

El Proyecto de Restauración de Varios Pilares, Bóvedas y Ventanages de la Catedral de Sevilla de Adolfo Fernández Casanova de 1884

Juan Carlos Gómez de Cózar
Pedro Gómez de Terreros Guardiola

Las desamortizaciones que se llevaron a cabo en la España del XIX trajeron consigo la pérdida de numerosos conjuntos monumentales de la arquitectura española. En otros casos, más afortunados, la desaparición de las fuentes de ingresos de parroquias, conventos, etc, causó el total abandono de estos monumentos que, en la mayoría de los casos no eran, por entonces, ejemplo de un buen mantenimiento. En muchos de ellos, esta falta de recursos supuso la ruina de los monumentos. Afortunadamente, hacia el final del siglo pasado, la Administración estatal o local, la Monarquía, las Academias, o incluso algunos particulares, comienzan a tomar conciencia del mal estado del patrimonio y, haciendo frente al «herido orgullo» de la Iglesia, surgen donaciones, ofrecimientos y otras ayudas que, si bien fueron insuficientes, sirvieron para frenar la alarmante degradación que ya habían sufrido algunos monumentos. Lamentablemente, estas ayudas sólo alcanzaron a algunos edificios; otros los hemos perdido para siempre.

Es en este contexto en el que se crea una Junta de Obras dependiente de la Real Academia de San Fernando que en diciembre de 1880 encarga a Adolfo Fernández Casanova garantizar la estabilidad del edificio de la Catedral de Sevilla. Para ello, entre 1882 y 1888 realizó seis proyectos destinados a reconstruir diversos elementos del crucero, comenzando por un pilar cercano a las capillas de las Doncellas y acabando por las bóvedas más próximas a la de Antigua.¹

En su esquila, el 11 de agosto de 1915, se le cita como: «Arquitecto, catedrático jubilado de la Escue-

la Superior de Arquitectura, Caballero de la Gran Cruz de Alfonso XII, Vocal de la Asamblea General de la misma orden, Comendador de Isabel la Católica, Jefe Superior Honorario de la Administración Civil, Académico de número de la de Bellas Artes de San Fernando, y de la de la Historia, Inspector de la Junta Consultiva de Construcciones Civiles».²

Entre 1881 y 1889, en que estuvo al frente de la Junta de Obras, el arquitecto trabajó en distintas zonas de la Catedral y la Giralda, dejando tras de sí una numerosa documentación que podemos consultar, por ejemplo, en la academia de Bellas Artes de San Fernando, el Archivo General de la Administración o en el Archivo de la Catedral de Sevilla. Al inventariarse el fondo documental de la Junta de Obras en este último archivo y contemplar los proyectos firmados por Casanova, encontramos que éstos son muy extensos, exhaustivos y detallados —máxime si consideramos su fecha de redacción— denotando una preocupación por los estudios previos y metodo-

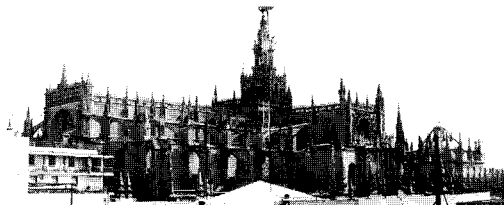


Figura 1
Exterior de la Catedral de Sevilla

lógicos ciertamente inusual. Dentro de uno de estos proyectos, el que nos ocupa,³ los planos llaman poderosamente la atención por dos razones: su tamaño (el mayor de ellos de 8,85×1,03 metros) y su contenido (el cálculo estático de pilares y bóvedas). Al examinar la memoria, hallamos que ésta es igualmente o incluso aún más insólita: se explican los cálculos.

En los otros proyectos realizados por el autor y en los posteriores de finales de siglo XIX inicios del XX para la misma Catedral no se vuelve a repetir esta particularidad. Como es bien sabido, en agosto de 1888 ocurre la catástrofe, tras la sustitución de un pilar adyacente unos meses antes, un pilar del crucero de la catedral se viene abajo, arrastrando tras de sí la parte de las bóvedas que soportaba.

Las actuaciones que hoy en día se están llevando a cabo en los pilares de los pies en la Sede Sevillana, los avances informáticos aplicados al cálculo estructural, las posibilidades de establecer unas condiciones de partida precisas y la posibilidad de confrontar los resultados con las conclusiones de Fernández Casanova, nos invitan a reconstruir el proceso, e intentar aclarar, o al menos ayudar a ello, las causas del derrumbe.

EL PROYECTO

El proyecto está realizado enteramente a mano. Ésto, que por la fecha de redacción es evidente para la delineación y dibujos, es menos habitual en los textos de memoria y mediciones. La portada del proyecto está orlada con guirnaldas y otros motivos, y contiene una *miniatura* de la Giralda, con el cuerpo de campanas sustituido por un hipotético remate almohade. Las portadas de los distintos apartados están decorada con filigranas y tipografía gótica. Los textos, con primera letra capital, tienen todas las páginas numeradas en el centro de su cabecera. Los planos son de tamaño variable y están realizados en papel tela y dibujados en tres colores: negro, rojo y azul, destacando con ellos los elementos principales. La tipografía es del mismo tipo del utilizada en los títulos del proyecto. Toda esta documentación, se encuentra dividida en varios apartados. El índice del proyecto es, mas o menos, el que sigue:

Se inicia con la *Memoria Descriptiva*⁴ que consta de tres puntos: *Introducción*, *Examen de la disposición general del monumento* y *Obras de restaura-*

ción, quedando explicadas en la introducción, las causas que han motivado la redacción del proyecto y sus antecedentes.

El *Examen general del monumento* queda, a su vez dividido en varios puntos. En el primero, «Investigación estática de sus fábricas», realiza el «planteo del problema mecánico», estudia la «disposición estática del monumento», e investiga los «procedimientos estáticos mas ventajosos y sus aplicaciones para la verificación estática del monumento». En el segundo, aborda el «sistema de construcción adoptado en el monumento», finalizando con el «resumen general del análisis del monumento».

En el segundo capítulo, *Obras de restauración*, analiza los métodos y procedimientos de ejecución de «apeos y encimbrados necesarios», especificando la «disposición de las carpinterías, apeos de pilares, apeos auxiliares de formeros bajos, enlace de los diversos sistemas de carpintería, medios auxiliares destinados a la saca y reposición de pilares, complemento de estas carpinterías, precauciones necesarias para el armado, estabilidad de las carpinterías, apeos de pilares, apeo auxiliar para reconstrucciones de formeros, apeos de hierro y apuntalado exterior del muro de ventanages altos». Es este mismo apartado especifica las «obras de reconstrucción», y mas concretamente, la «elección de materiales, desmontes, ejecución de las obras de reconstrucción de pilares, bóvedas, ventanages, antepechos de tribunas, reparación provisional de azoteas, cubiertas provisionales, medios auxiliares, botiquín, sistema de ejecución de las obras y alcance general de las obras».

El tercer y último punto, abarca las *Medidas preventivas necesarias*, que más concretamente son el «encinchado de la bóveda del crucero y la vigilancia constante de las diversas bóvedas».

Los planos⁵ que contiene son cinco. El primero, *Estática de las construcciones*, incluye «los trazados grafostáticos de las fábricas del Monumento» en planta y secciones, el «despiezo que ofrecen los enjarjes de las altas bóvedas» y un estudio de la «estabilidad de apeos auxiliares de formeros bajos» con dibujos de sus carpinterías y arcos de hierro.

El segundo, *Apeos y encimbrados relativos a la reconstrucción de pilares y bóvedas de colaterales y capillas*, representa la *Planta general* y tres «cortes» de la misma (A-B, C-D y E-F).

El tercero se titula *Apeos y encimbrados pertenecientes a la reconstrucción de formeros bajos e in-*

cluye dos secciones (G-H y A-B) de la planta general y esta *Planta general*.

El cuarto, *Detalles de construcción*, dibuja el «apeo auxiliar del fornero inferior», el «emparrillado y coronación del apeo de un pilar» y los «tipos de piezas metálicas especiales».

Por último, el quinto plano, *Principales ventanages*, representa las *tracerías de los bastidores de piedras que hay necesidad de reconstruir y el estado actual de sus imagenerías*.

El *Pliego de Condiciones* queda dividido en tres partes: la primera, *Organización y marcha de los trabajos*; la segunda, *Apeos y encimbrados*, con tres capítulos: *Descripción de las obras, condiciones a que deben satisfacer los materiales y su labra, y modo de ejecución de las obras*; y la tercera, *Obras de fábrica*, que se subdivide en los mismos apartados que el punto anterior.

El proyecto se cierra con el *Presupuesto*. Para el cálculo del costo de la obra se realizan las siguientes separaciones:

- I. Volúmenes y pesos de las diferentes obras. En él se hallan la cubicación de maderas de apeos y encimbrados: apeos de pilares y de arcos principales de colaterales, encimbrado de bóvedas de colaterales, encimbrado de bóvedas de capillas, apeo destinado a la reconstrucción del fornero, pisos de andamio, cubiertas provisionales, estado general de los hierros empleados en las carpinterías, apeos de pilares y de arcos principales de colaterales, encimbrado de bóvedas de colaterales, encimbrado de bóvedas de capillas apeo auxiliar destinado a la reconstrucción del fornero inferior arbotantes, cubicación de sillería en pilares y bóvedas, cubicación de la cantería de ventanages y cubicación de antepechos de tribunas.
- II. Precios simples y compuestos. Separando los cuadros de precios de jornales y materiales (jornales de operarios, medios de transporte, precios de materiales de las obras principales y precio de las piezas metálicas auxiliares) de los precios compuestos (detalles de unidades de obra de carpintería, detalles de unidades de obra metálicas y detalle de unidades de obra de fábrica).
- III. Avance general. En el que aplica los cubicajes y precios arriba calculados a las partidas concretas de las obras. Estas partidas son: herramientas y medios auxiliares de construcción, aparejos y

medios auxiliares de elevación, reconstrucción de los dos forneros del pilar del evangelio y de la bóveda colateral continua, reparación del pilar continua a la Capilla de la Antigua y del intermedio del coro, reconstrucción de bóvedas de capillas de Scalas y del Cristo de los Afligidos, reconstrucción de varios bastidores de piedra de ventanages altos, reconstrucción de antepechos de tribunas, encimbrado de la bóveda del cruce-ro, partidas especiales y, finalmente y como colofón, el botiquín.

Acaba este presupuesto —y el Proyecto— con un *Resumen del avance general* del costo de las obras.

Como podemos observar, el proyecto es complejo y completo. La documentación técnica está muy desarrollada en su diversos aspectos: cálculos, mediciones, materiales, sistemas de construcción, mediciones, etc. La extensión del proyecto nos permite analizarlo desde muy diversos puntos de vista, tarea que excede con creces el contenido que se permite para una comunicación. Por ello, en la presente, nos centraremos solamente en los aspectos mas técnicos que se corresponden con el desarrollo de los métodos de cálculo elegidos y sus resultados finales. Eludimos, pues, todo el problema de las cimbras y apeos, obras de reconstrucción, medidas preventivas, presupuestos, ventanaje tribunas etc., es decir, nos limitaremos a estudiar lo consignado en el *Examen de la disposición general del monumento*.

Como vemos, el texto comienza con la *Memoria descriptiva*, se desarrolla posteriormente en diversos sub-capítulos. La *Introducción*, como hemos señalado, indica claramente y, a groso modo, los motivos, objetivos y alcance del proyecto; la metodología adoptada se desarrolla en varios puntos del primer apartado. El objetivo es «garantizar la conservación de nuestras mas preciadas joyas arquitectónicas», y los motivos que originan este documentos son los «marcados movimientos de flexión en parte de los pilares correspondientes a las altas naves, ofrece quebrantos y dislocaciones de mas o menos consideración en la mayoría de sus bóvedas y denota la destrucción por aplastamiento de parte de la sillería que refrenta sus diversas fábricas». Se presume, pues una alteración del estado de equilibrio de las bóvedas y un agotamiento del material.

El análisis del monumento está contemplado desde la doble perspectiva formal y material necesaria para

«adquirir los datos necesarios para el análisis del Monumento», ésto es, se establece la forma y dimensiones de los distintos elementos, y además se estudian las disposiciones, ensambles y resistencias de los diversos materiales que los componen. Lógicamente en el conjunto de la Catedral, las reparaciones serían innumerables, por lo que se ciñe —solamente— a «la reconstrucción de los enjarges y arcos que cargan sobre el pilar del Evangelio, así como la bóveda colateral contigua, otros dos pilares uno del coro y otro próximo a la Capilla de la Antigua; reconstrucción de las bóvedas de las capillas e Escala y del Cristo de los Afligidos, y por último reconstrucción completa de los bastidores de piedra de varios ventanages altos». De todos estos objetivos, a la jora de determinar las características mecánicas, acude al lugar mas desfavorable, desarrollando un pilar tipo entre las naves central y una de las laterales que es el que se representa en el primer plano «Estática de las construcciones» y que contiene los cálculos grafostáticos que estudiamos a continuación.

EL CÁLCULO

La memoria que acompaña al proyecto, en la que se describen tanto las hipótesis y las operaciones realizadas en el cálculo como las obras de reparación, está escrita con tal rigurosidad que más parece un trabajo con carácter divulgativo para afán de establecer un modelo, que una descripción concreta y detallada del proceso de cálculo realizado.

En el primer apartado, que es el que vamos a desarrollar en esta comunicación, se realiza una descripción de los métodos de cálculos conocidos por el autor, exponiendo su idoneidad y justificando el adoptado (*modernos métodos grafostáticos*). También, se describe el modelo utilizado para la generación de este tipo de bóvedas. Según Fernández Casanova, el tipo de la Catedral procede de las bóvedas de arista con geometrías basadas en el cilindro: cada bóveda se divide en cuatro «bovedillas» que apoyan en los arcos de forma y ojivos y que se comportan como apeos permanentes. A partir de esta descripción, utilizando una planta centrada (figura 2) en el pilar a analizar, divide los tramos de la bóveda en las fracciones que supone apoyadas en los diferentes arcos. Obtenidas así las cargas, estudia la estabilidad por separado de cada uno de los arcos, incluidos los

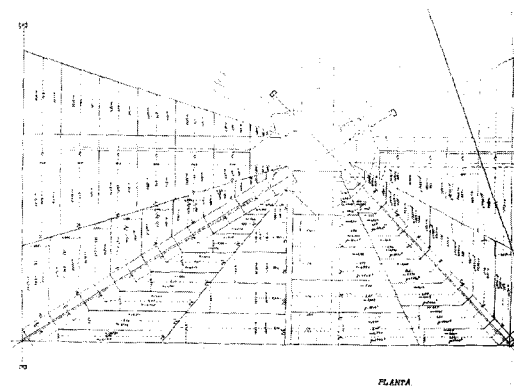


Figura 2
División en planta de las bóvedas

arbotantes, y compone todas las reacciones (horizontales y verticales) en un modelo plano (figura 3) en donde se comprueba la estabilidad del soporte analizado.

Aparentemente, y como conclusiones de este cálculo, se establece que el pilar presenta estabilidad suficiente (tal como se observa en la figura 3, la línea de empujes final en el soporte analizado, queda dentro de su sección, y por lo tanto éste no girará, por lo que se considera estable), y que los arcos ojivos funcionarían mejor con mayor sección.

Como puede observarse, la precisión y rigurosidad de sus cálculos es, aparentemente, absoluta. Sin embargo, tal como ocurriría hoy en día, es necesario realzar una serie de aclaraciones en cuanto a las hipótesis de partida.

En primer lugar, la geometría de las bóvedas. Es cierto que la geometría de las bóvedas góticas, recuerda a las de arista que aparecen por intersección de dos cañones cilíndricos. Sin embargo, en su trazado estos dos tipos de bóvedas no tienen mucho en común, ya que las segundas se basan en la imposición de una geometría determinada para los ojivos (en el caso que nos ocupa semicircular) y para los arcos de forma (formerios y perpiños), trazando el plemento como una superficie reglada que no responde, evidentemente, a una superficie cilíndrica.

Desde este punto de vista, considerar que el plemento se divide en *bovedillas* que apoyan en los nervios es demasiado simplificado, teniendo en cuenta que las bovedillas resultantes son de un tamaño con-

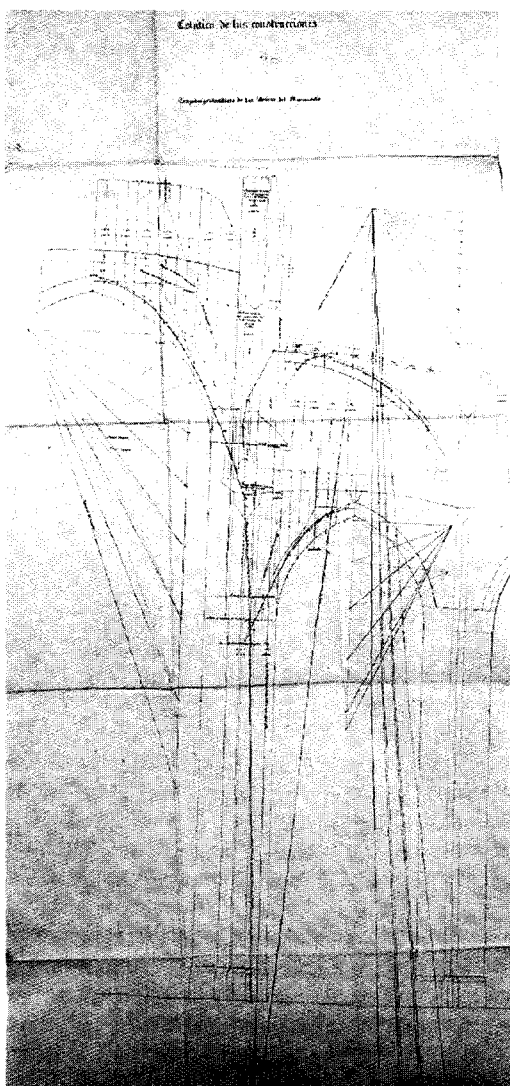


Figura 3
Cálculo de la estabilidad del soporte

siderable. En caso de que aparecieran más nervios aparte de los ojivos y espinazos (terceletes, ligaduras, e incluso combados), sí sería más acertado suponer que el plemento apoya en éstos, ya que la proporción nervios/plemento aumenta y, de cualquier modo, el cálculo de los esfuerzos en los nervios requeriría un tratamiento espacial y no bidimensional como el realizado en el plano.

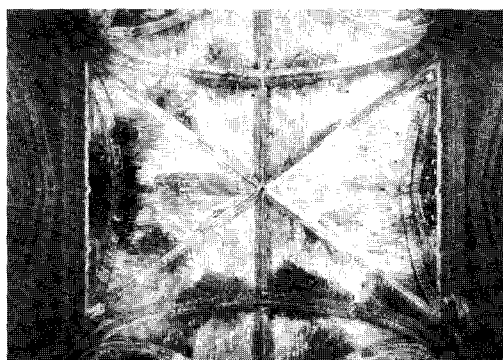


Figura 4
Bóvedas altas (nave central)

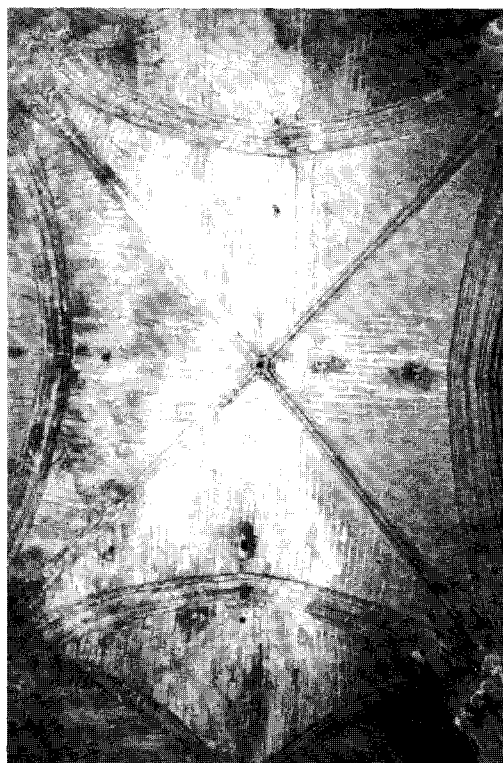


Figura 5
Bóvedas bajas (naves colaterales)

Desde nuestro punto de vista, el plemento se comporta como una superficie continua, que concentrará esfuerzos en donde se produzcan cambios de curva-

tura. Esto ocurre en el encuentro (plegadura) con los ojivos, pero no en el encuentro con los arcos perimetrales, por lo que considerar que éstos reciben una carga proporcional no es correcto. Las figuras 6 y 7, representan los empujes que se producen, tanto en las bóvedas altas como en las bajas.

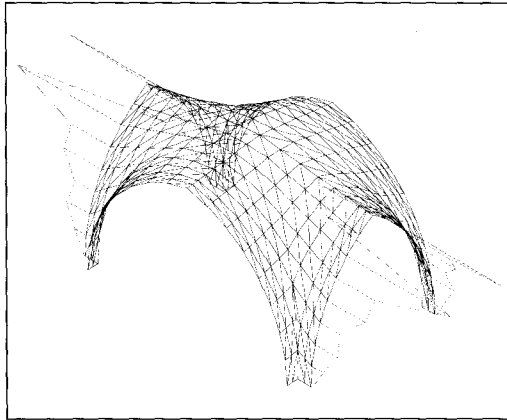


Figura 6
Reacciones horizontales en bóvedas altas

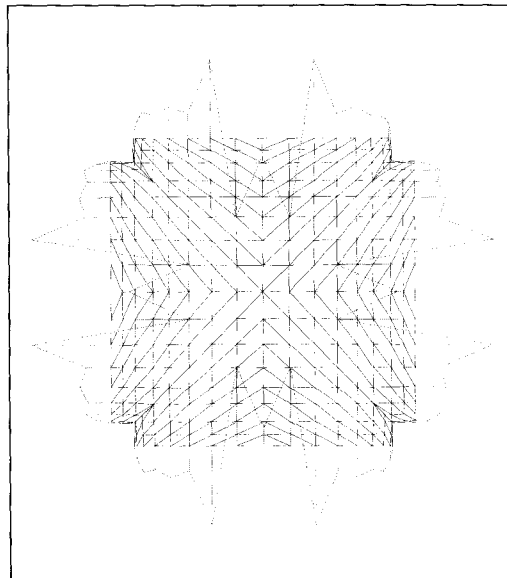


Figura 7
Reacciones horizontales en bóvedas bajas

Como se observa, los empujes presentan una distribución que evidencia la aparición de tracciones en zonas próximas a la clave de los formeros, por lo que en estos puntos, el plemento tiende a separarse. A partir de estas reacciones, puede obtenerse una resultante, que por la simetría del problema, aparece centrada sobre el pilar, a una distancia determinada del arranque de las bóvedas.

En los dos casos, se ha comprobado, que las reacciones aparecen en una posición situada en torno a la mitad de la altura de los arcos formeros. Si se observa la figura 8, en la que aparece una sección transversal de la catedral, puede notarse como los arbotantes están situados a esta altura, por lo que, a priori, parece que están preparados para recibir los empujes de las bóvedas altas.

Las reacciones del modelo de cálculo establecido por Fernández Casanova, con sus puntos de aplicación, implican un desfase en altura entre los arbotantes y las bóvedas altas, por lo que hay un tramo del

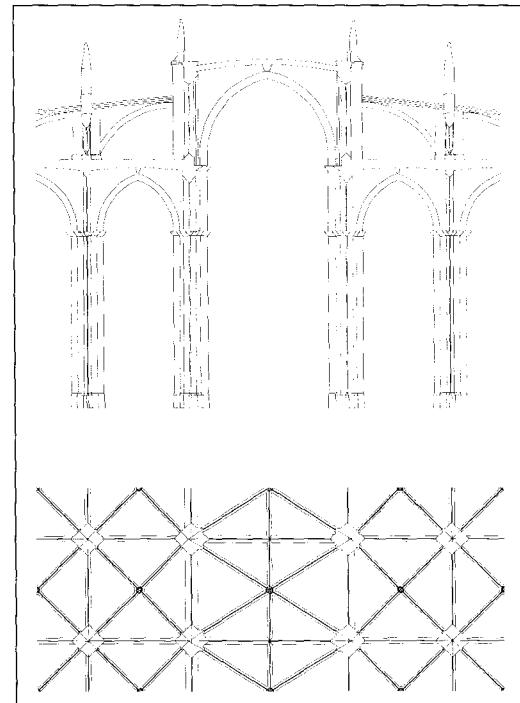


Figura 8
Sección transversal y planta (parciales) de la Catedral de Sevilla

pilar, a una altura considerable, que está recibiendo una carga horizontal sin compensar hasta que no aparecen los empujes de las bóvedas, mucho más abajo, situación que no parece lógica.

Para determinar la influencia del arbotante, frente a cargas estáticas y permanentes, se han establecido dos modelos de cálculo como elementos del comparación con el cálculo realizado. En el primer modelo (figura 9) no se tiene en cuenta la influencia del arbotante y en el segundo (figura 10) sí.

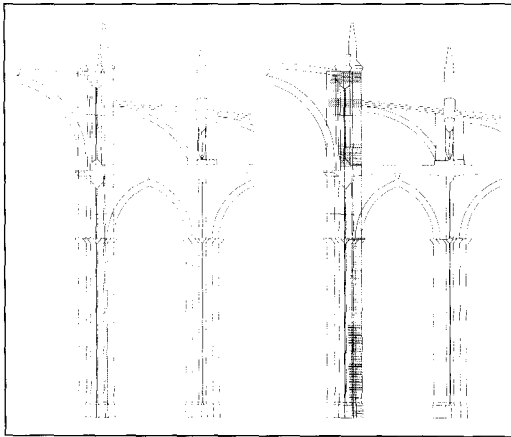


Figura 9
Línea de empujes y distribución de tensiones en el soporte analizado, sin influencia del arbotante

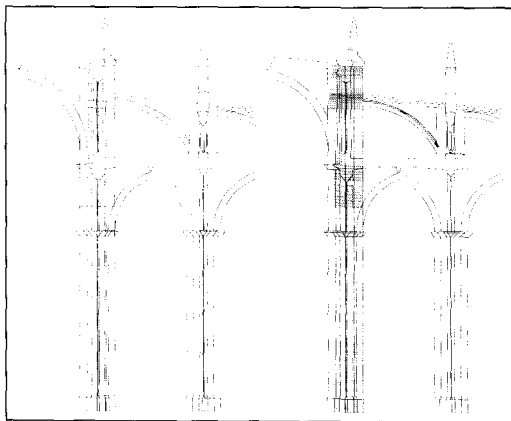


Figura 10
Línea de empujes y distribución de tensiones en el soporte analizado, con influencia del arbotante

Desde nuestro punto de vista, los resultados son concluyentes. En ambos casos el soporte es estable. Por lo que, como en muchos otros edificios góticos, los arbotantes justifican su presencia por las acciones de viento, o por si aumentan las reacciones horizontales como consecuencia del estado de fisuración de las bóvedas o movimientos en el soporte.

Además de los dos modelos anteriores, puede obtenerse el grado de seguridad del estudio realizado por Fernández Casanova, que a la vista de los resultados, obtiene conclusiones bastante más desfavorables.

CONCLUSIONES

Los resultados del estudio de Fernández Casanova, evidencian que la estabilidad del soporte no está comprometida, aunque sus hipótesis de partida son incorrectas. La estabilidad del conjunto, obtenida con un cálculo espacial, parece ser mayor que la obtenida inicialmente.

Las tensiones en la base del pilar (15 Kp/cm^2), se estiman directamente dividiendo la suma de los pesos de un pilar entre el área de su base, que estima como muy suficiente, sin contar con la excentricidad de la carga. En el estudio paralelo realizado, se han obtenido tensiones máximas en las bases de los soportes en torno a 10 Kp/cm^2 (1 Nw/mm^2), teniendo en cuenta la excentricidad de la carga y con diferentes hipótesis para la composición de los pilares.

Evidentemente, si han llegado hasta hoy, significa que poseían resistencia suficiente. De todas formas, la falta de continuidad en la fábrica, deficiencias de los morteros en las uniones, desacoples en los enjarjes y la heterogeneidad de los rellenos, pueden provocar fisuras parciales, en diferentes zonas del conjunto.

Los estudios realizados no han contemplado acciones eólicas, cedimientos de los apoyos o pérdidas de resistencia en los materiales, por procesos de degradación de la piedra, o simplemente por humedad en la base de los pilares. Sería necesario tenerlas en cuenta con el fin del que los resultados fueran del todo concluyentes.

NOTAS

1. Todo el proceso acerca de la venida de Adolfo Fernández Casanova a Sevilla y las obras que llevó a cabo en su Catedral se relata en Jiménez Martín, A. y Gómez de Terreros Guardiola, M. V.: *El espíritu de las fábricas antiguas. Escritos de Adolfo Fernández Casanova sobre la Catedral de Sevilla (1888-1901)*, Fundación Fidas, Sevilla, 1999.
2. A.C.S., Fondo José Gestoso y Pérez, Cartas dirigidas al Exmo. Sr. D. José Gestoso (..) desde el año 1889 al 1914 (14 volúmenes), Sig 113-6bis-1-4 y también 113-6bis-18-42, 1882 a 1915, Cartas a Fernández Casanova, núm. 228.
3. Este proyecto se titula *Proyecto de restauración de varios pilares bóvedas y ventanages. 1884*. La copia se encuentra en el Archivo de la Catedral de Sevilla, sección Fábrica, Junta de Obras, leg. 41 exp. 2.
4. Las cursivas, en este punto, indican la literalidad del texto.
5. El índice de planos proviene de la copia del Proyecto existente en el A.C.S.

BIBLIOGRAFÍA

- Falcón Márquez, T., *La Catedral de Sevilla*, ed. Caja San Fernando, Sevilla, 1994.
- Fernández Casanova, A., *Memoria sobre las causas del hundimiento acaecido el 1º de agosto de 1888 en la Catedral de Sevilla*, Sevilla 1888.
- Gómez de Cózar, J.C.: *Análisis de estructuras espaciales de fábrica (bóvedas y cúpulas) en construcciones históricas*. Beca resolución 19/05/1998 de la Dirección general de la Vivienda, ña Arquitectura y el Urbanismo.
- Heyman, J.: *Teoría, historia, y restauración de estructuras de fábrica*. Ed. Juan de Herrera, Madrid, 1995.
- Jiménez Martín, A. y Gómez de Terreros Guardiola, M. V.: *El Espíritu de las Antiguas Fábricas. Escritos de Adolfo Fernández Casanova sobre la Catedral de Sevilla (1888-1901)*. Ed. Fidas, Sevilla, 1999.
- Jiménez Martín, A. y Pérez Peñaranda, I.: *Cartografía de la montaña hueca: notas sobre los planos históricos de la Catedral de Sevilla*, ed. Cabildo Metropolitano de la Catedral de Sevilla, Sevilla, 1997.
- Quintas, V.: *Estructuras espaciales en la edificación. Análisis y cálculo*. Ed. Rueda, Madrid, 1996.
- Rodríguez Liñán, C.; Gómez de Cózar, J.C. y Rubio de Hita, P.: «Sobre plementos, témpanos y ligaduras. Bóvedas resistentes y elementos decorativos». *II Congreso Nacional de Historia de la Construcción*. La Coruña, Octubre de 1998.
- Rubio Moreno, P. y González Ferrín, I.: *Archivo de la Santa Metropolitana y Patriarcal Iglesia Catedral de Sevilla: Inventario general*. Ed. Fundación Ramón Areces, Madrid, 1998.