio de la bóveda del segundo cuerpo (JURADO, 2016).

La reconstrucción del crucero de la iglesia de Santiago ha sido una actuación de enorme singularidad por su gran volumen restituido: arcos del crucero, tambor, pechinas y bóvedas tabicadas de los brazos del crucero, así como las bóvedas de las capillas a ambos lados del altar mayor (Lám. 4). En el caso de la cúpula, para reducir peso, se ha ejecutado con estructura de madera con la misma volumetría y acabado exterior en teja curva, permaneciendo su imagen previa al sismo de 2011.



En la intervención se han utilizado materiales y técnicas tradicionales, se ha reducido peso y se han eliminado los elementos rígidos en cubierta. El proceso constructivo ha consistido en la reconstrucción de los muros parcialmente desplomados mediante fábrica cerámica y pétreo hasta alcanzar su cota anterior, de los arcos del crucero con fábrica de ladrillo a sardinel, el tambor con ladrillo hueco, estructura de la cúpula y cubierta con perfiles de madera laminada y tableros de madera y cubiertas del crucero (DE LA HOZ, 2016). Los arcos formeros reconstruidos son de ladrillo macizo a sardinel de 2,5 pies de canto y de espesor (65 por 65 centímetros) compuestos de 210 roscas cada uno, de hiladas de ladrillo combinadas y ejecutadas sobre cuatro grandes cimbras previo saneado de los arranques. Para la reconstrucción de los muros se han incorporado los sillares recuperados a la ejecución con nuevos sillares de piedra tallada. La construcción de las cuatro pechinas se realizó disponiendo las hiladas de ladrillo desplazadas cada una sobre la siguiente, originando así un vuelo superior a los 2 metros hacia el centro de la cúpula y resultando una circunferencia interior de 9,80 metros de diámetro de apoyo del nuevo tambor sobre el que se eleva la cúpula.

El último cuerpo de ladrillo y el cupulín de la torre de la iglesia de Virgen de las Huertas colapsaron produciéndose el desplome del material sobre las cubiertas de la iglesia y el entorno próximo de la plaza. La recuperación de este último cuerpo de la torre y cupulín se ha ejecutado con chapa metálica prelacada en el cuerpo de la torre y con acero corten en el cupulín (Lám. 5). Las diferentes piezas fueron ensambladas y atornilladas *in situ* con sistemas de holgura para dilataciones y arriostradas a un zuncho de hormigón

realizado sobre cajeadado en la coronación de la fábrica de ladrillo de la torre (JURADO, 2016).

El torreón sur de la capilla del Rosario sufrió la fractura horizontal con desplazamiento de sus cuatro pilastras, procediéndose en fase de emergencia a su demolición con medios manuales. Ha sido reconstruido con las mismas dimensiones mediante fábrica de ladrillo macizo similar, estructura de madera para la formación de pendientes, ejecución del alero y retejado de los faldones de cubierta (Lám. 6) (CARTAGENA, 2016).

Igualmente, la reconstrucción de la espadaña de la fachada principal de la iglesia de San Diego, que volcó sobre el atrio de la misma, se ha realizado con idéntica volumetría, reforzando el volumen reconstruido con estructura metálica y chapa perforada (GÓMEZ *et al.*, 2016).

La reconstrucción del edificio de viajeros de la Estación de Lorca-Sutullena se ha realizado recuperando volumétricamente el cuerpo central con las mismas dimensiones originales y tipología de fachadas (Lám. 7). En el interior no se ha mantenido el forjado intermedio del *hall*, creando así un espacio a doble altura en este cuerpo central, arriostrando las fachadas mediante pórticos metálicos y zuncho de hormigón a nivel de forjado de plantas (Lám. 8). Igualmente, se ha rehabilitado la marquesina desplomada conforme al proyecto original de la Estación de Ferrocarril (GARCÍA, 2016).

La recuperación del patrimonio cultural de Lorca, en el marco del Plan Director, ha supuesto la intervención en otros bienes culturales inmuebles cuyas bóvedas y cubiertas habían desaparecido en décadas anteriores, con criterios de intervención similares en relación a la recuperación de su volumetría original. Estos son las iglesias de Santa María y San Pedro, las murallas del castillo en el área oriental y el torreón 9 de la muralla de Lorca.

En la iglesia de Santa María se han iniciado las obras para la recuperación de la volumetría exterior mediante cubierta inclinada a dos aguas con teja curva, con faldones con la misma pendiente de los originales y altura de cumbrera (Lám. 9). La estructura de madera laminada de cubierta, será visible desde el interior, apoyada sobre los muros y pilastras existentes, introduciendo para su apoyo la cuarta pilastra en estructura metálica revestida de chapa de acero corten con la misma geometría cilíndrica y de proporciones similares a las tres preexistentes (PASTOR, 2016).

La longitud de los lienzos de la muralla del castillo de Lorca restaurados, situados entre la Puerta del Pescado y el extremo sureste frente a la ermita de San Clemente, es de unos 250 metros lineales. El criterio adoptado para la restauración de los lienzos ha dependido de su situación previa al sismo del 2011. En los tramos de mampostería no afectados por pérdidas completas de cierre, ha sido utilizada la fábrica de piedra y cal similar a la existente, procurando evitar el acabado lineal en las coronaciones, terminando la mampostería de modo irregular dado que se desconoce altura y remates originales

de forma precisa (Lám. 10). Los tramos que han desaparecido con anterioridad, han sido reconstruidos con hormigón ciclópeo de cal encofrado con tablilla delgada en un plano más retrasado, quedando totalmente visible su aspecto distinto y contemporáneo, con un acabado geométrico más regular (JURADO, 2016).

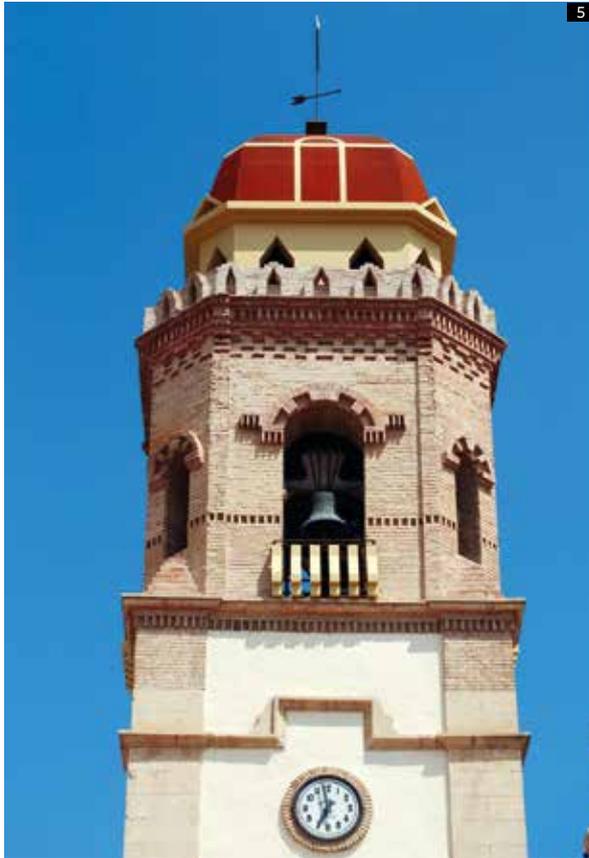


Lámina 5. Iglesia de Virgen de las Huertas. Recuperación volumétrica del último cuerpo de la torre y cupulín.

Lámina 6. Capilla del Rosario. Reconstrucción del torreón sur.

Lámina 7. Estación de Lorca-Sutullena. Recuperación volumétrica del cuerpo central de la edificación.

Lámina 8. Estación de Lorca-Sutullena. Espacio interior a doble altura del cuerpo central.



Lámina 9. Iglesia de Santa María. Recuperación de la cubierta inclinada con estructura de madera laminada.

Lámina 10. Muralla del castillo. Restauración de lienzos y reconstrucción con hormigón ciclópeo de cal.

Lámina 11. Torreón T-9 de la muralla de Lorca. Recuperación volumétrica y restos arqueológicos visitables en el nivel inferior.

El torreón T-9 de la muralla de Lorca situado al final de la calle Cava, se desplomó a causa de fuertes lluvias del año 2007. El proyecto redactado tras el sismo del 2011 contemplaba su restitución al objeto de completar el trazado de la muralla. De manera previa a la intervención se podían apreciar los restos de los muros perimetrales del torreón en la zona correspondiente a la calle Cava como continuación de la cortina 17 de la muralla. Los restos hallados en la excavación arqueológica supusieron un cambio en el proyecto inicial, al resultar incompatible su conservación y puesta en valor con la estructura prevista (PARDO *et al.*, 2016). Tras el modificado, los muros del cerramiento perimetral de la torre son de mampostería en dos lados y de hormigón en los otros dos. La estructura es metálica de perfiles normalizados con cuatro pilares vistos en el interior del torreón, con dos niveles de forjado y cimentación profunda mediante micropilotes. En el nivel inferior se consolidaron y dejaron vistos los restos arqueológicos con acceso mediante una pasarela de estructura metálica con pavimento de vidrio (Lám. 11).

La intervención que se está desarrollando en la iglesia de San Pedro contempla la consolidación de la torre, portada gótica y muros de cierre preexistentes, reconstruyendo volumétricamente la iglesia con nuevos materiales en cerramientos exteriores e interiores que se suspenden de una estructura metálica y se apoyan sobre los restos de los muros y bóvedas, realizando una abstracción de sus volúmenes, al no recrear los faldones de cubierta a dos aguas en la nave central y a cuatro aguas en la capilla mayor (CHACÓN, 2016).

En la iglesia de San Juan se ha proyectado la consolidación de las fábricas y bóveda así como la restauración de cornisas, pilastras, revestimientos y pinturas murales. Los volúmenes de las cubiertas de la nave central, laterales y sacristía de la iglesia se completarán con una estructura de madera laminada, con vigas de sección curva en la parte inferior con la misma geometría que los arcos fajones, correas, tablero fenólico y cubierta de zinc, recuperando así la imagen histórica que ha tenido la iglesia en el perfil del cerro del castillo (Lám. 12) (JURADO, 2017).

Lámina 12. Iglesia de San Juan. Recuperación de la cubierta inclinada con estructura de madera laminada.



5.2. Los morteros de cal en la restauración de elementos arquitectónicos

El mortero de cal como material de inyección y relleno para la consolidación de fisuras y grietas ha sido utilizado profusamente en las restauraciones de los bienes culturales tras el sismo de Lorca de 2011 por su comportamiento elástico y su compatibilidad con el resto de materiales. La reparación de grietas y fisuras en fábricas ha consistido en el llenado de mortero de cal hidráulica en el interior de los muros y el cosido de grietas mediante varillas de fibra de vidrio con relleno de morteros, también de cal hidráulica, para regularización. La consolidación de fábricas de mampostería se ha realizado mediante la reducción de huecos en el interior de dichos muros, ejecutando el llenado con mortero muy fluido de cal hidráulica, introduciéndolo en las mismas grietas o en taladros realizados mediante pequeños tubos o berenjenos de PVC flexibles, añadiendo en algunos casos resina acrílica en emulsión para favorecer la adherencia.

En la torre del Espolón, la utilización de mortero de cal hidráulica ha sido relevante en su restauración. Dado el riesgo de colapso de la esquina noroeste, en fase de emergencia, el mortero de cal hidráulica ha sido utilizado profusamente rellenando las grietas sin ningún sistema adicional de traba (Lám. 13). Las bóvedas a rosca de ladrillo del segundo cuerpo se han consolidado con mortero de cal y se han reforzado por su trasdós con mortero de cal mezclado con fibra de polipropileno. El macizado sobre las bóvedas se ha ejecutado con zahorra y cal mezclada en seco, separando con geotextil

del extradós de las bóvedas y completando el volumen hasta el nivel de la terraza superior (Lám. 14) (JURADO, 2016).

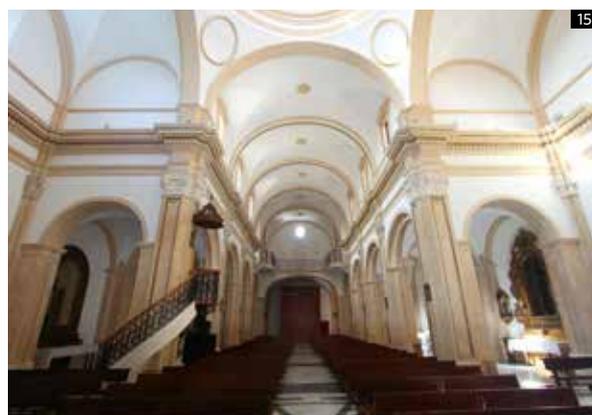
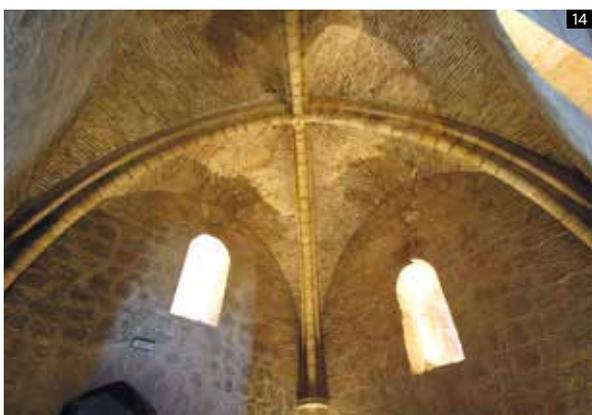
El cosido de grietas en fábricas de mampostería y sillería se ha realizado, de forma generalizada, mediante las operaciones de descarnado y picado previo de grietas, aspiración para eliminación de polvo, lavado mediante consolidante de resinas acrílicas e inyección en el espesor de la grieta de lechada de cal hidráulica con adición de resinas epoxídicas. Posteriormente, se han ejecutado taladros sobre el paramento en forma de aspa, cruzados en diagonal sobre la línea de la grieta ya saturada, y se han introducido varillas corrugadas de fibra de vidrio, rellenando el espesor del taladro hasta la saturación con lechada de cal hidráulica con resinas epoxídicas. La consolidación final se ha realizado mediante retacado y rejuntado de la fábrica (Lám. 15) (DE LA HOZ, 2016).



Lámina 13. Torre del Espolón. Consolidación de muros con mortero de cal hidráulica.

Lámina 14. Torre del Espolón. Restauración de bóvedas del primer cuerpo con mortero de cal hidráulica.

Lámina 15. Iglesia de Santiago. Consolidación de fábricas de mampostería y sillería.



En las fábricas de sillería de la colegiata de San Patricio, características por ser muros a base de grandes sillares en sus dos hojas con un relleno de cantos y apisonado de argamasa y cal, se ha ejecutado la unión entre las caras de los muros en las zonas dañadas impidiendo que actúen como varias hojas y cosiendo las grietas diagonales en los muros contrafuertes (Lám. 16) (DE LA HOZ, 2016). La consolidación estructural de los arcos de ladrillo se ha realizado mediante la introducción de cuñas de madera hasta asegurar la unión entre caras de ladrillos separadas, reparando simultáneamente los ladrillos desplazados mediante inyección de mortero de cal hidráulica de

consistencia fluida, con acabado final de yeso o cal, completado con cosidos en algunos casos. Las fisuras se han llenado por gravedad o con inyección de mortero de cal fluida, colocando una protección inferior para evitar la pérdida de mortero. Las bóvedas de la girola y las de la nave central y laterales de la colegiata son de una sola rosca. La reparación ha consistido en el retacado de las grietas, la sustitución de los ladrillos rotos así como los que se encontraban a ambos lados de la separación, y aplicación de capa de mortero de cal tendida a mano sobre su trasdós (Lám. 17 y 18) (DE LA HOZ, 2016).



Lámina 16. Colegiata de San Patricio. Consolidación de fábricas de sillería.

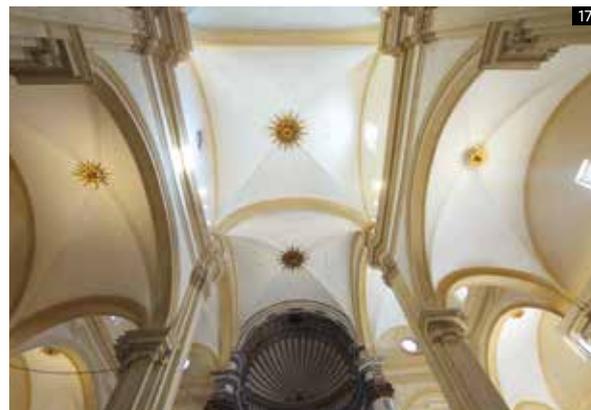


Lámina 17. Colegiata de San Patricio. Restauración de bóvedas tabicadas de una rosca de la nave central y laterales.

Lámina 18. Colegiata de San Patricio. Restauración de bóvedas tabicadas de una rosca de la nave central y laterales.



La reparación de las bóvedas de ladrillo tabicadas de dos roscas del claustro de San Francisco se ha realizado mediante la retirada de los ladrillos rotos, así como los que se encuentran a ambos lados de la grieta. La restitución de las roscas se ha realizado tomando la inferior con mortero de yeso y las superiores con el mismo material de la bóveda original (cal, yeso, o trabadillo de cal y yeso), utilizando los mismos ladrillos del desmontaje.

En la iglesia del Carmen, la recuperación de la bóveda del coro se ha realizado recomponiendo los dos tableros contrapeados de ladrillo recibidos con pasta de yeso negro, con apoyo mediante cimbras de madera y ejecución de una armazón de barras corrugadas con la traza de la bóveda. Se han reparado los apoyos y relleno de hombros, con posterior enlucido del intradós de la bóveda para su regularización (DE LA HOZ, 2016).

La grieta horizontal de la cúpula tabicada de dos roscas de la iglesia de la Virgen de las Huertas ha sido consolidada con mortero de cal hidráulica

en la zona fracturada (Lám. 19). La restauración de la cúpula de una rosca de la iglesia de San Francisco ha consistido en la reposición de ladrillos con rejuntado con mortero de cal, con apoyo de una estructura interior de apeo formada por perfiles de acero (Lám. 20 y 21).

Las escaleras de las casas palacio representativas de la arquitectura civil de Lorca están ejecutadas mediante el sistema de bóveda tabicada de hasta tres rocas de ladrillo, con un desarrollo de cuatro tramos en la caja de escalera culminada en altura por un torreón para iluminación. La reparación de las bóvedas de escalera se ha realizado mediante la recuperación del trabado de los tableros contrapeados de ladrillo entre sí y con los muros perimetrales, recibidos con pasta de yeso negro el primero y con mortero de cemento el segundo. En los casos de rotura, se han colocado ladrillos nuevos con capa de mortero en el trasdós de la bóveda. En algunos casos se ha realizado un cosido mediante varillas corrugadas de fibra de vidrio ejecutado con radial en el espesor de la bóveda de escalera o con taladro si es la unión con los muros.



Lámina 19. Iglesia de Virgen de las Huertas. Restauración de cúpula y bóvedas tabicadas de dos roscas.

Lámina 20. Iglesia de San Francisco. Restauración de cúpula tabicada de una rosca.

Lámina 21. Iglesia de San Francisco. Restauración de bóvedas tabicadas.



5.3. Sistemas de arriostramiento y rigidización

Las intervenciones de mejora sísmica en las restauraciones de elementos estructurales del patrimonio cultural de Lorca se han realizado mediante arriostramiento con perfiles metálicos, varillas roscadas de acero y bandas de tejido FRP (material polimérico fibroreforzado).³ Para la rigidización se han aplicado mallas de fibra de vidrio.

5.3.1. Torres campanario

El arriostramiento interior del cuerpo de campanas de la torre de la iglesia de San Francisco se ejecutó, en fase de emergencia, con estructura metálica empleando perfiles normalizados U y varillas roscadas de acero atornilladas por el interior, con placas de anclaje y tuercas embutidas en el cajeadado realizado en el sillar por el exterior, que han quedado ocultas mediante una pieza de cantería. El chapitel se ha reconstruido, previa demolición manual de la fábrica de ladrillo macizo dañada, con dos tableros contrapeados de ladrillo recibidos con pasta de yeso negro sobre cimbras de madera, reforzando interiormente con una estructura de perfiles de acero anclados a la fábrica del cuerpo superior de la torre. Igualmente, en el campanario de la capilla del Rosario se ha realizado la rigidización estructural interior mediante perfiles metálicos, tanto en elementos verticales como zunchado horizontal, anclados a muros existentes.

La reconstrucción del chapitel de la torre de la iglesia de San Mateo consistió en la ejecución de un nuevo arranque en madera mediante la instalación de durmientes y cuadrales ensamblados a media madera para el paso de la base cuadrada de la torre a la octogonal del nuevo chapitel, construido a base de faldones inclinados de medio pie de espesor (DE LA HOZ, 2016).

Para el refuerzo estructural de la torre de la iglesia de Santa María se ha mantenido la estructura metálica interior de perfiles normalizados arriostrada en cada cuerpo en las dos diagonales, realizada en las actuaciones de emergencia tras los movimientos sísmicos de 2011, y se ha completado con la ejecución de zunchos metálicos a nivel del forjado de 2.^a y 3.^a planta, que formará parte de la estructura del forjado de cada una de las dos nuevas plantas de la torre (PASTOR, 2016).

La intervención de mejora sísmica de la torre campanario de la iglesia de San Cristóbal ha consistido en el arriostramiento mediante tirantes de acero y bandas de fibra de carbono. El refuerzo superior de la torre se ha realizado

3 FRP. *Fiber Reinforced Polymer*. Compuesto de matriz polimérica en que la matriz está constituida por una resina epoxídica mientras que los refuerzos pueden estar constituidos por fibras de carbono (CFRP) o fibras de vidrio (GFRP).

mediante cuatro barras Gewi embebidas en el espesor del muro mediante perforaciones de diámetro 50 milímetros pasantes de un extremo a otro de la fachada, colocación de tendones de barra y relleno con mortero fluido de cal, y realización de cajeadado en el ladrillo para la colocación de las placas de anclaje de acero inoxidable en los extremos, rellenando este cajeadado con mortero de cal para ocultar la placa. El refuerzo inferior de la torre se ha realizado mediante bandas de fibra de carbono, para lo que se ha picado la zona con un ancho de 20 centímetros para la aplicación de una capa de 2 centímetros de mortero de cal sobre la zona de refuerzo, la adhesión de doble capa de láminas de fibra de carbono con resinas epoxídicas y colocación de una capa de mortero sobre las bandas de fibra de carbono (TORMO y BOIGUES, 2016).

5.3.2. Fachadas monumentales

La construcción de la fachada monumental de la colegiata de San Patricio fue iniciada en el año 1694, veinte años después del terremoto de 1674 (MUÑOZ *et al.*, 2012). En su ejecución se dispusieron cadenas de atado o engatillado para la unión de esta fachada con las laterales, consistente en bloques de sillería de traba entre ambas fábricas. Estos bloques sufrieron desplazamientos en sismos anteriores y se han movido igualmente en el sismo de mayo de 2011 (Lám. 22) (DE LA HOZ, 2012).

En la fachada principal de la iglesia del Carmen, formada por dos cuerpos separados por una cornisa, con tres vanos que se corresponden con las tres naves de la iglesia y rematada por un frontón curvo, se constató el inicio de vuelco de la misma hacia la calle. Con las mediciones efectuadas se confirmó el desplazamiento de la vertical de 8 milímetros en los cuatro puntos en los que se realizó la medición (Lám. 23). Se ha asegurado la estabilidad uniendo la fachada con las fábricas de la nave principal y laterales, perpendiculares a la fachada, mediante la ejecución de taladros desde el exterior con una longitud media de 9 metros, practicados mediante máquina de perforación, para la introducción de varillas de acero AEH-500S con mortero de cal hidráulica y roscado a una placa exterior fijada con tuerca y finalmente cubierta con una tapa de piedra patinada como el resto de la fachada, formando llaves de atado que soporten esfuerzos de tracción entre fábricas (Lám. 24) (DE LA HOZ, 2016).

El arriostramiento del cuerpo superior de la fachada se ha realizado mediante una estructura de perfiles UPN 200 y tubulares, siguiendo la traza del tímpano, más otras dos líneas de perfiles horizontales incrementado con unos jabalcones inclinados anclados a la estructura muraria y al primero de los contrafuertes (Lám. 25). La unión entre la fachada principal y la cubierta ha consistido en triangulaciones con cruces de San Andrés de acero roscado Gewi-500 de 20 milímetros de diámetro nominal y 10 metros de longitud, con dos mecanismos de tesado por barra para asegurar la indeformabilidad de la estructura en la parte alta de la fachada, evitando que se pueda desplazar al quedar unida con esta estructura triangulada bajo la cubierta.

Lámina 22. Colegiata de San Patricio. Unión de la fábrica de la fachada principal con las laterales, mediante bloques de sillería de traba.

El arriostramiento de la fachada principal de la iglesia de San Diego se ha realizado igualmente mediante la ejecución de taladros desde el exterior en las esquinas de la fachada, perpendiculares a la misma y embebidos en los muros laterales, para colocación de anclajes de varilla de acero en ambos sentidos perpendiculares con una longitud de 2 y 1,50 metros, con varillas de acero B 400 S y resinas epoxídicas, dispuestos uno por cada sillar perpendicular al muro de fachada a una distancia de unos 30 centímetros desde la esquina (Lám. 26) (GÓMEZ *et al.*, 2016).

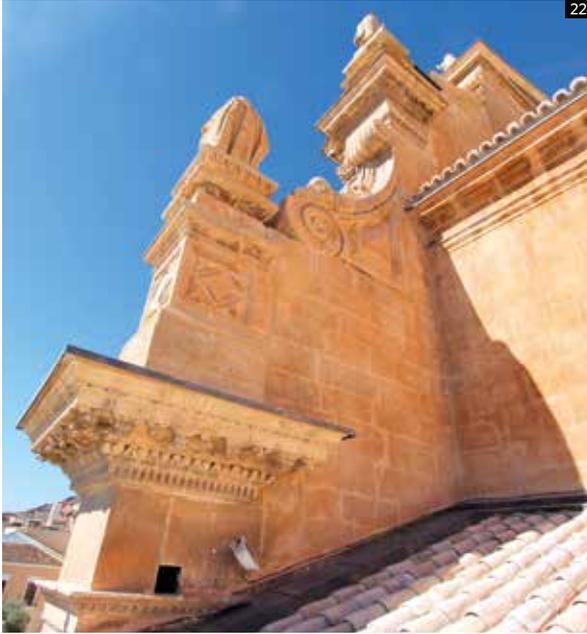


Lámina 23. Iglesia del Carmen. Unión de la fachada principal con las fábricas de la nave principal y laterales.

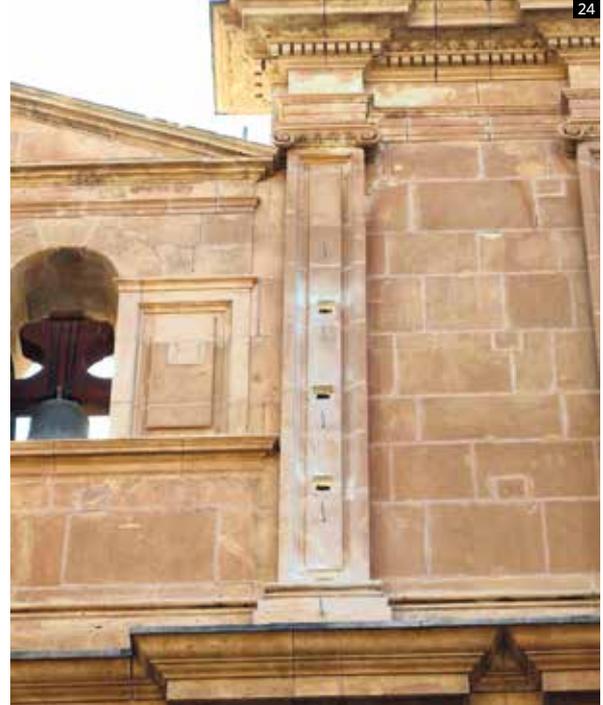


Lámina 24. Iglesia del Carmen. Ejecución de taladros para la introducción de varillas de acero con mortero de cal hidráulica y roscado a placa exterior.



Lámina 25. Iglesia del Carmen. Arriostramiento del cuerpo superior de la fachada mediante perfiles horizontales con jabalones inclinados anclados a la estructura muraria.

Lámina 26. Iglesia de San Diego. Unión de la fachada principal mediante ejecución de taladros para la introducción de varillas de acero.



5.3.3. Portadas

La portada renacentista de la iglesia del antiguo convento de la Merced es uno de los pocos elementos que se conservan del enorme y destacado complejo conventual. La portada y camarín de la iglesia, junto con el claustro barroco fueron restaurados e incorporados a la obra nueva realizada el año 2000 para sede de la Gerencia de Urbanismo del Ayuntamiento de Lorca, conservando el acceso a través de la portada renacentista para el centro de visitantes de Lorcatour. Tras el sismo de 2011 se constató el inicio de vuelco de la fachada de la iglesia de fábrica de mampostería con verdugadas de ladrillo donde se inserta la fábrica de sillares que conforman la portada renacentista, con un desplome en coronación de unos 10 centímetros, manifestado en las grietas de separación en cubierta y en la apertura de juntas de los sillares del arquitrabe, frontón y pilastras de la portada, con fisuras en algunas de las piezas de sillería. La restauración de la portada se ha realizado desmontando los sillares de la zona superior para su posterior recolocación y arriostramiento a la estructura de hormigón existente tras la fachada que forma parte de la obra nueva ejecutada. La consolidación de los sillares labrados fisurados de la portada se ha realizado con resinas epoxídicas (GRANADOS *et al.*, 2016).

La portada barroca de la iglesia de San Cristóbal sufrió el vuelco del sillar central del cuerpo superior con grietas verticales en la unión de los sillares que conforman el escudo. El refuerzo de la portada se ha realizado actuando por la parte trasera mediante un cosido con varilla de fibra de vidrio, solidarizando este cuerpo superior al resto de sillares (TORMO y BOIGUES, 2015).

5.3.4. Esculturas, pináculos y balaustradas

En la fachada barroca de la colegiata de San Patricio gran parte de las esculturas y pináculos de los contrafuertes sufrieron roturas y giros en los bloques de sillería. El vuelco de cinco de los florones del remate de la torre originó la rotura de las cubiertas y plementería de las bóvedas del primer tramo de la girola y de la capilla anexa a la sacristía. En fase de emergencia se retiraron todos los elementos escultóricos de la fachada que habían caído así como el resto de piezas pétreas inestables (Lám. 27). La restauración de las esculturas dañadas ha consistido en la unión de sus distintas piezas entre sí y a los soportes para evitar nuevas caídas. La reparación de los sillares se ha realizado en taller mediante la adición de piezas de piedra o de mortero, en el caso de pequeños fragmentos, y mediante talla de piezas con labra sencilla, para las pérdidas del sillar completo, siendo recolocados en la fachada y anclados con varillas de fibra de vidrio (Lám. 28) (DE LA HOZ, 2016).

En la fachada de la iglesia del Carmen, las esculturas de Santa Teresa y San Elías se desplomaron fracturándose en gran cantidad de fragmentos la primera, y el brazo derecho y la cabeza la segunda. Las primeras actuaciones

de emergencia consistieron en recoger y clasificar todos los fragmentos que fueron acopiados en sacos para su recomposición en taller, trasladando igualmente los sillares que habían quedado en el frontón. La restauración se ha realizado incorporando nuevos sillares labrados en sustitución de los desaparecidos, utilizando prótesis de piedra en los trozos rotos y pequeños injertos con mortero de restauración en los puntos con faltas leves. El anclaje en la fachada se ha realizado mediante la inserción de varillas de fibra de vidrio (Lám. 29) (DE LA HOZ, 2016).

Lámina 27. Colegiata de San Patricio. Restauración de esculturas mediante unión de las piezas entre sí y a los soportes para evitar desplomes.

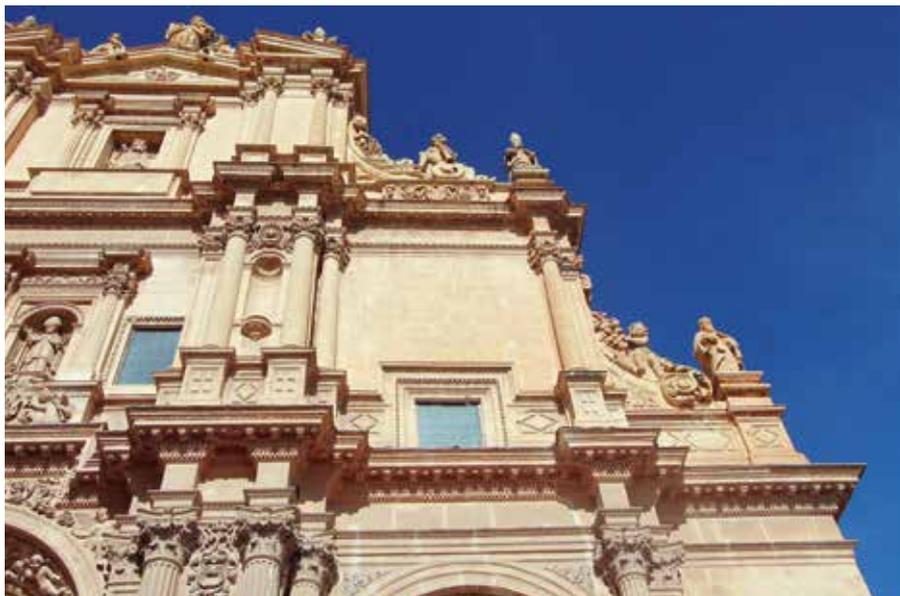


Lámina 28. Colegiata de San Patricio. Reparación de sillares de la escultura mediante talla de piezas con labra sencilla para la pérdida del sillar completo.



Lámina 29. Iglesia del Carmen. Escultura de Santa Teresa. Restauración con nuevos sillares labrados, fragmentos de piedra y mortero de restauración.

En el remate de la torre de la iglesia de Santa María, el arriostramiento de la balaustrada y de los sillares de cornisa, una vez restituidas las piezas perdidas, se ha proyectado mediante un sistema de ganchos que atraviesan puntualmente los balaustres y se anclan al pavimento de la cubierta. En el exterior, estos ganchos van soldados a una chapa de acero que sujeta perimetralmente la cornisa. Las piezas quedan aseguradas mediante otros ganchos verticales alternados con los anteriores y tensados gracias a su sujeción a una chapa en L de acero trasera, colocada perimetralmente entre el pavimento y los balaustres (PASTOR, 2016).

La rigidización de la balaustrada y pilastras de piedra artificial de la primera y segunda planta de la Cámara Agraria se ha ejecutado con varillas de acero inoxidable (Lám. 30) (SANTIUSTE, 2016), así como la reposición de la balaustrada del remate de fachada y balcón principal de la Casa López de Teruel.

De entre los panteones históricos del cementerio de San Clemente destaca el panteón de Adela Cachá, que es un ejemplo del estilo neogótico, construido en 1919 en fábrica de sillería. Los daños producidos por el sismo consistieron en grietas diagonales en los muros orientados a noroeste (fachada principal y posterior), con desplazamiento de sillares afectando al rosetón y arco de la puerta de acceso, cornisas y piezas de crestería, así como a la cruz y los pináculos. Para su restauración fueron colocados unos perfiles de estructura metálica y un zuncho perimetral también metálico, que permitió la recolocación de los sillares de forma que se han podido consolidar las grietas, previa fijación de los mismos con varillas de fibra de vidrio. Las cornisas, cresterías y pináculos perdidos en el remate de fachada se han elaborado en piedra artificial para permitir su diferenciación. El trabajo más destacado ha sido la recuperación de la tracería del rosetón que tuvo que ser enyesada en fase de emergencia para evitar su desplome. Se ha realizado el desmontaje con apuntalado interior, siglado y talla para poder recolocar las piezas de nuevo y que quedaran adaptadas a la deformación que sufrió su perímetro (Lám. 31) (REYES y DE LA HOZ, 2016).

Lámina 30. Cámara Agraria. Rigidización de la balaustrada y pilastras.

Lámina 31. Panteón de Adela Cachá. Recuperación de la tracería del rosetón mediante desmontaje y talla para recolocación de piezas.



5.3.5. Fábricas de mampostería y sillería

En las fábricas de mampostería de numerosos inmuebles del patrimonio cultural de Lorca se disponen machones y verdugadas de ladrillo. Estas hiladas horizontales, tomadas con mortero de cal, absorben parte de los esfuerzos sísmicos. Sin embargo, en fracturas de esquina e inicio de vuelco de fachadas, para garantizar la conexión entre muros es necesario el refuerzo mediante sistemas de anclaje, priorizando la conexión de muros en esquina, así como la conexión de los forjados a muros y de las cubiertas a muros.

Las fábricas de la iglesia de San Cristóbal son de ladrillo macizo casi en todos los elementos, salvo la fachada principal que es de mampostería reforzada en esquinas con fábrica de ladrillo. La consolidación de grietas en muros interiores se ha realizado reforzando con malla de fibra de vidrio (TORMO y BOIGUES, 2016). El proceso ha consistido en el saneado de grietas, picado de zonas a reforzar con fibra de vidrio, sellado parcial de las grietas con yeso para la inyección de mortero fluido de cal hidráulica, y posterior regularizado superficial de la zona, aplicación de una primera capa de mortero de cal en la superficie a reforzar del paramento vertical, colocación de malla de fibra de vidrio sobre la capa de regularización y aplicación de la segunda capa de mortero de cal cubriendo la malla de fibra de vidrio.

La malla de fibra de vidrio ha sido utilizada igualmente para el refuerzo de las fábricas de la capilla del Rosario. En el cimborrio se produjeron fracturas de esquina con grietas en la unión entre las esquinas de ladrillo macizo y la mampostería de los muros (CARTAGENA, 2016). El refuerzo ha consistido en el retacado de las grietas con mortero de cal, inyección por gravedad en las grietas, cosido con varilla corrugada de fibra de vidrio y refuerzo de las esquinas con malla de fibra de vidrio.

La fractura de esquina de la fachada suroeste de la iglesia de San Cristóbal se ha consolidado aplicando un refuerzo superior, intermedio e inferior con bandas de fibra de carbono, aplicando primeramente una capa de mortero de cal sobre la zona de refuerzo, previo picado de la zona, la adhesión de cuatro capas de fibra de carbono mediante resinas epoxídicas y aplicación final de una capa de mortero de cal sobre las bandas de fibra de carbono (TORMO y BOIGUES, 2016). La parte central de la fachada noreste se ha realizado con el mismo procedimiento de refuerzo que la fachada suroeste.

En la Casa de los Aragón, para el arriostramiento de la esquina superior de la fachada a calle Santiago con el muro medianero se ha colocado un doble tirante metálico de acero roscado Gewi-500 de 10 milímetros de diámetro y dos mecanismos hexagonales de tesado por cada barra accionados con llave dinamométrica, con anclajes a muro mediante perfiles UPN (DE LA HOZ, 2016).

5.3.6. Arcos

Las grietas en los arcos han sido cosidas mayoritariamente con varillas corrugadas de fibra de vidrio, utilizando en algunos casos las bandas de fibra de carbono. La clave del arco más dañado del crucero de la capilla del Rosario se ha reconstruido con ladrillo macizo y mortero de cal, realizando el cosido con varillas corrugadas de fibra de vidrio (Lám. 32). El proceso ha consistido en la limpieza de la grieta, sellado inyectando mortero, cosido empleando distintos grosores de varillas y aplicación de un revestimiento de mortero de cal (CARTAGENA, 2016).



Lámina 32. Capilla del Rosario. Restauración de arcos del crucero mediante cosido de grietas con varillas corrugadas de fibra de vidrio.

En la iglesia de San Cristóbal, los arcos fajones son de doble rosca de ladrillo con un espesor total de 72 centímetros. Dada la dificultad de ejecutar el refuerzo por el extradós por insuficiencia de espacio en la cubierta, el refuerzo de estos arcos se ha realizado por el intradós con bandas adheridas de fibra de carbono con inclusión de anclajes del mismo material en el arco. El proceso de rigidización ha consistido en la eliminación del acabado superficial del intradós del arco, limpieza y saneado de grietas y fisuras con aire a presión, ejecución de taladros en el trasdós para la aplicación de mortero de cal, sellado de grietas mediante inyección a presión de mortero fluido de cal hidráulica con sellado previo con yeso de las grietas por el intradós, aplicación de mortero de cal en el intradós de los arcos con superficie irregular, realización de taladros para colocación de anclajes con profundidad de 40 centímetros, adhesión de tres bandas de fibra de carbono (600 gr/m² de tejido unidireccional de 400 por 0,33 milímetros solapadas al cien por cien una sobre otra) en el intradós del arco mediante resinas epoxídicas, colocación de cordones de fibra de carbono (fioccos)⁴ de anclaje a través de

⁴ Cuerdas unidireccionales de fibra de carbono.

la banda de fibra de carbono al tresbolillo a una distancia de 75 centímetros, extensión de una capa de resina por la superficie de la banda de fibra de carbono, que permite abrir los flecos del fiocco y solidarizarlos a la superficie de la banda con un diámetro de 40 centímetros, colocación de 2 placas de anclaje de acero inoxidable en los extremos de la banda fijadas a la fábrica mediante 3 varillas roscadas con resinas epoxi, para aplicar finalmente enlucido de yeso con espesor de 2 centímetros por el intradós del arco, recuperando el perfil original cuidando la regularidad de la curvatura (TORMO y BOIGUES, 2015).

5.3.7. Bóvedas

El refuerzo de las bóvedas tabicadas de ladrillo se ha realizado con malla de fibra de vidrio entre dos capas de mortero de cal, aplicando en algunos casos cordones de fibra de carbono (fioccos) con fijación mediante resinas epoxídicas. Previamente, las grietas se han reparado con mortero de cal y cosido con varilla corrugada de fibra de vidrio colocada con lechada de cal hidráulica con resina epoxídica.

La reparación de las bóvedas tabicadas de ladrillo de una sola hoja de la iglesia de San Diego se ha realizado con malla de fibra de vidrio, procediendo previamente a la limpieza de polvo, aplicación de capa de masilla por su cara inferior, relleno de la grieta con mortero de reparación inyectado, aplicación de mortero de reparación sobre la cara superior de la bóveda con malla de fibra de vidrio, retirada de la masilla colocada previamente, limpieza de las superficies de contacto y regularización de la cara inferior con mortero (GÓMEZ *et al.*, 2015).

En la iglesia de San Cristóbal, el refuerzo superior de la bóveda tabicada de la nave central de dos roscas de ladrillo macizo se ha realizado con malla de fibra de vidrio y mortero de cal, doblando la malla en solape vertical de 20 centímetros con anclajes de fijación en el enlace con paramentos verticales. En las bóvedas de las capillas laterales se han saneado las grietas y sellado con yeso, se ha inyectado mortero fluido de cal hidráulica realizando un refuerzo con malla de fibra de vidrio y un regularizado posterior de la superficie de la bóveda y paños verticales dañados del interior de la capilla. El refuerzo del trasdós de la bóveda de la nave central ha consistido en la consolidación y sellado del relleno de los senos con mortero de cal, realización de taladros para colocación de anclajes con una profundidad de 40 centímetros en los muros laterales, limpieza y saneado del trasdós de las bóvedas así como de las grietas y fisuras y el repicado puntual de irregularidades, colocación de fioccos de anclaje con fijación mediante resinas epoxídicas, sellado de grietas de la bóveda mediante inyección a presión de mortero fluido de cal hidráulica con sellado previo con yeso las grietas por el intradós, refuerzo superficial del extradós de la bóveda mediante el aterrajado de las bóvedas con perla reforzada con fibras de polipropileno en masa y finalmente refuerzo en extremos mediante imprimación del trasdós de la bóveda para la unión con

la capa de refuerzo a base de doble capa de mortero de cal con colocación intermedia de malla de fibra de vidrio (TORMO y BOIGUES, 2015).

En la capilla del Rosario, la hoja interior de la bóveda se ha reparado sustituyendo los ladrillos rotos o sueltos, retacando las grietas con mortero de cal y cosiendo con varilla corrugada de fibra de vidrio a base de cortes realizados con radial cruzados en diagonal sobre la grieta con lechada de cal hidráulica y resina epoxídica. Las grietas de la hoja exterior se han consolidado mediante inyección de lechada de cal, capa de mortero de cal, fioccos de anclaje que unen las dos hojas colocados desde la cara inferior, malla de fibra de vidrio y nueva capa de mortero de cal (Lám. 33).

No ha sido reforzado con malla de fibra de vidrio la bóveda del primer tramo de la nave central y del presbiterio (1/4 esfera), al encontrarse encamisadas por su trasdós en intervenciones anteriores al sismo del 2011. Se ha consolidado por su cara interior mediante cosido de grietas con varilla de fibra de vidrio y atado de ambas hojas de ladrillo con fioccos de anclaje, aplicando en el trasdós mortero de cal hidráulica (CARTAGENA, 2016).

5.3.8. Escaleras tabicadas

En la reparación de la bóveda tabicada con lunetos de la escalera de la Casa de los Aragón se ha procedido al trabado de los tres tableros contrapeados de ladrillo, reforzando el apoyo en dos puntos por cada tramo de escalera con piezas de acero colocadas en el canto de los peldaños e introducidas en los muros laterales. Estas piezas están unidas entre sí en su extremo por una pletina embutida en la barandilla y unida a las esquinas, constituyendo así la rigidización entre la barandilla y la nueva estructura bajo el peldañeado (Lám. 34) (DE LA HOZ, 2016).

Lámina 33. Capilla del Rosario. Restauración de la bóveda mediante cosido con varilla corrugada de fibra de vidrio, fioccos y malla de fibra de vidrio.

Lámina 34. Casa de los Aragón. Reparación de la bóveda tabicada con lunetos de la escalera.



5.3.9. Cúpulas

La estructura de la nueva cúpula y cubierta del crucero de la iglesia de Santiago es de madera laminada, compuesta por una estructura interior

con camones circulares con su propio durmiente también circular, que se recubre por el intradós mediante tableros contrachapados en forma de gajos (Lám. 35). La estructura exterior está formada por durmientes, pares, correas y parecillos con la forma de la cubierta, reduciendo de esta forma el peso en más de 150 toneladas (DE LA HOZ, 2016).

Lámina 35. Iglesia de Santiago. Estructura de la nueva cúpula y cubierta del crucero de madera laminada.



En la iglesia de San Cristóbal, la cúpula tabicada muy rebajada del crucero se ha rigidizado mediante bandas de fibra de carbono con el siguiente proceso: consolidación del relleno de los senos con mortero de cal de 3 centímetros con empleo de arlita como relleno aligerante, colocación de anclajes con taladros a una profundidad de 40 centímetros en los muros que rodean la cúpula, limpieza y saneado de grietas así como del trasdós de la cúpula para la colocación de los materiales de refuerzo, sellado de la grieta situada en la base de la cúpula con yeso para contención del mortero de cal fluido que se inyecte por el extradós, aplicación de la imprimación sobre la zona de refuerzo por el trasdós de la cúpula y los muros, aplicación de una primera capa de 1,5 centímetros de mortero de cal para obtención de una superficie continua y lisa, adhesión de una doble capa de bandas de fibra de carbono en la zona de anillado de la base mediante resinas epoxídicas, colocación en las esquinas de cuatro bandas de refuerzo de fibra de carbono ancladas a los muros con dos fioccos por banda, con ancho de banda 40 centímetros y solapes de 5 centímetros por banda (TORMO y BOIGUES, 2015).

La cúpula del crucero de la capilla del Rosario es tabicada de doble hoja de ladrillo macizo, peraltada sobre pechinas, rigidizada mediante diafragmas y con cuatro ventanas en los ejes principales. La cúpula disponía de un refuerzo realizado en la intervención de consolidación de 1987, consistente en un encamisado de hormigón con mallazo de 3,5 centímetros de espesor recubriendo el trasdós del tercio superior de la cúpula hasta la cota del zuncho anular de hormigón armado, ejecutado también en esta fecha con encofrado de ladrillo cerámico hueco a la altura de finalización de los muros diafragma. A consecuencia del sismo se produjo la fractura horizontal de la cúpula por las juntas entre ladrillos sin desplazamiento en la semicircunferencia noroeste y fractura de la doble hoja de ladrillo con desplazamiento

de hasta 12 centímetros en la semicircunferencia sureste con rotura del tabicado desde la línea de rotura hacia la base, quedando esta zona inferior de la cúpula fragmentada por grietas verticales originadas por el golpeo de los diafragmas de ladrillo de la cúpula.

La necesaria conservación de la capa pictórica del intradós «El Triunfo del Rosario», realizada en 1744, ha condicionado la restauración ejecutada, combinando técnicas tradicionales con otras más tecnológicas. Para el desarrollo de los trabajos se cimbró la cúpula, conformando su curvatura mediante tablonos de madera con perfil inferior recto y superior curvo dispuesto en retícula sobre los que se colocaron láminas de polietileno para la obtención de superficie de contacto blanda con la decoración pictórica, que fue protegida mediante engasado realizado con papel japonés para evitar el deterioro por contacto.

Por el intradós se sustituyeron los ladrillos rotos, retacando grietas y consolidando la zona superior e inferior de la grieta horizontal con mortero de cal, recuperando la continuidad de las caras pero sin devolver la coplanariedad a la grieta en la semicircunferencia sureste (Lám. 36). Para la restauración de la zona bajo la línea de fractura se procedió de formas distintas: 1. Restauración *in situ* mediante la recolocación de los fragmentos de pintura desprendidos y consolidación de grietas. 2. Reconstrucción mediante el arranque de fragmentos de pintura previa protección, sustitución de los ladrillos con utilización de cordones de fibra de carbono para la unión de las dos hojas de la bóveda y colocación la pintura mural restaurada en su posición original (CARTAGENA, 2016). Finalmente, la decoración pictórica de la cúpula se ha restaurado mediante el proceso de desempapelado, limpieza, extracción de sales, estucado de lagunas y reintegración cromática.



Lámina 36. Capilla del Rosario. Restauración de la cúpula mediante la unión de las zonas superior e inferior desplazadas por la fractura horizontal con varillas de fibra de vidrio y relleno de mortero de cal para regularización de la curvatura.

En la consolidación del trasdós de la cúpula en la zona inferior a la línea de fractura se han utilizado cordones de fibra de carbono. La unión de las zonas superior e inferior desplazadas por la fractura horizontal de la cúpula se ha realizado con varillas de fibra de vidrio y relleno de mortero de cal para regularización de la curvatura. La totalidad de la cúpula se ha consolidado con doble malla de fibra de vidrio intercalada entre capas de mortero de cal levantando la malla 5 centímetros sobre el muro del cimborrio. El arranque de la cúpula se ha reforzado con bandas de fibra de carbono y capa de protección de mortero de cal.

5.3.10. Forjados

En las actuaciones de restauración de forjados de viguetas de madera y revoltones de yeso se ha incrementado la capacidad resistente de dichos forjados mediante la incorporación de una capa de compresión con tornillos berraqueros, hormigón aligerado y mallazo.

En el segundo claustro del convento de San Francisco, los forjados de las crujías anexas se resuelven mediante viguetas de madera y revoltones de yeso con luces de hasta siete metros, apoyados en muros de carga de mampostería de gran espesor. El refuerzo de dichos forjados ha consistido en la reparación de las vigas de madera por medio de láminas encoladas con resorcina. Los revoltones de yesos rotos se han reparado mediante la realización de un nuevo revoltón armado con malla galvanizada de metal deployé, recubierto con guarnecido de yeso negro, capa de mortero de cal y yeso, utilizando como encofrado medio tubo de PVC de diámetro la separación de las viguetas de madera. Una vez reparada la madera se han introducido en las vigas tornillos berraqueros cincados con arandela soldada para asegurar la cabeza de compresión con atado de un mallazo de 15 por 15 por 6 milímetros, aperturas de los mechinales sobre las cabezas de las vigas de madera para colocación de negativos de diámetro 12 milímetros con empotramiento en el muro, colocación de lámina geotextil para eliminación de traspaso de humedad y capa de compresión con hormigón aligerado tipo arlita de espesor igual al relleno desmontado (Lám. 37) (DE LA HOZ, 2016).

Lámina 37. Claustro de San Francisco. Restauración de forjados de viguetas de madera y revoltones de yeso.



En el Porche de San Antonio, torre de planta rectangular con tipología de puerta en recodo y única puerta del segundo recinto de la muralla de Lorca que se conserva, se ha realizado la sustitución del forjado de cubierta preexistente dañado por el sismo, de viguetas pretensadas, bovedilla de hormigón y capa de compresión correspondiente a las obras de restauración de Pedro Sanmartín Moro realizadas en el año 1968 (GRANADOS, 2010). Para el nuevo forjado se ha utilizado una estructura metálica constituida por vigas y viguetas de perfiles laminados que sustentan una losa mixta de canto 10 centímetros con chapa colaborante de acero galvanizado y hormigón armado fijada mediante conectores, sobre la que se ha realizado una cubierta plana con acabado de pavimento cerámico (GRANADOS *et al.*, 2016).

Así mismo, en la Cámara Agraria la sustitución de los forjados de rollizos de madera se ha ejecutado mediante un nuevo forjado de perfiles metálicos HEB 160 y losa mixta con chapa colaborante de canto 10 centímetros, reforzando los perfiles en la cabeza de los capiteles de las columnas de fundición de la planta baja y en los machones de fábrica de las plantas primera y segunda (SANTIUSTE, 2016).

5.3.11. Cubiertas

En las intervenciones de rehabilitación ejecutadas desde mitad del siglo XX en los bienes culturales inmuebles de Lorca se ha incorporado el hormigón en cubiertas en capas de compresión sobre las armaduras de madera, estando documentado en la colegiata de San Patricio, iglesia de San Francisco, iglesia de Santiago, iglesia del convento de las Clarisas, capilla del Rosario, iglesia de la Virgen de las Huertas, iglesia de San José y Antiguo Pósito.

Las intervenciones de conservación y mantenimiento de cubiertas en la colegiata de San Patricio se han sucedido desde 1943, iniciadas por el arquitecto José Tamés del Ministerio de Instrucción Pública y Bellas Artes, y continuadas en 1948 y 1950 con la cubierta de la capilla mayor. Posteriormente. Desde 1977 a 1983 están documentados seis proyectos de reparación de las cubiertas por Pedro A. San Martín (GRANADOS, 2010). En la girola las estructuras de cubierta de madera fueron sustituidas por forjados de viguetas de hormigón pretensado con refuerzo metálico, tablero cerámico y capa de compresión de hormigón. En la estructura de cubierta de la nave principal se colocó una capa de hormigón de poco espesor y ligeramente armada, no unida a los pares y durmientes de madera (DE LA HOZ, 2012).

En la rehabilitación de las cubiertas de la iglesia de San Francisco realizada en 1985 por el arquitecto Ignacio Mendaro Corsini se incorporó una capa de compresión de hormigón armado de unos 10 centímetros de espesor. La intervención consistió en la ejecución de zunchos de coronación en los muros de la nave central y capillas laterales, levantado de las cubiertas de teja de la nave central y del crucero para ejecutar nuevo tablazón de madera,

impermeabilización, la capa de compresión mencionada y la recolocación de la teja. Las cubiertas de las capillas laterales de rollizos y caña fueron sustituidas por forjados inclinados de viguetas pretensadas con bovedillas cerámicas, impermeabilización, capa de compresión de hormigón y teja.

En la iglesia de Santiago, iglesia de San José e iglesia del convento de las Clarisas la losa de hormigón armado, de canto de espesor medio 20 centímetros en el caso de la iglesia de las Clarisas, fue colocada sobre las estructuras de madera originales de sus cubiertas: cerchas en el caso de las Clarisas y vigas y correas en la iglesia de Santiago e iglesia de San José.

En el Antiguo Pósito la rehabilitación de las cubiertas realizada en 1985 supuso la sustitución de los rollizos de madera y cañizo por un forjado de hormigón plano de vigueta semiresistente y bovedilla cerámica, ejecutando sobre tabiquillos la pendiente de cubierta. En 1987 las armaduras de madera de tres capillas y la zona de paso a la sacristía de la capilla del Rosario fueron sustituidas por forjados unidireccionales de hormigón. En el Teatro Guerra la cubierta de parte de la crujía perimetral está ejecutada con un forjado de viguetas auto-resistentes perteneciente a la restauración realizada por Ignacio Mendaro Corsini de 1989, que de igual forma intervino en la iglesia de San Francisco sustituyendo los faldones de cubierta de parte de las capillas laterales.

5.3.11.1. Restauración tras el sismo de 2011

Como una de las causas de los daños en cubiertas ha sido el exceso de peso y la rigidez añadida por el hormigón, en los inmuebles restaurados se han retirado las losas de hormigón y en muchos se han sustituido los forjados de viguetas de hormigón y bovedilla cerámica para ejecutar nuevos faldones de madera, tanto en durmientes y correas como en entablado, impermeabilización, emplomados y tejas (Lám. 38).

En la colegiata de San Patricio se ha realizado la reparación de cubiertas retirando las losas de hormigón y la sustitución de los forjados de viguetas de hormigón y bovedilla cerámica y estructuras metálicas de los faldones, el ladrillo cerámico y la capa de compresión del hormigón de la girola por nuevos faldones con estructura de madera laminada, incluyendo sus pares y durmientes, tablero contrachapado, lámina impermeabilizante y teja recuperada (Lám. 39).

En la cubierta de la iglesia del Carmen, la actuación ha consistido en la sustitución de las estructuras existentes que fueron alteradas modificando sus pendientes y ocultando parte de las ventanas del tambor de la cúpula, con incremento de los esfuerzos en los durmientes de la nave, y ejecución completa de nuevos pares en la estructura de cubierta de la nave central de dobles escuadrías de pino de 12 por 20 centímetros con nudillo, sobre nuevos durmientes de 22 por 25 centímetros nivelados y una serie de correas

sobre sillas metálicas. Con ello se ha recuperado la inclinación original de los faldones, mejorando la respuesta frente al sismo al situar el reparto de cargas en durmientes suficientemente arriostrados al muro. Dado que no había impermeabilización en ningún faldón se colocó un tablero contrachapado de 26 milímetros de espesor, impermeabilización tipo *onduline* y la teja procedente del desmontaje con el aporte de teja nueva (DE LA HOZ, 2016).



En la restauración de cubiertas de la iglesia de la Virgen de las Huertas se ha incorporado un tablero machiembrado aislante hidrófugo sobre un nuevo enrastrelado, sobre el que se ha colocado la teja recuperada (Lám. 40).

En la renovación de cubierta de la Cámara Agraria se ha utilizado un tablero aislante tipo *termochip* formado por un doble tablero de partículas con poliestireno de 5 centímetros sobre correas de madera laminada, impermeabilizante tipo *onduline* y teja cerámica curva recuperada (SANTIUSTE, 2016).

Igualmente, la restauración de cubiertas del Antiguo Pósito se ha realizado mediante la ejecución de una nueva cubierta con durmientes y pares de madera, entablado, aislamiento, impermeabilización y teja cerámica curva. La intervención en cubiertas de la Casa López de Teruel ha supuesto la sustitución de los pares dañados y la colocación de panel sándwich aislante, *onduline* y teja cerámica curva recuperada. En el panteón de la familia de Miguel Abellán, el tablero es de DM hidrófugo de 15 milímetros de espesor, sobre el que se han colocado nuevos rastreles y la teja recuperada clavada a los mismos.

En la Casa de los Aragón, sobre los pares se ha colocado un tablero contrachapado con impermeabilización superior a base de placas de cartón embreado clavadas y teja proveniente del desmontaje (DE LA HOZ, 2016). En esta casa palacio destaca el torreón sobre el hueco de la escalera principal, creando un amplio espacio central cubierto con una estructura de madera a cuatro aguas. Dada su importancia arquitectónica y su presencia en la perspectivas urbanas de la plaza de España, ha sido restaurado eliminando el

Lámina 38. Iglesia de Santiago. Restauración de cubiertas y recuperación de la volumetría del tambor y cubierta de la cúpula del crucero.

Lámina 39. Colegiata de San Patricio. Restauración de cubiertas con nuevos faldones con pares y durmientes de madera laminada.

forjado añadido en el tercer piso que impedía la entrada de luz, permitiendo así la vista completa del espacio desde los niveles inferiores hasta la nueva pasarela perimetral superior, y recuperando las estructuras de pares de la cubierta de madera (Lám. 41).

Lámina 40. Iglesia de Virgen de las Huertas. Restauración de cubiertas con tablero machihembrado aislante hidrófugo.

Lámina 41. Casa de los Aragón. Recuperación de la estructura de pares de la cubierta de madera del torreón.



5.3.12. Cimentación

En las intervenciones en restauración realizadas en los bienes culturales de Lorca en las últimas décadas la técnica más frecuente utilizada en cimentación ha sido el micropilotaje. La evolución de los sistemas de prevención antisísmica en la cimentación de las estructuras históricas ha supuesto un recorrido desde los métodos de mejora de transmisión de cargas al terreno de carreras y emparrillados de madera en la Antigüedad (FEILDEN, 1987), pasando por el urbanismo antisísmico del siglo XIX (BERTRÁN y GARCÍA, 2015) hasta llegar a los sistemas de planificación desde el urbanismo a partir de los estudios de microzonación sísmica.

El primero a nivel municipal que se ha hecho en España es el Estudio de Microzonación Sísmica de Lorca, que ha sido promovido por la Consejería de Fomento, Obras Públicas y Ordenación del Territorio de la Región de Murcia y realizado por siete equipos de investigación de la Universidad Politécnica de Cartagena (UPCT) en 2015 (Fig. 1). En dicho Estudio se analiza el comportamiento del suelo frente al sismo, estudiando las diferentes alternativas constructivas y seleccionando las actuaciones y zonas más seguras (Fig. 2).

6. SEGURIDAD SÍSMICA DE LAS COLECCIONES MUSEÍSTICAS

La restauración del edificio del Museo Arqueológico (MUAL), Casa de los Salazar, tras los movimientos sísmicos de 2011 ha supuesto la ejecución de un nuevo proyecto museográfico. La exposición permanente se componía principalmente de piezas arqueológicas, numismáticas y medallísticas. Su montaje expositivo se desarrollaba en once salas, empleando cincuenta y nueve expositores y vitrinas, clasificadas en cuatro tipos diferentes (GRANADOS *et al.*, 2015). Las piezas dañadas fueron aproximadamente el cinco por ciento de la colección, de las que un setenta y cinco por ciento estaban situadas dentro de los expositores, mientras que un veinte por ciento se encontraban dentro de los almacenes visitables. El resto eran piezas exentas situadas en las salas de exposiciones temporal y permanente.

Lámina 42. Museo Arqueológico de Lorca. Mobiliario museográfico con criterios antisísmicos.

Lámina 43. Museo Arqueológico de Lorca. Sujeción de las piezas utilizando anclajes metálicos forrados de material plástico que permiten oscilaciones de las piezas.

Los materiales cerámicos fueron los que sufrieron mayores roturas, resultando también dañadas piezas de vidrio, piedra, hueso, yeso o alabastro. El comportamiento frente al sismo de los expositores fue desigual, siendo los objetos contenidos en las vitrinas ancladas a pared los que sufrieron desplazamientos que en muchos de los casos derivaron en fracturas. Así mismo, las piezas de gran tamaño dispuestas en peanas de pequeñas dimensiones facilitaron su vuelco y fractura. En fase de emergencia se procedió al desmontaje y almacenamiento de todas las colecciones del museo. El IPCE promovió la restauración de 158 objetos que había sufrido algún tipo de daño (GARCÍA, 2016).



El nuevo proyecto museográfico del MUAL, donde se muestra la historia de Lorca a partir de las colecciones arqueológicas, se ordena cronológicamente en catorce salas, aumentando así la superficie destinada a la colección permanente. Con el nuevo plan expositivo se garantiza la seguridad de las colecciones al haber sido proyectado un mobiliario museográfico con criterios antisísmicos, contemplando tanto la resistencia de las vitrinas como la estabilidad de los objetos dentro de ellas (Lám. 42). Se han reutilizado los expositores mejorando sus condiciones, con mayor peso en la parte inferior, y se ha diseñado un nuevo tipo de vitrina exenta de campana utilizando módulos de bancadas que ocultan los apoyos de los expositores. Para la colocación de las piezas se ha proyectado de forma individualizada su sujeción, utilizando anclajes metálicos forrados de material plástico para no dañar las piezas, realizados mediante doblados o trenzados que permiten oscilaciones de las piezas (Lám. 43) (GRANADOS *et al.*, 2016).

7. CONCLUSIONES

La restauración de los bienes culturales en el sismo de Lorca de 2011 ha tenido como principios el incremento de la resistencia sísmica de las estructuras murarias y la conservación de sus valores culturales, respetando todas las fases documentadas, manteniendo su función con aportaciones contemporáneas y potenciando las características constructivas que las identifican.

Los criterios principales han sido los de mínima intervención y recuperación de los materiales y técnicas tradicionales, manteniendo su proceso constructivo histórico y materialidad, eliminando las adiciones de hormigón que han afectado negativamente al comportamiento estructural frente al sismo. Se han recuperado las volumetrías con un lenguaje actual y se han consolidado los elementos estructurales, dotándolos de la resistencia necesaria asegurando la unión entre fábricas, reduciendo el peso de las estructuras, solidarizando los arcos y bóvedas y recuperando las pendientes de los faldones de cubierta.

En las intervenciones desarrolladas en los bienes muebles e inmuebles ha prevalecido el concepto de conservación, al haber adoptado medidas que han tenido como objetivo la salvaguarda del patrimonio cultural, respetando el significado y las propiedades físicas de los bienes culturales afectados por el sismo, y asegurando su accesibilidad a generaciones presentes y futuras.

Igualmente, ha prevalecido el concepto de autenticidad, entendido como la suma de características sustanciales, históricamente determinadas, del original hasta el estado actual, como resultado de las transformaciones que han ocurrido en el tiempo, al haber diferenciado en las restauraciones realizadas la materialidad tanto de los elementos arquitectónicos como de las nuevas piezas ejecutadas para completar las que resultaron dañadas.

El refuerzo estructural frente a acciones sísmicas de los edificios históricos no está regulado por una normativa específica, pero las actuaciones realizadas se sitúan a un nivel alto de mejora sísmica, tanto en las intervenciones con materiales y técnicas tradicionales como en los casos donde se ha intervenido reforzando con materiales actuales. En este sentido, la revisión del Plan Especial del Conjunto Histórico de Lorca (PEPRICH) que ha iniciado su tramitación, propone en el artículo 63 de la normativa que el proyecto de restauración se debe incorporar informe justificativo del técnico redactor sobre la elección de materiales, elementos o sistemas constructivos, cerramientos, particiones tanto textual como gráficamente, sobre el cumplimiento de la normativa antisísmica vigente, las determinaciones de protección del patrimonio y todas las recomendaciones para eliminar o minimizar los efectos de las acciones sísmicas. Se cita de forma expresa toda la casuística recogida en los diferentes Planes Nacionales del Ministerio de Educación, Cultura y Deportes.

En las soluciones que se propongan a base de losas de hormigón, plantas bajas diáfanas, elementos decorativos en cornisas y voladizos, elementos esbeltos (torres, pináculos, espadañas), petos o cualquier tipo de refuerzo estructural sobre edificaciones existentes, se deberá justificar la reducción de la vulnerabilidad sísmica que estas soluciones puedan aportar al edificio.

En el ámbito de la Unión Europea, se ha considerado necesario realizar un esfuerzo unitario y coordinado en materia de protección contra los seísmos y rehabilitación sísmica de las construcciones. En este sentido se ha aprobado por el 125.º Pleno de 9-11 de octubre de 2017 del Comité Europeo de las Regiones el Dictamen *Una política europea para la rehabilitación sísmica del patrimonio inmobiliario y las infraestructuras*. El Dictamen plantea que una política europea para la rehabilitación sísmica del patrimonio inmobiliario y las infraestructuras debe basarse en la coordinación de las competencias regionales, nacionales y europeas. Recuerda que la Unión Europea tiene amplias competencias para establecer normas técnicas, mientras que el nivel nacional, regional o local es competente, en particular, para la legislación sobre construcción, así como la ordenación urbana. Entre las medidas para la reducción del riesgo sísmico planteadas se encuentra la consideración de que las intervenciones de rehabilitación sísmica han de regirse por un marco de normas técnicas a nivel europeo, que aborden también la adaptación sísmica de las construcciones existentes para garantizar la seguridad, la resistencia y la durabilidad.

La propuesta de nueva política europea de reducción del riesgo sísmico desarrollada en el Dictamen persigue, entre otros objetivos, el de la adaptación sísmica de los edificios prestando especial atención a la preservación del patrimonio cultural.

BIBLIOGRAFÍA

- ARCE GARCIA, Ignacio. «Elementos y sistemas constructivos antisísmicos en la Antigüedad. Aplicación a la restauración de las estructuras históricas». *Primer Congreso Nacional de Historia de la Construcción. Libro de actas*. Antonio de las Casas Gómez, Santiago Huerta Fernández y Enrique Rabasa Díaz (eds.). Madrid: Instituto Juan de Herrera y CEHOPU. 1996, págs. 39-47. ISBN 84-7790-252-6.
<http://www.sedhc.es/biblioteca/actas/CNHC1_007.pdf>
- BARBERÁ, Paola. «Messina después del terremoto de 1908: nuevas técnicas y lenguajes antiguos». *Noveno Congreso Nacional y Primer Congreso Internacional de Historia de la Construcción. Libro de actas*. Santiago Huerta y Paula Fuentes (eds.). Madrid: Instituto Juan de Herrera y CEHOPU. 2015, págs. 177-187.
<<http://www.sedhc.es/biblioteca/actas/15-Barbera.pdf>>
- BERTRÁN GALIANA, Ester; GARCÍA DOMÉNECH, Sergio. «Análisis del urbanismo antisísmico en la España del siglo XIX. Comparativa entre las reconstrucciones tras los terremotos de la vega baja de Alicante 1829 y Andalucía 1884». *Congreso internacional sobre intervención en obras arquitectónicas tras sismo. L'Aquila (2009), Lorca (2011) y Emilia Romagna (2012). Libro de actas*. Murcia: UCAM. 2015, págs. 265-272. ISBN 978-84-92986-89-7.
- CARTAGENA SEVILLA, Juan Carlos. «Recuperación de la capilla del Rosario tras los terremotos del 11 de mayo de 2011 (Lorca, Murcia)». *Congreso internacional sobre intervención en obras arquitectónicas tras sismo. L'Aquila (2009), Lorca (2011) y Emilia Romagna (2012). Libro de actas*. Murcia: UCAM. 2015, págs. 459-476. ISBN 978-84-92986-89-7.
- CARTAGENA SEVILLA, Juan Carlos. «Iglesia de Santo Domingo y capilla del Rosario». *La recuperación del patrimonio cultural de la ciudad de Lorca*. Ministerio de Educación, Cultura y Deporte. 2016, págs. 347-360. ISBN 987-84-8181-647-1.
<<https://sede.educacion.gob.es/publiventa/la-recuperacion-del-patrimonio-cultural-de-la-ciudad-de-lorca/conservacion-restauracion-arquitectura/20830C>>
- CHACÓN BULNES, José Manuel. «Iglesia de San Pedro, una propuesta de intervención». *La recuperación del patrimonio cultural de la ciudad de Lorca*. Ministerio de Educación, Cultura y Deporte. 2016, págs. 321-328. ISBN 987-84-8181-647-1.
<<https://sede.educacion.gob.es/publiventa/la-recuperacion-del-patrimonio-cultural-de-la-ciudad-de-lorca/conservacion-restauracion-arquitectura/20830C>>
- <<https://sede.educacion.gob.es/publiventa/la-recuperacion-del-patrimonio-cultural-de-la-ciudad-de-lorca/conservacion-restauracion-arquitectura/20830C>>
- D'AVINO, Stefano. «Técnicas constructivas y de la vulnerabilidad de las estructuras antiguas: Prevención del riesgo sísmico y su restauración». *Segundo Congreso Nacional de Historia de la Construcción. Libro de actas*. Fernando Bores, José Fernández, Santiago Huerta y Enrique Rabasa (eds.). Madrid. 1998, págs. 119-124. ISBN 84-89977-44-5.
<http://www.sedhc.es/biblioteca/actas/CNHC2_017.pdf>
- DE LA HOZ MARTÍNEZ, Juan de Dios. «Comportamiento de la ex colegiata de San Patricio en Lorca tras el terremoto de mayo de 2011». *Alberca*. 2012. Núm. 10, págs. 225-236. ISSN 1697-2708.
<<http://www.amigosdelmuseoarqueologicodeLorca.com/alberca/pdf/alberca10/ALBERCA10-11-sanpatricio.pdf>>
- DE LA HOZ MARTÍNEZ, Juan de Dios. «Reflexiones generales ante la respuesta de los edificios históricos de Lorca frente a los terremotos de mayo de 2011». *Congreso internacional sobre intervención en obras arquitectónicas tras sismo. L'Aquila (2009), Lorca (2011) y Emilia Romagna (2012). Libro de actas*. Murcia: UCAM. 2015, págs. 509-518. ISBN 978-84-92986-89-7.
- DE LA HOZ MARTÍNEZ, Juan de Dios. «Crónica de la restauración de la colegiata de San Patricio en Lorca». *Alberca*. 2015. Núm. 13, págs. 83-104. ISSN 1697-2708.
<http://www.amigosdelmuseoarqueologicodeLorca.com/alberca/pdf/alberca13/05_13.pdf>
- DE LA HOZ MARTÍNEZ, Juan de Dios. «Recuperación de la antigua Colegiata de San Patricio». *La recuperación del patrimonio cultural de la ciudad de Lorca*. Ministerio de Educación, Cultura y Deporte. 2016, págs. 185-210. ISBN 987-84-8181-647-1.
<<https://sede.educacion.gob.es/publiventa/la-recuperacion-del-patrimonio-cultural-de-la-ciudad-de-lorca/conservacion-restauracion-arquitectura/20830C>>
- DE LA HOZ MARTÍNEZ, Juan de Dios. «Recuperación de la antigua iglesia y convento de San Francisco, sede de la Hermandad de Labradores del Paso Azul». *La recuperación del patrimonio cultural de la ciudad de Lorca*. Ministerio de Educación, Cultura y Deporte. 2016, págs. 233-250. ISBN 987-84-8181-647-1.
<<https://sede.educacion.gob.es/publiventa/la-recuperacion-del-patrimonio-cultural-de-la-ciudad-de-lorca/conservacion-restauracion-arquitectura/20830C>>
- DE LA HOZ MARTÍNEZ, Juan de Dios. «La iglesia de

- Nuestra Señora del Carmen». *La recuperación del patrimonio cultural de la ciudad de Lorca*. Ministerio de Educación, Cultura y Deporte. 2016, págs. 265-282. ISBN 987-84-8181-647-1.
<<https://sede.educacion.gob.es/publiventa/la-recuperacion-del-patrimonio-cultural-de-la-ciudad-de-lorca/conservacion-restauracion-arquitectura/20830C>>
- DE LA HOZ MARTÍNEZ, Juan de Dios.** «El comportamiento de las fábricas históricas frente a los terremotos». *La recuperación del patrimonio cultural de la ciudad de Lorca*. Ministerio de Educación, Cultura y Deporte. 2016, págs. 283-288. ISBN 987-84-8181-647-1.
<<https://sede.educacion.gob.es/publiventa/la-recuperacion-del-patrimonio-cultural-de-la-ciudad-de-lorca/conservacion-restauracion-arquitectura/20830C>>
- DE LA HOZ MARTÍNEZ, Juan de Dios.** «Recuperación de la iglesia de San Mateo». *La recuperación del patrimonio cultural de la ciudad de Lorca*. Ministerio de Educación, Cultura y Deporte. 2016, págs. 289-302. ISBN 987-84-8181-647-1.
<<https://sede.educacion.gob.es/publiventa/la-recuperacion-del-patrimonio-cultural-de-la-ciudad-de-lorca/conservacion-restauracion-arquitectura/20830C>>
- DE LA HOZ MARTÍNEZ, Juan de Dios.** «Recuperación de la iglesia de Santiago Apóstol». *La recuperación del patrimonio cultural de la ciudad de Lorca*. Ministerio de Educación, Cultura y Deporte. 2016, págs. 329-346. ISBN 987-84-8181-647-1.
<<https://sede.educacion.gob.es/publiventa/la-recuperacion-del-patrimonio-cultural-de-la-ciudad-de-lorca/conservacion-restauracion-arquitectura/20830C>>
- DE LA HOZ MARTÍNEZ, Juan de Dios.** «Restauración de la iglesia de San José». *La recuperación del patrimonio cultural de la ciudad de Lorca*. Ministerio de Educación, Cultura y Deporte. 2016, págs. 379-396. ISBN 987-84-8181-647-1.
<<https://sede.educacion.gob.es/publiventa/la-recuperacion-del-patrimonio-cultural-de-la-ciudad-de-lorca/conservacion-restauracion-arquitectura/20830C>>
- DE LA HOZ MARTÍNEZ, Juan de Dios.** «Restauración de la antigua casa del Coronel Poutous-Casa de los Aragón». *La recuperación del patrimonio cultural de la ciudad de Lorca*. Ministerio de Educación, Cultura y Deporte. 2016, págs. 611-622. ISBN 987-84-8181-647-1.
<<https://sede.educacion.gob.es/publiventa/la-recuperacion-del-patrimonio-cultural-de-la-ciudad-de-lorca/conservacion-restauracion-arquitectura/20830C>>
- DOGLIONI, F.; MORETTI, A.; PETRINI, V.** *Le chiese e il terremoto. Dalla vulnerabilità constatata nel terremoto del Friuli al miglioramento antisismico nel restauro, verso una politica di prevenzione*. Trieste: Edizioni LINT. 1994.
- DOGLIONI, Francesco (a cura di).** *Codice di Pratica (Linee Guida) per la progettazione degli interventi di riparazione, miglioramento sismico e restauro dei beni architettonici danneggiati dal terremoto umbro-marchigiano del 1997*. Suplemento al Bollettino Ufficiale della Regione Marche. Ancona: Straordinaria. Núm. 15 del 29/09/2000.
- DOGLIONI, Francesco; MAZZOTTI P. (a cura di).** *Codice di pratica per gli interventi di miglioramento sismico nel restauro del patrimonio architettonico. Integrazioni alla luce delle esperienze nella Regione Marche*. Ancona: Ed. Regione Marche. 2007.
- FEILDEN, Bernard M.** *Entre Dos Terremotos: Los Bienes Culturales en Zonas Sísmicas*. ICCROM-GCI-PNUNESCO. The Getty Conservation Institute. Roma. 1987. ISBN 0-89236-180-8.
<http://www.getty.edu/conservation/publications_resources/pdf_publications/pdf/entre_dos.pdf>
- GARATE ROJAS, Ignacio.** *Artes de la cal*. Ministerio de Cultura. Instituto de Conservación y Restauración de Bienes Culturales. Universidad de Alcalá de Henares. Instituto Español de Arquitectura Madrid. 2.ª edición. 1994. ISBN 8474839661.
- GARCÍA ALONSO, Enma.** «Restauración de las piezas del Museo Arqueológico Municipal». *La recuperación del patrimonio cultural de la ciudad de Lorca*. Ministerio de Educación, Cultura y Deporte. 2016, págs. 669-674. ISBN 987-84-8181-647-1.
<<https://sede.educacion.gob.es/publiventa/la-recuperacion-del-patrimonio-cultural-de-la-ciudad-de-lorca/conservacion-restauracion-arquitectura/20830C>>
- GARCÍA CARRERAS, Francisco José.** «La recuperación de la estación de Lorca-Sutullena tras el terremoto». *La recuperación del patrimonio cultural de la ciudad de Lorca*. Ministerio de Educación, Cultura y Deporte. 2016, págs. 623-630. ISBN 987-84-8181-647-1.
<<https://sede.educacion.gob.es/publiventa/la-recuperacion-del-patrimonio-cultural-de-la-ciudad-de-lorca/conservacion-restauracion-arquitectura/20830C>>
- GARCÍA MARTÍNEZ, María del Sagrado Corazón.** «Actuaciones inmediatas y gestión de las emergencias». *La recuperación del patrimonio cultural de la ciudad de Lorca*. Ministerio de Educación, Cultura y Deporte. 2016, págs. 31-42. ISBN 987-84-8181-647-1.
<<https://sede.educacion.gob.es/publiventa/la-recuperacion-del-patrimonio-cultural-de-la-ciudad-de-lorca/conservacion-restauracion-arquitectura/20830C>>

- conservacion-restauracion-arquitectura/20830C>
- GIUFFRÈ, Antonino.** *Monumenti e terremoti, aspetti statici del restauro.* Scuola di specializzazione per lo studio ed il restauro dei monumenti. Università degli studi di Roma La Sapienza. Multigrafica editrice. Roma. 1988.
- GIUFFRÈ, Antonino.** «Restauro e sicurezza in zona sísmica: la Cattedrale di Sant'Angelo dei Lombardi». *Atti del seminario su il recupero del patrimonio architettonico* (Aosta 5/5-2/6/1990). Aosta. 1992, págs. 151-190.
- GINER-ROBLES, J. L.; PÉREZ-LÓPEZ, R.; SILVA BARROSO, P.; RODRÍGUEZ-PASCUA, M. Á.; MARTÍN GONZÁLEZ F.; CABAÑAS, L.** «Análisis estructural de daños orientados en el terremoto de Lorca del 11 de mayo de 2011». *Revista IGME. El terremoto de Lorca del 11 de mayo de 2011.* Núm. 4. Instituto Geológico y Minero de España. Ministerio de Economía y Competitividad. 2012. págs. 503-513. ISSN 0366-0176.
<http://www.igme.es/Boletin/2012/123_4.htm>
- GÓMEZ ACOSTA, Juan; ROLDÁN RUIZ, Juan; GALIANA AGULLÓ, Mercedes; CARAZO DÍAZ, Carmen;** «Efectos del sismo en las estructuras de fábrica con aparejo pobre. La Iglesia de San Diego de Lorca». *Congreso internacional sobre intervención en obras arquitectónicas tras sismo. L'Aquila (2009), Lorca (2011) y Emilia Romagna (2012).* Libro de actas. Murcia: UCAM. 2015, págs. 365-406. ISBN 978-84-92986-89-7.
- GRANADOS GONZÁLEZ, Jerónimo.** «La restauración del patrimonio de Lorca en las décadas de 1960-1970. La obra de Pedro A. San Martín Moro». *Alberca.* 2010. Núm. 8, págs. 159-180. ISSN 1697-2708.
<http://www.amigosdelmuseoarqueologicodelorca.com/alberca/pdf/alberca8/ALBERCA8_CAP_08.pdf>
- GRANADOS GONZÁLEZ, Jerónimo; MARTÍNEZ RODRÍGUEZ, Andrés; PONCE GARCÍA, Juana.** «Museos y sismo. El Museo Arqueológico Municipal de Lorca (Murcia) tras los terremotos del 11 de mayo de 2011». *Congreso internacional sobre intervención en obras arquitectónicas tras sismo. L'Aquila (2009), Lorca (2011) y Emilia Romagna (2012).* Libro de actas. Murcia: UCAM. 2015, págs. 495-507. ISBN 978-84-92986-89-7.
- GRANADOS GONZÁLEZ, Jerónimo.** «Actuaciones de emergencia en los panteones históricos del cementerio de San Clemente». *La recuperación del patrimonio cultural de la ciudad de Lorca.* Ministerio de Educación, Cultura y Deporte. 2016, págs. 403-414. ISBN 987-84-8181-647-1.
<<https://sede.educacion.gob.es/publiventa/la-recuperacion-del-patrimonio-cultural-de-la-ciudad-de-lorca/conservacion-restauracion-arquitectura/20830C>>
- GRANADOS GONZÁLEZ, Jerónimo; MARTÍNEZ RODRIGUEZ, Andrés; PONCE GARCÍA, Juana.** «Intervenciones en el Museo Arqueológico Municipal de Lorca». *La recuperación del patrimonio cultural de la ciudad de Lorca.* Ministerio de Educación, Cultura y Deporte. 2016, págs. 439-449. ISBN 987-84-8181-647-1.
<<https://sede.educacion.gob.es/publiventa/la-recuperacion-del-patrimonio-cultural-de-la-ciudad-de-lorca/conservacion-restauracion-arquitectura/20830C>>
- GRANADOS GONZÁLEZ, Jerónimo; FERNÁNDEZ GUIRAO, Francisco José; HERNÁNDEZ SÁNCHEZ, Isabel.** «Actuaciones de emergencia en el convento de Nuestra Señora de La Merced». *La recuperación del patrimonio cultural de la ciudad de Lorca.* Ministerio de Educación, Cultura y Deporte. 2016, págs. 655-665. ISBN 987-84-8181-647-1.
<<https://sede.educacion.gob.es/publiventa/la-recuperacion-del-patrimonio-cultural-de-la-ciudad-de-lorca/conservacion-restauracion-arquitectura/20830C>>
- GUIDOBONI, Emanuela.** Edición crítica del manuscrito original *Libro di diversi terremoti* de Pirro Ligorio en Archivo Estatal de Turín, Volumen 28, Códice 28, Ja.II.15. Edición Nacional de la obra de Pirro Ligorio. De Luca. Roma. 2005. ISBN 9788880167464.
<<http://old.culturaimmagineroma.it/dwd/guidob.terremoti.pdf>>
- HERNÁNDEZ GIMÉNEZ, Félix.** *El alminar de Abd al Rahman III en la Mezquita Mayor de Córdoba. Génesis y Repercusiones.* Patronato de la Alhambra. Granada. 1975. ISBN 84-85133-05-6.
- JIMÉNEZ MARTÍN, Alfonso; CABEZA MÉNDEZ, José María.** *Turris Fortissima. Documentos sobre la construcción, acrecentamiento y restauración de la Giralda.* Sevilla: Colegio Oficial de Aparejadores y Arquitectos Técnicos. 1988. ISBN 84-404-3343-3.
- JURADO JIMÉNEZ, Francisco.** «Torre del Espolón: de ruina a primer monumento recuperado en Lorca (Murcia)». *Alberca.* 2013. Núm. 10, págs. 39-52. ISSN 1697-2708.
<<http://www.amigosdelmuseoarqueologicodelorca.com/alberca/pdf/alberca10/ALBERCA10-02-torrespolon.pdf>>
- JURADO JIMÉNEZ, Francisco.** «El castillo de Lorca». *La recuperación del patrimonio cultural de la ciudad de Lorca.* Ministerio de Educación, Cultura y Deporte. 2016, págs. 135-162. ISBN 987-84-8181-647-1.
<<https://sede.educacion.gob.es/publiventa/la-recuperacion-del-patrimonio-cultural-de-la-ciudad-de-lorca/conservacion-restauracion-arquitectura/20830C>>

- JURADO JIMÉNEZ, Francisco.** «La recuperación de la iglesia santuario Virgen de las Huertas». *La recuperación del patrimonio cultural de la ciudad de Lorca*. Ministerio de Educación, Cultura y Deporte. 2016, págs. 211-232. ISBN 987-84-8181-647-1.
<<https://sede.educacion.gob.es/publiventa/la-recuperacion-del-patrimonio-cultural-de-la-ciudad-de-lorca/conservacion-restauracion-arquitectura/20830C>>
- JURADO JIMÉNEZ, Francisco.** «Proyecto Básico para la recuperación y puesta en valor de la iglesia de San Juan y su entorno con motivo de los daños ocasionados por los terremotos del 11 de mayo de 2011». Documento inédito. Ayuntamiento de Lorca. 2017.
- MARCHETTI, Luciano (coord.).** *MiSAQ - Messe in Sicurezza a l'Aquila dopo il terremoto del 6 aprile 2009*. Presidenza del Consiglio dei Ministri. Ministero per i beni e le Attività Culturali. Regione Abruzzo. Provincia del l'Aquila. Comune del l'Aquila. Officina Multimedia Abruzzo. Avezzano. 2013.
- MARTÍNEZ RÍOS, Carmen.** «Protocolo de actuación para la protección de los bienes culturales de Lorca tras el terremoto de 2011». *Revista IGME. El terremoto de Lorca del 11 de mayo de 2011*. Volumen 123. Núm. 4. Instituto Geológico y Minero de España. Ministerio de Economía y Competitividad. 2012, págs. 559-574. ISSN 0366-0176.
<http://www.igme.es/Boletin/2012/123_4.htm>
- MARTÍNEZ RÍOS, Carmen; GRANADOS GONZÁLEZ, Jerónimo.** «Comportamiento estructural de las edificaciones históricas en el sismo del 11 de mayo de 2011 de Lorca». *Alberca*. 2013. Núm. 11, págs. 169-203. ISSN 1697-2708.
<http://www.amigosdelmuseoarqueologicodelorca.com/alberca/pdf/alberca11/9_11.pdf>
- MARTÍNEZ RÍOS, Carmen.** «Daños en elementos estructurales en el sismo de Lorca» y «Supervisión arqueológica de los desmontajes». *Evaluación rápida de daños en emergencias. Protocolos de Activación y Actuación del Grupo de Evaluación de Daños*. Dirección General de Seguridad Ciudadana y Emergencias. Comunidad Autónoma de la Región de Murcia. 2015, págs. 53-70 y págs. 510-520. ISBN 978-84-606-5634-0.
<<http://www.112rm.com/dgsce/publicaciones/publicacion001/index.php>>
- MARTÍNEZ RÍOS, Carmen.** «Normativa frente al riesgo sísmico del patrimonio cultural». *Congreso internacional sobre intervención en obras arquitectónicas tras sismo. L'Aquila (2009), Lorca (2011) y Emilia Romagna (2012). Libro de actas*. Murcia: UCAM. 2015, págs. 525-539. ISBN 978-84-92986-89-7.
- MARTÍNEZ RÍOS, Carmen; SPAIRANI BERRIO, Yolanda; HUESCA TORTOSA, José Antonio.** «Ficha de evaluación de daños en bienes culturales afectados por sismo». *6.º Congreso Euro-Americano REHABEND. Libro de actas*. Universidad de Cantabria-Universidad de Burgos. 2016, págs. 825-832. ISBN 978-84-608-7941-1.
- MARTÍNEZ RÍOS, Carmen.** «Evaluación de daños y medidas de seguridad en emergencias». *La recuperación del patrimonio cultural de la ciudad de Lorca*. Ministerio de Educación, Cultura y Deporte. 2016, págs. 53-70. ISBN 987-84-8181-647-1.
<<https://sede.educacion.gob.es/publiventa/la-recuperacion-del-patrimonio-cultural-de-la-ciudad-de-lorca/conservacion-restauracion-arquitectura/20830C>>
- MARTÍNEZ RODRÍGUEZ, Andrés.** «Las torres del castillo de Lorca: Alfonsina y Espolón». *Clavis*. 2003. Núm. 3, págs. 93-140. Lorca.
- MUÑOZ CLARES, M.; FERNÁNDEZ CARRASCOSA, M.; ALCOLEA LÓPEZ, M. O., ARCAS NAVARRO, M. C.; ARCAS RUIZ, N.; CARO DEL VAS, P.; CRUZ LÓPEZ, M. T.; GARCÍA POVEDA, M.; GARCÍA VALERA, M. A.; LLAMAS MARTÍNEZ, B.; RUIZ LLANES, A. E.** «Sismicidad histórica y documentación municipal: el caso de Lorca». *Revista IGME. El terremoto de Lorca del 11 de mayo de 2011*. Volumen 123. Núm. 4. Instituto Geológico y Minero de España. Ministerio de Economía y Competitividad. 2012, págs. 415-429. ISSN 0366-0176.
<http://www.igme.es/Boletin/2012/123_4.htm>
- PARDO PREFASI, Rafael; SÁNCHEZ SICILIA, Severino; GONZÁLEZ BALIBREA, Inmaculada; COLLADO ESPEJO, Pedro Enrique.** «Restauración de dos torres y tres lienzos de la muralla del primer recinto de la Lorca medieval». *Congreso internacional sobre intervención en obras arquitectónicas tras sismo. L'Aquila (2009), Lorca (2011) y Emilia Romagna (2012). Libro de actas*. Murcia: UCAM. 2015, págs. 443-458. ISBN 978-84-92986-89-7.
- PARDO PREFASI, Rafael; SÁNCHEZ SICILIA, Severino; GONZÁLEZ BALIBREA, Inmaculada; COLLADO ESPEJO, Pedro Enrique.** «Restauración de los torreones T-9 y T-23 (torre de Rojano) y los tramos o cortinas C-17, C-26 y C-27 de la muralla medieval de Lorca». *La recuperación del patrimonio cultural de la ciudad de Lorca*. Ministerio de Educación, Cultura y Deporte. 2016, págs. 163-172. ISBN 987-84-8181-647-1.
<<https://sede.educacion.gob.es/publiventa/la-recuperacion-del-patrimonio-cultural-de-la-ciudad-de-lorca/conservacion-restauracion-arquitectura/20830C>>

- PASTOR VILA, Santiago.** «Recuperación de la iglesia de Santa María y rehabilitación de su entorno». *La recuperación del patrimonio cultural de la ciudad de Lorca*. Ministerio de Educación, Cultura y Deporte. 2016, págs. 309-320. ISBN 987-84-8181-647-1.
<<https://sede.educacion.gob.es/publiventa/la-recuperacion-del-patrimonio-cultural-de-la-ciudad-de-lorca/conservacion-restauracion-arquitectura/20830C>>
- REYES MOLINA, María; DE LA HOZ MARTÍNEZ, Juan de Dios.** «Restauración del panteón Cachá en el cementerio de San Clemente». *La recuperación del patrimonio cultural de la ciudad de Lorca*. Ministerio de Educación, Cultura y Deporte. 2016, págs. 415-421. ISBN 987-84-8181-647-1.
<<https://sede.educacion.gob.es/publiventa/la-recuperacion-del-patrimonio-cultural-de-la-ciudad-de-lorca/conservacion-restauracion-arquitectura/20830C>>
- RODRÍGUEZ-PASCUA, M. Á.; PÉREZ-LÓPEZ, R.; MARTÍN GONZÁLEZ, F.; GINER-ROBLES, J. L.; SILVA, P. G.** «Efectos arquitectónicos del terremoto de Lorca del 11 de mayo de 2011. Neoformación y reactivación de efectos en el Patrimonio Cultural». *Revista IGME. El terremoto de Lorca del 11 de mayo de 2011*. Núm. 4. Instituto Geológico y Minero de España. Ministerio de Economía y Competitividad. 2012, págs. 487-502. ISSN 0366-0176.
<http://www.igme.es/Boletin/2012/123_4.htm>
- SANTIUSTE DE PABLOS, Félix.** «Restauración del edificio de la Cámara Agraria». *La recuperación del patrimonio cultural de la ciudad de Lorca*. Ministerio de Educación, Cultura y Deporte. 2016, págs. 647-654. ISBN 987-84-8181-647-1.
<<https://sede.educacion.gob.es/publiventa/la-recuperacion-del-patrimonio-cultural-de-la-ciudad-de-lorca/conservacion-restauracion-arquitectura/20830C>>
- SEGADO BRAVO, Pedro.** *Lorca Barroca*. Murcia: Editum. Universidad de Murcia. 2011. ISBN 978-84-8371-613-7.
- SPAIRANI BERRIO, Yolanda.** «Daños en fábricas históricas tras un sismo». *Evaluación rápida de daños en emergencias. Protocolos de Activación y Actuación del Grupo de Evaluación de Daños*. Dirección General de Seguridad Ciudadana y Emergencias. Comunidad Autónoma de la Región de Murcia. 2015, págs. 197-232. ISBN 978-84-606-5634-0.
<<http://www.112rm.com/dgsce/publicaciones/publicacion001/index.php>>
- SPAIRANI BERRIO, Yolanda.** «Reflexiones sobre las intervenciones en edificaciones históricas en zonas de alto riesgo sísmico». *Congreso internacional sobre intervención en obras arquitectónicas tras sismo. L'Aquila (2009), Lorca (2011) y Emilia Romagna (2012). Libro de actas*. Murcia: UCAM. 2015, págs. 541-546. ISBN 978-84-92986-89-7.
- TORMO ESTEVE, Santiago; BOIGUES I GREGORI, Carles.** «La intervención en la iglesia de San Cristóbal. Refuerzos de muros, arcos y bóvedas frente al sismo». *Congreso internacional sobre intervención en obras arquitectónicas tras sismo. L'Aquila (2009), Lorca (2011) y Emilia Romagna (2012). Libro de actas*. Murcia: UCAM. 2015, págs. 407-442. ISBN 978-84-92986-89-7.
- YUSTE NAVARRO, Francisco Javier.** «Reducción de la vulnerabilidad y mejora sísmica de la iglesia de San Cristóbal de Lorca (Murcia) afectada por los terremotos de mayo de 2011». *Alberca*. 2012. Núm. 10, págs. 173-194. ISSN 1697-2708.
<<http://www.amigosdelmuseoarqueologicodelorca.com/alberca/pdf/alberca10/ALBERCA10-08-sancristobal.pdf>>

LEGISLACIÓN

ESPAÑA. PLAN NACIONAL DE EMERGENCIAS Y GESTIÓN DE RIESGOS (PNEGR). Coordinado por CIRUJANO GUTIÉRREZ, Concepción (IPCE) y SOUSA SEIBANE, Ángel Luis (MECD) (2015).

<<http://www.mecd.gob.es/planes-nacionales/planes/emergencias.html>>

ITALIA. MINISTERIO PARA LOS BIENES Y LA ACTIVIDAD CULTURAL. *Directrices para la evaluación y reducción del riesgo sísmico del Patrimonio Cultural*. 2010.

<http://www.beniculturali.it/mibac/export/MiBAC/sito-MiBAC/Contenuti/Avvisi/visualizza_asset.html_1141304737.html>

ITALIA. MINISTERIO DE BIENES CULTURALES, DE LA ACTIVIDAD CULTURAL Y DEL TURISMO. *Directiva de 23 de abril de 2015: actualización de la Directiva de 12 de diciembre de 2013 sobre «Procedimientos para la gestión de la seguridad y salvaguardia de los bienes del patrimonio cultural en caso de emergencias derivadas de catástrofes naturales».*

<<http://www.beniculturali.it/mibac/export/MiBAC/sito-MiBAC/MenuPrincipale/Normativa/Direttive/index.html>>

UNIÓN EUROPEA. COMITÉ EUROPEO DE LAS REGIONES. *Dictamen: Una política europea para la rehabilitación sísmica del patrimonio inmobiliario y las infraestructuras*. 125^o Pleno, 9-11 de octubre de 2017.

<<http://cor.europa.eu/es/activities/opinions/Pages/opinions-and-resolutions.aspx>>