

CAPÍTULO XV

RESUMEN DEL TOMO III

Necesidad de anteproyectos.—Apoyos.—Bóvedas hasta 40 m. de luz —Tímpanos.—Grandes bóvedas.—Bóvedas gemelas.—Bóvedas articuladas.—Inconveniente principal de las bóvedas de fábrica.—Decoración.—Conclusión final.

Aunque ya parcialmente hemos resumido en casi todos los capítulos que anteceden las conclusiones que nos ha sugerido el examen de las disposiciones más características, no está de más que recapitulemos ahora la sustancia de su estudio comparativo.

Necesidad de anteproyectos. — Ante la variedad de tipos y disposiciones de que hoy dispone el ingeniero, es, ante todo, obligado, una vez elegido el emplazamiento, determinado el desagüe y fijadas la rasante y distribución de la plataforma, la elección aproximada de tipos y luces que conviene adoptar.

Las tablas de pesos por luces y sobrecargas que se encuentran hoy en los libros sobre Puentes metálicos y los Modelos oficiales para puentes de hormigón armado, de que disponemos en España para los caminos vecinales, carreteras y ferrocarriles, facilitan extraordinariamente la comparación entre las soluciones posibles para cada caso.

Asimismo, para anteproyectos de soluciones de fábrica, los espesores de bóvedas, estribos, pilas y demás elementos, pueden rápidamente fijarse, con lo que se cubican y valoran en pocas horas las varias disposiciones clásicas que quepan dentro del perfil comprendido entre la rasante, los niveles de estiaje y crecidas y las líneas del terreno y capas del subsuelo.

Apoyos. — Los estribos y pilas, que resisten generalmente por gravedad, deben construirse, en general, con fábricas económicas y morteros más pobres que en las bóvedas, pues las soluciones de hormigón armado para los apoyos suelen ser más caras.

Tampoco conviene recargar el gasto de estos elementos con despieces complicados y en desuso; bueno que se antepongan tajamares en las pilas, *si la corriente del río así lo pide*, pero no las encarezamos con sombreroes perfilados y arcaicos, ni con sillerías curvas; el hormigón en masa, o, a lo sumo, la piedra artificial, suprimirán con gran economía aquellas labores estériles.

Bóvedas hasta 40 m. de luz. — Muy contados serán los casos en los que se necesiten luces superiores a 40 m. Después de una primera eliminación de las soluciones más costosas, habrá que ir perfilando las que ofrezcan pequeñas diferencias de presupuesto.

Serán aún más excepcionales aquellas en que puedan convenir las bóvedas de sillería, ni siquiera las de sillarejo.

Desaparecidos los temores que detuvieron su general sustitución por bóvedas de hormigón, con este material deben proyectarse los arcos de fábrica, a menos que exigencias artísticas (?), o la baratura de la piedra labrada, impongan o permitan el empleo de sillares.

Es conveniente reducir el ancho de las bóvedas y el subsiguiente de los tímpanos y apoyos al de la calzada en puentes y carreteras, y al de la vía en puentes de ferrocarriles; los andenes en uno y otro caso deben proyectarse con voladizos de hormigón armado.

Tímpanos. — Análogo criterio debe seguirse en la elección de los tímpanos.

Para arcos muy rebajados pueden dejarse macizos hasta luces de 20 metros; para los demás arcos deben aligerarse a partir de unos 15 metros.

Son preferibles, en general, los aligeramientos transversales con arcadas de hormigón en masa, o mejor aún, tableros y tabiques de hormigón armado de 1,50 a 2,50 m. de luz.

Grandes bóvedas. — Se ha abusado de ellas, por el afán de proyectar obras monumentales, con punible lucimiento para su autor.

Antes de acometer un proyecto de este tipo hay que tener la seguridad de que no resulte más económico el reducir las luces, ya que los progresos y los medios mecánicos de la cimentación permiten reducir el coste y los peligros de las pilas.

Las grandes bóvedas continuas de sillería deben suprimirse; las de sillarejo deberán únicamente emplearse si esta fábrica resultara a igual o menor precio que el hormigón, ya que este material tiene tanta resistencia y duración como aquél.

Bóvedas gemelas. — Deben emplearse en grandes bóvedas para anchos de 6 m. en adelante.

El ancho de cada una de las bóvedas puede ser el $1/6$ del ancho entre barandillas; sigue siendo económico disponer los andenes en voladizo, y no hay motivo, sino, por el contrario, ventaja, en que los tímpanos sean de hormigón armado, como lo debe ser siempre el tablero en este tipo de bóvedas gemelas.

Bóvedas articuladas. — Mientras circunstancias especialísimas no obliguen a ello, las articulaciones resultan caras y precarias en muchos casos.

Si hay presunción de que los apoyos cedan por la inconsistencia del terreno, es preferible suprimir los considerables empujes oblicuos y variables que producen las grandes bóvedas, recurriendo a disposiciones de tramos rectos o arcos atirantados que sólo produzcan reacciones verticales y uniformemente repartidas sobre los cimientos.

Inconveniente principal de las bóvedas de fábrica u hormigón en masa. — Tienen hoy los ingenieros de ferrocarriles una predilección general para las bóvedas de fábrica, y ahora de hormigón en masa, que están justificadísimas en todos aquellos puentes o viaductos en los que los ríos que atraviesan permitan construir *con seguridad* las pesadas y rígidas cimbras que exige la construcción de aquellos arcos macizos.

Pero si, como en España principalmente ocurre, el régimen fluvial es irregular; si durante el curso de la obra hay probabilidad de una crecida repentina e impetuosa (hay ríos que en pocas horas suben muchos metros), es evidente, entonces, que la construcción de los arcos estará constantemente expuesta a la destrucción completa de una o varias cimbras y de las bóvedas aun no terminadas o insuficientemente endurecidas. Los ingenieros que dirigen estas obras, y el autor lo ha sufrido también, viven períodos angustiosos, pendientes del barómetro y de las lluvias, impo-

tentes para luchar contra la devastación de las crecidas, que arrastran árboles corpulentos y a veces puentes de madera, que, como arietes poderosos, arrasan las cimbras mejor concebidas y cuanto sobre ellas se apoya; no sólo es una pérdida importante, sino un retroceso sensible en la ejecución.

Pues bien: en tales casos deben evitarse sus riesgos recurriendo al empleo de arcos de hormigón armado con armaduras rígidas, que describiremos en el tomo IV (1), en los arcos de hormigón.

Se reduce así el volumen y el peso de las bóvedas; las cerchas rígidas que arman el hormigón pueden montarse con andamios ligeros o, mejor aún, con una instalación de cable aéreo; los moldes de las bóvedas se colgarán de las cerchas; se trabaja, pues, a placer, sin el temor a las crecidas.

A pesar de estas ventajas, el gasto total del puente no será superior al de la bóveda de fábrica u hormigón y, por último, las armaduras aseguran la resistencia a las tensiones que la temperatura y otros esfuerzos secundarios ejercen en todos los arcos. Pero sobre todo se suprimirá el peligro de una grave y costosa contingencia durante la construcción, que todo ingeniero consciente debe evitar, cuando sea posible y económica, como en los casos citados.

Decoración. — Aunque en el tomo IV dedicaremos un capítulo a este tema, conviene adelantar que la tendencia actual es la de simplificar la decoración de los puentes, suprimiendo todos los adornos, que empequeñecen la silueta.

El efecto estético debe obtenerse por las proporciones; hay que rechazar las pueriles imitaciones de sillería y las filigranas confusas de adornos y molduras.

Conclusión final. — Los puentes de fábrica son buenos, pero suelen ser más caros que los de hormigón armado, sobre todo cuando falta experiencia. Habrá que comparar unos y otros.

Unas semanas de estudio, que pueden representar mil pesetas de gasto, podrán producir economías céntuples.

No olviden los ingenieros que además de *técnicos* deben ser

(1) Citamos algunos ejemplos en nuestro artículo «Ventajas de las armaduras rígidas en los arcos», publicado en la *Revista de Obras Públicas*.

economistas y gerentes, y que los intereses compuestos de un aumento inútil en el coste de un puente permitirán en pocos años ejecutar otro puente mejor que el proyectado.

Tengan, además, siempre presente que el hormigón es el material por excelencia del ingeniero, pues además de ser tan duradero como la piedra, puede ejecutarse con peones y maquinaria, mientras que los tan decantados puentes de sillería exigen una legión de obreros especialistas, de reclutamiento difícil, de jornales elevados y de manejo algún tanto... delicado.

Consignamos esta última apreciación, si bien añadiendo que los obreros, que son nuestros indispensables colaboradores, deben remunerarse con largueza, en proporción a su rendimiento, y ser objeto de los más paternales cuidados y exquisitas consideraciones por parte del personal directivo de las obras.