

Arriba. Una de las bóvedas dañadas en 1888, ACS.

# El proyecto de sustitución de los pilares 4C y 5C de la Catedral de Sevilla

**Alfonso Jiménez Martín**

Arquitecto, Director del Proyecto

El 23 de noviembre de 2006 el Ministerio de Cultura inició, a través del IPCE, una obra en la Catedral de Sevilla destinada a reforzar dos de sus treinta y dos pilares.

El presente artículo constituye no sólo el resumen de la referida intervención, sino una apretada crónica de los más de 20 años de trabajos vinculados a ambos pilares del Conjunto Catedralicio.

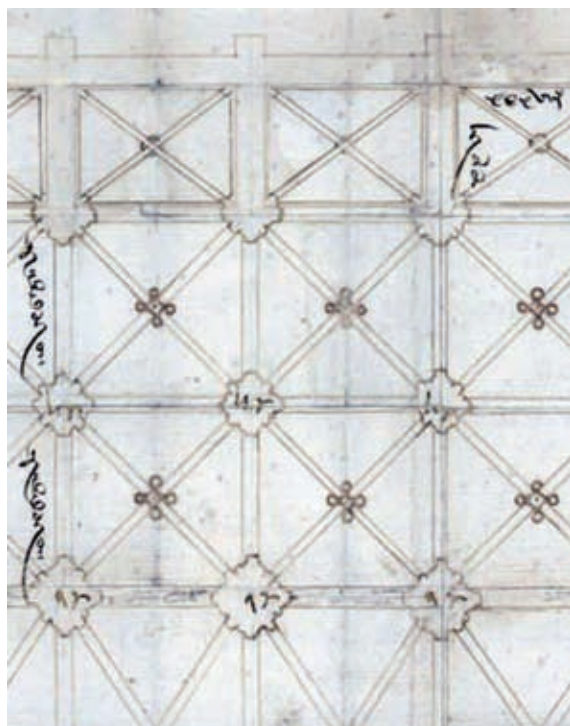
Abajo. Los pilares afectados en el plano de Bidaurreta, AMB.

En 1433 empezó la “obra nueva” hispalense cuyo primer maestro fue un francés llamado *Isembertus*, que trabajó para la catedral como Ysamber e Ysanbarte, entre 1433 y 1434; la planta acotada y las alturas del proyecto quedaron reflejadas en un plano, del tercer cuarto del siglo XV, conservado en Oñate (Guipúzcoa) en el que el pilar 4C, que descarga la nave central y una lateral, mide 15 pies, mientras el 5C, que sólo recoge las laterales, tiene 12. Por un documento de 1513 sabemos que dicha medida era la de su diagonal, que en el primero mide hoy 13 pies, reducción que ya está acreditada en 1449. Este cambio y otros del mismo tenor se deben al maestre Carlin, natural de Ruán, que dirigió la obra entre 1435 y 1447.

Cada pilar comenzó con la apertura de un “hoyo” ovalado que excavaron dos cuadrillas de peones ayudados por sendas bestias, con una latitud máxima de 7 m y 5,70 de profundidad. Lo rellenaron por tongadas con un enripiado de mortero de cal y grava, cargado con trozos de ladrillo y piedra; acabado el cimiento replantearon los pilares, como se deduce de lo descentrados que están respecto a los respectivos hoyos, pues la presencia de restos de edificios anteriores impidieron su regularidad. Cuando fraguó la tongada superior abrieron en ella cuatro pocetes de un metro de diámetro, cerca de donde se situarían las esquinas del pilar, en los cuatro puntos cardinales, para empotrar otros tantos “pinos”, capaces de sostener los andamios, las cimbras y los puntales necesarios

para el progreso de la obra, además de una grúa, pues adquirieron “una rrueda con su exe e aparejo pa guindar cantos [...]” el 12 de enero de 1437.

Para empezar el pilar propiamente dicho labraron sobre el cimiento una solería perdida de ladrillos,



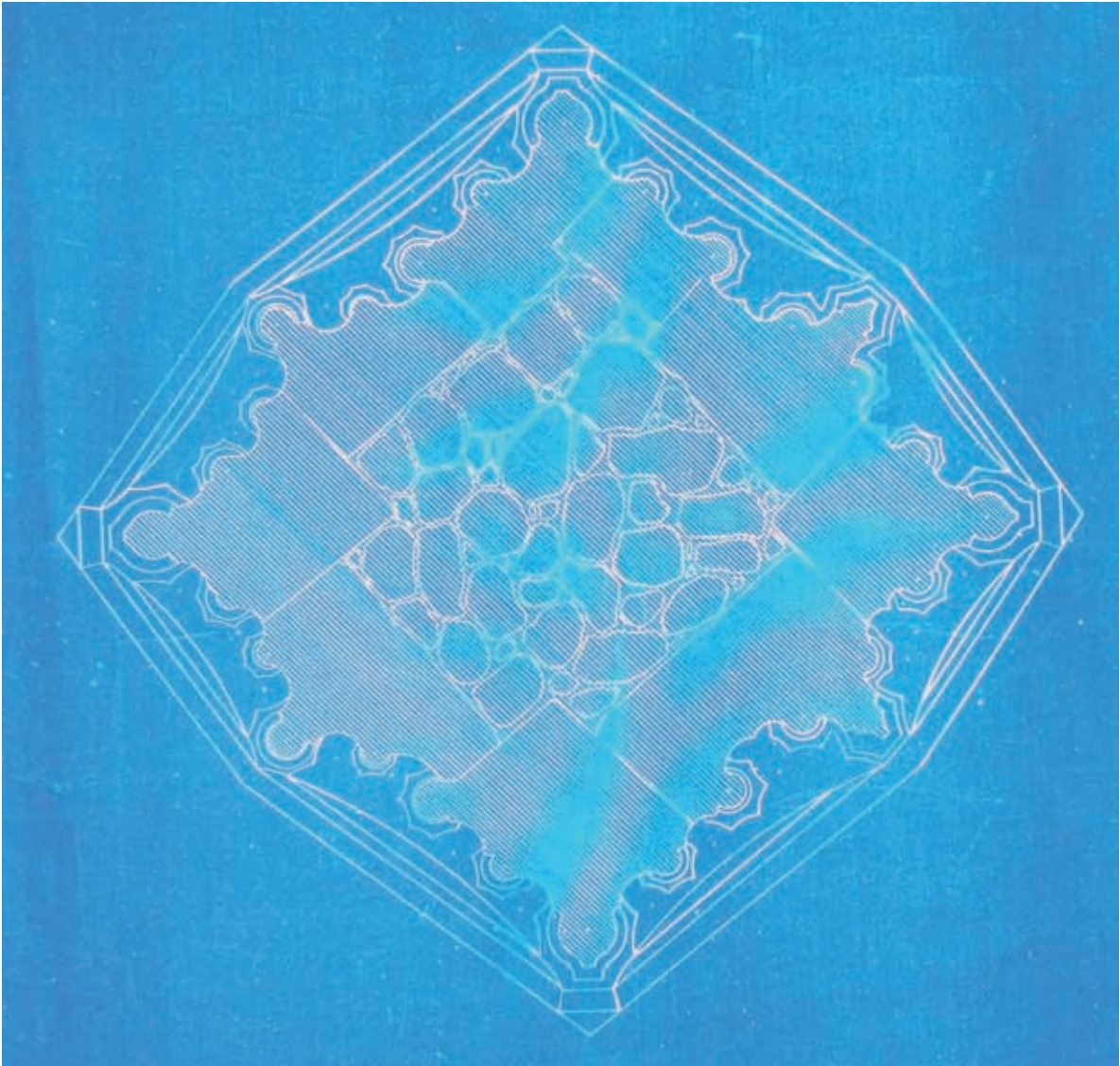


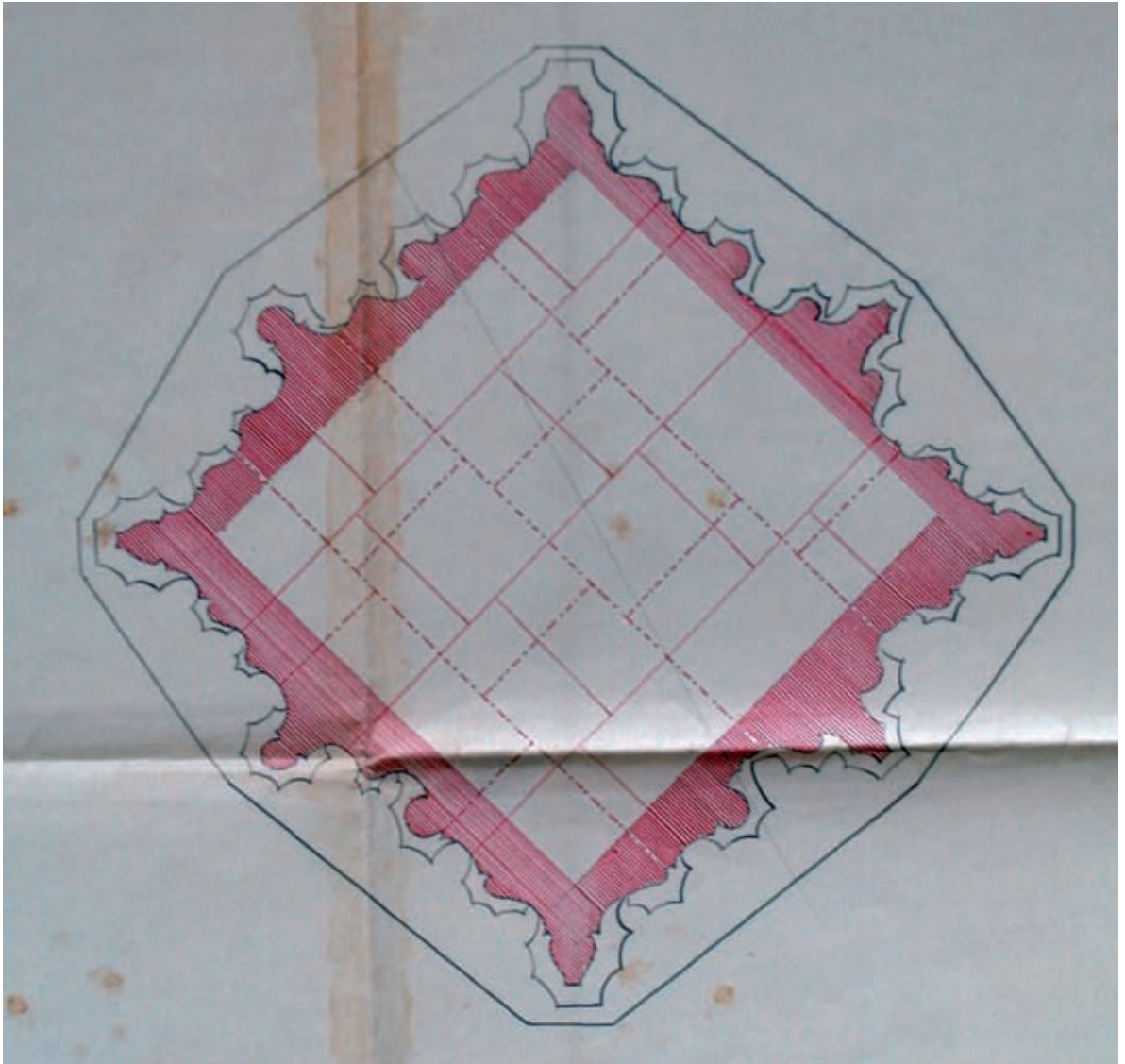
## THE PROJECT OF THE SUBSTITUTION OF PILARS 4C AND 5C OF THE CATHEDRAL OF SEVILLE

Alfonso Jiménez Martín  
Architect. Director of the project

On November 23, 2003, the Ministry of Culture began, through the SCHI, a work in the Cathedral of Seville aimed at reinforcing two of its thirty two pillars. This article constitutes not just a summary of said intervention but also a chronicle of the more than twenty years of work linked to both pillars in the Cathedral complex.

Abajo. Constitución de un pilar segun un dibujo de 1889, ACS.





Arriba. Plano coloreado a cera.

en la que se marcaron los ejes de la zapata, sobre la que debió ir el pavimento, hoy desaparecido. Los pilares se dibujaron en el suelo como octógonos irregulares, con una primera hilada lisa y sobre ellas una serie de molduras horizontales y basas bulbosas, hasta alcanzar una altura uniforme de 1,60 m. Sorprende que el número de sillares que componen estas hiladas inferiores sea muy variable, pues oscila entre 12 y 20 piezas, mientras lo normal es que cada una de las 47 hiladas normales del fuste contenga de 12 a 14 sillares acuñaos que, contrapeados, le dieron 15 m de altura.

En los 16,60 m de altura de cada pilar colocaron alrededor de 800 sillares de calcoarenita de las

canteras de El Puerto de Santa María (Cádiz), que fueron todos los que se cuentan a simple vista, pues constituyen el potente encofrado de una masa interna de enripiado, estratificada, similar a la de los cimientos; el espesor de esta corona es variable, como lo fue el tizón de sillares, pues el propio aparejo y la búsqueda de trabazón dieron poca regularidad al espacio interno que el enripiado macizó.

Dos accidentes ayudan a explicar la responsabilidad estructural de estos soportes. El día 28 de diciembre de 1511, a las 8 de la noche, se cayó el pilar 3F, uno de los que sostenían el cimborrio. Las causas están claras, pues si bien en el plano de Oñate aparece





Arriba. El pilar caído en 1888. ACS.

Abajo. Jeringamientos de cemento en el pilar 4C.  
Fotografía: J.L. Baron.



junto a este soporte escrita la palabra “symbor”, nombre genérico del espacio central del edificio, las cotas no sugieren que lo dibujado fuese a descollar más que lo exigido por la luz de su vano y el rampante de la bóveda, ni sus pilares tenían más potencia que los dibujados para las naves altas aunque, por la reducción ya citada, fueran finalmente los mayores. Pues bien, sobre esos cuatro pilares Simón de Colonia, cincuenta años después de que fueron cimentados y construidos, levantó una estructura mucho más alta y pesada que la bóveda de terceletes del plano vasco. El cimborrio construido, al igual que el de Burgos que construyó su padre, cayó estrepitosamente en 1511, pero es evidente que su ruina quedó localizada en las bóvedas apoyadas en el pilar 3F, sin provocar más caídas. Aunque el pilar se reconstruyó de inmediato, el cimborrio se debatió mucho, incluso se pensó hacerlo de madera; finalmente, entre 1516 y 1518, Juan Gil de Hontañón hizo una bóveda que, salvo en la mayor complejidad de sus nervaduras y la inclusión de unas ventanitas, poco se diferenciaba de la del dibujo vasco: en una palabra, el cimborrio mínimo.

Trescientos setenta años después, en pleno proceso de restauración, cayó también esta bóveda; por entonces el arquitecto Adolfo Fernández Casanova sustituía por completo el pilar 5F, obra que terminó el 4 de abril de 1888. En ningún momento indicó que el pilar 4F estuviera mal, pero lo cierto es que cuatro meses después, el 1 de agosto, sobre las 3 de la tarde, se desmoronó. El arquitecto explicó la ruina por la escasa calidad de los materiales y los seísmos, pero su sucesor, en 1893, mencionó además el descenso de 12 cm que acumularon los morteros empleados en la reconstrucción del pilar 5F, asiento que desequilibró al soporte contiguo. Las fotos y los planos coetáneos acreditan que, pese a la asimetría de cargas y formas, el pilar, que se rompió a unos cinco metros de altura, “por descomposición del tercio medio”, sólo arrastró las mitades adyacentes de las bóvedas que descansaban en él, insinuando que las fisuras naturales de las mismas convertían la estructura del edificio en una malla de “palmeras” autónomas, bien estribada por las capillas y las fachadas.

Joaquín Fernández Ayarragaray planteó en 1890 un proyecto para la reconstrucción “del pilar y semi-bóvedas derruidos [...]”, cuyas obras concluyeron en 1893. A partir de este momento intervino en otros pilares, reforzándolos mediante inyecciones de cemento, que Fernández Casanova llamó despectivamente “geringamientos”. De ellos aún se percibe en el pilar 5H una perforación y el sobrante de la lechada, cortada por la última obra que ha afectado a los pilares, la de “recalzo de los sesenta



Arriba. Los apeos como parte de la visita de la Catedral. Fotografía: A. Jiménez.





La base del pilar 5C. Fotografía: A. Jiménez.

pilares que constituyen el apoyo de la nave central y laterales”, tarea que dirigió entre 1911 y 1915 Joaquín de la Concha Alcalde. Su trabajo consistió en sustituir la mayoría de los sillares del basamento y el fuste hasta su tercera hilada, lo que explica la diferencia de textura y color de la piedra y las irregularidades de su aparejo. Hasta aquí el proceso histórico que concierne a los pilares que, aun siendo válido para todos ellos, ha ofrecido multitud de datos particulares, por lo que no conviene generalizar.

En 1987 propuse al Cabildo controlar el pilar 5C, cuyo basamento aparecía fisurado y con testigos de yeso, rotos y sin fecha, y también el 4C, con una amplia grieta a unos metros de altura que, aunque afectaba sólo a un baquetón, era muy aparatosa. En realidad no eran éstas dos las únicas del edificio, pero sí las más visibles, ya que hay otras, formidables y muy antiguas, en arcos y muros del brazo norte del Trascoro y otras, de menor cuantía y con huellas de reparaciones, en otros muchos lugares, incluidos pilares, y ello sin contar las fisuras de las bóvedas que, de acuerdo con la teoría del comportamiento plástico divulgada por J. Heyman, son normales y, en principio, inocuas. Conviene señalar que no tenemos denuncia alguna de problemas anterior a 1987 sobre el estado de los pilares 4C y 5C aunque, como veremos, el primero fue inyectado afines del siglo XIX.

Los primeros testigos que colocamos, en marzo de 1988, aparecieron rotos tres meses después por lo que volvimos a reponerlos anualmente hasta enero de 1995, concluyendo que los movimientos de las fisuras eran cíclicos pero no uniformes, pues no todos se rompían ni lo hacían en el mismo orden. Con estos datos, o mejor dicho, con estas incertidumbres, se propuso al Cabildo un plan para definir



La intervención de 1911 realizada. Fotografía: A. Jiménez.

con exactitud el problema, invirtiendo hasta el año 2002 la cantidad de 977.444 euros, financiados íntegramente por la propiedad del edificio que, desde entonces, sólo ha limitado el tiempo, es decir, el calendario y los horarios de los trabajos, para acompañarlos a las actividades del templo. Desde 2002 los gastos han sido sufragados por el Ministerio de Cultura y el Cabildo, con 1.606.570 y 454.123 euros respectivamente.

En agosto de 1996 realizamos una campaña para reconocer las cimentaciones mediante sondeos geotécnicos puntuales, cuyos resultados publicamos en *Informes de la Construcción* unos meses después, concluyendo que, con un factor de seguridad ante el hundimiento superior a tres y los datos del terreno y de la cimentación que el estudio aportó, se descartaba ésta como problema. Así pues, había que buscar su origen en la fábrica visible y por ello se analizaron de registros sísmicos provocados por medio de una serie de geófonos ubicados en el fuste, investigando además la distribución de humedades y sales, llevados a cabo a finales de 1997, estudio que insinuó “la existencia de un desajuste estructural”; continuaron con la instrumentación las grietas de éstos y otros dos pilares que se eligieron como referencias, y se estudiaron muestras inalteradas, cuyos resultados estuvieron en marzo de 1999. Estos resultados demuestran, entre otras cosas, que la resistencia a compresión oscilaba entre 29 y 118 kp/cm<sup>2</sup>, para muestras con humedad natural y módulos de deformación entre 5.037 y 41.537 kp/cm<sup>2</sup>, mientras las desecadas dieron valores entre 30 y 143 kp/cm<sup>2</sup> y 7.292 y 42.558 kp/cm<sup>2</sup> respectivamente; la resistencia a compresión de la piedra saturada de agua y la



Arriba. Protección de la excavación de la cubierta. A la derecha. Grieta del pilar 4c. Fotografías: A. Jiménez.

oscilación de tensiones en el periodo de medición apuntaron a valores próximos a la rotura y comportamiento cercano al estado plástico, que se podría alcanzar al ofrecer el núcleo interno resistencias entre 31 y 72 kp/cm<sup>2</sup>, con módulos de deformación que varían entre 1.700 y 2.626 kp/cm<sup>2</sup>. Según este estudio la causa del problema estaba en la baja calidad de la piedra, ya acreditada por los estudios del siglo XIX, pero al menos pudimos descartar que, como sugieren los mismos, el relleno fuese tan incoherente que se pudiera “derramar” al retirar parte de la corona exterior, que es lo que se temía Fernández Casanova cuando cambió de criterio en el pilar 5F, ya que en principio pensó recalzarlo, como ahora, pero terminó sustituyéndolo.

Así pues, en la primavera de 1999 las noticias no podían ser más preocupantes, por lo que propuse al Cabildo encargar la resolución del problema a don José Luis Manzanares, catedrático de esta especialidad de la Universidad Hispalense. Se propuso verificar la extensión y estado de los cimientos, extender los análisis de los fustes de los pilares a las bóvedas, estudiar la geometría y estabilidad de la estructura de la catedral, reunir información sobre patologías similares, apeaar los dos pilares afectados e iniciar la búsqueda de soluciones y financiación.

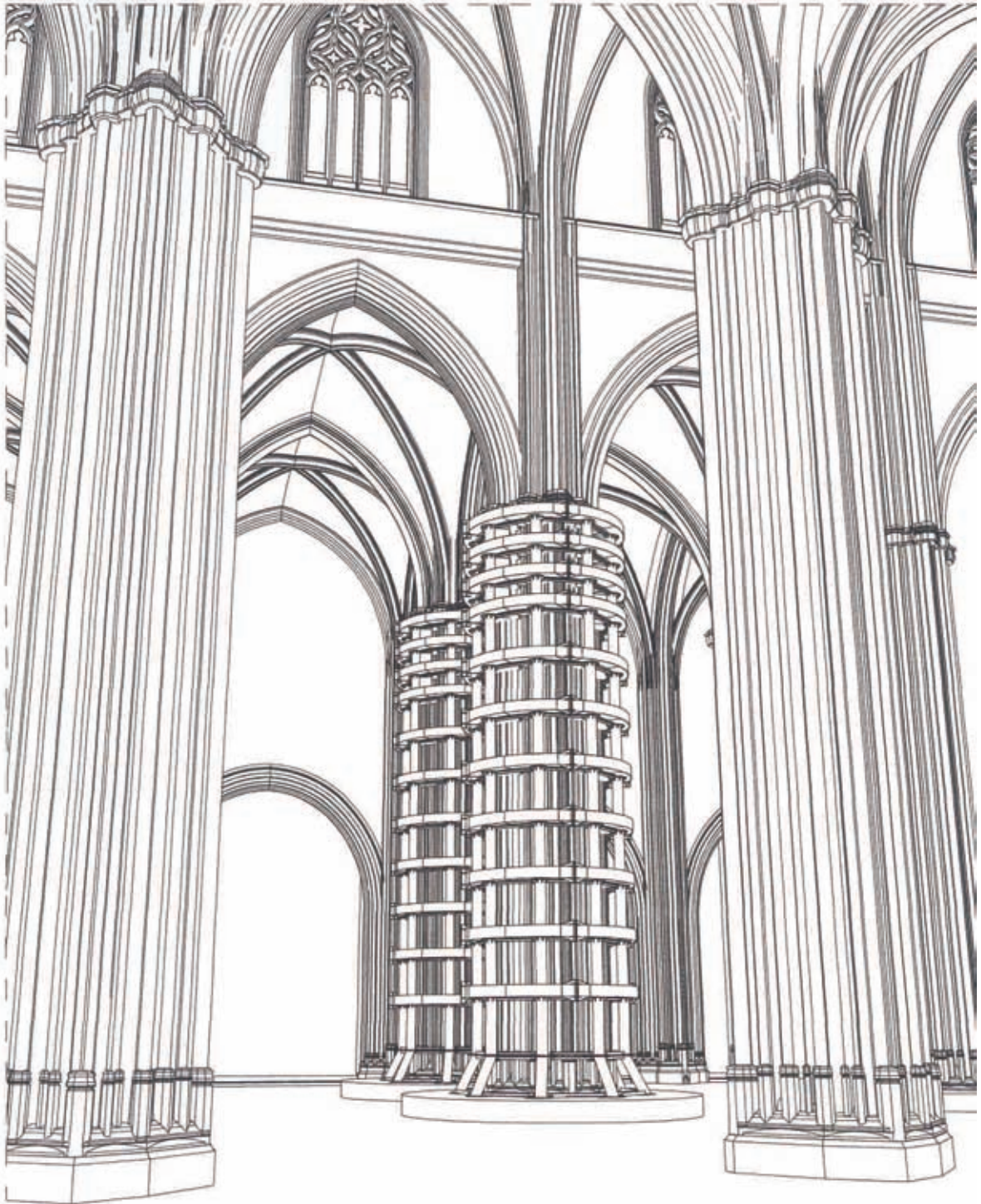
De forma simultánea se realizaron numerosas tareas durante los años 1999 y 2000, empezando por el reconocimiento de la cimentación mediante una excavación arqueológica, cuya publicación resumimos seguidamente. Después de retirar la solería actual, colocada entre 1786 y 1793 pero con zonas renovadas por última vez en 1955, se exhumaron estructuras y restos de tumbas medievales y modernas, el suelo y pilares de la mezquita

y las estructuras, solerías e incluso la decoración de varias casas andaluzas derribadas para construir el oratorio almohade. Los cimientos de los pilares 4c y 5c quedaron confirmados en extensión y calidad, salvo los deterioros causados por los enterramientos anteriores a 1786, lo que aconsejó, para garantizar la estabilidad de cualquier estructura que se colocase para trabajar en los pilares, su hormigonado, tras lo cual se volvió a colocar la solería. A la vez se investigaron las estructuras emergentes, pues los fustes fueron revisados por completo, advirtiendo varias circunstancias de interés, como la irregularidad del material, la existencia de un enjabelgado ligero, la coloración negruzca de la cuarta hilada del fuste del pilar 5C, y la escasa calidad de la piedra, que originalmente era de color muy claro. Desde los primeros momentos controló la realización de estos trabajos el profesor Barón Cano.

El profesor de investigación del C.S.I.C. Antonio Almagro dirigió entre 1999 y 2000 una reiterada y sistemática nivelación de precisión, que demostró la horizontalidad y estabilidad de la solería del XVIII, y la restitución fotogramétrica de todas las bóvedas y pilares, verificando la ausencia de deformaciones significativas de la estructura. Una tarea arqueológica más, esta vez en las cubiertas, permitió, además de aligerar de obra muerta los pilares 4C y 5C, conocer la composición y peso de las alcatifas y solerías y la antigüedad y carácter cíclico de las fisuras adyacentes. Estos datos, junto con los resultados de la peritación de la estructura, descartaron que hubiese algún desequilibrio estructural, confirmando, mediante el cálculo por “elementos finitos”, que el material estuviera cerca del agotamiento.

También reunimos información sobre problemas similares, mediante consultas bibliográficas, visitas





Arriba. Imagen final del proyecto de apeos. Dibujo R. Angulo.

a otros monumentos y la presencia de expertos en Sevilla, tales como los arquitectos Peropadre y Aguerri, que han resuelto problemas similares en Zaragoza y Tarazona. Sin embargo, la experiencia que más nos interesó fue la de la sustitución de los pilares del crucero de la catedral de Milán, cuyas dimensiones y riesgo se asemejaban a los nuestros y de cuyas dificultades aprendimos que lo sensato es intervenir sin restricciones de tiempo o espacio, ensayando las soluciones mediante simulacros a escala natural.

Con estos datos, entre otros, se redactó un proyecto destinado a auscultar y apeaar los dos pilares que obtuvo licencia municipal en junio de 1999. Preveía, y así se ha realizado, construir un anillo de hormigón armado para llevar las cargas a la solería, debidamente protegida, y de ésta al hormigonado del subsuelo y al cimientto. En este elemento se anclaron ocho tubos de acero con capacidad para apeaar toda la fábrica que carga cada pilar y que, a la vez, sirviese como andamio. Esta estructura metálica abrazaba el pilar mediante grandes ruedas de madera con una llanta metálica exterior, seccionada para poder tensar y des-tensar cada rueda, tocando la piedra mediante una “venda” de neopreno y yeso, conformando todo ello una compleja férula discontinua, complementada con escaleras, pescantes volados, barandas, protecciones y redes. Una red de sensores (termómetros, higrómetros, clinómetros, acelerómetros, distanciómetros, bandas extensométricas, células de carga y anillos de deformaciones relativas, hasta sobrepasar ampliamente el centenar) efectuaba lecturas cada cinco minutos, que se recibían en un ordenador a pie de obra, en el que un programa llamado Merlín, de “Kinesia, Ingeniería de Auscultación”, monitorizaba los dos pilares y sus apeaos sin interrupción, incluso permitía auscultarlos por Internet. La duración prevista del proceso aconsejó en 2006 rediseñar todo el conjunto, cambiando los sensores y el programa a los de última generación. Este sistema ha permitido que cualquiera de los miembros de la dirección facultativa y de la dirección de obra tuviese información en tiempo real y que, además, pudiera introducir comentarios y observaciones, constituyendo un registro muy ágil. Tal vez el dato que más sorprendió en su momento fue saber que el movimiento diario de subida y bajada de las claves de las bóvedas estaba entre 2 y 3 cm, a compás de la evolución cotidiana de la temperatura ambiente.

Los años 2000 a 2005 no se desperdiciaron gracias a las tareas menores que se emprendieron y la continuidad en las observaciones, pues el proyecto de sustitución de los sillares, diseñado por la empresa AYESA, pasó un dificultoso proceso de

visado y aprobación en los Ministerios de Fomento, Vivienda y Cultura. Durante estos años se ensayaron la sustitución de sillares muy deteriorados en otros lugares menos comprometidos de la Catedral, se observó el relleno interior mediante endoscopias, se hicieron ensayos de “gatos planos” y se estudió la eliminación del ruido y el polvo que la obra produciría. Entonces se decidió sacrificar la sillería antigua, ya que ni había un procedimiento viable para extraerla intacta, ni estaba proyectado reutilizarla, ni se sabía donde almacenarla. Cuando la obra empezó advertimos que había más reparaciones de las que estaban documentadas y que en algunos sitios donde la “venda” se había pegado a la piedra, ésta se desgarraba al retirar el apósito.

La obra tardó en conseguir un ritmo de trabajo aceptable, tanto por la obligación de adaptarnos a la agenda litúrgica como por la necesidad de renovar la auscultación. Empezó por el pilar 5C, tras desmontar desde abajo sucesivas ruedas de madera, eliminando la piedra antigua, dividiendo el perímetro de cada pilar en 16 secciones y tres pisos, sin tocar el núcleo interno que en toda su extensión observada se ha demostrado muy uniforme y compacto. En cada semana laboral se derribaba y reconstruía una sección, colocando sillares de piedra recién labrada con mortero de cal, siguiendo despieces contrapeados muy uniformes. Las canteras portuenses, inmersas en un litigio entre el Ejército y el Ayuntamiento, no garantizaban la uniformidad ni la resistencia exigida, unos 300 kp/cm<sup>2</sup>, por lo que se optó por otras canteras que han suministrado de manera regular piedra de características organolépticas muy similares a la original recién labrada. En total se han colocado casi 600 sillares nuevos. De manera especial ha interesado controlar las retracciones, de manera que al final la merma ha sido de 5 mm, que se han manifestado en las grietas antiguas de las partes altas con aperturas o cierres de menor amplitud aún. Ha sido un trabajo en el que se han mezclado procedimientos tradicionales, como la colocación manual de sillares de piedra natural, el uso de morteros antiguos y plantillas, con otros modernos, así los transportes y elevaciones con maquinaria eléctrica o la Fotogrametría, con novedades recientes, como ha sido la monitorización y seguimiento por Internet.

Las mayores sorpresas han consistido en detectar que los recalces de los años 1911/1915 fueron el origen de las irregularidades de aparejo de las partes bajas y el empleo de piedra de menor calidad, pero sobre todo el hallazgo de antiguas lechadas de cemento en una zona alta del pilar 4C, muy extensa, cerrando huecos entre la piedra exterior y el relleno interno, pero sin huellas de las perforaciones





dibujadas en 1893 ni rastros como los del pilar 5H, de manera que sólo cabe una explicación: con la oposición de su antecesor, Joaquín Fernández eliminó sillares, rellenó vacíos con lechada y colocó sillares nuevos en los huecos producidos. Por nuestra parte, en aquellos lugares donde las condiciones geométricas lo aconsejaron se ha cosido la fábrica nueva mediante varillas de acero inoxidable.

Uno de los temores expresados en la documentación antigua se refiere a los seísmos como causa indirecta de las ruinas de 1511 y 1888, pues bien, el 12 de febrero de 2007 uno del grado 4 en la escala de Richter (6,1 en su epicentro del Algarbe) sacudió la Catedral. Provocó cierto pánico entre los obreros que trabajaban en los andamios de la fachada, donde advertimos posteriormente algún daño, pero los pilares, que estaban apeados, en pleno proceso de sustitución de sillares parece

que no se enteraron. Esperemos que esto sea un anuncio de su comportamiento en próximas ocasiones.

Una parte de los datos expuestos proceden de observaciones efectuadas en el trascurso de los trabajos, pero también deben mucho a las investigaciones de archivo, en las que he contado con la ayuda de Isabel González y Valle Gómez de Terreros. La obra no hubiera sido posible sin la ayuda de dos canónigos, ya fallecidos, los capitulares Domínguez y Garrido Mesa. La hemos dirigido un equipo compuesto por los ingenieros José L. Manzanares y Antonio J. Molina y los arquitectos técnicos Juan L. Barón y doña Rosa M. Domínguez; el contratista principal ha sido “Joaquín Pérez S.L.”, con la presencia en obra de las arquitectas Manuela y Elisa Pérez y el encargado don Pedro Ruiz.

### Bibliografía

Almagro Gorbea, Antonio, et al. (2007): *Atlas arquitectónico de la catedral de Sevilla*. Sevilla, Cabildo Metropolitano.

Alonso Ruiz, Begoña y Alfonso Jiménez Martín (2008): *La traça de la iglesia de Sevilla*. Sevilla, Cabildo Metropolitano.

Barrios Padura, Ángela, et al. (1997): Estudio de la cimentación de los pilares de la Catedral de Sevilla. *Informes de la Construcción*, 48 (448, marzo/abril 1997): 5-17.

Ferrari da Passano, Carlo di (1988). *Il duomo rinato. Storia e tecnica del restauro statico del piloni del tiburio del Duomo di Milano*. Vigevano, Veranda Fabbrica del Duomo.

Gómez de Terreros y Guardiola, María del Valle (1997): Obras de Joaquín de la Concha Alcalde en la Catedral de Sevilla. *Laboratorio de Arte*, 9 (1996): 209-238; (1999): Adolfo Fernández Casanova y la restauración de la Catedral de Sevilla: los procedimientos de ejecución de las obras. *El espíritu de las antiguas fábricas. Escritos de Adolfo Fernández Casanova sobre la Catedral de Sevilla (1888-1901)*. Sevilla, FIDAS: 41-59 y (2002): The History of Art in the Restoration of Monuments: the Case of the Pillars of Seville Cathedral. *Protection and Conservation of the Cultural Heritage of the Mediterranean Cities. International Symposium on the Conservation of Monuments in the Mediterranean Basin*. Num. 5. Sevilla, España. Londres, Swets and Zeitlinger: 577-584.

Heyman, Jacques (1995): *Teoría, historia y restauración de estructuras de fábrica. Colección de ensayos*. Madrid, CEHOPU.

Jiménez Martín, Alfonso (2006): Las fechas de las formas. Selección crítica de fuentes documentales para la cronología del edificio medieval. *La catedral gótica de Sevilla. Fundación y fábrica de la obra nueva*. Sevilla, Universidad de Sevilla: 15-113.

Jiménez Sancho, Álvaro (2002); Excavación arqueológica en torno a dos pilares del Trascoro, *Magna Hispalensis. Recuperación de la Aljama almohade*. Sevilla, Cabildo Metropolitano: 297-338.

Arriba. Los dos pilares en agosto de 2009.

A la derecha. El pilar 4c en agosto de 2009.

Fotografías: P. Jiménez.

