

Configuración constructiva y comportamiento mecánico de las bóvedas tabicadas. Estudio de dos edificios abovedados del siglo XIX en el Baix Llobregat (Barcelona)

José Luis González Moreno-Navarro

Siguiendo la propuesta contenida en la ponencia sobre La Casa Botines de León presentada en el Primer Congreso de Historia de la Construcción,¹ la restauración de edificios es una ocasión irremplazable para aumentar el conocimiento de nuestros edificios históricos. La presente ponencia aporta las conclusiones sobre lo indicado en el título teniendo como base las investigaciones desarrolladas bajo la dirección y financiación del SPAL² con ocasión de los estudios necesarios para restaurar el edificio.

En la reutilización de un edificio histórico, la bóveda tabicada presenta un grave inconveniente si se desea conservar: no existen modelos de cálculo para determinar su capacidad portante. Son muchos los casos en los que, por esa razón, se han destruido o perdido la autenticidad de su comportamiento mecánico. El camino es conocer mejor el comportamiento y dar publicidad a su rica historia con tal de incrementar su aprecio.³ Esto es lo que se ha intentado con ocasión de los estudios realizados sobre las bóvedas. Se ha partido, como premisa, de que las bóvedas se han de conservar actuando como tales. El modelo de cálculo se ha suplido con el procedimiento más eficaz, la prueba de carga y el resultado no ha podido ser mejor: las bóvedas (con tres modos de estructura constructiva, alguno contradictorio) aguantan sobradamente.

Dos de las bóvedas se encuentran en la masía denominada Can'Arús de Hospitalet de Llobregat, y la tercera se encontraba en el Palacete denominado Can Mercader de Cornellà de Llobregat.

Ca n'Arús es una masía que responde al tipo bási-

co de esta construcción rural catalana y se organiza mediante tres crujeas principales perpendiculares a la fachada principal y dos añadidas (figuras 1 y 2). La

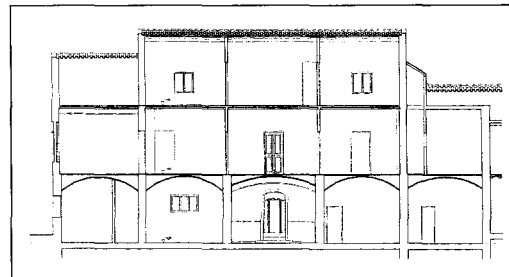


Figura 1

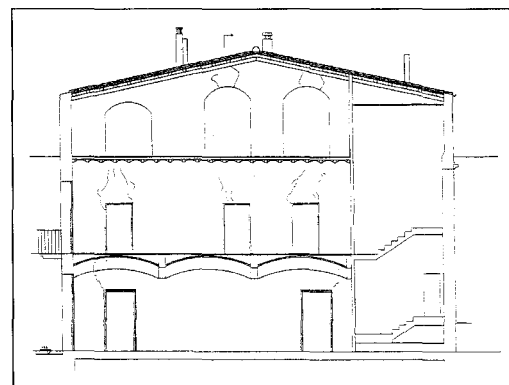


Figura 2

crujía central en el esquema tipo corresponde al acceso al edificio en el plan terreno, y en su planta piso al salón principal. En nuestro caso, la separación de ambos espacios está resuelta de una forma poco común, mediante tres bóvedas de pañuelo (o de bohemía) apoyadas en los cuatro muros perimetrales y en dos arcos rebajados a modo de arcos fajones que dividen virtualmente el espacio en tres zonas.

Las crujías laterales, las que se sitúan o bien dormitorios en la planta superior, o bien despachos en la inferior, resuelven la separación de las plantas mediante la solución más habitual en las masías, la bóveda de cañón rebajada.

El estudio del edificio surge como consecuencia de la voluntad por parte de la autoridad municipal de reconvertirlo en edificio de uso público; en consecuencia, es imprescindible averiguar la capacidad portante de estas bóvedas que recibirán en la planta superior una sobrecarga normativa de 300 Kg/m^2 .

El primer paso a desarrollar es averiguar la configuración interna de estas bóvedas. El estudio se hizo abriendo las catas correspondientes por la parte superior ya que los pavimentos eran perfectamente desmontables y reponibles. Su observación permitió llegar a concluir que las bóvedas de cañón que se sitúan en las crujías laterales están resueltas mediante la técnica tabicada, con dos hojas de rasilla superpuestas sobre las cuales se sitúan tabiquillos transversales, denominados según la terminología histórica «lenguetas», sobre las cuales a su vez se sitúan en un segundo rango de bóvedas tabicadas de menor luz, perpendiculares. Los tabiquillos se detienen antes de llegar al espinazo de la bóveda principal y el relleno se hace con escombros hasta alcanzar el nivel definitivo del pavimento (figura 3).

El aspecto que presentaban las bóvedas resueltas mediante esta configuración era el normal, con unas fisuras que el análisis completo del edificio pudo atribuir sin lugar a dudas a fallos en la cimentación dado que el terreno de aluvión del Llobregat era de escasísima capacidad portante.

La bóveda de la crujía central es algo más compleja; las tres bóvedas de bohemía, también resueltas mediante el procedimiento tabicado, se apoyan en los muros perimetrales en los arcos centrales, también resueltos mediante el procedimiento tabicado. La configuración constructiva de los elementos que rellenan los senos y determinan el plano del solado, es muy diferente a la citada anteriormente. En la tradi-

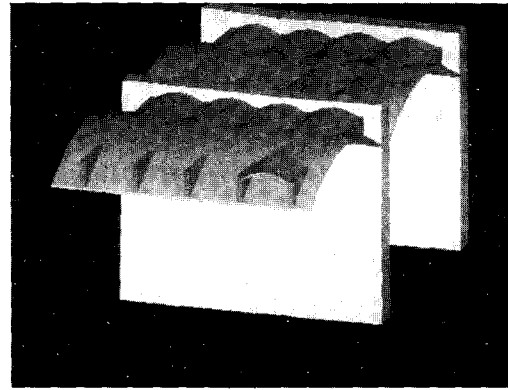


Figura 3

ción constructiva catalana, las bóvedas de bohemía se resolvían habitualmente mediante la superposición de nuevas bóvedas tabicadas en las cuatro esquinas que a modo de pechinas cubrían el espacio profundo de los senos. En nuestro caso tenemos las bóvedas que se entregan a las cuatro esquinas del espacio general. Pero las que resuelven el volteo en la entrega con los dos arcos centrales, se unen formando una única pechina, no apoyándose en consecuencia en los arranques de las bóvedas que se apoyan en el arco rebajado (figura 4). El aspecto que presentaban estas bóvedas era bastante inquietante, ya que los dos arcos estaban claramente rotos en su clave (figura 5).

La interpretación que, en una primera aproximación, se dió fue la siguiente: el arco rebajado se descarga por completo en sus senos y sólo recibe cargas en su clave dado que su tangencia con el solado, in-

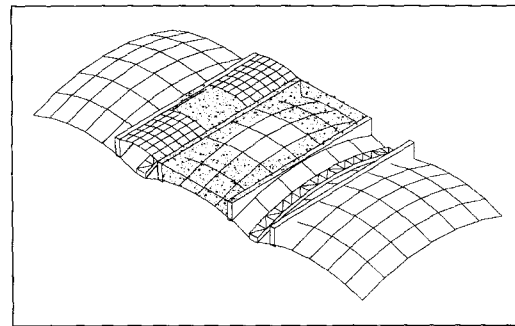


Figura 4

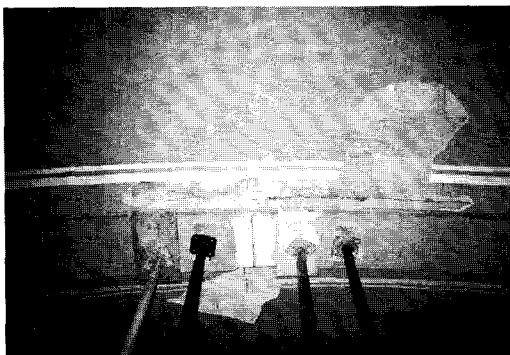


Figura 5

defectivamente, no tiene más remedio que romperse, dado el poco grueso en su parte central. Ahora bien, esas grietas que afectaban al arco, cuando se adentraban en las bóvedas desaparecían por completo. La interpretación no podía ser otra que las bóvedas en realidad no descargaban en estos arcos fajones sino que, las de los extremos cargan en sus tres entregas con los muros y la bóveda central carga en las dos paredes laterales, pero no en el arco. Éste, en consecuencia, queda sin ningún tipo de misión mecánica, más que aguantar las cargas que se producen por la circulación superior en su clave. Ese error del constructor llevó a esa rotura.

Una vez averiguada esta configuración constructiva, se pasó a hacer una aproximación a su comportamiento mecánico. El sistema utilizado en la bóveda de cañón podía seguir las teorías de Heyman y intentar buscar si la bóveda podía contener en su interior algún polígono funicular que asegurara su estabilidad.

La hipótesis de carga más desfavorable de una bóveda de cañón es sin duda la de una carga totalmente asimétrica. Los dibujos (figs. 6 y 7) corresponden a los posibles polígonos funiculares que dan respuesta a esta asimetría; como se ve, es totalmente imposible que, no solamente por su delgadez, sino por su trazado, la bóveda pueda incluir ninguno de ellos. De manera que, según esta teoría, está sometida a tracciones que evidentemente no puede soportar, con lo cual la hipótesis de cálculo es errónea, a no ser que consideremos que las lengüetas forman parte del conjunto.

Si consideramos el conjunto bóveda-lengüetas-bovedillas como una unidad estructural mecánicamente continua, el hecho de que el polígono funicular se

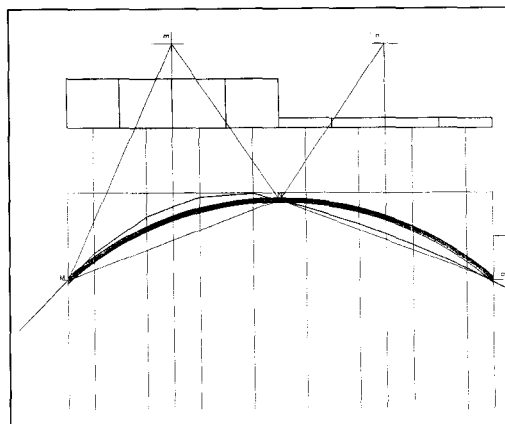


Figura 6

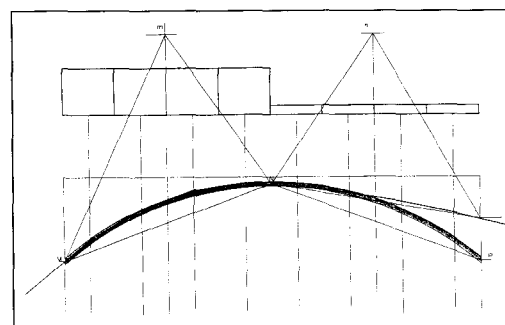


Figura 7

encuentre entre las lengüetas, lo único a lo que las obliga es a asumir un esfuerzo axial de compresión que, dado su grosor y su poca tendencia al pandeo por su pequeña longitud, son perfectamente asumibles. De manera que sólo puede considerarse que el sistema aguanta si las lengüetas forman esa unidad con la bóveda. Ahora bien, es prácticamente imposible averiguar si realmente es así.

Mayor dificultad presenta el aplicar la teoría de polígono funicular al sistema de tres bóvedas de bohemia. Las dificultades previsibles ya llevaron a no intentar su aplicación; pero, evidentemente, la diagnosis sobre el edificio exigía de una manera incuestionable el poder asegurar su capacidad portante.

La única solución, en consecuencia, fue hacer la prueba de carga. Esta se organizó mediante bidones

con los que se consiguió la carga de 400 Kg/m² situada asimétricamente en relación al eje principal de la bóveda, tal como aparece en la figura (figura 8). Se cargaron la zona A, B y C, y se colocaron los flexímetros que analizaban la deformación de las paredes y de la propia bóveda en los puntos indicados. Sometidas a la prueba de cargas siguiendo las especificaciones de la norma UNE 7-457-86, las conclusiones fueron que los resultados obtenidos permiten validar el comportamiento de los tramos de bóveda ensayados para una sobrecarga de 400 Kg/m². Las deformaciones máximas medidas en todos los casos han sido inferiores a 1,5 mm, las deformaciones horizontales de las paredes de carga han estado inferiores a 0,2 mm y la grieta del arco, instrumentada se ha movido menos de 0,07 mm. Durante los ensayos no se detectó ninguna aparición de nuevas fisuras.

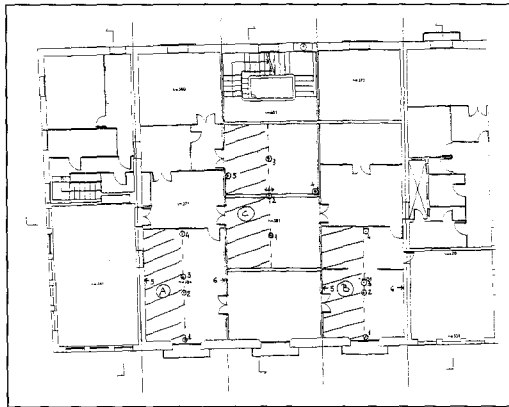


Figura 8

Queda claro en consecuencia que son bóvedas que como mínimo soportan la carga de uso público en la peor hipótesis de carga, con un incremento del 33% de su acción.

El tercer tipo de bóveda considerado, la de Can Mercader, responde a una situación de estudio y análisis diferente. Formaba parte de una escalera de servicio, que, en función del modo de actuar sobre el edificio para su reconversión en uso público, se decidió desmontarla, dada la necesidad de situar en el mismo hueco un sistema de ascensores y una escalera de trazado diferente.

Esta disposición indujo a aprovechar la ocasión de su desmontaje, para, mediante una prueba de carga, averiguar la carga real de rotura de una bóveda típica de escalera de la infinidad de ellas construidas en Catalunya. Se dispuso una prueba de carga mediante sacos de arena (figura 9) y un conjunto de flexímetros verticales y horizontales analizando la deformación del tramo cargado, del tramo inferior en el cual cargaba en su borde y las paredes que podían recibir algún empuje del conjunto.

La carga llegó a una cantidad total de 6000 Kg, que dividido entre los m² que podían asumir la carga, daba una cantidad de 2500 Kg/m². No se observó ninguna deformación apreciable ni en la bóveda cargada directamente ni en la bóveda que recibía la carga de la anterior. La prueba no llegó a la rotura porque los flexímetros que auscultaban la deformación de las paredes, sí que detectaron que éstas estaban sufriendo un movimiento debido al empuje de las bóvedas, que empezaba a sobrepasar valores recomendables.



Figura 9

La conclusión no puede ser otra que las bóvedas tienen una capacidad portante que en realidad sólo viene limitada por la deformación de los muros en los que están apoyados, y que son siempre superiores a las cargas reales de servicio a las que están sometidas. Quede, en consecuencia, esta ponencia como una comprobación de la inutilidad de los muchos refuerzos que se hacen en bóvedas precisamente por el hecho de conocer su capacidad portante real. Sin duda, la prueba de carga controlada mediante flexímetros tanto en la bóveda como en los muros que reciben sus empujes, pasa a ser sin duda el método más eficaz para averiguar no sólo carga de rotura sino si realmente pueden asumir con suficiente margen de seguridad las cargas de un nuevo o un cambio de uso que les pueden afectar.

El objetivo final, que no es otro que el de facilitar la total conservación de estos bellos ejemplos de la historia de la construcción con toda su autenticidad, se verá así cada vez más cerca.

NOTAS

- * El equipo de trabajo que ha realizado este estudio está formado, además de por el titular de la ponencia, por diversos profesores de la Universidad Politécnica de Cataluña Albert Casals, Dr. Arquitecto; Alejandro Falcones, Arquitecto; y Justo Hernanz, Arquitecto técnico.
1. Casals, A., González, J. L.: «Nuevos datos sobre la construcción de Antoni Gaudí: la sorprendente estructura constructiva de la Casa Botines de León», en *Actas del Primer Congreso Nacional de Historia de la Construcción*, Madrid, 1996.
 2. Servei de Patrimoni Arquitectònic Local de la Diputació de Barcelona.
 3. González, J. L.: «La bóveda tabicada. Su historia. Su futuro», en *Tratado de Rehabilitación*, Tomo 1, *Teoría e Historia de la Restauración*, Madrid, 1999.