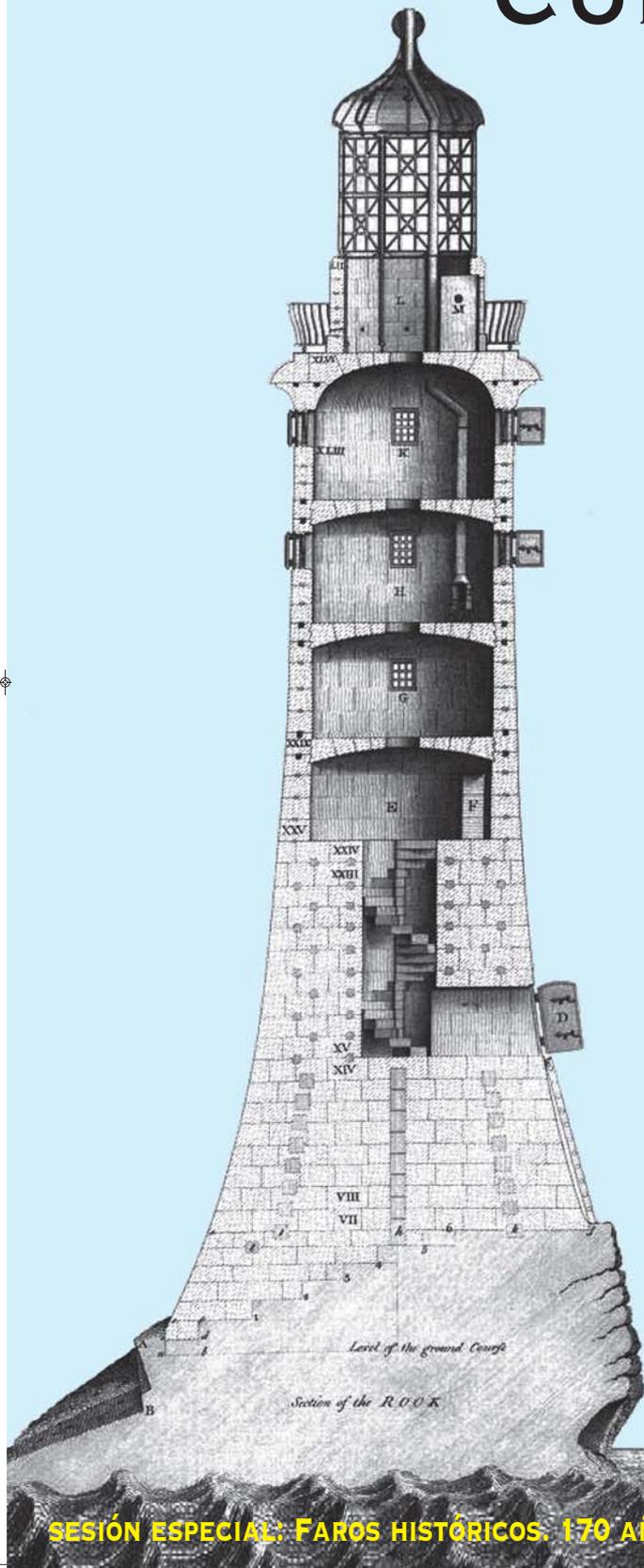


DE HISTORIA DE LA CONSTRUCCIÓN

DONOSTIA-SAN SEBASTIÁN
3-7 DE OCTUBRE DE 2017



**SOCIEDAD ESPAÑOLA DE
HISTORIA DE LA CONSTRUCCIÓN
E. T. S. DE ARQUITECTURA DE
DONOSTIA-SAN SEBASTIÁN (UPV/EHU)
INSTITUTO JUAN DE HERRERA**

COLABORAN:

MÁSTER DE REHABILITACIÓN Y RESTAURACIÓN (UPV/EHU)
PROGRAMA DE DOCTORADO DE PATRIMONIO (UPV/EHU)
GRUPO DE INVESTIGACIÓN DE ESTRUCTURAS DE MADERA
EN LA ARQUITECTURA (UPV/EHU)
CENTRO DE ESTUDIOS JOSÉ JOAQUÍN DE MORA / FUNDACIÓN CÁRDENAS
PROGRAMA DE DOCTORADO DE ESTRUCTURAS DE EDIFICACIÓN (UPM)

www.historiaconstrucion.org/2017

SESIÓN ESPECIAL: FAROS HISTÓRICOS. 170 AÑOS DEL PRIMER PLAN DE FAROS EN ESPAÑA

La armadura de cubierta de la nave central de la Iglesia del Convento de San Francisco en Medina de Rioseco (Valladolid)

Luis Alfonso Basterra
José Antonio Balmori
Milagros Casado

Esta comunicación presenta los trabajos de diagnóstico previo, el proyecto y las obras de reparación estructural de la armadura de cubierta de la iglesia del convento de San Francisco, en Medina de Rioseco (Valladolid), realizadas en 2016 por encargo de la Dirección General de Patrimonio Cultural de la Junta de Castilla y León.

La iglesia presentaba daños estructurales de consideración debidos al paso del tiempo, biodeterioro de algunas piezas de madera y daños físicos provocados por una sobrecarga excesiva añadida en una intervención anterior.

En los estudios previos se realizó una toma de datos geométrica convencional, complementada con fotografías panorámicas inmersivas VR, y se realizaron ensayos no destructivos específicos de madera. Al análisis de datos siguió una metodología propia del Grupo de Investigación en Estructuras y Tecnología de la Madera de la Universidad de Valladolid, autor de esta comunicación (Basterra 2009).

El proyecto y las obras de intervención se realizaron teniendo en consideración criterios generales de intervención en el patrimonio construido, y específicos de las estructuras de madera, en función de las condiciones previas de la estructura en estudio y las impuestas por la entidad encargante.

INTRODUCCIÓN

Descripción del monumento

El municipio de Medina de Rioseco, también conocido como ‘ciudad de los Almirantes’, está situado en

la comarca de Tierra de Campos, al norte de la provincia de Valladolid, y cuenta actualmente con un censo aproximado de 5.000 habitantes. Se trata de un asentamiento muy antiguo, con orígenes en la edad del Hierro, quedando ubicado durante la Edad Media en la Merindad del Infantazgo de Valladolid, territorio fronterizo del Condado de Castilla, dentro del Reino de León.

La economía de Medina de Rioseco llegó a su máximo apogeo durante el siglo XVI, en el que se construyeron los cuatro mayores templos riosecanos: la iglesia de Santa María de Mediavilla, en el centro de la ciudad; la de Santiago Apóstol, que aloja un espectacular retablo mayor; la de Santa Cruz, de claros influjos herrerianos; y la de San Francisco, iglesia conventual edificada en tiempos del Almirante de Castilla Fadrique II Enríquez, como segundo monasterio franciscano de la villa.

La iglesia del hoy desaparecido convento de San Francisco está situada junto a la ribera del río Sequillo, marcando el límite tradicional del núcleo urbano de Medina de Rioseco en su zona sur. Esta posición perimetral, próxima a la vía de comunicación con Valladolid, ha provocado que, desde su fundación, el convento tuviese un carácter defensivo, siendo rodeado por muros con el fin de coaccionar el acceso a la población.

Su construcción debe encuadrarse dentro de un periodo de crecimiento de Medina de Rioseco que coincide con la época del máximo apogeo económico (y político) de la urbe, entre los siglos XV y XVI, cuando la figura de los Almirantes de Castilla favorece la germinación de toda una corriente artística. En esa época era frecuente la salida hacia América de

numerosos habitantes, que dejaban cuantiosos donativos y herencias a la ciudad y sus parroquias. Asimismo, el municipio se convierte en el centro de distribución mundial de la plata llegada desde las Indias, a través del puerto de Sevilla, y pasa a ser sede de una de las ferias más importantes del reino, tras la de Medina del Campo.

La fecha de fundación del convento de San Francisco data del 12 de agosto de 1491, momento en el cual sus patronos, don Fadrique Enríquez, IV Almirante de Castilla, y su mujer, doña Ana de Cabrera, reciben las cartas apostólicas que autorizan la fundación por bula del papa Inocencio VIII. Se atribuye la dirección de las obras al maestro de cantería Rodrigo de Astudillo, llevándose a cabo su edificación en un relativamente corto periodo de tiempo: en 1492 se colocaba la primera piedra y en 1493 ya se enterraba en la capilla mayor a doña Isabel de Cabrera, condesa de Melgar. El templo fue consagrado el 19 junio de 1520 y, a finales del siglo XVI, la parte residencial del convento ya debía encontrarse muy avanzada.

La iglesia posee una gran nave de cuatro tramos, cubiertos con bóvedas de crucería de claves heráldicas policromadas o florones y yeserías en los paños (excepto en el tramo más oriental), crucero y cabecera poligonal. A cada lado de la nave se distribuyen, entre los contrafuertes, tres capillas-hornacina, comunicadas mediante estrechos vanos, formulando hipotéticas naves laterales (figuras 1 y 2). Hacia el lado meridional del compás se situó la capilla de la Venerable Orden Tercera,alzada desde 1631 en el viejo salón grande del convento. En el compás, cerca del ángulo suroriental, aún se conserva, cegada, una puerta clasicista que debió corresponder con la mencionada capilla. A la derecha se alza una torre de

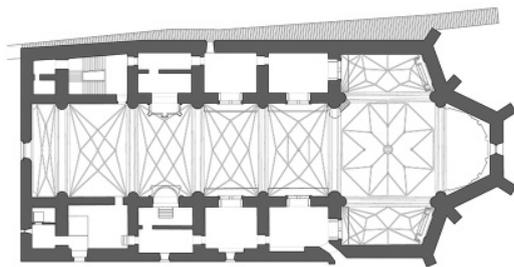


Figura 1
Planta general (elaboración propia a partir de R. Villamor).

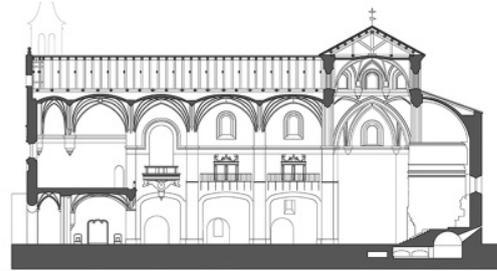


Figura 2
Sección longitudinal (elaboración propia a partir de R. Villamor).

planta cuadrangular que remata en chapitel, construida a mediados del siglo XVIII.

El acceso se efectúa desde una portada con arco rebajado, completamente liso, de fines del siglo XVI, que da paso a un atrio cubierto con una bóveda de crucería extraordinariamente estrecha que arranca de ménsulas angulares y presenta cuatro claves lisas. La puerta de acceso presenta también arco rebajado y en el dintel se aprecia un medallón flanqueado por roleos, con un «IHS» pintado en su interior. Bajo la capilla mayor se ha conservado la vieja cripta con acceso desde un vano rebajado practicado en el exterior de la cabecera.

Armadura de madera de la cubierta de la iglesia

La armadura de madera objeto de reparación cubre la nave central de la iglesia de San Francisco, con una superficie construida de unos 450m². Su estructura de cubierta responde a un modelo inicial en par e hiler, con sus tirantes atando los estribos cada cierta distancia (aprox. cada 2 pares), combinado con un refuerzo, aparentemente posterior al original, constituido por un nudillo horizontal, también en pares alternos (figura 3).

La estructura principal es, aparentemente, la original de la iglesia y está compuesta por pares (aprox. 200 × 260 mm), viga cumbrera (aprox. 200 × – mm), nudillos (con dimensiones de sección variable), estribos (aprox. 200 × 200 mm), durmientes (aprox. 200 × 200 mm) todos ellos de pino silvestre; y tirantes (con dimensiones de sección variable) de rollizos de chopo. Se han encontrado algunas reposiciones puntuales de estos últimos, realizados con madera de pino.



Figura 3
Estado previo de la estructura de cubierta de la nave central.

Las uniones de las distintas partes de la estructura responden a modelos de ensambles tradicionales, con una transmisión de los esfuerzos madera-madera y donde el eventual empleo de clavos se reduce a evitar el movimiento de la unión para garantizar su correcto funcionamiento durante toda su vida en servicio. Los nudillos, incorporados con posterioridad, se ensamblan mediante su rebaje lateral a media madera, generando una excentricidad indeseable que estaba claramente perjudicando a alguno de los pares principales. Estos se apoyan sobre los estribos con un ensamble de barbilla, que transmite los empujes laterales al estribo.

La cobertura exterior, que no es la original (sustituida durante la intervención de Gárate Rojas y Manzano Monis, en 1988), se basa actualmente en una tablazón de madera de pino machihembrada (espesor aprox. 20 mm) apoyada directamente sobre los pares en dirección perpendicular, y sirvió de encofrado

perdido a una losa de hormigón ligeramente armada (espesor medio aprox. 80 mm). Sobre esta losa se aplicó 'in situ' una impermeabilización líquida, para posteriormente colocar la cubrición de teja cerámica, aprovechando parte de la teja anterior.

La armadura principal de madera de la cubierta presentaba daños estructurales de consideración, con grandes deformaciones y roturas localizadas en varios de los pares y desplazamientos de los estribos desde su posición teórica, por biodeterioro de las cabezas de los tirantes, comprometiendo seriamente la integridad y la seguridad estructural de la cubierta.

ESTUDIOS DOCUMENTALES PREVIOS

Tras una primera visita de inspección y toma de datos generales de la geometría y del estado de conservación y patológico de la estructura de cubierta, se procedió a recabar la información documental técnica de la que podía disponerse en los archivos de la administración autonómica y municipal (tabla 1). Se investigó especialmente acerca de proyectos anteriores de restauración, estudios e informes sobre el estado de la estructura realizados con anterioridad y cualquier otra documentación de interés. Como resultado de este trabajo investigador se localizaron, entre otras cosas, los siguientes documentos técnicos:

Resultaron especialmente significativos los planos, detalles constructivos y fotografías de la intervención realizada por Gárate Rojas y Manzano Monis en

Año	Arquitecto	Documento
1980	D. Andrés San José de la Fuente	Informe técnico sobre la iglesia de San Francisco
1986	D. Ignacio Gárate Rojas	Propuesta de actuación para un programa de restauración integral del conjunto conventual de San Francisco en Medina de Rioseco (Valladolid)
1988	D. Ignacio Gárate Rojas D. Manuel Manzano Monis	Proyecto de restauración del convento de San Francisco, en Medina de Rioseco (Valladolid)
1989	Servicio de Restauración de la Junta de Castilla y León	Informe de supervisión del proyecto anterior
1996	D. Ignacio Gárate Rojas	Proyecto de prospecciones previas en la iglesia de San Francisco, en Medina de Rioseco (Valladolid)
2014	D. Raúl Villamor Andino	Planos de la iglesia de San Francisco

Tabla 1
Documentos técnicos recabados en los estudios documentales previos.

1988, en la cual se sustituyó la cubrición original por una losa de hormigón, conservando la estructura de madera. Durante dicha intervención se realizó, además, un zuncho perimetral de hormigón armado, aunque inicialmente se localizaron evidencias de su ejecución únicamente sobre las capillas entre contrafuertes (figura 4).



Figura 4
Hormigonado del zuncho sobre las capillas laterales (obras de 1990).

CAMPAÑA DE ENSAYOS ND

Inspección previa y fotografías inmersivas VR

Completada las labores de documentación se realizó un levantamiento preciso de la estructura, complementado, además, con un reportaje fotográfico que incluyó fotografía inmersiva VR. Esta técnica, realizada con una cámara bifocal Nikon KeyMission, permite obtener panorámicas de 360° del espacio fotografiado, sobre las cuales poder recorrer y revisar cualquier punto de la estructura sin necesidad de realizar una inspección adicional.

Calas zunchos

Las labores de inspección incluyeron una serie de calas orientadas a confirmar la existencia, o no, de zun-



Figura 5
Calas en zuncho perimetral.

cho perimetral de hormigón armado en la nave central, documentado fotográficamente solo en las naves laterales. El resultado positivo puede observarse en la siguiente figura 5:

Identificación de especie y calidad de la madera

En la inspección visual realizada se detectaron inicialmente dos clases diferentes de madera: la más generalizada es una conífera del tipo pinoide, y una segunda especie de madera es claramente diferente e identificable inicial y macroscópicamente como una frondosa (tabla 2). Para determinar con precisión la especie se tomaron muestras de madera de distintas piezas, trasladándose al laboratorio de maderas de la ETS II. AA. de Palencia para su identificación. Tras su tratamiento y observación microscópica, las muestras de conífera se identificaron, con una altísima probabilidad, con la especie *Pinus sylvestris* L. Los caracteres de la segunda especie de madera indicaron, en primer lugar, que las muestras se identificaron de forma segura y positiva con una madera de frondosa, de la familia Salicaceae. El resto de caracteres observados confirma la identificación de esta familia y matiza la posibilidad, a través de medidas biométricas, de que las muestras recibidas pertenecan al género *Populus*, pudiendo ser *Populus alba*,

Pieza estructural	Género	Especie
Pares, nudillos y estribos	<i>Pinus</i>	<i>Pinus sylvestris</i> L.
Tirantes	<i>Populus</i>	<i>Populus alba</i> , <i>Populus nigra</i> o <i>Populus trémula</i>

Tabla 2
Definición de especies y su presencia en los distintos elementos constructivos.

Populus nigra o *Populus trémula*, especies todas ellas muy similares en sus elementos anatómicos y propiedades mecánicas.

Determinación de la humedad con xilohigrómetro

Se tomaron datos de la humedad de los elementos estructurales con un xilohigrómetro de resistencia Promimeter Surveymaster, que mide la conductividad eléctrica entre dos electrodos o púas de acero clavados en la madera. Ofrece una lectura directa media de la humedad superficial basándose en la relación lineal entre el contenido de humedad y el logaritmo de la resistencia óhmica.

El valor medio obtenido oscilaba entre el 10% y el 11%, aunque se detectaron algunas zonas concretas con una humedad de hasta el 20%.

Ensayos ultrasonidos

Se realizó una campaña de ensayos de propagación de ondas ultrasónicas con un equipo modelo FAKOPP Microsecond Timer©, capaz de registrar el tiempo (μ s) que tarda una onda de una frecuencia de 23 KHz, generada con un golpe de martillo sobre el sensor de entrada, en recorrer la distancia que le separa del sensor de llegada. Dadas las condiciones de la estructura analizada, se realizaron las mediciones de modo indirecto, en dirección de la fibra, cruzadas de una cara a la opuesta, separando los sensores una distancia aproximada a 300 cm.

Una primera lectura de los resultados de la velocidad de propagación de la onda en los puntos muestreados reflejó valores relativamente altos para el tipo de madera estudiada. Por otro lado, su regularidad, para el tipo de ensayo y material del que se trata, permite confiar en la fiabilidad de los resultados obtenidos.

Ensayos resistógrafo

Para la realización de la campaña de ensayos resistográficos se utilizó un equipo modelo RINN-TECH RESISTOGRAPH® 3450-S Professional. Este equipo permite taladrar la madera con una broca extremadamente fina (3 mm en el extremo del útil de cor-

te) y registra, mediante un potenciómetro, la resistencia que presenta dicha pieza al avance de dicha aguja a velocidad constante de 30 cm/min, girando a 1500 r.p.m. Esta resistencia se puede relacionar con la densidad de la pieza, teniendo en cuenta que, a mayor densidad, mayor será la oposición que presenta la madera a ser atravesada por la aguja, o bien, para una misma especie, cuanto menor sea la resistencia al avance, mayor será el estado de degradación de la pieza.

La metodología seguida para analizar los resistogramas, realizar un diagnóstico del estado de conservación de los elementos estructurales y estimar su densidad, se ha fundamentado en el análisis gráfico y en un proceso de análisis numérico, desarrollado por el GIR (Acuña 2011), contrastando los valores obtenidos con los de un banco de datos de madera sana del que dispone nuestro laboratorio, abastecido por anteriores trabajos experimentales y en permanente actualización.

DESCRIPCIÓN Y ANÁLISIS DE DAÑOS

Daños bióticos

La estructura presenta, como se ha dicho, dos especies de madera diferentes: chopo (gen. *Populus*) para los tirantes y pino (*Pinus sylvestris* L.) para el resto de elementos de la estructura. Esta diferencia de materiales supondrá también una mayor o menor durabilidad natural frente al ataque de agentes bióticos, resistencia y deformaciones.

Los ataques de origen biótico más graves se localizaron en alguno los tirantes de chopo, más intensamente en sus cabezas, donde el aporte de humedad proveniente de los muros ha permitido la aparición de hongos e insectos xilófagos.

En cuanto a los insectos xilófagos, se ha estudiado con detalle el tamaño y forma de los orificios de salida, forma y aspecto de la galería, y se han tomado muestras de detritus para tratar de determinar, mediante visión microscópica, la especie concreta de coleóptero causante de los daños.

De acuerdo con los datos observados, mayoritariamente se trata de un ataque de insectos xilófagos del orden de los coleópteros familia Anobiidae o anóbidos, concretamente *Anobium punctatum* De Geer. También se ha detectado ataques de hongos xilófagos

como pudriciones cúbica (o parda), de modo generalizado y puntualmente pudrición blanca en zonas con entrada de agua desde la cubierta.

Daños de origen abiótico

El biodeterioro, anteriormente mencionado, ha degradado los cogotes de los tirantes y su desconexión mecánica de los estribos, permitiendo el desplazamiento horizontal, hacia afuera, de estos elementos por acción del empuje entregado desde los pares. De este modo, paulatinamente se han ido desplazando hacia el exterior de la nave, viéndose acompañados en su movimiento por los pares (figura 6). Este efecto se ve favorecido en varios puntos de la nave por cortes en la continuidad del estribo, muy posiblemente realizados durante la restauración de 1988, con el fin de sustituir los tirantes de chopo en peor estado por otros nuevos de pino.



Figura 6
Desplazamiento horizontal del estribo.

Los pares presentaban en muchos casos una deformación excesiva, lo que evidencia el estrés al cual ha estado sometida la estructura. Además, muchos de ellos tienen un evidente alabeo, en algunos casos grave, debido a que los nudillos se han colocado en uno de los laterales del par, en lugar de en una posición centrada respecto a su eje axial, excentricidad que genera empujes laterales sobre el par hasta deformarlo gravemente. En casos puntuales, este alabeo acarrea el desencaje de la unión del par con otros elementos constructivos.

Como consecuencia de todo ello, existían varios pares con severas deformaciones e incluso roturas (al

menos 8 piezas), alguno de ellos reforzados recientemente con una simple chapa de acero, atornillada en una de sus caras laterales (figura 7), con una eficacia evidentemente muy limitada.



Figura 7
Refuerzo sobre pares previo a la intervención.

El mencionado sobreesfuerzo podría deberse, en una aproximación inicial, a la sobrecarga que la losa de hormigón impone a la estructura principal, y así parecían atestiguarlo personas conocedoras de la estructura, que mencionaban la aparición o agravamiento reciente de las grietas en las roturas. No obstante, se ha podido comprobar en el sitio que la losa de hormigón apoyada sobre los pares no ha acompañado a los mismos en sus desplazamientos por rotura, e incluso que la mayoría de las deformaciones que presentan los pares han sido compensa-



Figura 8
Detalle acuñaado, previo al hormigonado.

das con la colocación de listones colocados entre el par y la tablazón (figura 8). Tales indicios hacen pensar que, si bien la losa de hormigón está generando unos problemas innegables por exceso de sollicitación, es posible que la mayor parte de las deformaciones que pueden observarse actualmente en el maderamen sean previas o simultáneas a la ejecución de la propia losa.

Por último, otro problema estructural, en este caso puntual y localizado, es el apoyo de uno de los tirantes sobre el trasdós de una de las bóvedas (figura 9), lo que evidentemente genera una sobrecarga puntual sobre la misma, indeseable desde todo punto de vista.



Figura 9
Apoyo de tirante sobre trasdós de la bóveda.

SOLUCIÓN ADOPTADA

Como criterio general de intervención se asumieron los «Principios que deben regir la conservación de las estructuras históricas en madera» (ICOMOS 1999).

Tras los estudios previos que se han mencionado, se procedió a un análisis estructural convencional, asignando las cargas determinadas por el CTE SE-AE para la situación actual, y con la geometría y características de los materiales deducidas de aquellos. Se encontró una deficiencia en la seguridad estructural y, por consiguiente, la necesidad de modificar el modelo, además de resolver los problemas puntuales que se han descrito en apartados anteriores.

La solución, de aplicación general, propuesta en este trabajo se basa en la transformación del modelo estructural actual, que transmite importantes empujes horizontales sobre el estribo, a duras penas contrarrestados por los tirantes con los daños diagnosticados, hacia una nueva situación estructural que elimine cualquier empuje horizontal en el apoyo del par. Para ello, se recurre a la incorporación de un tirante de acero, de 20 mm de diámetro, anclado a los pies de los pares junto con la incorporación de un nudillo doble o compuesto, en una ubicación homóloga a la de los actuales (figura 10). Esta última configuración aliviará de forma notable los esfuerzos de flexión sobre los pares, contrarrestándose mutuamente, y representa una solución tradicional de probada solvencia.



Figura 10
Propuesta de intervención: Esquema de la sección transversal.

Los mencionados nudillos se resuelven mediante una pieza compuesta, con dos tablonces laterales de madera de pino silvestre de clase resistente C18, sección 55×200 mm y longitud aproximada 5500 mm, unidos transversalmente por separadores de madera que evitan el pandeo de los tablonces (figura 11). Esta configuración se eligió por su evidente ligereza, la facilidad para acarrear el material al tajo, y su sencillez de montaje en el sitio. Fueron colocados a 1500 mm de altura y la unión entre los tablonces del nudillo y los pares se realizó mediante la colocación de tirafondos de rosca parcial de 6×150 mm, sin pretaladro, en cada uno de sus caras laterales.

El tirante, por su parte, se resolvió con una barra lisa de acero, de diámetro 20 mm, partida en dos tramos; uno de aprox. 6 m y otro de aprox. 4 m,

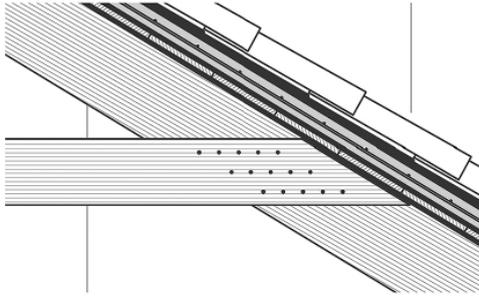


Figura 11
Detalle unión par-nudillo.

unidos ambos por un tensor roscado con el fin de poder poner en tensión a la barra (figura 12). La transmisión de esfuerzos desde los extremos de los pares al tirante se realiza por medio de 2 placas de acero, de espesor 6 mm, que se sitúan en las caras laterales del par, de modo simétrico; estas placas se anclan a la madera por medio de tornillos barraqueiros. Con el fin de facilitar el montaje de las placas se han incorporado 2 tirafondos de montaje de diámetro 4 mm. El tirante se remata en sus extremos con sendas chapas de acero, de espesor 10 mm con un cajeadado de 20×100 mm, donde se inserta la barra, y se realiza una soldadura perimetral en ambas caras de la chapa. La unión entre unas y otras chapas se realiza por medio de un bulón o pasador de acero, con cabeza roscada y fuste liso. Con el fin de asegurar la permanencia de la placa de anclaje del tirante en el centro del pasador, y evitar su desplazamiento lateral, se colocaron dos manguitos metálicos, a modo de separador.

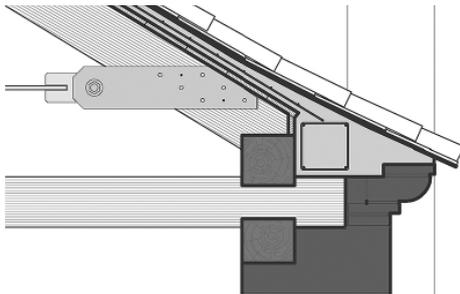


Figura 12
Detalle unión tirante-par.

Todas las piezas metálicas relacionadas en este apartado recibieron una protección contra incendios a base de un recubrimiento de pintura intumescente de espesor 0,6 mm (R-30). El resto del maderamen estructural también fue comprobado en situación de incendio, cumpliendo las exigencias determinadas por el CTE SE-SI, sin necesidad de protección específica.

Cosido roturas parciales en pares

Las roturas detectadas durante la inspección se separaron, según su gravedad, en dos tipos de intervenciones. Las roturas localizadas en la zona traccionada del par y con una longitud de grieta pequeña se consolidaron mediante el regruesado de la zona dañada, el refuerzo con barras de fibra de vidrio (GFRP), embebidas en resina epoxi, y la colocación de un injerto de madera de la misma especie y calidad ME-1 (figura 13). En las roturas de mayor entidad se procedió, previo apeo preventivo, a cajejar lateralmente el par en ambas caras, se aplicó un refuerzo de chapa de acero de 6 mm de espesor en cada lateral, tapándolo finalmente con un injerto de madera final (figura 14). Todo ello encolado con resina epoxi de uso estructural, y específica para madera. Finalmente se aplicó una conexión mecánica de las chapas de acero al par mediante pernos autopercutorantes para madera y acero, de diámetro 7,3 mm.

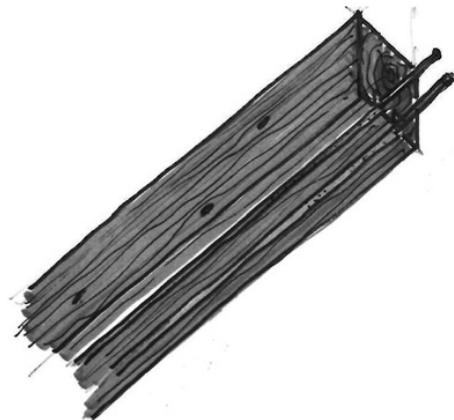


Figura 13
Detalle refuerzo con GFRP.

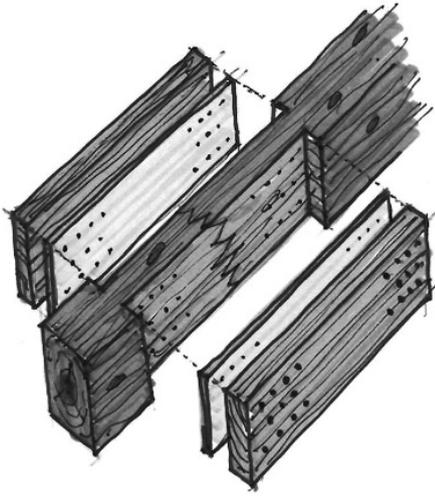


Figura 14
Detalle de refuerzo con placas de acero.

Cosido y reconstrucción de la cabeza de los tirantes

Los tirantes de madera de chopo tenían varias de sus cabezas visiblemente atacadas y en estado de avanzado biodeterioro, presentando dudas todas las demás. Por ello, se decidió la incorporación de los tirantes metálicos ya referidos, que asumirán con solvencia la función de atado.

No obstante, se decidió conservar el maderamen original, para servir de apoyo a la nueva pasarela de mantenimiento. Para ello se realizó una consolidación de las cabezas de los tirantes atacadas mediante el cosido con varillas de fibra de vidrio (GFRP) y resina epoxi; o mediante la colocación de un suplemento o ménsula en el apoyo, en los casos donde la pérdida de sección era más importante.

Mantenimiento

Una de las condiciones indispensables para garantizar un correcto mantenimiento de la estructura de madera de la cubierta es permitir un acceso practicable, cómodo y seguro que permita la inspección pe-

riódica de la estructura por parte del personal de mantenimiento del edificio.

Como parte del proyecto de intervención estructural se proyectó la construcción de una pasarela de tablonés, elevada sobre camillas apoyadas en los tirantes originales de madera, la cual permite transitar sobre los tirantes de acero del refuerzo (figura 15).



Figura 15
Fotografía de la pasarela sobre tirantes (hacia los pies).

Además, se implementó una instalación de iluminación de mantenimiento para el espacio bajo cubierta y una instalación de alarma sonora, accionada por los correspondientes detectores de humos, así como una serie de extintores portátiles accesibles desde la pasarela.

Tales elementos permiten garantizar las condiciones adecuadas para que pueda recorrerse y examinarse periódicamente y con seguridad el estado de la estructura, la estanquidad de la cubierta, etc. y detectarse cualquier daño en sus fases incipientes, de manera que sea fácil su reparación, sin llegar a degradación mayores, que requerirían otro tipo de intervención.

CONCLUSIONES

La estructura de madera de la iglesia del antiguo convento de San Francisco, en Medina de Rioseco, presentaba daños de tipo mecánico, con deformaciones excesivas y rotura de algunas de sus piezas principales, así como biodeterioro generalizado, con profundidad de afección muy importante en puntos localizados. Este último daño causado por insectos anóbidos, y hongos de pudrición cúbica o parda.

Se realizaron estudios previos para documentar obras anteriores, geometría real, situación constructiva actual y caracterización de materiales.

El análisis estructural llevado a cabo en base a lo anterior, atestiguó que el modelo original de par e hilera, parcialmente transgredido con algunas incorporaciones no originales, resultaba inseguro para las cargas esperadas, tal como se definen en la normativa actual (CTE).

La propuesta de actuación consistió resumidamente en la incorporación de un tirante metálico, protegido contra el fuego con pintura intumescente, en la base de todos los pares, y un nudillo compuesto por dos tabloncillos arriostrados puntualmente con tarugos de madera transversales, colocados en pares alternos. Ello permitió, con mínimas alteraciones y un coste asumible, dotar a la estructura de una capacidad de respuesta segura frente a las acciones de cálculo en situación de servicio y en situación accidental de incendio (R-30).

Complementariamente, se actuó en las piezas rotas, conservando el material original, y reforzándolo con dos técnicas distintas: refuerzo con varillaje de fibra de vidrio en el canto inferior, y refuerzo lateral con chapa de acero en cada cara. En ambos casos, los refuerzos se encolan inicialmente con resina epoxi de uso estructural, y se cubren con tabloncillos de madera que reintegran el volumen original, y protegen el refuerzo en caso de incendio. Finalmente la unión de los materiales se refuerza mecánicamente con tirafondos adecuados.

Toda la estructura recibió un tratamiento preventivo superficial, y, en determinadas zonas más atacadas, de tipo curativo preventivo de profundidad media, aplicado mediante inyecciones de impregnación a alta presión.

Se implementaron facilidades para el mantenimiento preventivo, como una pasarela de recorrido seguro e iluminación ambiental, así como otras de seguridad, como una alarma activada por detectores de humo, y extintores portátiles.

AGRADECIMIENTOS

Los autores¹ agradecen a la Dirección General de Patrimonio Cultural de la Junta de Castilla y León, y, en particular a doña Milagros Burón y don Marco Antonio Garcés Desmaison, su confianza para la en-

comienda de este trabajo y por las facilidades para consultar el archivo documental de la Dirección General. A don Raúl Villamor Andino, arquitecto municipal de Medina de Rioseco, por la cesión de dibujos previos de la iglesia; a don Miguel García Marbán, actual director del Archivo de San Francisco, por las facilidades para el acceso al edificio y la toma de datos en el sitio; a don Manuel Cuadrado Señorans (ATR3s), por su colaboración en la dirección de ejecución de la obra; y a don David Ordoñez Castañón, por su colaboración en la fase de toma de datos previa y diagnóstico estructural.

NOTAS

1. Grupo de Investigación Reconocido en Estructuras y Tecnología de la Madera. Universidad de Valladolid (España).

LISTA DE REFERENCIAS

- Acuña, L. et al. 2011. Aplicación del resistógrafo a la obtención de la densidad y la diferenciación de especies de madera. *Materiales de Construcción* Vol. 61 (303): 451–464.
- Basterra, L.A. Acuña, L.; Casado, M.; Ramón-Cueto, G.; López, G. 2009. Diagnóstico y análisis de estructuras de madera mediante técnicas no destructivas: aplicación a la Plaza Mayor de Chinchón (Madrid). *Informes de la Construcción*, Vol 61, No 516, 21–36. doi: 10.3989/ic.09.016
- García Chico, E. 1960. *Catálogo monumental de la provincia de Valladolid*. Diputación Provincial de Valladolid.
- Heras, F. 1975. *Arquitectura religiosa del siglo XVI en la primitiva diócesis de Valladolid*. Diputación Provincial de Valladolid.
- ICOMOS. 1999. Principios que deben regir la conservación de las estructuras históricas en madera. Adoptados por ICOMOS en la 12ª Asamblea General en México, en octubre de 1999.
- Martí y Monsó, J. 1898–1901. *Estudios histórico-artísticos relativos principalmente a Valladolid*. 1992. Ed. facs. de la ed. de 1898–1901. Ed. Ayto. y Dip. de Valladolid.
- Martín González, J.J. et al. 1970. *Inventario artístico de Valladolid y su provincia*. Ministerio de Educación y Ciencia, Valladolid.