

Document downloaded from:

<http://hdl.handle.net/10251/213674>

This paper must be cited as:

Marín-Sánchez, R. (2021). El proyecto para la "Rotonda" de las Escuelas Pías de Valencia (1767-1773). Una mirada técnica. En Geografías de la movilidad artística. Valencia en época moderna. Publicacions de la Universitat de València. 183-202.
<http://hdl.handle.net/10251/213674>



The final publication is available at

Copyright Publicacions de la Universitat de València

Additional Information

EL PROYECTO PARA LA *ROTONDA* DE LAS ESCUELAS PÍAS DE VALENCIA (1767-1773). UNA MIRADA TÉCNICA

Rafael Marín Sánchez

Resumen: La iglesia de las Escuelas Pías (1767-1771) es la obra más representativa del clasicismo vernáculo que vivió Valencia en el último tercio del siglo XVIII. En el proyecto y construcción de esta enorme rotonda de planta decagonal cubierta con una gran cúpula sobre tambor de 24,85 metros ejerció una gran influencia la Real Academia de San Carlos de Valencia. Y es sabido que su diseño tomó como punto de partida dos referentes romanos: el Panteón de Agripa y el ninfeo de los "Horti Liciniani". Esta contribución abre nuevas vías de estudio aportando informaciones novedosas sobre esas y otras posibles influencias que pudieron condicionar su traza y construcción, con especial atención a la solución técnica de la cúpula.

Palabras clave: Escuelas Pías, cúpula, Piranesi, Carlo Fontana, historia de la construcción.

THE PROJECT FOR THE *ROTONDA* OF THE ESCUELAS PÍAS IN VALENCIA (1767-1773). A TECHNICAL OVERVIEW

Abstracts: The church of the Escuelas Pías (1767-1771) is the most representative example of the vernacular classicism that Valencia lived at the last third of the 18th century. The project and construction of this huge decagonal building covered with a large 24.85 meter dome on drum, have been notably influenced by San Carlos Royal Academy of Valencia. It is known that its design took two Roman references as a clear starting point: The Pantheon of Agrippa and the nymphaeum of the "Horti Liciniani". This contribution opens up new fields of study by providing new information on these and other possible influences that could have conditioned the design and construction, with special attention to the technical solution of the dome.

Key words: Escuelas Pías, dome, Piranesi, Carlo Fontana, construction history.

EL PROYECTO PARA LA ROTONDA DE LAS ESCUELAS PÍAS DE VALENCIA (1767-1773). UNA MIRADA TÉCNICA

Rafael Marín Sánchez

Universitat Politècnica de València

La iglesia de las Escuelas Pías (1767-1771) es el mayor exponente de la inflexión clasicista que experimentó Valencia en el último tercio del siglo XVIII, desde la creación de la Real Academia de Bellas Artes de san Carlos. Su proyecto es un buen ejemplo de ese sustancial cambio de mentalidad, que tuvo su reflejo tanto en el plano teórico como en el técnico. Este no solo se advierte en el evidente interés por la invención arquitectónica a través de la emulación de las obras de la antigüedad sino también, y con un carácter sustantivo, en la manera de abordar los problemas prácticos, como el de esta cúpula, desde el estudio y el conocimiento de las nuevas teorías. En ambas facetas destacó el prestigioso arquitecto valenciano Antonio Gilabert Fornés (1716-1792), su principal proyectista y cabeza visible de la Academia en esta obra, cuyo prestigio quedó ligado a la misma desde el principio.

El edificio ha sido bien estudiado por Joaquín Bérchez y Rafael Soler.¹ El primero contribuyó a su correcta comprensión arquitectónica y el segundo desgranó sus problemas técnicos, aunque cabe aportar nuevas lecturas considerando de manera conjunta el “ars y la scientia”. Se sabe que el proyecto de las Escuelas Pías se inspiró en dos edificios de la antigüedad: el Panteón de Agripa y el ninfeo de los “Horti Liciniani” –más conocido entonces como templo de Minerva Médica–, según la interpretación realizada en ambos casos por Palladio en el libro IV de su influyente tratado.² Pero las conexiones existentes entre el templo escolapio y ambos referentes clásicos –o al menos con sus interpretaciones intelectuales– parecen aún más profundas de lo señalado hasta ahora, especialmente en lo relativo a su concepción estructural. Y, por otra parte, cabe considerar otras influencias relevantes que ponen en relieve la preocupación por los aspectos prácticos del proyecto. Es el caso de las propuestas estructurales de Piranesi para las fábricas del Panteón (1756) y las hipótesis de Carlo Fontana sobre la evolución compositiva de su alzado interior (1694); o las aportaciones del propio Fontana y de Giovanni Poleni (1747) sobre el diseño y la estabilidad estructural de las cúpulas sobre tambor, que tuvieron un amplio impacto por toda Europa durante el siglo XVIII.

En las próximas líneas se desgranarán dichos aspectos para intentar valorar en qué medida pudieron influir en la concepción de la gran “rotunda” de las Escuelas Pías a partir de las evidencias constructivas que hizo aflorar el profesor Soler. Aunque se carece de una documentación precisa sobre las obras, el debate paralelo desarrollado en la Academia de san Carlos y los datos que ofrecen las propias fábricas, analizados bajo el particular prisma de la historia de la construcción, ofrecen nuevas vías de estudio.

¹ BÉRCHEZ, Joaquín, 1987 y 1995. El profesor Rafael Soler redactó en 1993 el Plan Director del monumento, que ha seguido de cerca desde entonces.

² BÉRCHEZ, Joaquín, 1987, p. 49 y 264. PALLADIO, Andrea, 1570, Libro IV, p. 38, 73 y 79.



Fig. 1. Vista general del interior de la iglesia de las Escuelas Pías de Valencia.

Referentes del proyecto inicial

La iglesia de las Escuelas Pías es una rotonda de planta decagonal cubierta con una gran cúpula sobre tambor de 24,85 metros de diámetro. Esta descansa sobre diez machones de sección trapezoidal que delimitan otras tantas capillas radiales integradas en el anillo perimetral. Fue construida en solo cinco años por impulso del arzobispo Andrés Mayoral y sus sobrinos, los canónigos y académicos Francisco y Pedro de Mayoral. Dicho eclesiástico, muy aficionado a la arquitectura, alentó esta obra siguiendo la estela marcada por otros novedosos proyectos de planta central con capillas radiales promovidos en la Corte madrileña, cuya factura resultaba ajena a la tradición española.³

En todos esos diseños previos intervino o ejerció su influencia directa o indirecta el arquitecto Ventura Rodríguez (1717-1785), que fue director de la sección de arquitectura de la Real Academia de san Fernando de Madrid desde 1752 y académico de mérito de la Academia de san Lucas de Roma desde 1747. Además, fue el autor de la propuesta inicial para el principal referente de las Escuelas Pías: el templo de San Francisco el Grande de Madrid (1761-1770). Este edificio posee una gran cúpula de ladrillo de 33 metros de luz, una de las mayores de Europa. Aunque su proyecto fue descartado, recayendo el definitivo sobre el franciscano Francisco Cabezas, en 1761 y 1769 informó de las dificultades de la propuesta técnica de Cabezas. Es sabido que Ventura Rodríguez conocía los trabajos de Carlo Fontana y los usó como fuente de autoridad.⁴ Además, para esclarecer el contexto técnico del momento, cabe recordar que en san Francisco el Grande también informó y trabajó el italiano Francisco Sabatini, yerno de Luiggi Vanvitelli, el conservador de la fábrica de san Pedro del Vaticano y autor en 1742 de una advertencia sobre el estado de su cúpula.⁵ Ventura Rodríguez participó también en otros dos proyectos que han sido relacionados con el templo Escolapio: la iglesia conventual de Padres Agustinos Filipinos de Valladolid (1759-1760) y el diseño no construido para la capilla del Colegio de san Ildefonso de Alcalá de Henares (1760-1762), el de menor relación con las Escuelas Pías.

En realidad, el virtual parecido de estos ejemplos con los Escolapios se limita al recurso de la planta circular con una corona de capillas radiales, aunque los de la Meseta solo poseen ocho exedras. Pero no cabe extenderlo a sus alzados ni a la concepción estructural de sus cúpulas. Los templos madrileños se cerraron con bóvedas de gajos (con lunetos). Como en las vueltas toscanas “a ombrello” o de “creste e vele”, en esta variante el tambor envuelve la bóveda y los contrafuertes emergen entre las ventanas y se unen a las costillas o nervios de la bóveda formando a veces unos diafragmas rígidos similares a los de algunos

³ BÉRCHEZ. Joaquín, 1987, p. 46.

⁴ En 1751 Ventura Rodríguez defendió su diseño para la Capilla del Pilar de Zaragoza, recurriendo a las obras de Bernini, Borromini, Rainaldi y Fontana en un informe dirigido a José de Carvajal y Lancaster. Archivo Academia de san Fernando, armario 2, leg. 33. Vid. CHUECA, Fernando, 1942.

⁵ GARCÍA-ROS, Vicente, 1995. LÓPEZ-MANZANARES, Gema, 2001, p. 48-49.

cimborrios medievales como el valenciano. La propuesta, que también era usada en Valencia para la formación de cúpulas clasicistas, fue muy alabada tiempo atrás por el padre Tosca⁶ y también se planteó en un primer momento para el templo de las Escuelas Pías, como señalan los dibujos de fray Alberto Pina conservados en la Academia de san Carlos. Aunque finalmente se optó por una alternativa, más audaz y acorde con el ideal clasicista, que complicó el proyecto definitivo.

Autoría del proyecto

Según Antonio Ponz, el arzobispo Mayoral deseaba que la nueva iglesia “se diferenciase de otros templos valencianos” y con esta condición encargó varias propuestas a distintos arquitectos.⁷ La traza inicial del templo recayó sobre el maestro de obras José Puchol (†1772), quien solo estuvo un año al frente de los trabajos. A finales de 1768, cuando se había alcanzado la coronación del primer anillo murario, asumió su dirección Antonio Gilabert “por encargo expreso del señor Mayoral”, quien venía actuando como asociado de Puchol desde el principio. Pocos meses antes se había producido el refrendo de la Real Academia de Bellas Artes de san Carlos de Valencia y Gilabert había accedido al cargo de director de la sección de Arquitectura.⁸

Las actas de la Academia informan de que el cambio de arquitecto trajo consigo una notable evolución del proyecto. Para Bérchez, resulta difícil establecer la contribución de cada técnico al resultado final, aunque sugiere que el diseño de la planta podría atribuirse al primero, mientras que el segundo habría reformulado la composición arquitectónica del alzado interior.⁹ Se ha afirmado que Puchol pudo inspirarse en el templo de Minerva Médica, con diez nichos perimetrales y una cúpula de 24 metros de diámetro –la segunda más grande de Roma después del Panteón–, cuyo sistema constructivo de soporte es análogo al de aquel y de similar tamaño que las Escuelas Pías. Y también que, al encontrarse en ruinas y carecer su interior de una elaborada composición arquitectónica, se pudo plantear una mejora para aproximarlo al del Panteón. Cabe plantear aquí la posibilidad no contemplada hasta ahora de que Gilabert conociese las hipótesis de Fontana (1694) sobre la transformación del alzado interior del Panteón. En el dibujo de Fontana la primitiva imagen interior de la rotonda durante el periodo republicano apenas difiere del alzado de Minerva Médica, con unas grandes exedras muy desornamentadas que se elevan hasta el arranque del tambor. Además, Fontana explica un sencillo proceso de transformación mediante el aditamento de órdenes sobrepuestos al frente inicial muy similar, por otra parte, al usado por Gilabert en la catedral de Valencia.¹⁰

⁶ IBORRA, Federico, 2013. GIL, Yolanda, 2012, p. 260. TOSCA, Tomás Vicente, 1727, p. 236.

⁷ PONZ, Antonio, 1774, p. 145-147.

⁸ BÉRCHÉZ, Joaquín, 1987, p. 52.

⁹ BÉRCHÉZ, Joaquín, 1987, p. 46.

¹⁰ FONTANA, Carlo, 1694, libro VII, cap. II, p. 457, 465 y 467. En los inventarios de libros históricos de la Real Academia de san Carlos (Valencia) no consta la adquisición de publicaciones de

La participación de la Academia de san Carlos

La Real Academia de san Carlos asumió, por tanto, un papel protagonista en la evolución de este proyecto y su desarrollo constructivo. Así lo acreditan, además de la activa participación de Gilabert, la noticia de algún informe y de varios “ejercicios” o “ideas” previas conservadas en su archivo. Estos últimos, además, ilustran el intenso debate que rodeó la formulación del proyecto definitivo viendo la evolución que muestran las propuestas gráficas.

Se sabe que el arquitecto carmelita fray José Alberto Pina propuso al menos tres “ideas”. La segunda es una planta centralizada, un octógono alargado con ejes de 94x62 palmos valencianos (unos 21x14 metros) que se aproxima a la figura del óvalo y recuerda en ciertos aspectos al proyecto planteado por Juan Pérez Castiel (ca. 1699-1705) para la iglesia conventual de san Pío V de Valencia; y la del Ecce Horno de Pego (Alicante), de fray Francisco Cabezas (1759). De forma análoga, su alzado, fraccionado en dos niveles con una tribuna con techumbre de madera, remite al de la ermita de san Bernardo de Carlet (ca. 1666) y la basílica de los Desamparados de Valencia (1652-1666). Esta última posee, además, una cúpula recortada por ocho lunetos similar a la dibujada por Pina. Aunque el inventario de la Academia data este proyecto en 1769 el profesor Bérchez adelanta la fecha a 1767.¹¹

De mayor interés resulta el ejercicio presentado el 17 de julio de 1768 por Juan Bautista Mínguez para la obtención del grado de teniente de arquitectura. Las medidas y proporciones de su propuesta casan con las de la iglesia actual y su composición interior evoca en bastantes aspectos la del Panteón, aunque su alzado es más esbelto.

En las actas de la Academia también constan algunos problemas técnicos a través de una notificación formulada el 21 de enero de 1770 sobre “las variadas opiniones que había en esta Ciudad en orden a la seguridad y firmeza de la fábrica y nueva Yglesia de los P.P. Esculapios”. Asimismo, se afirmaba que dicha opinión “interesa la Seguridad Pública trascendiendo igualmente al Cuerpo de la Academia, y crédito de sus Profesores”, lo que puede interpretarse como una velada alusión a la repercusión que pudiera causar la implicación de Gilabert en el prestigio de la Academia ante cualquier incidente técnico. Fruto de lo anterior, el 18 de abril de 1770 los profesores Vicente Gascó, Antonio Gilabert y Juan Bautista Mínguez presentaron un dictamen por escrito, cuyo contenido se desconoce, que fue remitido al rector de las Escuelas Pías.¹² En 1769 la iglesia había

Carlo Fontana en las fechas de referencia. En la Real Academia de san Fernando (Madrid) se conservan dos ejemplares del “Templum Vaticanum et ipsius origo” (1694), una versión en latín y otra en italiano. Pero no existen datos precisos del ingreso en la biblioteca. Solo consta su registro en dos libros de inventario: el de 1752?-1826 y el de 1828-¿1875?, con sign. 3-71 y 3-72, respectivamente. Agradezco este dato a las archiveras Esperanza Navarrete y Susana Rodríguez.

¹¹ BÉRCHÉZ, Joaquín, 1987, p. 73. BÉRCHÉZ, Joaquín, y CORELL, Vicente, 1981, p. 281-283.

¹² BÉRCHÉZ, Joaquín, 1987, p. 59-60.

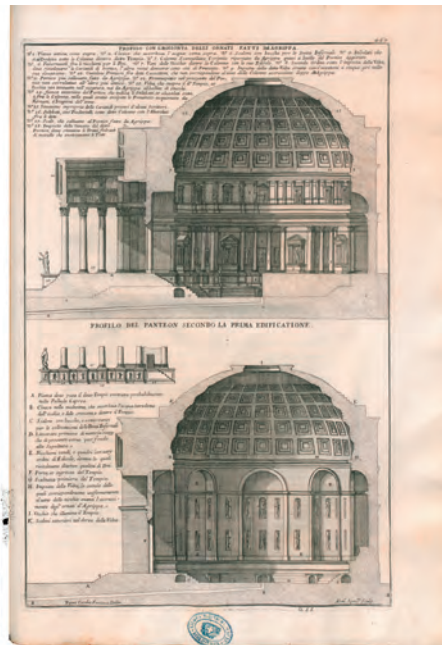
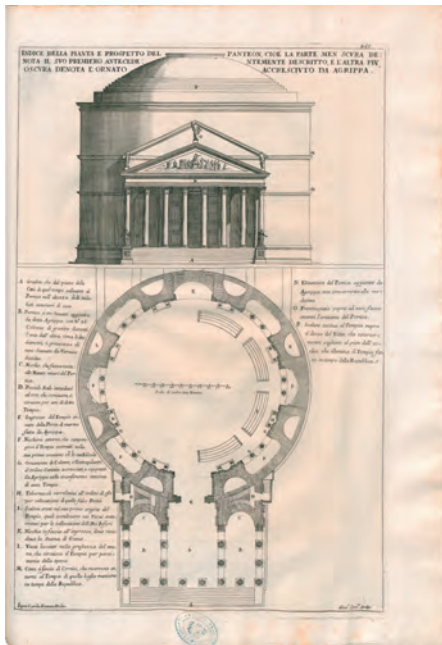


Fig. 2. Carlo Fontana (1694, p. 464 y 467). Hipótesis sobre la posible evolución del alzado interior del Panteón.

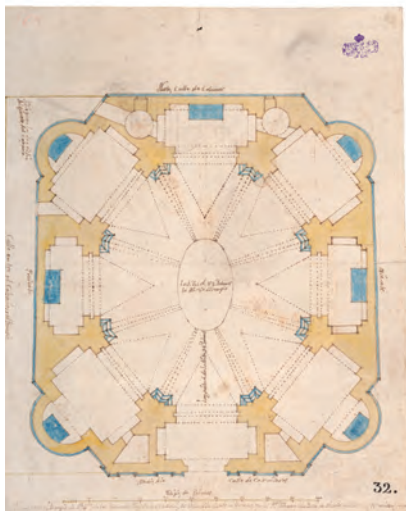


Fig. 3. Proyecto para la iglesia de las Escuelas Pías de Valencia de fr. José Alberto Pina. Segunda idea (ca. 1767). Real Academia de san Carlos de Valencia (núm. Inv. gral.: 23637; Ref.: 136[2]).



Fig. 4. Giovanni Battista Piranesi (1756, Lám. XIV). Vista del Panteón en la que se observan perfectamente los arcos de descarga embebidos en su muro perimetral.

alcanzado la cornisa del segundo cuerpo así que dicho dictamen podría afectar a la enorme cúpula. Años después, José María Zacarés (1849), quien al parecer tuvo acceso a los libros de fábrica hoy perdidos, recogió en una monografía sobre los Escolapios la solución técnica que, según él, desplegó Antonio Gilabert para arriostrear la calota. La traza y diseño de la misma tomó en buena consideración las propuestas de Carlo Fontana y Piranesi, entre otros.

Los grabados de los Piranesi

El arquitecto y grabador italiano Giovanni Battista Piranesi realizó estudios sobre el posible funcionamiento estructural de la cúpula del Panteón que condicionaron durante más de un siglo sus hipótesis de comportamiento. En el inventario de adquisiciones de la Academia de san Carlos del año 1769 consta la existencia de un tomo con “varias vistas y perspectivas de Roma del Piranesi [...] regalo del Sr. Arcediano Dn. Pedro Mayoral”. Eso denota que al menos parte de sus trabajos eran conocidos en la ciudad.¹³

Este célebre grabador examinó el Panteón durante la restauración promovida por el papa Benedicto XIV (1740-1758). Su lámina XIV, publicada en 1756, ilustra las bóvedas de descarga contenidas en el anillo murario del edificio para concentrar en sus flancos las tensiones de la cubierta y permitir la formación de las exedras. También elaboró detallados “análisis gráficos” de la cúpula, pero no

¹³ Archivo de la Real Academia de san Carlos. Leg. 66, núm. 5. Cit. por BÉRCEZ, Joaquín, 1987, 74.

fueron recopilados y publicados hasta 1780 por su hijo Francesco. Entre los grabados de Francesco destaca la lámina XXVIII titulada «Dimostrazione di alcune parti dell'opera laterizia, che costituisce il Pantheon». Esta ofrece una hipótesis de una teórica estructura de arcos de descarga embebida en la masa de opus caementicium que conforma la cúpula. En la publicación se presenta dicha interpretación como fruto de la observación “directa” del edificio. Hoy sabemos que el dibujo de Piranesi es una infundada interpretación personal, como acreditó posteriormente Luca Beltrami (1892-1893) durante la restauración que le encomendó el gobierno italiano. Este arquitecto constató que los arcos de descarga situados en el arranque de la cúpula se encuentran en la vertical del tambor y no siguen, por tanto, la curvatura esférica de la cúpula como se pensaba. Para probarlo realizó una cata de 1,5 metros de profundidad en el fondo de un casetón del segundo nivel hasta localizar la clave de uno de esos arcos.¹⁴

En cualquier caso, los grabados de Giovanni Battista Piranesi (1756) ofrecían novedosas “evidencias” técnicas de las fábricas del Panteón que cabe poner en relación con las catas de carácter estructural realizadas por Rafael Soler en las Escuelas Pías y las grietas observadas en su cúpula. Estas acreditan la adopción de un criterio análogo para la definición constructiva del falso cilindro de la rotunda y del arranque de la cúpula. Además, como en el Panteón, se optó también por sobreelevar el tambor para arriostrar los riñones de la calota y verticalizar los empujes.

En uno y otro caso se observa una clara tendencia hacia la concentración de las tensiones provocadas por la cúpula en los grandes machones que flanquean las exedras, una ajustada decisión que probablemente tiene como principal objetivo la definición de un sistema de contención de los empujes de la cúpula mediante el modelo teórico arco-pilar.¹⁵ Dicho sistema de contrarresto vertical, que parece formar parte del proyecto de las Escuelas Pías desde sus orígenes, se ha mostrado válido tanto para el caso de las bóvedas de gajos o paños (con lunetos) como para las cúpulas hemisféricas. De hecho, la solución de Minerva Médica, cuyos contrafuertes se elevan hasta el arranque de la cúpula y que incluso contemplaba el tímido recorte de unos pequeños vanos en la misma, podría considerarse una de las precursoras de la primera variante.

La influencia de Fontana

El arquitecto Carlo Fontana (1638-1714) es una de las figuras más representativas del barroco romano. Descendiente de una reconocida familia de arquitectos, desplegó durante su dilatada trayectoria una extensa actividad profesional también como ingeniero, investigador de la construcción clásica y teórico de la arquitectura. En el libro V de su estudio técnico y filológico sobre el templo vaticano y sus orígenes (1694) ofrece una serie de reglas empíricas, geométricas y

¹⁴ ALBERTI, Licinia, 2014, p. 156-157.

¹⁵ CROCI, Giorgio, 2006, p. 272.

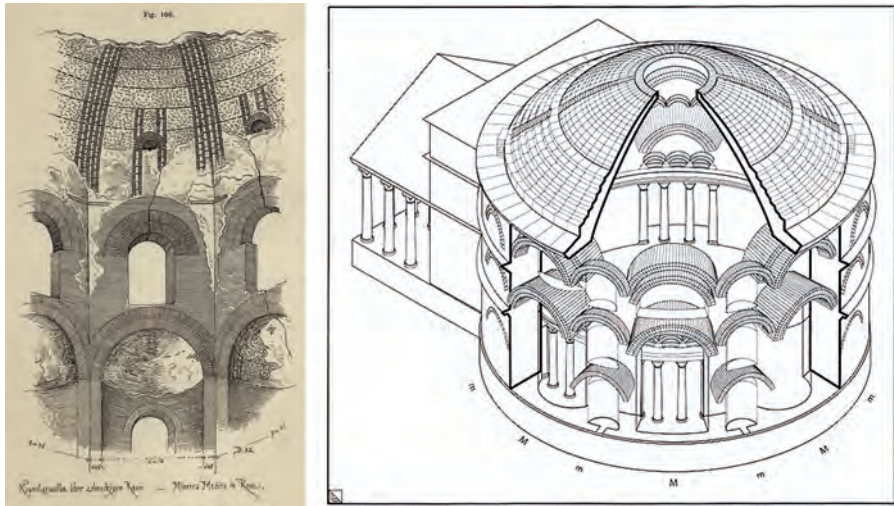


Fig. 5. Izda.: Durm (1885, fig. 166). Sistema estructural del templo de Minerva Médica. Dcha.: Lancaster (2006, p.122, fig. 7). Sistema estructural de arcos y bóvedas en la rotonda del Panteón.

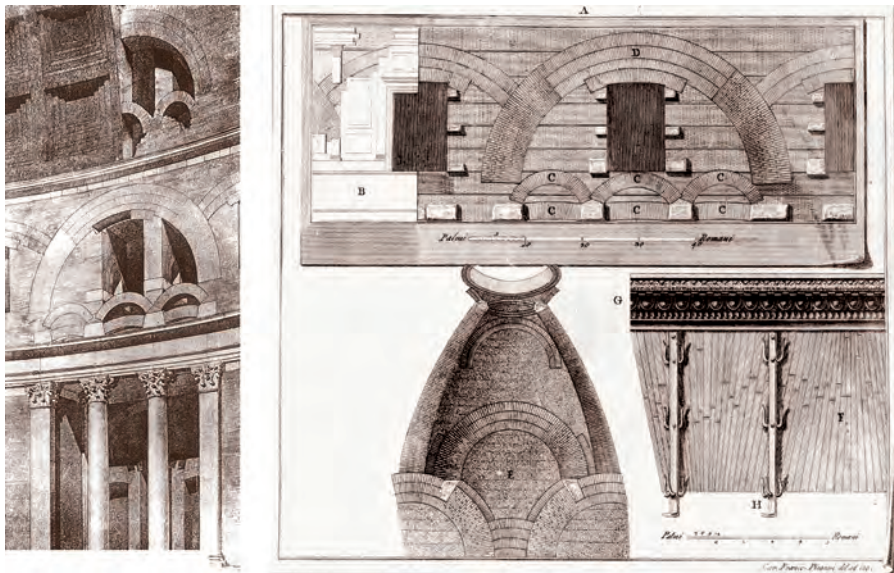


Fig. 6. Izda. Luca Beltrami (1898, Tav. IV). Hipótesis estructural del Panteón. Dcha. Francesco Piranesi (1790 [1780], lám. XXVIII, detalle). «Demostración» de algunas partes de la estructura de la drillo del Panteón.

aritméticas, para el proyecto de las cúpulas y de su sistema de contrarresto. Dicho autor distingue entre cúpulas simples y dobles. Los trazados geométricos para “construir los tambores y cúpulas simples con linternas”, como la que nos ocupa, se explican en el capítulo XXIV, “Regole per le Cupole Semplici” y consisten en sencillas tramas geométricas, basadas en consideraciones proporcionales obtenidas a partir de la división de la luz o amplitud en fracciones simples.¹⁶

En el siglo XVIII estas reglas constituían el principal referente europeo para el dimensionado de las cúpulas. Tal fue su importancia que incluso aparecen citadas en los informes sobre la estabilidad de importantes cúpulas como la de san Francisco el Grande de Madrid y santa Genoveva de París (1764-1790).¹⁷ Fue precisamente en este último edificio donde se produjo por primera vez la ruptura entre dos enfoques distintos para el cálculo de las cúpulas: el que se sustenta en proporciones geométricas, con una larga tradición previa, y el basado en la teoría científica de bóvedas, cuyos inicios se sitúan en este siglo.¹⁸

Los trazados de Fontana derivan de sus estudios sobre los perfiles y espesores de numerosas cúpulas ya construidas y otros análisis gráficos previos realizados por prestigiosos tratadistas como Bramante, Scamozzi, Serlio y Palladio.¹⁹ A estos cabe añadir, además, su dilatada trayectoria como perito pues fue llamado a opinar sobre la estabilidad de muchas cúpulas italianas, incluida la de san Pedro de Roma, que evaluó en 1680. Además, Fontana también propuso un criterio de dimensionado para los muros de sostén, estableciendo una relación proporcional entre estos y la amplitud de la cúpula.²⁰ Años después, otros arquitectos como Vittone (1760) continuaron sus investigaciones explorando otras reglas análogas que contribuyeron a universalizar el método.

El eco y la validez de sus propuestas resultan también acreditados en muchas cúpulas de los reinos de Valencia y Murcia. Dichos estudios, no publicados, acreditan a veces leves variaciones de criterio en el procedimiento geométrico

¹⁶ FONTANA, Carlo, 1694, p. 367.

¹⁷ El informe de Ventura Rodríguez (1761) fue presentado ante la Academia de san Fernando para desautorizar el proyecto de la cúpula de san Francisco el Grande (Madrid), de 33 metros de luz, proyectada por el valenciano fray Francisco Cabezas y concluida por el arquitecto e ingeniero Antonio Plo y Camín. En el mismo, Ventura Rodríguez alude Fontana en los siguientes términos: “Las paredes del pie derecho, ó cuerpo de luces, de las seis Capillas de los lados del Templo, no tienen suficiente grueso, como se ve por los cortes ó perfiles, de líneas simples de lápiz que se me han manifestado, dónde solo hai la duodécima parte del vano, ó diámetro de las Cúpulas que han de sustentar, debiendo á lo menos tener la décima parte, como advierte Carlos Fontana en la descripción del Templo Vaticano”. GARCÍA BARRIUSO, Patrocinio, 1975, p. 136-137.

En la obra de santa Genoveva en París, intervinieron Patte (1770), Gauthey (1771, 1798) y Rondelet (1797, 1814). En relación con la polémica sobre el proyecto de la cúpula Patte afirma que “Fontana, sabio arquitecto del siglo pasado ha dado [...] reglas seguras para hallar las formas más agradables de las cúpulas simples [...] Como sería difícil añadir nada a lo que ha dicho en este tema, basándose en los mejores modelos de Italia, nos limitaremos a citarlas”, HUERTA, Santiago, 2004, p. 276. PATTE, 1770, p. 8.

¹⁸ HUERTA, Santiago, 2004, p. 276.

¹⁹ FONTANA, Carlo, 1673.

²⁰ HUERTA, Santiago, 2004, p. 267.

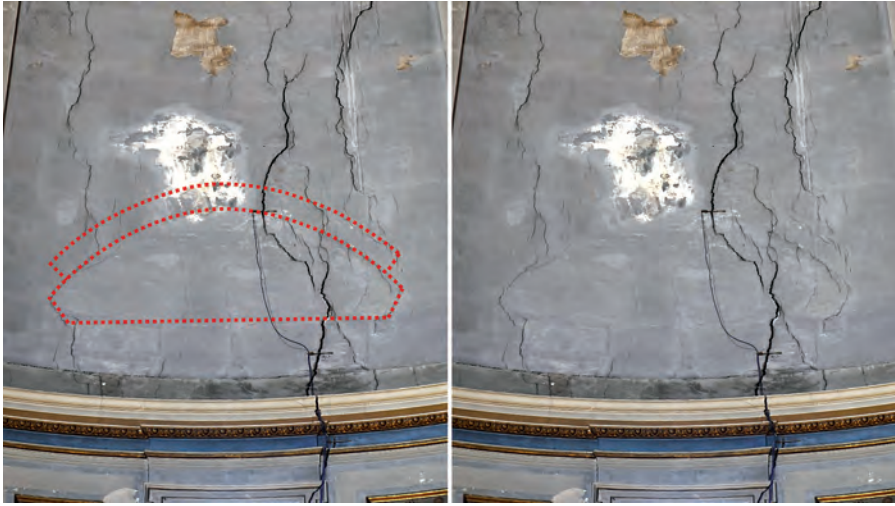


Fig. 7. Presencia de bóvedas de descarga sobre los huecos del tambor de la cúpula de las Escuelas Pías de Valencia, a la izquierda delimitación gráfica de las grietas para facilitar su interpretación.

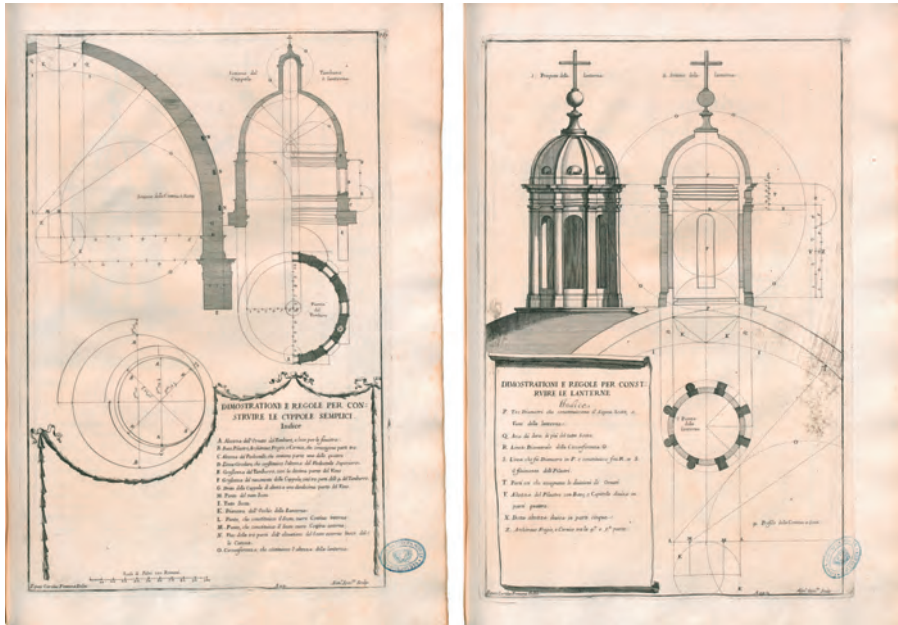


Fig. 8. Carlo Fontana (1694, p. 367 y 369). Reglas geométricas para el proyecto de cúpulas simples.

de obtención de los centros de trazado del perfil de las cáscaras, pero respetando en esencia los razonamientos expuestos. Ello también resulta extensible al caso de los Escolapios, por los resultados obtenidos de la investigación realizada en 2014.²¹

La cúpula de las Escuelas Pías: hipótesis de traza

El perfil de la calota de las Escuelas Pías respeta, en esencia, el criterio general establecido por Carlo Fontana para las cúpulas simples, aunque en los Escolapios algunas proporciones son menos restrictivas. Ello arroja un perfil más rebajado y una sección más delgada para el tramo volado de la calota. Tal criterio acaso pudo verse condicionado por el dictamen previo de los arquitectos de la Academia y la experiencia acumulada en Valencia, donde abundan las cúpulas de albañilería.

La traza de Antonio Gilabert fue elaborada en palmos valencianos (22,65 cm). Como es habitual en estas estructuras, la cúpula muestra un perfil apuntado y sus centros de trazado se sitúan por encima de la línea de arranque por motivos compositivos. A diferencia de Fontana, que propone la división de la línea diametral de arranque en 12 módulos, Gilabert optó por fraccionar la luz (24,85 metros) en 13,75 segmentos de 8 palmos (1,81 metros). Como en el ejemplo canónico, Gilabert tomó 2 módulos (16 palmos y 3,62 metros) para la apertura de la linterna que en la Escuelas Pías no se sitúa en el eje de simetría de la cúpula, sino levemente desplazada unos dos palmos (0,45 metros) hacia un flanco. La atrevida altura de la linterna coincide sustancialmente con la propuesta por Fontana, que le otorga la mitad de la luz en el arranque ($L/2$), es decir, una altura total de 6 módulos o fracciones.

En la propuesta de Fontana los centros de trazado del “sesto interior” y el “sesto exterior”, es decir, de las curvas que definen las superficies del intradós y el trasdós de la cúpula, se obtienen de manera inmediata a partir de esta división previa de la luz del arranque. Dichas curvas no son concéntricas generando, por tanto, una hoja con sección variable y un mayor grosor. Los radios del intradós se emplazan en el punto de corte de la proyección de la linterna sobre la línea de arranque, que Fontana eleva dos módulos sobre el plano de coronación del tambor. Los centros de trazado del trasdós quedan emplazados a medio módulo de los antedichos y más próximos al eje vertical de la cúpula.

Antonio Gilabert también respeta el criterio de Fontana a la hora de fijar la posición de los centros del intradós, aunque estos solo se elevan medio módulo sobre el plano del tambor. Además, en los Escolapios la hoja de la cúpula tiene un espesor constante de 2 palmos valencianos (0,45 metros), por tanto, los centros del trasdós coinciden con los anteriores. Dicho espesor arroja una relación

²¹ Trabajos realizados para la tesis doctoral de Serena Artese, que pretendía comparar la forma ideal de la cúpula con la actual dentro de un estudio más amplio sobre métodos de levantamiento arquitectónico.

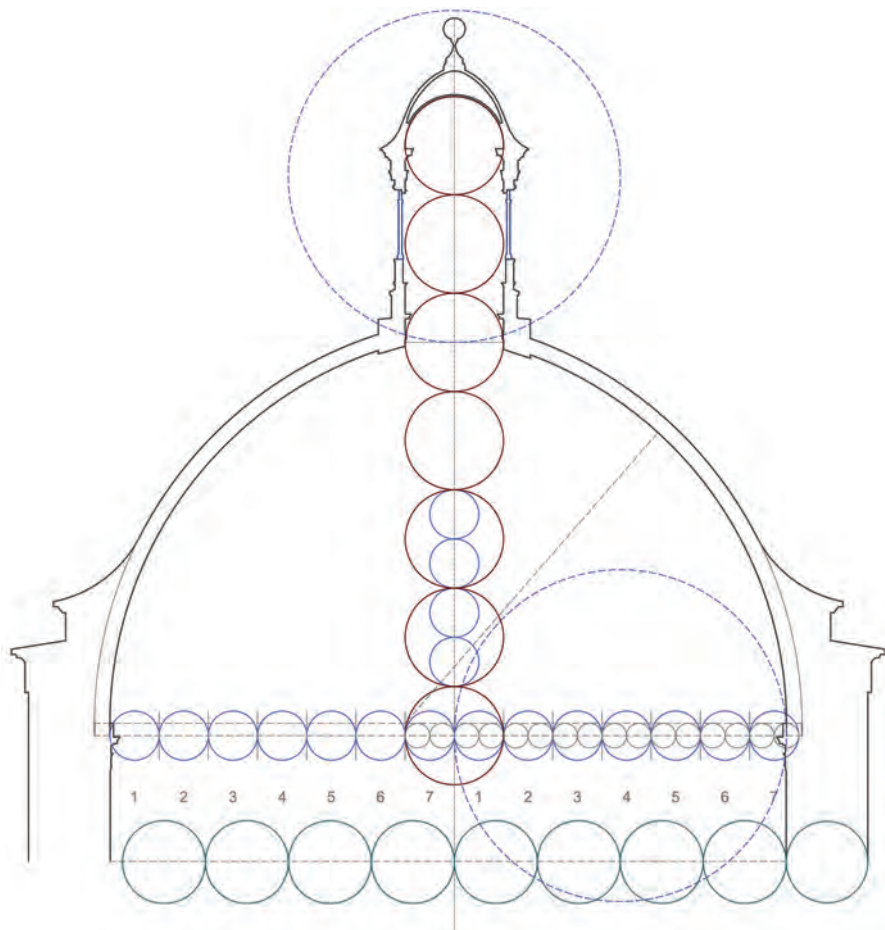


Fig. 9. Hipótesis de traza de la cúpula de las Escuelas Pías de Valencia. Dibujo del autor (2014).

canto/luz de $1/56$ para la calota. Se trata, por tanto, de una hoja muy delgada y próxima al límite de $1/55$ establecido por Heyman para un arco circular.²² Esto es posible porque el tambor ciñe o envuelve la cúpula por el exterior hasta una altura de 30° , contados desde el arranque, mejorando la seguridad estructural, una opción que no contempla Fontana en su ejemplo gráfico.

²² En realidad, una cúpula es más estable que un arco siempre que haya sido convenientemente dimensionada. En ese caso, será capaz de disipar las mínimas tracciones que se producen en la dirección de los paralelos, contribuyendo a un mejor encaje de la línea de presiones. Véase HUERTA, Santiago 2004, p. 98.

Para establecer el grosor del tambor Gilabert dividió la línea de arranque en 8 partes, dando al muro un módulo de espesor ($1/8$ del diámetro). En el ejemplo de Fontana este espesor es algo menor y equivale a $1/10$ de la luz para las obras de “excelente fábrica de ladrillo”. También advierte de que tales apreciaciones deben revisarse por un “experto” en función de la calidad de la fábrica pudiendo incrementarse hasta $1/9$ del diámetro para aquellas obras de inferior calidad. No obstante, hay que tener en cuenta que las reglas teóricas de Fontana solo definen unos umbrales mínimos. En la práctica pueden verse incrementados al considerar otros factores de tipo compositivo, funcional o de otra índole. En el caso de las Escuelas Pías una de estas variables podría ser la profundidad de las capillas o la formación de los ámbitos de circulación.

Dichas comprobaciones se realizaron sobre las cinco secciones principales de la cúpula, tomadas según los ejes de los machones. Ello permitió detectar oscilaciones en la coordenada vertical de los centros de trazado de los radios interiores de la cúpula. Cabría atribuir dichas oscilaciones al método empleado para el control de la forma de la calota durante su ejecución. Como en otros casos análogos, debieron usarse entre 10 y 20 cerchones con uno de sus extremos apoyados en la coronación del tambor y el otro en un castillete central o «matraz». El soporte central también pudo servir inicialmente para el replanteo y sostén de la linterna y la colocación de una grúa. Esta hipótesis constructiva cuenta con bastantes antecedentes bien documentados. Ha sido tomada en consideración para explicar la ejecución de otras cúpulas y bóvedas de crucería de cierta dificultad o con claves de gran tamaño emplazadas en los territorios del Mediterráneo.²³

Posible existencia de elementos metálicos en la cúpula

La traza de Carlo Fontana también determina con precisión la posición óptima de unas cadenas de refuerzo frente a las tracciones de la cúpula que, en su propuesta, además, no cuenta con el arrostramiento del tambor. Para ello sitúa tres tirantes distribuidos en la primera mitad de la cúpula y embebidos en el interior de la fábrica. Es sabido que también se usaron cadenas en la gran cúpula de san Pedro del Vaticano, aunque Vantivelli explicó en su informe que estaban rotas. En el “parere di tre mattematici” (1742) y la posterior pericial de Giovanni Poleni (1747) quedaron bien documentados tanto los tirantes originales como los añadidos por este arquitecto y matemático veneciano. Todo se hizo

²³ RAKOB, Friedrich, 1988, p. 262-263, fig. 17 y RASH, Jürgen, 1991, p. 364-370, han propuesto esta solución de castillete central y cimbras radiales para explicar la construcción del templo de Mercurio en Baía (Nápoles), de 21,5 metros de diámetro. Además, el propio Rash repite la misma propuesta para el mausoleo de Tor de’ Schiavi. IPPOLITO, Lamberto, 1997, p. 104, sugiere una propuesta similar para la ejecución de las cúpulas «a ombrello» de Brunelleschi.

ZARAGOZÁ, Arturo, 2016, p. 78-80. Dicho autor señala que este elemento de sostén es denominado “castillete” en la documentación castellana y “matraz” en los textos en valenciano y ha rastreado su presencia en diversos contratos, dando una nueva interpretación técnica a los mismos.

también con la advertencia de que debían quedar bien protegidos en la fábrica, siendo esta una práctica habitual cuando el espesor de la hoja lo permite.²⁴

Siguiendo una costumbre que se remonta a la antigua Roma y fue continuada durante la baja edad media, se ha constatado asimismo la voluntad de usar tirantes en diversas cúpulas valencianas del momento, aunque no siempre se llegaron a colocar.²⁵ En la cúpula de san Pío V (1745), de 14 metros de amplitud y construida por José Minguez, padre de Juan Bautista Minguez (coautor del informe de la Academia), se descartaron las cadenas inicialmente previstas tanto a la altura del primer entablamento como a mitad de la cúpula.²⁶ Sin embargo, sí que fueron usadas en el arranque de la cúpula de la iglesia valentina de la Compañía (1621), cuya capitulación prevé “un cercol de ferro ab ses pues que vinga entre lo fris y la cornisa posat y encaixat en mig del gruix de la paret”, es decir, colocado en el núcleo del muro.²⁷ La misma solución también quedó al descubierto durante la restauración de las calotas de san Miguel Arcángel de Canet lo Roig (1793) y de la parroquial de san Antonio Abad de Sumacárcer (ca. 1750). Esta última, constituida por una delgada hoja tabicada, además de un cinturón metálico que envuelve la cúpula por su trasdós a mitad de su altura, contó en su día con otro atado provisional en el tercio de arranque formado por una robusta maroma de cañamo, hoy desaparecida, aunque perdura su impronta y los huecos de paso en los rastreles de ladrillo.

Precisamente, este atado provisional da una importante pista sobre una de las funciones esenciales que desempeñan tales elementos y que ha pasado desapercibida para algunos técnicos que ponen en cuestión su utilidad al valorar solo la estabilidad en la fase de servicio. Muchas de estas calotas se construían sin cimbra o con una cimbra mínima y los operarios debían velar también por la seguridad de la estructura durante las etapas intermedias de la ejecución. Es muy probable que el principal cometido de algunos tirantes fuese, precisamente, limitar las deformaciones para asegurar el control de la forma del elemento durante el largo periodo de fraguado de los morteros de cal. El conocimiento de estas circunstancias obligaba a cuidar muy bien la secuencia constructiva y valorar todas las precauciones a adoptar para evitar situaciones de inestabilidad que llevasen a la obra al fracaso. De hecho, como señala el profesor Fortea, no es casual que muchas de las lesiones estructurales de las cúpulas coincidan con los límites de sus fases de ejecución.

En el caso de las Escuelas Pías, José María Zacarés ofrece esta información sobre la previsión de refuerzos metálicos:

Para contener el empuje de tan inmensa mole dispuso un anillo de hierro de peso 146 arrobas [1.869 kg] dado de pez, aceite de lirios, negro humo y otros ingredientes, que colocó a la altura de los linteles que cargan sobre las co-

²⁴ LÓPEZ-MANZANARES, Gema, 2001, p. 49.

²⁵ ZARAGOZÁ, Arturo y MARÍN, Rafael, 2015.

²⁶ GÓMEZ-FERRER, Mercedes, 2012, p. 315.

²⁷ Contrato para la finalización de la Iglesia de la Compañía de Jesús de Valencia, del 28 de octubre de 1621, con el maestro Francisco Arboreda. GÓMEZ-FERRER, 1993.

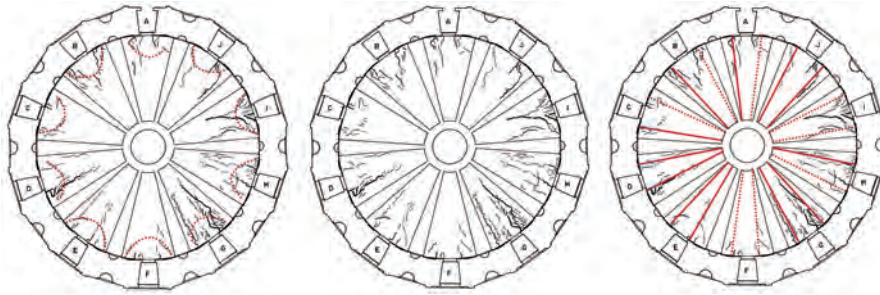


Fig. 10. Propuesta de interpretación de los agrietamientos identificados por Rafael Soler. Izda.: Arcos de descarga sobre los huecos del tambor. Centro: Dibujo original de Rafael Soler (2003). Dcha.: Grietas en el sentido de los meridianos por el cedimiento del tambor. Estas podrían verse agravadas por la presencia de pletinas metálicas de un cierto grosor, situadas en las proximidades de la cara interior de la cúpula.

lumnas del segundo cuerpo; de la cornisa del tercero arrancan veinte barras de hierro de peso de doscientas treinta y una arrobas [2.952 kg], que se hallan marcadas en la media naranja por otras tantas fajas blancas pareadas que suben hasta coger el anillo de la cúpula, sosteniendo en diferentes alturas varios círculos de hierro de peso de doscientas treinta y seis arrobas [3.016 kg], que forman en degradación de aquella hermosa concavidad; otro círculo ciñe la linterna dividida así como la iglesia, en diez segmentos, cuyos vacíos forman ventanas rasgadas en toda su altura.²⁸

Es decir, según Zacarés, se “dispuso” la colocación de un zuncho de hierro de unos 1.870 kg en el arranque del tercer cuerpo de la cúpula. Además, alude a 20 barras dispuestas como “meridianos” de hierro, una por cada una de los resaltes interiores de la calota, que recorrerían su sección en sentido ascendente, desde el arranque hasta la linterna. Estos 20 “nervios”, de unos 150 kg de peso cada uno, quedarían entrelazados con un número indeterminado de “círculos” paralelos, cuya posición exacta no concreta, con un peso total de 3.000 kg. El texto solo señala que uno de ellos ciñe la linterna, uno de los dos puntos críticos de cualquier cúpula junto con el tercio de arranque.

Sin embargo, las catas realizadas por el profesor Rafael Soler en el trasdós de la cúpula han hecho dudar de su existencia. Y el estudio estructural de Adolfo Alonso y Arturo Martínez (2003) ratificó que no eran necesarias dichas cadenas una vez cerrada la cúpula.²⁹ Es sabido que las tensiones son muy bajas y los numerosos agrietamientos que recorren su cúpula en el sentido de los meridianos

²⁸ ZACARÉS, José María, 1849, p. 497-498.

²⁹ SOLER, Rafael, 1996, p. 493.

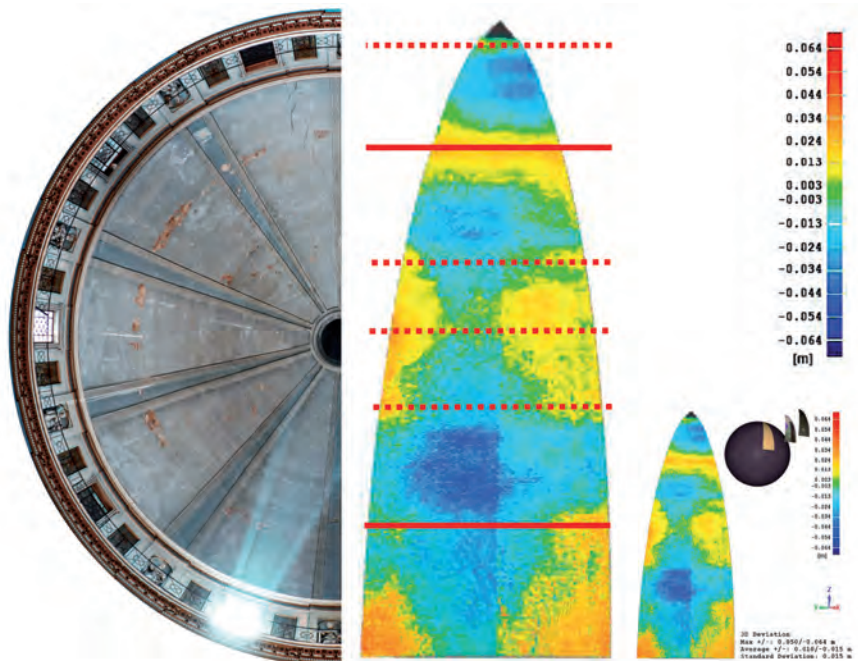


Fig. 11. Izda. Desconchados actualmente visibles en la cúpula de las Escuelas Pías. Dcha.: Cotas susceptibles de búsqueda de posibles anillos metálicos, a partir de los trabajos de Serena Artese et alii. (2019, p. 42).

son habituales e irrelevantes para la seguridad. Como se ha explicado, cabría atribuir su existencia al inevitable cedimiento del tambor durante el proceso constructivo.³⁰ Por ello, resulta bastante razonable que, por las dimensiones del elemento y el enorme coste de las cimbras, se previese la colocación de un entramado metálico para mantener la forma en las fases tempranas, aunque sin descartar otras opciones. De hecho, el propio Zacarés advirtió también de estas mismas dificultades de ejecución para justificar los armados.

La cuestión sigue abierta, pero a favor de la misma, aunque con todas las reservas, cabe citar un estudio realizado en 2014 sobre las desviaciones (abombamientos y depresiones superficiales) detectadas al comparar la sección ideal

³⁰ Véase HEYMAN, Jacques, 1995, p. 317. El autor explica el mecanismo de rotura que causa el “agrietamiento por cedimiento del contrarresto”. En las cúpulas se deben cuidar dos zonas críticas: en los óculos, cuando existe linterna; y en la base, por debajo de los 52º contados desde la clave de las cúpulas hemisféricas cerradas.

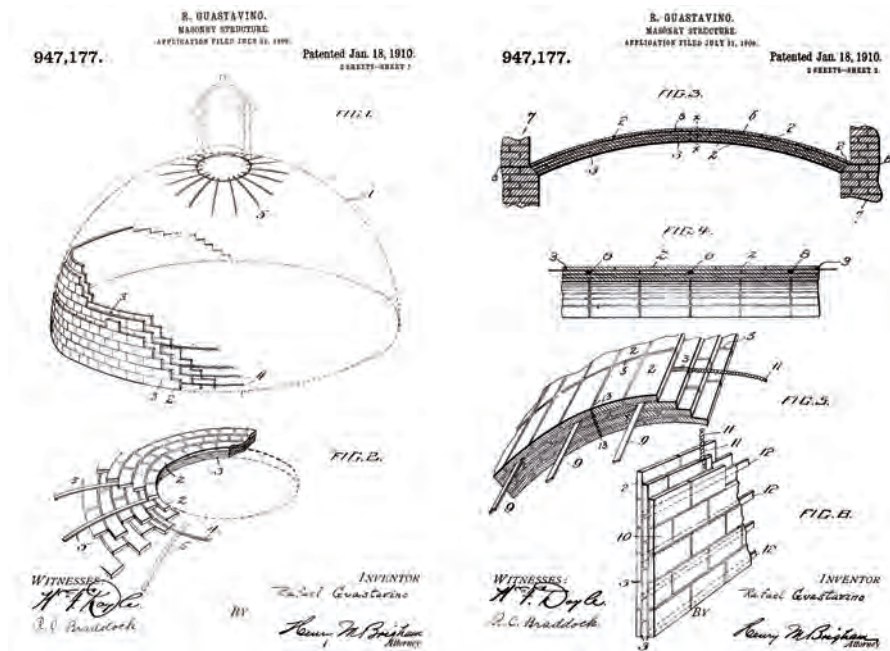


Fig. 12. Rafael Guastavino Expósito (1910). Patente de la bóveda tabicada armada.

yl la actual de la superficie del intradós.³¹ El mismo sugiere la existencia de varios anillos horizontales cuya posición coincidiría en algunos casos con pérdidas del revestimiento interior. El área más afectada por los mismos coincide con el despegue de la cúpula, un punto muy sensible a las filtraciones de agua, pero no el resto de zonas.

Sea como fuere, resulta inevitable poner también dicho texto en relación con la “patente de la bóveda tabicada armada” registrada en 1910 por Rafael Guastavino Expósito, buen conocedor de la rotonda de las Escuelas Pías y firme defensor de las bóvedas armadas. Guastavino experimentó con refuerzos metálicos en muchas cúpulas, incluida la solución temporal de san Juan el Divino de Nueva York. En sus escritos también incluyó una imagen con el rótulo “cúpula de ladrillo con zuncho de hierro. Planta y sección de la cúpula de los Escolapios (Valencia)”, aunque no da más explicaciones.³² A la espera de nuevas aportaciones cabe recordar que, en el caso que nos ocupa, habría que distinguir entre la posible existencia de los elementos metálicos, su utilidad estructural y su virtual relación con las lesiones observadas.

³¹ ARTESE, Serena et al., 2019, p. 42.

³² Véase GUASTAVINO, Rafael, 2006 [1893], p. xlv, fig. 14; p. 20, fig. 9.

Referencias

- ARTESE, Serena et al. "Integration of surveying techniques to detect the ideal shape of a dome: the case of the Escuelas Pías church in Valencia". En *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*. Bérgamo. 2019, Vol. XLII-2/W9, p. 39-43.
- BÉRCHEZ GÓMEZ, Joaquín. *Los comienzos de la arquitectura académica en Valencia*. Antonio Gilbert. Valencia: Federico Doménech, 1987.
- BÉRCHEZ GÓMEZ, Joaquín. "Iglesia de las Escuelas Pías (Valencia)". En *Monumentos de la Comunidad Valenciana: catálogo de monumentos y conjuntos declarados e incoados*. Valencia: Generalitat Valenciana. 1995, T. X, p. 264-271.
- BÉRCHEZ GÓMEZ, Joaquín. y CORELL, Vicente. *Catálogo de diseño de Arquitectura de la Real Academia de Bellas Artes de san Carlos de Valencia (1768-1846)*. Valencia: Colegio Oficial de Arquitectos de Valencia y Murcia, 1981.
- CROCI, Giorgio. 2006. "Il comportamento strutturale del Pantheon". En *Il Pantheon. Storia, tecnica e restauro*. Viterbo: BetaGamma. 2006, p. 263-310.
- DURM, Josef. *Die baustile. Historische und technische entwicklung des handbuches der architectur*. 2ª parte. Darmstadt: J.Ph. Diehl's Verlag, 1885.
- FONTANA, Carlo. "Dichiarazione dell'operato nella Cuppola di Monte Fiascone colla difesa della censura". *Discorsi e Dichiarazioni*. Módena: Biblioteca Estense, 1673, fondo Giuseppe Campori, 379, Mss. gB.1.16.
- FONTANA, Carlo. *Templum Vaticanum et ipsius origo*. Roma: Stamperia di Gio. Francesco Buagni, 1694.
- GARCÍA BARRIUOSO, Patrocinio. *San Francisco el Grande de Madrid. Aportación documental para su historia*. Madrid: s.i., 1975.
- GARCÍA ROS, Vicente. "Ventura Rodríguez versus fray Francisco Cabezas, arquitecto Valenciano". En *Saitabi*, 1995, nº 45, p. 169-189. <http://hdl.handle.net/10550/27081>.
- GIL SAURA, Yolanda. "A uso y costumbre de buen oficial: sobre construcción y ruina de bóvedas tabicadas en la Valencia de los siglos XVII y XVIII". En *Construyendo bóvedas tabicadas*. Valencia: Universidad Politécnica de Valencia, 2012, p. 249-262.
- GÓMEZ-FERRER, Mercedes. "La Iglesia de la Compañía de la ciudad de Valencia: el contrato para la financiación de las obras de su cabecera en 1621". *Archivo de Arte Valenciano*, 74, 1993, p. 56-68.
- GÓMEZ-FERRER LOZANO, Mercedes. "Intervenciones de reconstrucción y restauración en El Palacio Real de Valencia durante el siglo XV". En *Actas del Sexto Congreso Nacional de Historia de la Construcción*. Madrid: Instituto Juan de Herrera, 2009, p. 629-637.
- GÓMEZ-FERRER LOZANO, Mercedes. "La iglesia del Colegio-Seminario de san Pío V de Valencia". En *Ars Longa*, 2012, nº 21, p. 309-325.
- GUASTAVINO MORENO, Rafael. *Escritos sobre la construcción cohesiva*. Madrid: Instituto Juan de Herrera, 2006 [1893].
- HUERTA FERNÁNDEZ, Santiago. *Arcos, bóvedas y cúpulas*. Madrid: Instituto Juan de Herrera, 2004.
- IBORRA BERNAD, Federico. "¿Cúpulas o cimborrios? Las medias naranjas con nervios y lunetos en la arquitectura española del siglo XVIII". En *Actas del Octavo Congreso Nacional de Historia de la Construcción*. Madrid: Instituto Juan de Herrera, 2013, p. 503-512.
- IPPOLITO, Lamberto. "Cupole toscane dei secoli XV e XVI". En CONFORTI, C. (ed.). *Lo specchio del cielo*. Milán: Electa, 1997, p. 103-116.
- LANCASTER, Lynne C. "Materials and Construction of the Pantheon in Relation to the Developments in Vaulting in Antiquity". En Graßhof, Gerd et al. (eds.): *The Pantheon in Rome: Contributions to the Conference Bern*. Bern: Bern Studies in the History and Philosophy of Science, 2009, p. 117-125.
- LÓPEZ MANZANARES, Gema. "Teoría de estructuras y restauración en el siglo XVIII: la cúpula de san Pedro de Roma". En *Obra Pública: Ingeniería y Territorio*, 2001, nº 3, vol. 57, p. 48-59.

- PALLADIO, Andrea. *I quattro libri dell'Architettura di Andrea Palladio*. Venecia: Appresso Dominico de Franceschi, 1570.
- PATTE, Pierre. *Memoire sur la construction de la coupole projectée pour couvrir la nouvelle église de Saint Genenève a Paris*. Amsterdam: P. Fr. Gueffier, 1770.
- PIRANESI, Giovanni Battista. *Le antichità Romane*. Roma: Stamperia di Angelo Rotilj, 1756.
- PIRANESI, Francesco. *Seconda parte de' Tempi antichi che contiene il celebre Panteon*. Roma, 1790 [1780].
- PONZ, Antonio. *Viage de España*. Madrid: Joachin Ibarra impresor de Cámara de S.M, 1774.
- RAKOB, Friedrich. "Römische Kuppelbauten in Baiae". En *Mittlungen des Deutschen Archaologischen Instituts*. Romische Abteilung, 1988, p. 257-301.
- RASCH, Jürgen. "Zur Konstruktion spätantiker Kuppeln vom 3. bis 6. Jahrhundert". En *JdL*, 1991, nº 106, p. 311-383.
- SOLER VERDÚ, Rafael. "Cúpulas en la arquitectura valenciana de los siglos XVI al XVIII". En *Actas del Primer Congreso Nacional de Historia de la Construcción*. Madrid: Instituto Juan de Herrera. 1996, p. 491-498.
- SOLER VERDÚ, Rafael. "Los modelos virtuales". En *Las cúpulas azules de la Comunidad Valenciana*. Valencia: Generalitat Valenciana, 2006, p. 321-333.
- TOSCA, Thomas Vicente. *Tratado de la Montea y Cortes de Cantería. Segunda impresión corregida y enmendada*. Madrid: Imprenta de Antonio Marín, 1727.
- ZACARÉS, José María. "Antigüedades y bellezas de Valencia. Colegio andresiano e iglesia de las Escuelas Pías". En *Revista Edetana*, 1849, vol. XI, p. 497-498.
- ZARAGOZÁ CATALÁN, Arturo y MARÍN SÁNCHEZ, Rafael. "El uso del hierro y del plomo en la arquitectura medieval valenciana". En *Actas del Octavo Congreso Nacional de Historia de la Construcción*, Madrid: Instituto Juan de Herrera. 2015, p. 1759-1769.
- ZARAGOZÁ CATALÁN, Arturo. "'Sans bois, sans toit'. Las cubiertas con terrazas en el Mediterráneo ibérico, ss. XV-XVI". En *Toits d'Europe. Formes, structures, décors et usages des toits a l'époque moderne (XVe-XVIIIe siècles)*. París: Picard. 2016, p. 77-90.