



Las experiencias en arquitectura religiosa

Francisco Granero Martín

Las experiencias en arquitectura religiosa

Francisco Granero Martín, Doctor Arquitecto

Consideraciones previas a la intervención sobre el patrimonio histórico arquitectónico

La preocupación sistemática por la conservación del pasado, a diferencia de lo que en general se piensa, es muy reciente, puede considerarse que comienza en 1792 con la Instrucción de Carlos IV sobre el inventario de antigüedades y la atribución de las reales Academias de la función de conservación de la memoria colectiva¹. Ya a principios del siglo XX, se advierte el florecimiento de debates teóricos y de legislación al respecto (1911 y 1915) sobre conservación de yacimientos arqueológicos y de monumentos y la ley de 1933, vigente hasta que se aprobó la Ley del Patrimonio de 1985². Las teorías opuestas entre Viollet-le-Duc y de Ruskin, ocuparían las posturas dominantes del s. XIX, cuyo debate se produce en España durante el s. XX, alcanzándose la citada ley del 33, con gran influencia para la denominada *escuela conservadora*, frente a la *escuela restauradora*³. La intervención sobre el Patrimonio debe entenderse como algo mucho más amplio que su restauración, y ésta contemplada en su dimensión histórica que parte de la riqueza de experiencias y reflexiones, que la lleva al centro de una elaboración positiva y de una construcción teórica, con todas las dificultades que ello comporta. Cada edificio encierra en su propia realidad el tiempo como categoría determinante, con sus contradicciones y diferencias. Este principio de diferencias es base sobre la que debe descansar el proyecto entendido en dos sentidos, aparentemente opuestos pero complementarios, bien como causado por una consideración respetuosa de lo antiguo y bien como si se debiera al deseo de dar evidencia y valor a lo nuevo, acorde con lo que, en términos parecidos, afirmarían los restauradores, como los arquitectos del *Movimiento Moderno*⁴.

La Carta de Atenas de 1931 consagró unos principios repetidos hasta la Carta italiana del Restauro de 1972, periodo en el que pudo dominar el furor creativo de lo *nuevo*. Ciclo cultural que ha construido su propia historia de la Restauración: la negación y condena de la tradición restauradora del s. XIX (abanderada por Viollete le-Duc), difundida en distintos contextos nacionales, al tiempo que se reclamaban las raíces en las intervenciones en el clima arqueológico romano de principios del s. XIX, revitalizadas por Camillo Boito. Esta situación cambió considerablemente desde la época de los setenta del XX, donde cabía la reflexión sobre el pensamiento histórico, desde una modernidad alternativa que no renuncia a su condición y, a la vez, asume el pasado⁵. La consabida discusión entre las dos escuelas contrapuestas (restauradores y conservadores), presagiaba la progresiva imposición de los principios modernos y objetivos de la conservación, adelantados por la reflexión de arquitectos como Torres Balbás, Martorell o

¹ Existen hitos legislativos posteriores pero pocos relevantes. La mayor parte de los del siglo XIX se remiten a esa Instrucción de Carlos IV. En 1873 se produce el hecho singular de mencionarse, en Decreto, por primera vez el valor histórico y artístico de objetos como algo que deba ser materia de conservación. En 1844 se crearon las Comisiones de Monumentos que tuvieron un gran protagonismo hasta que en 1910 se creó la Inspección nacional de Monumentos, con responsabilidad administrativa de la conservación monumental hasta la Ley de 1933.

² Ley con perfil conservador, donde se ponía más énfasis en la conservación que en la alteración o modificación.

³ FERNÁNDEZ GALIANO, Luis (1989) *"El futuro del Pasado"* en Restauración y Análisis Arquitectónico. II Curso de rehabilitación del C.O.A.A.O. Ed. Colegio Oficial de Arquitectos Andalucía Occidental. P.p.19-34.

⁴ Relación con los edificios históricos entre la "carta de Atenas" 1931 y la "carta de Atenas" salida del C.I.A.M en 1933. Ambas cartas suponen la necesidad del contraste. Los arquitectos modernos acentúan el 'orgullo de lo nuevo' de una arquitectura que se proclama autosuficiente de la historia porque es hija de su tiempo. Vitale se pregunta *"¿pero, podemos nosotros hoy día, creer todavía en esta postura? No lo creo: el orgullo de lo nuevo ha sido sustituido, para nosotros por el conocimiento de la crisis de la arquitectura contemporánea; y esta crisis nace del hecho de que ella ya no puede ser un lenguaje fundado colectivamente"*. VITALE, Daniel (1989) *"De la restauración de la metamorfosis de lo falso y lo verdadero"* p.117, ibidem.

Puig i Cadafalch, quienes desmontaron el aparato *violletiano* que sostenía restauraciones deductivas, al tiempo que sellaron un entendimiento del monumento en su más legítimo valor histórico que impuso, como consecuencias más destacadas, la limitación de la intervención, conteniéndose en labores de consolidación y la plasmación sincera de la ruptura del discurso que supone la intervención *moderna* en el edificio histórico, llegando a admitirse la radical diferenciación de lenguajes para excluir el *falso histórico*, como evolución misma del concepto de la restauración y reflejo de la transformación cultural que afectó a los órdenes de la cultura arquitectónica.

Continuar esta vertiente de investigación, como instrumento para la intervención en el Patrimonio, conlleva el compromiso de los conocimientos sobre la historia de la restauración, como fundamento indispensable para dotar del ejercicio de una sólida base metodológica, más allá de un exceso de teorización que correría el riesgo de convertirse de verosímil crítico, como afirma Racheli⁶, sino con el propósito de estudiar la materia para el conocimiento de sus principios y su recomposición de un corpus disciplinar propio.

La reflexión producida en España a partir de los ochenta del s.XX, ha planteado la problemática de la restauración en términos de estructuras ideológicas cerradas. Antón Capitel desarrolló el concepto de *analogía formal* como criterio de intervención, quien se nutre de la asimilación y profundización de postulados de la escuela italiana del *restauro critico*, enunciándose, posteriormente, el concepto de *analogía formal* entendido como medio capaz de conciliar la necesaria armonía con lo antiguo y el rigor de las distinciones arqueológicas.

La reflexión sobre la restauración ha madurado, sin duda, sobre aquellos edificios que por su propia excelencia se consideran dignas de ser transmitidas, o sea los denominados monumentos, cuya realidad es compleja; puede así ser entendido como obra construida o como lazo de memorias y de emociones ideales de una cultura, que reconoce o advierte en ellos el hilo de la tradición y de su historia⁷. En este caso, el monumento lo es por sí, al margen de su uso o función, pues ésta puede cambiar a lo largo de su historia y seguir teniendo tal consideración. Por tanto, la restauración del monumento debe entenderse como una intervención cuya finalidad principal es la de la reposición en vigencia no tanto de las formas sino del rol persuasivo que las alteraciones han borrado o atenuado⁸.

Hay teorías que apuestan por la resolución del problema desde una mirada que debe ser, y no nostálgica de la historia, tras las experiencias del movimiento moderno. Así podríamos, además, liberar la utilitas en el carácter del monumento que actúa como contenedor aséptico sin las condiciones de sus exigencias utilitarias. Suficientes cambios de uso son conocidos en la historia de la arquitectura sobre determinadas tipologías civiles y religiosas, sin que por ello se haya alterado la propia tipología edificatoria. El monumento puro, por tanto, no parece necesitar del uso, e incluso suele ser considerado como una adherencia espúrea, ruidosa y entorpecedora de la propia sustancia monumental. Así de esta manera, el ejercicio de restauración sobre el monumento adquiere otra dimensión que el resto de la arquitectura capaz de absorber las posibles modificaciones.

⁵ La tradición restauradora del siglo XIX dominada por E. Viollete le-Duc y difundida por sus "epígonos" de la falsificación como Alfredo d'Andrade, Alfonso Rubbiiiani, Edoardo Arborio Mela en Italia, Madrazo, Demetrio de los Ríos, Repullés en España. Al tiempo, se reclamaban unas venerables raíces en intervenciones de Stern y G. Valadier a principios del siglo XIX, revitalizadas por C. Boito y la escuadra de conservadores enfrentada a los restauradores. GONZÁLEZ VARAS IBÁÑEZ, Ignacio (1996) *Restauración Monumental en España durante el siglo XIX*. Ed. Ámbito Ediciones S.A. Valladolid. P.11.

⁶ RACHELI, Albberto M. (1995). *Restauro a Roma 1870-1990*. Architettura e città. Venezia.

⁷ Sobre este asunto del Monumento es recomendable el ensayo *Monumento e Città* de BONFANTI, Ezio (1981) En E.B. *Scritti di architettura*, Clup Milano. Pp. 321-373

⁸ VITALE, Daniel (1989) op. cit. p.119

La denominada en muchos textos como *la arquitectura del pasado* nos aparece en riqueza y contradicción como campo de diferencias y de elecciones, ámbito en el cual la nueva arquitectura mide su propia construcción bajo nuestra madurez reflexiva y analítica, poniendo en curso la toma de decisiones, durante el proceso del proyecto de transformación, sobre las conexiones, las analogías, los contrastes, las oposiciones, etc. Para el control y la racionalización del proyecto me siento obligado al ANÁLISIS previo del proceso histórico acumulado en el edificio, pues al menos me ayuda a la mejor comprensión de la arquitectura, así, además, será el propio ejercicio de la arquitectura quien me informa de la interpretación histórica del mismo, en procesos paralelos o yuxtapuestos.

Intervenciones sobre la Iglesia Santa Catalina de Sevilla

Datos generales

Monumento Nacional declarado por la Real Orden de 4 de septiembre de 1912 (Ministerio de Cultura código R-I-51-0000104).

Protección integral: Obras permitidas de Conservación y Restauración. Plan Especial de Centro Histórico de Sevilla. Ayuntamiento de Sevilla.

Uso

Religioso. Templo clausurado el 29 de mayo de 2004, por peligro de derrumbe de la cubierta.

Superficie aproximada de 900 m² interiores.

Síntesis evolución

El templo es un ejemplo modélico de integración y articulación de diferentes estilos arquitectónicos acordes con la sucesión de intervenciones a lo largo de doce siglos de historia:

- Restos de mezquita musulmana de los siglos IX y X.
- Construcción general mudéjar del siglo XIV, sobre modelo surgido de la transformación de iglesias góticas.
- Ampliaciones mudéjares del siglo XV, con trazas de qubba islámica.
- Capillas construidas en los siglos XVI y XVII.
- Capilla sacramental de barroco muy depurado. Leonardo de Figueroa.
- Actuaciones desafortunadas en 1881.
- Remodelaciones urbanas, a principios del s. XX, con la incorporación de la fachada. Juan Talavera.

Últimas actuaciones desde su alarma de inseguridad

- 2003 Análisis de emergencia sobre Estado patológico de la Iglesia: Arquitecto: Francisco Granero Martín
- 2004 Redacción Ficha de Diagnóstico. Arquitecto Francisco Granero Martín
- 2004 Ejecución Actuaciones diagnosis, catas, limpieza de criptas y análisis patológico. Empresa Vorsevi S.A. coordinación arquitecto Francisco Granero Martín
- 2005 Proyecto y Ejecución de Apuntalamiento de las naves central y laterales. Arquitecto: Francisco Granero Martín, Arquitecto Técnico: Francisco Orellana Albertos. Constructor: ALFIZ S.L.
- 2005 Desmontaje de bienes muebles, esculturas y decoración, inventario y almacenaje. ALFIZ S.L.
- 2005 Proyecto y Ejecución de Cubierta Provisional. Arquitecto: Francisco Granero Martín Arquitecto Técnico: Francisco Orellana Albertos. Constructor: ALFIZ S.L.
- 2005 Proyecto y Ejecución de Catas estratigráficas de paramentos interiores. Arquitecto: Francisco Granero Martín , Arquitecto Técnico: Francisco Orellana Albertos. Constructor: ALFIZ

- 2005 Proyecto de Picado de revestimientos de paramentos interiores. Arquitecto: Francisco Granero Martín , Arquitecto Técnico: Francisco Orellana Albertos. Constructor: ALFIZ
- 2006 Proyecto de restauración de las cubiertas. Arquitecto: Francisco Granero Martín, Próxima ejecución. Arquitecto Técnico: Francisco Orellana Albertos. Constructor: Bellido S.A.

Datos constructivos

Cimentación

Bajo pilares, zapatas escalonadas de fábrica de ladrillo. Bajo muros, zapatas corridas.

Estructura

Muros de carga y pilares de fábrica de ladrillo y mortero de cal, en general.

Espesores muros: Exteriores fachada noroeste entre 84, 70 y 48 cm. Exteriores de fachada nordeste (Ponce de León) de 58 cm. Interiores del presbiterio de 103 cm. Exteriores fachada sudeste de 42 cm.

Pilares de fábrica en forma de cruz con dimensiones generales de 136x111 cm.

Arcos ojivales de fábrica de ladrillo y mortero de cal. Luz entre arcos de nave central: 7,22/ 6,82/5,86m

Muros de fábrica vista en zona denominada históricamente "redondillo" y capilla Exaltación.

Cubiertas

Nave central: Estructura de madera a dos aguas con armaduras de pares y nudillos. Tablero y cubierta de tejas curvas.

Naves laterales: Estructura de madera a un agua, de colgadillo o faldones.

Bóvedas de nervadura de ladrillo y arco ojival en presbiterio. Cubierta de tejado de teja curva.

Torre

Machón central, bóvedas esquifadas, rectangulares, ochavadas y de aristas. Muros perimetrales de fábrica de ladrillo y mortero de cal, con espesor medio de referencia de 1,60 m. Fábrica ladrillo vista con paños de sebka, arcos ciegos polilobulados inscritos en alfiz. Bóvedas de roscas de ladrillo.

Capilla Exaltación

Bóveda hemiesférica de lacería sobre pechinas de transición a muros perimetrales de planta cuadrada y espesor medio de 80 cm.

Coro

Forjado de madera, viguerías, tablero y solado de ladrillo.

Escalera acceso a coro: Bóveda tabicada de doble tablero de ladrillo y mortero de cal.

Portada

De la antigua Iglesia de Santa Lucía, trasladada en 1930: Nártex, jambas de baquetones, cornisa de canes en piedra, con elementos escultóricos.

Cornisas de ladrillo macizo.

Carpinterías exteriores

Puertas de acceso de duelas de madera con estructura interior de trabado y chapado metálico exterior clavado.

Vidrieras emplomadas en capillas con marcos metálicos de acero.

Pavimento

General, solería de mármol negro y blanco, damero en diagonal

Capilla siglo XVI: pavimento de ladrillo cerámico 14x28 y olambrillas cerámicas.

Estado patológico

- Rotura de la hilera de la estructura de madera.
- Ataque por plaga de xilófagos y pudriciones de la armadura de madera en pares o alfardas.
- Rotura y ataque de xilófagos y pudriciones del estribo.
- Daños en el almizate (nudillos, quijeras y peinazos).
- Pudriciones de los arrocabe (alicer, tocadura y tabica).
- Humedades por capilaridad en fábricas.
- Filtraciones en cerramientos y cubiertas.
- Importantes desplomes de pilares y muros.
- Apertura de grietas y de juntas entre cuerpos edificatorios distintos.
- Grieta en el muro de coronación de la nave de Epístola.
- Asientos y hundimiento del suelo.
- Instalaciones obsoletas
- Grietas, fisuras y deterioro de los cerramientos exteriores

Operación Cubiertas

Cubiertas de pares y nudillos

Naves laterales. Cubiertas de faldón a un agua, de colgadillo.

Los cabios se empotran en el muro sin durmiente, en profundidad de unos 50 cm. Se disponen alfajías y tablazón para apoyo y base del tejado.

Naves laterales

40/41 cabios de 15x17 cm de sección, separación entre ejes de 50 /55cm. Luz libre entre apoyos de 3,35/3,45 m, con arrocabe en ménsula de madera. Alfajías de sección 6x1,5 cm y separación entre ejes de 21,5 cm. Tablazón de 22 cm y 2 cm de grueso.

Patología: Intervenciones de refuerzos de cabios, en ambas caras de la escuadría, con pletinas de hierro en empotramientos. Pérdidas de sección entre el 50% y 90% de la masa, por ataque de hongos de pudrición parda y termitas, con ataques activos. Rastreles alfajías rotas y podridas con desprendimientos parciales. Tablazón con roturas, pudrición y reposiciones.

Desprendimientos de tejas, deslizamientos, hundimientos, roturas de tejas, filtraciones y enraizamientos.

Nave central

Cubierta a dos aguas, con armadura de pares y nudillos.

Apoyos de cabios sobre estribo de madera en coronación de muros.

Disposición de 180 pares de escuadría simple. Sección de pares de 9 cm de altura por 11/13 cm de ancho, con separación entre ejes de 26 a 29 cm y luz libre entre muros de 6,50 m. Disposición de 10 tirantes de madera separados cada 2,45 m constituidos por doble viga de 11x20 cm con empotramiento en el muro de 47 cm aproximadamente.

Patología: Durmientes de madera con afección de hongos de pudrición parda y termitas, deformaciones de elementos y rotura de alguno de ellos. Pérdida de sección por pudrición parda y termitas. Tablazón con roturas,

putrefacción y reposiciones. Desprendimientos de tejas, deslizamientos, hundimientos, roturas de tejas, filtraciones y enraizamientos. Canalizaciones de termitas

Documento proyecto de restauración de la cubierta –a la espera de su ejecución–.

Objetivos

- Cumplimiento de los requisitos básicos de la LOE: seguridad, funcionalidad, habitabilidad.
- Mantenimiento de las deformaciones
- Eliminación de elementos extraños a la armadura original y lesivos a la misma, dispuestos a lo largo de la historia.
- Actuaciones de consolidación y restauración.
- Garantizar la durabilidad de la armadura original como elemento patrimonial.
- Actuaciones de prevención.
- Racionalización de los procedimientos de actuaciones.
- Desmontaje y retirada de apeos, puntales y andamiaje de seguridad actual.

Procedimiento

El Consejo de Ministros aprobó el 17 de marzo de 2006 el nuevo Código Técnico de la Edificación (CTE).

En dicha fecha, este proyecto de restauración de las cubiertas de Santa Catalina estaba en redacción. El cumplimiento del CTE fue una auténtica novedad y tarea investigadora, mediante y el exhaustivo estudio complejo sobre la normativa a aplicar.

El procedimiento empleado en la redacción del proyecto se debe a una racional aplicación lógica de la creencia de cómo intervenir sobre un elemento patrimonial histórico. Supuso el seguir los pasos de una GUÍA DE EVALUACIÓN (GE) y una GUÍA DE ESTUDIO DE VIABILIDAD (GV), desconociendo lo que luego se iba a elaborar a través de la GACTEP posterior.

Las GE y GV

Los estudios, análisis y conocimientos adquiridos sobre el monumento a intervenir, han sido producto del racional plan director de intervenciones elaborado de antemano y que se ha seguido exactamente, con resultados muy positivos en el proceso lógico y, entendemos, necesario, y que en definitiva, conforman unas verdaderas GE y GV, dando por tanto validez a su necesario seguimiento, en el orden de su aplicación que, siempre, debe ser, igualmente, racional y flexible aplicándose, en cada caso, con las reservas oportunas.

El seguimiento de las GE y GV, además de determinar la realización de la evaluación previa, el estudio de viabilidad y el desarrollo de las limitaciones provisionales de uso, debe aportar un conocimiento exhaustivo de los sistemas constructivos originales del Edificio Protegido, acorde con los cánones reglados en el momento histórico-cultural de su origen, lo que conduce a recuperar una situación original desprovista de las alteraciones padecidas posteriormente, en garantía de su óptimo funcionamiento y durabilidad.

Actuaciones

- Preparación de apeo en armadura central
- Zuncho de coronación
- Demolición de recrecidos antiguos de muros no originales lesivos para la armadura de madera.
- Reposición de hilera
- Reparación de unión par con hilera

- Reparación de unión par con nudillo.
- Colocación de tablero de tablas de madera sobre pares y nudillos
- Sustitución de pares
- Empalme encolado en extremo de pares / nudillos
- Reparación de apoyo inferior de par afectado por fenda
- Reparación de pares y nudillos.
- Reparación de fendas a lo largo de pares o nudillos.
- Sustitución de estribos.
- Colocación de tirantes en estribos
- Reparación de extremos de tirantes.
- Reparación de canes
- Sustitución de vigas muy deterioradas en laterales
- Saneado de apoyo de viga en laterales
- Reparación del empotramiento de viga
- Reparación de can de apoyo de viga en laterales
- Trabajos de terminación
- Colocación de tablas de alicer
- Prevención
- Cubierta de tejado

Cumplimiento del CTE

Seguridad estructural

GE-SE: Seguridad estructural.

GV-SE: Resistencia estructural y estabilidad adecuada.

El cálculo de las solicitaciones ha sido realizado mediante el programa TRICALC de Cálculo Espacial de Estructuras Tridimensionales.

Estudio del estado tensional de la armadura existente.

La degradación reduce el amplio margen de seguridad inicial. Tan sólo el estribo excede de la resistencia prevista en el cálculo. La resistencia usada en el cálculo es muy conservadora para la madera existente.

Se ha considerado la situación final tras la reparación, quedando la armadura sometida a peso propio y sobrecargas variantes.

• Resistencia de la madera

Se han usado los criterios definidos en el Código Técnico de la Edificación SE-M, basados en el Eurocódigo 5, y en las normas UNE referidas, de acuerdo con la teoría general de la elasticidad y los "estados límites". Con ellos se obtiene una resistencia característica C-18 a la cual se le aplicarán los coeficientes de seguridad definidos en el Código Técnico. Para las acciones: parte DB-SE-A.(600 kg/m³), valor que es superior al valor característico de densidad de madera, lo que resulta del lado de la seguridad.

Para la estructura de madera y derivados: DB-SE-M.

El cálculo de las uniones se realizó mediante las ecuaciones de Johansen, método implantado en el Código Técnico. Se ha usado como modelo de funcionamiento según las leyes de la resistencia de materiales el modelo más similar al comportamiento real, considerando los pares apoyados en estribo y transmitiendo éstos la carga a los tirantes, que se consideran de elongación nula.

• Madera existente

Clasificación visual: Coníferas, generalmente todos los elementos pertenecen a MEG, salvo las alfajías.

A través de su apariencia (nudos y fendas) perteneciente al menos a la Clase Resistente C18 (según UNE EN 338).

Humedad: Debe ser no superior 15%.

Resistencia: Comprobación de la armadura existente, con valores por debajo de una madera C-18, excepto estribos.

Los valores de cálculo según Anejo E, Tabla E.1.1 del Código Técnico, considerando un coeficiente K_{mod} de 0.6 según tabla 2.4 (Clase de servicio 2 y cargas de corta duración aplicando el articulado), por tanto: $F_{md} = F_{mk} \cdot 0,9 / 1,3 = 18 \cdot 0,9 / 1,3 = 12,46 \text{ N/mm}^2$.

• Hipótesis de carga

De acuerdo con el Artº 4.4.2 del Código Técnico DB-SE

Las sollicitaciones máximas mayoradas en el estado final son las siguientes:

	$M_y \text{ (kN}\cdot\text{m)}$	$M_z \text{ (kN}\cdot\text{m)}$	$F_x \text{ (kN)}$	<i>Índice compuesto flexo compresión esviada</i>
Pares	0	0,7	4,7	0,45
Nudillos	0	0,3	5	0,14
Tirantes	0	0,7	18,5	0,43

• Madera laminada

Madera laminada de tipo GL28h (según UNE EN 1194 referida en el C.T.), que aporta las siguientes características:

F_{mk} : Resistencia característica a flexión: 28,0 N/mm²

F_{tok} : Resistencia característica a tracción paralela: 19.5 N/mm²

F_{cok} : Resistencia característica a compresión paralela: 26.5 N/mm²

E_{ogk} : Módulo de elasticidad paralelo característico: 10.200 N/mm²

Los valores de cálculo de acuerdo con la tabla E.3 del Código Técnico.

Se considera un coeficiente K_{mod} de 0.9 según tabla 2.4 (Clase de servicio 1 y cargas permanentes) , por tanto:

$$F_{md} = F_{mk} \cdot 0,6 / 1,3 = 28 \cdot 0,6 / 1,3 = 12,92 \text{ N/mm}^2$$

Considerando cargas variables la resistencia de cálculo será:

$$F_{md} = F_{mk} \cdot 0,9 / 1,3 = 28 \cdot 0,9 / 1,3 = 19,38 \text{ N/mm}^2$$

• Elementos de acero

Se usó el Código Técnico de la edificación, parte DB-SE-A (estructuras de acero)

Seguridad en caso de incendios

Para cubiertas no visitables y no utilizadas como medio de evacuación, la DB-SE determina la obligación de una estabilidad al fuego de 30 minutos : EF-30. **Sólo se ha calculado para la seguridad y resistencia estructural.**

Valores de cálculo del material en caso de incendio

Se puede considerar un factor $K_{mod}=1,25$ y $1,15$ respectivamente y $Y_{mf}=1,0$.

Para el caso de la madera aserrada: $F_{mdi} = F_{mk} \cdot K_{modf} / Y_{mf} = 18 \cdot 1.25 / 1.0 = 22,5 \text{ N/mm}^2$

Para el caso de la madera laminada: $F_{mdi} = F_{mk} \cdot K_{modf} / Y_{mf} = 28 \cdot 1.15 / 1.0 = 32,2 \text{ N/mm}^2$

•Velocidad de carbonización

Se sigue el método simplificado de la sección reducida. Para madera laminada con densidad característica superior a 290 kg/m^3 , la velocidad de carbonización "bo" es de 0.7 mm/min , en el caso de la madera aserrada es 0.8 mm/min . En esta velocidad corregida se tiene en cuenta el efecto de mayor profundización del fuego en las aristas.

•Sección resultante en pares

La sección resultante tras 30 min de fuego es:

$H_{red} = 130 - 7 - 2 \times 30 \times 0.8 = 68 \text{ mm}$; $B_{red} = 90 - 7 - 30 \times 0.8 = 59 \text{ mm}$; $W = 45470 \text{ mm}^3$

Tensión máxima = $0.6 \text{ kNxm/W} = 13.2 \text{ kN/mm}^2$

Comprobación: $13.2 \text{ kN/mm}^2 < 22.5 \text{ kN/mm}^2$ **Válido**

•Sección resultante en tirantes

La sección resultante tras 30 min de fuego es:

$H_{red} = 120 - 7 - 2 \times 30 \times 0.7 = 78 \text{ mm}$; $B_{red} = 140 - 7 - 30 \times 0.7 = 98 \text{ mm}$; $A = 7644 \text{ mm}^3$

Tensión máxima = $18.50 \text{ kN} / A = 2.42 \text{ N/mm}^2$

Comprobación: $2.42 \text{ kN/mm}^2 < 11.0 \times 1.15 / 1 = 12.65 \text{ kN/mm}^2$ **Válido**

•Características de las maderas a utilizar

Madera aserrada: Toda la madera nueva y prótesis: Conífera.

Clasificarla como de calidad ME-1 y MEG, según UNE EN 56544. Estará clasificada como Clase Resistente C24, según UNE EN338.

Tratamiento profundo en autoclave mediante sales solubles tipo CCA o CCB.

Madera laminada encolada: Madera laminada: tipo GL28h, con características según UNE EN 1194.

LOCALIZACIÓN		En toda la cubierta
Tipo de madera		Resinosa: <i>PPIN pino pinaster</i>
Clase resistente		C-24
Coeficiente parcial de seguridad	Estados límites últimos	1,30
	Estados límites de servicio	1,00
Factor de modificación	Kmod	0,90
Resistencia de calculo	A flexión (N/mm ²)	16,6
	A tracción paralela (N/mm ²)	9,7
	A compresión paralela (N/mm ²)	14,5
	A cortante (N/mm ²)	1,7
	A compresión perpendicular (N/mm ²)	1,7
Modulo de elasticidad paralelo medio (kN/mm ²)		11

El CTE y el proyecto de restauración integral

Finalizadas las obras de restauración de la cubierta y tras el proyecto arqueológico, se ejecutarán las obras de restauración integral del iglesia para devolverla a su uso.

Seguridad estructural

Sobre fábricas de muros y solera.

Seguridad en caso de incendios

Riesgo de propagación interior.

Evacuación de ocupantes, señalización.

Instalaciones de protección contra incendios.

Seguridad de utilización

Reducción del riesgo de usuarios.

DB-SU 1 riesgo de caídas. Estudio de pavimentos y cambios de niveles, accesibilidad desde el exterior para minusválidos. Plan de Limitación de accesos.

DB-SU-2 riesgo de impacto o atrapamiento. determinar su existencia y en tal caso limitación de uso.

DB-SU-3 riesgo de aprisionamiento en recintos. Limitación de uso (caso de subida a torre o sobre nave de presbiterio).

DB-SU-4 riesgo por iluminación inadecuada.

Salubridad

Higiene, salud y protección del medio ambiente.

DB-HS Salubridad

HS-1 Protección frente a la humedad. El GACTEP contempla los criterios para la evaluación y estudio de viabilidad GE-HS-1 y GV-HS-1.

Protección frente al ruido HR

A priori, creo que hay que justificar la no incidencia en este tipo de edificios, tanto del interior al exterior y viceversa: "No podemos poner sordinas a las campanas, ni prohibir su uso, ni se puede extralimitar del ámbito del proyecto para normar el ruido del tráfico desde el propio proyecto."

GE-HR y GV-HR.

Ahorro de energía HE

Limitación de demanda energética, Eficiencia energética de las instalaciones de iluminación: Monumentos protegidos oficialmente quedan excluido de su cumplimiento en el CTE, cuando puedan alterar inaceptablemente su carácter o aspecto.

Contribución solar mínima de agua caliente sanitaria y fotovoltaica de energía eléctrica: podrá justificarse, si así lo dictamina el órgano competente en materia de protección histórico-artística y habrá que hacerlo, puesto que no se va a colocar placas sobre los tejados.

Restauración de la cubierta de la cúpula de la Capilla de la Piedad, Hermandad del Baratillo de Sevilla⁹

Datos generales

Plan Especial de Protección de Centro Histórico de Sevilla.

Nivel de protección: GLOBAL, clasificación B.

Obras permitidas: Conservación y restauración tendentes a la buena conservación del patrimonio.

Bien de Interés cultural: Propuesto para su inscripción genérica en el C.G.P.H.A. como Monumento.

Uso

Religioso.

⁹ Publicada en artículo revista AITIM (Asociación para la Investigación Ind. de la Madera), nº 258, marzo-abril 2009 pp.44-48.

Síntesis evolución

- Se edificó una primera capilla en 1.696, obra de Bernardo de Bustamante
- Las ampliaciones realizadas por el maestro de obras Marcos Sancho, en 1724.
- Las obras de restauración y reestructuración en 1755, tras padecer los efectos del seísmo, cambiándose la decoración interior y las pechinas de la cúpula.
- El inmueble tuvo una obra de reforma general en 1963, cuyo arquitecto Antonio Delgado Roig. Entre las reformas más importantes está la sustitución de la cubierta de la nave de dos aguas a cubierta plana transitable.

Datos constructivos

- Muros de fábrica de ladrillo y mortero de cal, revestidos.
 - Cornisas de fábrica de ladrillo revestidas.
 - Revestimiento exterior de mortero y pintura con ocultación de la decoración grafiada.
 - Cubierta de tejado de tejas cerámicas curva árabe.
 - Ventanas de madera con vidrios emplomados en los óculos circulares.
 - Cerrajería en los huecos.
 - Estructura de la cubierta: Diámetro de la cúpula:4,60 m / Diagonal del octógono del tambor: 6,00 m
- Cerchas de madera constituidas por escuadrías rectangulares de madera en tirante, par curvo y pendolones a modo de una cercha invertida Delorme. Apoyo sobre estribo perimetral de la planta, en madera de rollizo circular sujeto por angulares metálicos empotrados en los muros. La estructura se comporta como un conjunto con ocho cerchas maestras en los ángulos de la planta octogonal y sobre ellos se apoyan las cerchas-vigas que sustentan el tablero de madera que soporta la cubierta de tejado.

Estado patológico

- Deslizamiento y movimientos de tejas.
- Zonas de tejado hundidas y levantado de alero de tejado
- Enraizamientos y filtraciones.
- Grietas y fisuras sobre las fábricas del tambor y cornisas
- Oquedades en encuentro de limas y tejados, con filtraciones.
- Pudriciones de la madera del tablero.
- Daños, tal vez rotura de elementos de las cerchas de madera.
- Daños en viguería de apoyo, y en estribos de madera.

Actuación

Proyecto: 2007. Obra: terminación 2008

- Desmontaje de faldones de tejado de tejas y tablero.
- Limpieza de tejas a recuperar.
- Limpieza de la cara externa de la cúpula, paramentos interiores del tambor y de los elementos de la armadura de madera.
- Inspección y análisis especializado de todos los elementos de la armadura de madera y sistemas de apoyos de la cubierta de la cúpula.
- Sustituciones de cercha de madera, o de cada elemento de cercha.
- Reparación de fendas, partes podridas y con ataque xilófago.
- Sustitución de estribos de madera, mediante la inserción ensamblada de perfiles similares en madera tratada al autoclave y encolada.

- Saneado del extremo de la viga y corte. Realización de una corte recto longitudinal en la misma mediante radial o maquina apropiada. Madera C-24.
- Refuerzo de apoyos del estribo.
- Tratamiento de protección de cara exterior cúpula con malla geotextil.
- Tratamiento antixilófago general de la armadura de madera, antes de colocar el tablero, mediante inyección y pulverización de tratamiento preventivo-curativo fungicida e insecticida.
- Aplicación de barniz al agua con tratamiento de fondo fungicida e insecticida sobre toda la madera.
- Tablero de madera fenólica de abedul y retejado.
- Restauración de grietas en cornisas y paramentos,
- Restauración de pináculos, pedestal de la cruz y restauración de ésta.
- Tratamientos paramentales y recuperación del grafiado original del siglo XVIII.

Cumplimiento del CTE

Código Técnico de la Edificación SE-M, basados en el Eurocódigo 5

Resistencia característica C-18

Para las acciones: parte DB-SE-A.

Para la estructura de madera y derivados: DB-SE-M.

• Características de las maderas a utilizar

Madera aserrada

Toda la madera nueva y prótesis: Conífera.

Clasificarla como de calidad ME-1 y MEG, según UNE EN 56544. Estará clasificada como Clase Resistente C24, según UNE EN338.

Tratamiento profundo en autoclave mediante sales solubles tipo CCA o CCB.

• Seguridad en caso de incendios

Para cubiertas no visitables y no utilizadas como medio de evacuación, la DB-SE determina la obligación de una estabilidad al fuego de 30 minutos : EF-30.

Se ha calculado para la seguridad y resistencia estructural.

Velocidad de carbonización: Se sigue el método simplificado de la sección reducida.

• Seguridad de utilización

Reducción del riesgo de usuarios.

DB-SU 1 riesgo de caídas. Plan de Limitación de accesos.

DB-SU-2 riesgo de impacto o atrapamiento. Plan de Limitación de accesos.

DB-SU-3 riesgo de aprisionamiento en recintos y DB-SU-4 riesgo por iluminación inadecuada: Se justifica su no aplicación.

• Salubridad

Higiene, salud y protección del medio ambiente.

DB-HS Salubridad

HS-1 Protección frente a la humedad: Pendiente de aplicación en proyecto de restauración integral.

Protección frente al ruido HR y Ahorro de energía HE: No se aplican justificadamente.