

Serafín Barbetti: constructor de puentes de bóvedas en el sur occidente de Colombia (S. XIX)*

Jorge Galindo Díaz

1. Introducción

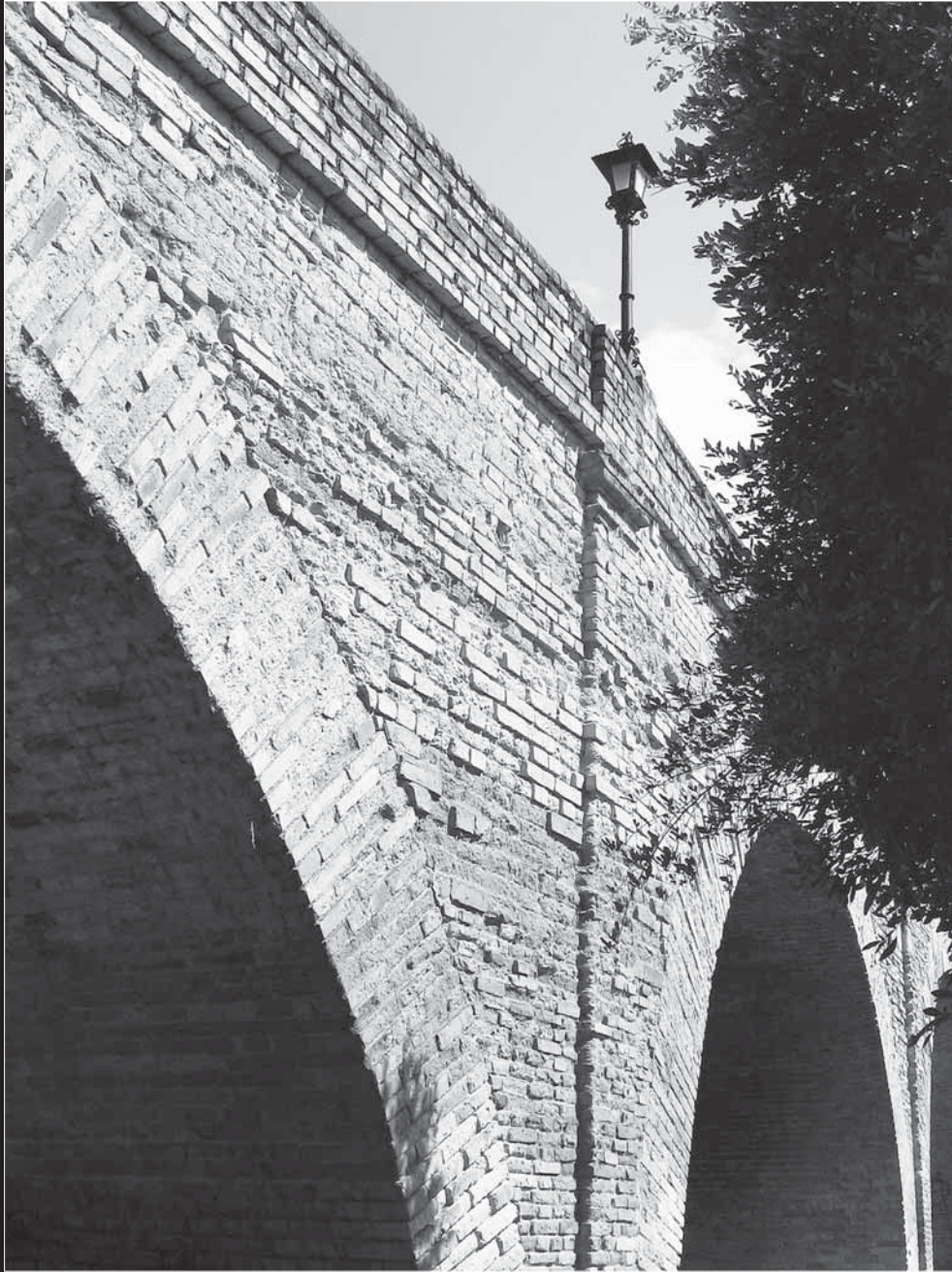
A partir de 1718 y hasta los postreros años del siglo XIX, se construyeron al menos 34 puentes de arco de ladrillo en el territorio geográfico del alto Cauca, situado en el sur occidente de Colombia (Fig. 1). Se trata, en su mayoría, de edificaciones anónimas, es decir, cuya autoría no puede adjudicarse a un arquitecto o ingeniero en particular, sino a un grupo de artesanos de la construcción que durante casi dos siglos asumieron la compleja tarea de dotar a la región de un sistema de infraestructura que permitiese la comunicación de sus pueblos entre sí y de estos con el resto del territorio nacional.

La investigación que soporta este artículo asumió como objetivo principal el reconocimiento, la identificación y la valoración de al menos 12 de estos puentes; sin embargo, progresivamente, los alcances se fueron extendiendo hasta alcanzar una muestra de más de 30 estructuras, algunas de ellas todavía en pie y varias en servicio.

El más antiguo de los puentes estudiados se construyó sobre el río Molino, en el camino de Popayán hacia Cali tomando la ruta del norte, que data de 1739 y estuvo a cargo de Cristóbal Mosquera. El segundo, también en Popayán pero sobre el caudaloso río Cauca, se construyó entre 1769 y 1773 bajo la dirección de Francisco Basilio de Angulo y Joseph Hidalgo de Aracena (Galindo y Paredes, 2008). La estructura, aún en pie y en servicio, está levantada enteramente en ladrillo sobre sillares de piedra; consta de un potente arco principal de casi 10 m de luz que salva el río, y tres arcos de medio punto, de luz variable, que sirven para dar pendiente a la calzada desde el lado norte.

Pese a contar con ese par de exitosas experiencias constructivas –a las que se añadiría en 1865 la del puente Ortiz en la vecina ciudad de Cali (Hincapié, 2000)–, la incipiente tradición de erigir puentes de arco de ladrillo se detuvo en la región por casi un siglo. Las dificultades económicas que experimentó la Colonia y la aguda crisis en las finanzas locales desatada durante los primeros años de la República fueron sin duda los factores que aplazaron la construcción de nuevos puentes tanto en la región como en la casi totalidad de lo que hoy es Colombia. Pero será a partir de la llegada a la ciudad de Popayán del sacerdote italiano Serafín Barbetti, cuando se reinicia un proceso orientado a dotar a las ciudades caucanas de una infraestructura capaz de unir físicamente los centros de producción agropecuaria y minera con las más importantes plazas comerciales. Desde entonces, los puentes dejaron de ser anécdotas edificadas sobre el territorio o producto de simples iniciativas locales y pasaron a ser

* Cómo citar este artículo: Galindo D., J. (2010). Serafín Barbetti: constructor de puentes de bóvedas en el sur occidente de Colombia (S. XIX). En: *Apuntes* 23 (2): 118-131.



*Puente del Humilladero,
Popayán, Cauca.
Fotografía:
Jorge Galindo Díaz.*

Serafin Barbetti: constructor de puentes de bóvedas en el sur occidente de Colombia (S. XIX)

Barbetti Serafin: Builder of Bridges of Vaults in the South West of Colombia (S. XIX)

Barbetti Serafin: construtor de pontes de cofres em o sudoeste da Colômbia (SÉC. XIX)

Jorge Galindo Díaz

jagalindod@unal.edu.co

Universidad Nacional de Colombia, Manizales.

Arquitecto de la Universidad del Valle, entidad a la que estuvo vinculado como docente hasta febrero de 2000. Desde entonces es profesor Titular de la Universidad Nacional de Colombia, sede Manizales. Obtuvo el título de Doctor en Arquitectura en la Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Barcelona – UPC en 1996. Ha escrito más de 20 artículos en revistas colombianas y extranjeras relacionados con la historia de la construcción, la técnica y la industria, temas que también le han llevado a ser ponente en eventos nacionales e internacionales. Entre sus libros publicados se cuentan *El conocimiento constructivo de los ingenieros militares del siglo XVIII* (2000), *Historia de la teoría de la arquitectura* (2001), *Arquitectura, industria y ciudad en el Valle del Cauca* (2002), *Cruzando el Cauca: pasos y puentes sobre el río Cauca* (2004), *Puentes de arco de ladrillo en la región del alto Cauca*.

Resumen

A lo largo de la segunda mitad del siglo XIX, en el sur occidente de Colombia, se construyeron al menos 30 puentes de arco de ladrillo: una tipología estructural compleja que sin duda requería de un conjunto de conocimientos técnicos específicos para su realización. ¿De qué manera se gestó entonces y allí una tradición constructiva capaz de alcanzar una madurez que permitió obras de envergadura significativa? A través de un proceso investigativo que combinó el trabajo de campo y la búsqueda documental de archivo, se logró precisar su origen en la figura de un sacerdote italiano que llegó a Popayán en 1859 y cuyas enseñanzas prácticas a obreros y maestros de obras locales sirvieron de base a un proceso de apropiación tecnológica singular. Mediante la reseña historiográfica de la obra de Serafin Barbetti y el análisis de su obra, situándola dentro de la cultura técnica de su época, se logra precisar su papel como agente transmisor de conocimientos y las adaptaciones que la hicieron próspera. Este trabajo se enmarca en una línea de investigación mucho más amplia relacionada con la historia de la técnica constructiva y sus mecanismos de difusión y asimilación.

Palabras clave: Puentes de albañilería, apropiación tecnológica, sistemas constructivos.

Palabras clave descriptor: Siglo XIX, puentes de ladrillo, Serafin Barbetti, tecnología.

Abstract

Along the second half of XIX century, in the southwest of Colombia, they were built at least 30 bridges in arch of brick shape: a complex structural typology that doubtless required of an ensemble in specific technical knowledgements for its execution. In what way it was then carried out and there one constructive tradition able to reach a maturity that allowed to achieve works significant importance? Through an investigate process that combined a field work and the documentary archives searching, it obtained to determine its origin in the figure of an Italian priest who arrived to Popayan city in 1859, and whose practice teachings to workers and local foreman served as base in a process of singular technology appropriation. Through the historiographic report of the work of Serafin Barbetti and the analysis of his work positioning it among the technical culture of his epoch it gained to determine its role as a transmitter agent of knowledgements and the adaptations that made it successful. This work is framed in an investigation line much more connected with the history of the constructive technique and its mechanisms of assimilation and diffusion.

Keywords: Masonry Arch Bridges, Technology Appropriation, Building Systems.

Keywords plus: Nineteenth Century, Brick Bridges, Serafin Barbetti, Technology.

Resumo

Ao longo da segunda metade do século XIX, no sudoeste da Colômbia, pelo menos 30 pontes foram construídas em arco de tijolos: um tipo complexo estrutural que, sem dúvida, necessárium um conjunto de competências específicas para sua implementação. Como foi concebido, em seguida, e há uma tradição de construção capaz de atingir uma maturidade que permitiu significativa grandes obras? Através de um processo de investigação que combinou o trabalho de campo e pesquisa de arquivo documental foi realizada para esclarecer a sua origem na figura de um padre italiano que chegou em Popayán, em 1859 e cujo práticas de ensino para os trabalhadores e pedreiros locais foram a base um processo de apropriação da tecnologia exclusiva. Pela revisão historiográfica da obra de Serafim Barbetti e análise de sua obra, colocando-o na cultura técnica de seu tempo é feito para esclarecer o seu papel como agente transmissor de conhecimento e as adaptações que a tornaram prósperos. Este trabalho está enquadrado em uma pesquisa mais ampla relacionada com a história das técnicas de construção e os mecanismos de difusão e assimilação.

Palavras-chave: Pontes de alvenaria, a apropriação de tecnologia, sistemas de construção

Palavras-chave descriptor: Século XIX pontes tijolo, Serafin Barbetti, tecnologia.

* Los descriptores y key words plus están normalizados por la Biblioteca General de la Pontificia Universidad Javeriana.

Artículo de investigación

Este artículo es resultado parcial de la investigación *Puentes de arco de ladrillo en la región del alto Cauca. Fase 1: inventario y memoria histórica*, financiado por la Dirección de Investigaciones de la Universidad Nacional de Colombia-DIMA, durante el período 2006-2008.

Recepción: 1º de julio de 2010

Aceptación: 30 de septiembre de 2010

piezas clave en la difícil misión de conformar un sistema de caminos apto para la movilización de pasajeros a lomo de caballos o carros tirados por bestias.

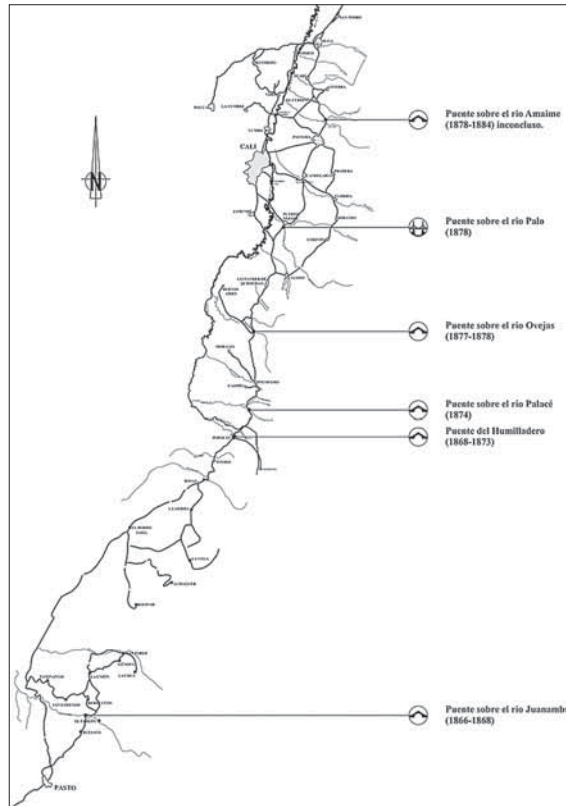
A continuación se describen la génesis y el proceso de consolidación de una rica y vigorosa tradición tecnológica que renació en la región y se consolidó a través de varias generaciones de artesanos y maestros de obras que, a su vez, legaron en los primeros ingenieros colombianos las reglas y preceptos de un oficio.

2. Vida –pero sobre todo obra– de fray Serafín Barbetti

Los datos biográficos de Serafín Barbetti son escasos y casi todos se apoyan en un artículo firmado por Arboleda (1884) según el cual el sacerdote había nacido en Osola, provincia italiana de Novara, en 1800, presentándose a la edad de 24 años al convento de los franciscanos menores de Araceli en Roma y asumiendo casi de inmediato el cargo de practicante en el hospital del convento, a la vez que se dedicaba al estudio de la arquitectura teórica y práctica con el fin de reparar parte de ese edificio. Habría sido destinado a Jerusalén y luego a Egipto a hacerse cargo de varias obras, entre ellas las catedrales de Alejandría y El Cairo, así como un hospicio en Damietta. Antes de ser enviado a Popayán regresó brevemente a Italia.

Ya en el Cauca, en 1859, dirigió las obras de la catedral de Popayán iniciadas por fray Fernando Cuero y continuadas por Pedro Antonio Torres; simultáneamente atendía la reparación de la bóveda de la iglesia de la Compañía de Jesús. Interrumpidas las labores en la catedral por asuntos financieros, Barbetti contrató con el Estado Soberano del Cauca algunos trabajos de construcción, entre los que se destacan el del puente de Juanambú, en el camino de Popayán a Pasto, el del puente del Humilladero en Popayán, el del río Palo –de madera– y los de Palacé Alto en la vía a La Plata y Ovejas entre Cali y Popayán, además de un puente sobre el río Amaime que hacía parte del camino entre Palmira y Buga (Fig. 2).

No ha sido posible contar con fuentes de primera mano que documenten los hechos relativos a la construcción del primero de esos puentes, aunque su geometría ha quedado plasmada en una ilustración (Fig. 3) que acompaña el texto de André (1884), quien lo describe de manera general y confunde el apellido del sacerdote:



Frente a la cañada, en donde el Juanambú se halla a una altura de mil doscientos cincuenta metros, se le atraviesa por un buen puente de piedra y ladrillo de cinco ojos, largo de sesenta metros por quince de altura; que fue construido por Barretti en 1866-1868. (p. 256)

Una búsqueda sobre el terreno –dentro del marco de la investigación llevada a cabo–, permitió localizar las ruinas de lo que podría ser el puente de Barbetti: pocos metros antes de la desembocadura del río Buesaquito sobre el río Juanambú, en el fondo del cañón que hace éste a lo largo de su curso, se encuentra aún en pie un arco de ladrillo de medio punto que debía hacer

Figura 1: Región del alto Cauca en el sur occidental de Colombia.

Fuente: Elaboración propia del autor.

Figura 2: Detalle de la región geográfica en la que desarrolló su obra S. Barbetti.

Fuente: Elaboración propia del autor.

Figura 3
Puente sobre el río Juanambú. Dibujo de Riou, tomado del álbum de André (1884).

Fuente:
Revista Geográfica de Colombia, 7, 28.



parte de una estructura mucho más extensa (Fig. 4). El uso del material, las características geométricas y el empleo de la doble rosca, la misma que reproduciría Barbetti en los puentes del Humilladero y del río Ovejas pocos años después, son indicios claros de que tales restos corresponden al puente que reseñara André. Queda aún pendiente un trabajo mucho más riguroso de tipo arqueológico que permitirá identificar la totalidad de las características de la obra.

Según la reseña biográfica ya mencionada –escrita por Arboleda–, la construcción del puente sobre el río Juanambú presentó, entre otras dificultades, dos muy graves: el no disponer de materiales aptos en el entorno cercano y las malas condiciones del clima. El puente, según el contrato, debía tener 30 m de longitud pero hubo que prolongarlo 29 m más, siendo el mayor de sus arcos de 14 m de diámetro. Un informe sobre el estado de conservación del puente elaborado por Bucheli (1890) pocos años después de haberse puesto en servicio, permite conocer hoy algunas de sus particularidades técnicas:

[...] el cimiento de ese arco [el principal] tiene bastante profundidad, y que su base la ocupan piedras enormes convenientemente aseguradas; cuyo cimiento se conserva sin alteración, pues que la parte que han averiado las fuertes avenidas del río se encuentra un poco más alta. (p. 4)

Cinco años más tarde, el represamiento de la quebrada La Resina, afluente del río Juanam-

Figura 4
Vestigios de lo que podría ser el puente de fray Serafín Barbetti sobre el río Juanambú.

Fotografía:
Jorge Galindo Díaz
(2007).



bú, y su consecuente flujo de lodo a causa de la erupción del volcán Doña Juana, ocasionaría el colapso definitivo del puente. Uno nuevo construido en 1893 sobre el mismo río, esta vez a cargo del sacerdote filipense Juan Bautista Bucheli, todavía en pie, pocos kilómetros aguas arriba del curso del río y en servicio hasta la primera mitad del siglo xx, haría innecesaria su reconstrucción.

La admiración y el éxito alcanzado por Barbetti en el puente de Juanambú aseguraron su continuidad frente a trabajos de esta naturaleza. Si damos fe al dato suministrado por André, según el cual este puente se concluyó en 1868, se deduce que de manera casi inmediata el sacerdote se puso al frente de la construcción de uno de los más complejos que viera la geografía caucana: el llamado puente del Humilladero, también sobre el río Molino y a pocos metros de la pequeña estructura levantada a partir de 1718. Se ordenó su construcción por decisión del Concejo Municipal de Popayán el 11 de diciembre de 1867, quedando el señor Joaquín Castro comisionado para ello. En enero del año siguiente, la Comisión de Obras Públicas presentó a segundo debate el proyecto de la estructura conforme a un plano elaborado por el ingeniero E. Zawadski (Eder, 1959). Por esto último, es posible que el proyecto fuese muy anterior a 1867, hecho que confirma Paz (1997), para quien el plano había sido levantado durante la gobernación de Vicente Cárdenas, entre 1846 y 1849.

La Ordenanza 80 del 13 de enero de 1868 dio vía libre a la construcción del puente que quedó a cargo de Rafael García, entonces Jefe municipal, quien inició los trabajos el 16 de noviembre de ese año. Se contrató como arquitecto a Barbetti y acto seguido García presentó relación de los materiales donados por personas de la ciudad; se sabe además que las recuas del municipio transportaron la arena y la piedra, y que Barbetti trabajaba por un salario de un peso diario con una alta participación del personal del presidio, aunque también había peones asalariados que recibían una suma igual a 30 centavos por día.

Es fácil deducir que las obras avanzaban muy lentamente. En una carta de García (1871), en la cual hace un recuento de su labor, éste se lamentaba de los precarios fondos asignados según la Ordenanza 80, consistentes en el valor del solar, un impuesto sobre mortuorias y el sobrante de las rentas municipales después de sacados los gastos ordinarios. Además, algunos ladrillos usados en el puente provenían de un antiguo

edificio, el cuartel viejo, cedidos por el ciudadano Emigdio Palau. Y en cuanto al problema en torno a la inestabilidad de uno de los arcos, García escribió entonces:

Hasta el día 3 de septiembre se trabajó en el viaducto con el mayor interés; mas al cerrarse el 7° arco, recibí una nota del señor Jefe Municipal a la cual me acompaña un informe del señor Mariano Moreno, en que opina que dicho arco está mal construido, y cuya respuesta inserto a continuación para que os impongáis de la causa por que se suspendieron los trabajos, y que desde ese día estoy separado de toda intervención en ellos [...] El arco del que se habla hoy, se ha levantado como él [Barbetti] lo ordenó; y yo no me atrevo a variar sus planes ni a modificar sus trazados. Que lo verifique él mismo al regresar a esta ciudad... (s.n.)

Ese mismo año García renunció a su cargo, siendo remplazado por Manuel Camacho. Como sobrestante participó también Francisco Olave; existen además algunos datos sobre la intervención de Inocencio Hidalgo y Baltazar Cuéllar. El puente se inauguró el 31 de julio de 1873. Tiene una longitud de 180 m y un ancho de 5,26 m, siendo soportado por 12 arcos de los cuales los dos centrales tienen un diámetro de 12 m cada uno y una altura de 9 m sobre el nivel normal de las aguas del río Molino. El último arco en dirección norte-sur tiene forma elíptica, solución que habría adoptado el propio Barbetti.

Desde el punto de vista constructivo, ocho de las doce bóvedas constan de un sistema de doble rosca que se levanta a partir de los riñones. Es probable que esta disposición obedeciera a que desde los arranques y hasta este punto –situado a unos 52° con respecto a la horizontal–, las bóvedas se podían levantar con encofrados muy ligeros o sin ellos pero con una mezcla seca a base de cal y arena. El tramo restante, entre los riñones y la clave, se construía inicialmente con una bóveda ligera de ladrillo que, una vez fraguada, soportaba el peso de una segunda rosca, más gruesa y pesada, completando así la estructura que se terminaba luego con los pretiles, los rellenos y la calzada (Fig. 5).

De manera casi simultánea, el Estado Soberano del Cauca contrató con el sacerdote la construcción de dos nuevos puentes, uno que sería terminado en 1874, de arco de ladrillo sobre



Figura 5:
Alzada del arco No. 8
(sentido norte-sur) del
puente del Humilladero
sobre el río Molino, en
Popayán (1868).

Fuente:
Elaboración propia sobre
fotografía del autor
(2008).

el río Palacé, y otro de madera, de 20 m de luz sobre el río Palo, en inmediaciones de Santander de Quilichao, que de haberse hecho de cal y canto hubiese demandado un arco de 22 metros de diámetro.

Del primero es poco lo que se sabe; incluso no se tiene certeza exacta de su ubicación. De acuerdo con el artículo de Arboleda, el puente estaba en el camino de Popayán a La Plata, lo que coincide y no debe confundirse con el hecho de que sobre el río Palacé, pero en el camino de Popayán al valle, existía en 1878 un puente de madera cuya cubierta se encargó entonces a Pedro Pablo López (Galindo y Paredes, 2008). Reafirmando esta consideración, en informe firmado por Arboleda (1875) se describen los trabajos de construcción del puente de mampostería, este sí a cargo de Barbetti:

[...] ya está concluido el arco, que tiene diez metros de longitud, tres de latitud y uno de espesor, sobre un radio de cinco metros, ó mejor dicho, desde su base hasta la parte más culminante del mismo. Los rellenos del arco, que están en su principio, serán como de ocho metros, en dirección de Levante a Poniente, que es la misma del puente, y las dos bases opuestas del arco, descansan [sic] sobre las rocas laterales, á una altura tal á la que parece que nunca llegarán las aguas del río en sus mayores crecientes. (p. 3)

De las características del puente de madera sobre el río Palo construido por Barbetti no es mucho lo que se tiene documentado, aunque del acta de recibo de las reparaciones hechas por Vergara (Mosquera *et al.*, 1878) se puede deducir que el puente tenía una cubierta a dos aguas con tejas de madera, que su estructura se apoyaba en dos tijeras maestras y viguetas dispuestas sobre el piso con sobresalientes de 1 m de longitud a cada lado y que la cimentación estaba hecha de cal y

canto. La mala suerte se arrojaría también sobre el puente del río Palo y una tenaz crecida de sus aguas lo arruinaría en 1880.

En 1877, Barbetti dio inicio a uno de sus proyectos más complejos: el del puente sobre el río Ovejas, en el camino de Popayán a Cali, en un punto donde no existían playas que facilitaran la cimentación de la obra y en el que las corrientes hacían imposible considerar la posibilidad de apoyar alguna pila sobre el fondo del lecho. Mediante un nuevo contrato celebrado también con el Estado Soberano del Cauca, Barbetti se comprometió a levantar la estructura observando en su ejecución todas las reglas de la ciencia y dándole una anchura de tres metros con el grueso de la baranda y la longitud que el mismo arquitecto estimase conveniente. El costo estimado ascendía a seis mil pesos y el plazo llegaba solo hasta el 8 de diciembre de 1878. Figuraba como su fiador el señor Yacundo Nannetti, de quien no ha sido posible encontrar ningún testimonio documental que aclare ni su origen ni el rol que como obrero, socio o empresario asumiría en la construcción de otros puentes a partir de entonces.

El puente, aún en pie, exhibe la misma singularidad constructiva que empleara Barbetti en el puente del Humilladero: como en algunas de sus bóvedas, la del Ovejas consta de un sistema de doble rosca, la primera conformada por una hilada única de ladrillo puesto a sogá que arranca a la altura de los riñones y sobre la cual descansa una segunda rosca de doble aparejo, toda en ladrillo. El estribo del costado norte, hoy en malas condiciones, permite apreciar los materiales usados en la cimentación: piedras de canto rodado y ladrillos, probablemente sobre un pilotaje de madera (Fig. 6). Los pretilos ya no existen y el pavimento de piedra, que una vez tuvo, solo se conserva en los caminos de acceso.

Una vez Barbetti y Nannetti concluyeron los trabajos del puente sobre el río Ovejas, asumieron la empresa de hacer uno nuevo sobre el río Amaime, entre las poblaciones de Palmira y Buga. Ambos personajes figuraban en el contrato firma-

do el 4 de noviembre de 1878, que se modificaría un año después con el fin de que el Estado asumiese el costo de ochenta mil ladrillos de 40 cm de largo, 20 cm de ancho y 10 cm de espesor que los contratistas exigían para asegurar la buena calidad de los trabajos.

El puente, por su parte, se haría de 3 m de ancho y con la longitud necesaria dictada por las condiciones del sitio. Pero a orillas del Amaime las cosas serían complejas. Gracias a un extenso expediente que reposa en el *Índice de Manuscritos* del Archivo Histórico del Cauca, es posible conocer que, aunque las obras se iniciaron según la práctica tradicional, serías dificultades se presentarían en relación con la adquisición de los materiales y las condiciones climáticas. Una vez escogido el lugar, Barbetti y Nannetti contrataron personal de obra, compraron algunos materiales y construyeron una casa destinada a servir de campamento, la cual dotaron de utensilios de cocina y dos sirvientes. Sin embargo, las condiciones políticas que llevaron a una guerra inminente entre los Estados de Antioquia y Cauca y la ola invernal que azotó entonces la región, se sumaron al hecho de que los 20 mil ladrillos necesarios para el puente que debían ser entregados por las autoridades, no llegaron a tiempo, lo cual generó un alto sobre costo a los contratistas, quienes exigieron en 1880 la rescisión del contrato. Como peritos evaluadores de esta operación fueron nombrados Clemente Vergara y Manuel José Rincón, quienes ya para entonces eran maestros de obras calificados en la construcción de obras similares.

Liquidado el contrato del puente sobre el Amaime en 1884, a Barbetti, casi ciego y con la amarga experiencia de su último proyecto, se le concedió en vida permiso para que su cadáver pudiera depositarse en una de las bóvedas de la iglesia de San Francisco de Popayán en virtud de la ley 23 del 24 de septiembre de 1883, en la cual se reconocieron además los importantes trabajos hechos por el italiano. Fray Serafín Barbetti murió en 1886.

3. La explosión de la técnica

Puesto en servicio el puente del Humilladero en Popayán, bautizado con el nombre de Puente Bolívar, en toda la región del alto Cauca se dio inicio a un singular proceso de construcción de puentes de arco de ladrillo o causa no solo de la imagen de progreso que la obra imprimía en el imagina-

Figura 6:
Puente sobre el río
Ovejas, entre Popayán y
Cali (1877).
Fuente:
Elaboración propia sobre
fotografía del autor
(2008).



rio de los caucanos, sino también, de manera especial, gracias a la asimilación de las técnicas que lo hacían posible y que no se diferenciaban en mucho del quehacer cotidiano que durante décadas habían desarrollado maestros de obra, albañiles, artesanos, carpinteros y obreros rasos. Sin ellos, no es posible explicar la manera en que en un lapso de treinta años, contados a partir de 1873, se edificaron no menos de 30 puentes de naturaleza similar en un medio habitado por casi ningún ingeniero o arquitecto formado en el oficio de construir, aunque sí estaban las materias primas: maderas resistentes para las cimbras, cortadas de los bosques nativos, como el arrayán y el chucuro; ladrillos cocidos en hornos sencillos, pero hechos de buenas arcillas; y piedras duras y cales fuertes que se extraían de las tierras de Vijes, Mulaló y García Abajo.

El primero de esa nueva generación de puentes se construyó en Bugá, sobre el río Guadalupe, bajo la dirección del novel ingeniero colombiano Modesto Garcés, egresado de la Universidad Nacional, quien años más tarde sería el primer Ministro de Obras Públicas del país. La obra, iniciada en 1874 gracias a un contrato celebrado entre Garcés y el Estado Soberano del Cauca en diciembre del año anterior, contaba tres arcos levantados sobre estribos de piedra labrada por el exterior desde flor de tierra hasta el arranque de los arcos. El viaducto llevaría cinco arcos que, como los del puente, serían de mampostería de ladrillo, dándole a la calzada una inclinación que no podría exceder el 5%, suficiente para subir y bajar cómodamente a caballo.

A este puente le sucedieron, entre 1881 y 1903, los de Cofre, Palacé, Güengüé, Aguasucia, Fraile, Mondomo, Nima, Pescador, Zabaletas, Popurrinas, La Paila, Piendamó, El Tablón de Gómez, Juanambú -segundo puente-, Paso de La Bruja, Sonso, El Cerrito y Caloto, entre otros. Y pese a que la centralización de la administración en la ciudad de Popayán dificultó enormemente la aplicación de una verdadera política de obras públicas, la creación del cargo de Inspector General de Caminos, en cabeza de un ingeniero encargado de vigilar la construcción de las carreteras y los puentes que la administración solía contratar con particulares, agilizó el inicio de varios frentes de trabajo (Fig. 7).

De otra parte, la dirección técnica de los trabajos de construcción en la región, a cargo también de un ingeniero titulado, se vio rápidamente

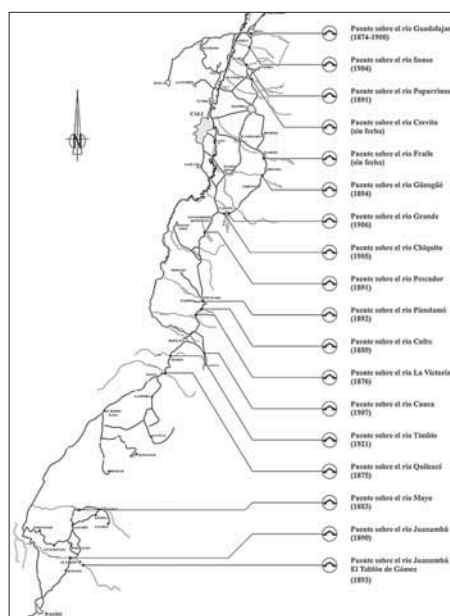


Figura 7: Plano de la región sur occidental de Colombia donde se indican algunos puentes de arco de ladrillo construidos durante la segunda mitad del siglo XIX.

Fuente: Elaboración propia del autor.

retribuida en una mayor calidad de las obras, a lo que también colaboró la iniciativa privada de hacendados y ganaderos interesados en el buen mantenimiento de las vías de comunicación; prueba de ello eran las palabras contenidas en una carta enviada por Fortunato Pereira Gamba a Enrique Morales en 1905, presidente de la Sociedad Colombiana de Ingenieros, referidas al estado de los caminos del valle del río Cauca:

El camino debía ser una carretera espléndida, pero le falta mucho. Lo único que hay con profusión son los buenos puentes, y tanto que casi desde Manizales hasta Cali no hay que vadear ningún curso de agua [...] Tal vez ninguno de los Departamentos posee tan buenos puentes como éste y construidos con tanta profusión. En su mayoría son de cal y canto y de hechura muy esmerada. (p. 138)

Y un año más tarde, en carta manuscrita firmada por el ingeniero Aquilino Aparicio en 1906, se explicaba al Ministro de Obras Públicas el estado de las vías en la región del Cauca:

La vía que de Popayán conduce hasta el río Chinchiná, en la frontera del Departamento de Caldas, se encuentra en buen estado y se atiende así: De Popayán al puente del Cauca, por una sección del presidio y una compañía del batallón que hace la guarnición en la capital del Departamento una segunda sección del presidio, situado en El Espejuelo, ha hecho la

composición del puente del Güengüé y ahora se ocupa en reparar la vía en el paso del río Desbaratado; y una tercera sección, repara el camino en inmediaciones de la ciudad de Buga [...] Parece que tomando la vía conocida con el nombre de “Camino de Occidente” que es la verdaderamente científica para unir a Popayán con Cali, se encuentra el río Inguító; remontando este se llega fácilmente a las vertientes del San Joaquín, por cuyas riberas se llega al Micay, el que desde allí es navegable hasta su desembocadura en el mar Pacífico [...] La de Popayán o la Plata se reforma actualmente por esta administración, haciendo una variante en el páramo de Las Delicias con cuyo trabajo quedará perfectamente transitable ese paso de la Cordillera Central. (f. 100)

Es del caso hacer presente que la “vía científica” entre Popayán y Cali correspondía al llamado Camino de Occidente, trazado y adelantado entre 1886 y 1887, aunque suspendido desde entonces sin razón alguna. Además, en la vía de Popayán hacia la frontera con el departamento del Huila, pasando por Silvia, Inzá, Pedregal y La Plata, Aparicio señalaba la existencia de puentes sobre el Palacé –con un arco de mampostería, posiblemente levantado por S. Barbetti–, Piendamó –uno de mampostería cerca a la población de Silvia y varios pequeños de madera en el ascenso a lo cordillera–, Uyucos y La Plata.

4. Fuentes inagotables y diversas

Los pocos datos que se conocen en torno a la vida de fray Serafín Barbetti impiden conocer aspectos relativos a su formación y al cuerpo de conocimientos técnicos con que contó para levantar tan importante conjunto de puentes en el sur occidente de Colombia. Sin embargo, es posible deducir que, en virtud de su origen, del conocimiento que tenía de varios idiomas y de su interés por la arquitectura, Barbetti tuvo acceso a algunos de los textos consagrados a la ciencia de la construcción que para la segunda mitad del siglo XIX bien podrían colmar la biblioteca de un ingeniero medianamente inmerso en la práctica edificatoria.

Se sabe que, desde la Antigüedad, la construcción de puentes ocupó varias páginas de importantes tratadistas. Vitruvio, el primigenio autor romano, aunque no los menciona de manera explícita en su tratado (1787), habla de las

formas de cimentar en ambientes sumergidos. Alberti (1485/1991), por su parte, instaura una clasificación bastante elemental para este tipo de obras que habría de seguir siendo válida por muchos siglos: los divide en puentes de piedra y de madera, afirmando que los segundos son de más fácil ejecución, aunque en cualquier caso deben ser sumamente firmes. En los de piedra distingue sus partes principales: los apoyos en las orillas –también llamados cepas o estribos–, los pilares, los arcos y el pavimento.

Mucho más interesado por el tema del diseño y la construcción de puentes se mostró Palladio (1570/1988), quien desarrolló el tema en su tratado asentando la premisa según la cual los puentes deben cumplir los requerimientos de la triada vitruviana, aunque adaptados a las necesidades de su tiempo. Además de presentar algunos puentes de madera de su invención, especialmente diseñados para evitar colocar apoyos dentro del río durante su construcción, el italiano dibuja y explica varios modelos de puentes de arcos estableciendo algunas de sus relaciones geométricas fundamentales, las cuales no son muy distintas de las recomendadas antes por Alberti.

Otros autores tan reconocidos en el ámbito de la arquitectura civil, como Serlio (1566), Scamozzi (1615) o Milizia (1781), dedicaron algunas páginas al tema de los puentes y su construcción. El primero hará breves referencias al trazado geométrico de los arcos, el segundo antepondrá su definición estructural a los criterios de belleza y utilidad con especial interés en la buena cimentación como garantía de la solidez, y el último retomará los principios gráficos para resolver el problema del dimensionado de las pilas.

Para comienzos del siglo XVIII, la disciplina de la mecánica contará con un desarrollo suficiente capaz de dar explicaciones científicas a los procesos técnicos. Un paso importante en el ámbito de las estructuras abovedadas lo constituyen dos trabajos de De la Hire (1695 y 1712), quien en el primero de ellos logró exponer el mecanismo que mantiene en su sitio cada una de las dovelas del arco, en tanto que en el segundo desarrolló una explicación para establecer el tamaño de los estribos encargados de soportar el peso de ellas. Las conclusiones de ambos escritos fueron rápidamente retomadas por Belidor e integradas en las explicaciones de sus obras publicadas pocos años después (1725, 1729, 1737-39 y 1750), pero su mayor influencia práctica sería notable en

el primer tratado específico sobre la construcción de puentes, publicado en 1716 bajo la firma de H. Gautier, quien se presentaba ya en la portada del texto como “Arquitecto, ingeniero e inspector de puentes y caminos”, cuyos principios resumían algunas de las teorías más en boga en su época, a la vez que ofrecía una metodología propia que ponía en evidencia el estado de las diferencias entre la práctica constructiva y los métodos matemáticos.

A partir de la obra de Gautier, ningún tratado impreso podrá prescindir de argumentaciones matemáticas para explicar el comportamiento de puentes de arco y, a partir de allí, desarrollar aspectos relativos a su construcción. De ese extenso conjunto de obras impresas se destacarán, entre otras, las de Müller (1769), Bails (1796), Dejardin (1845), Dupuit (1870), Debaue (1875), Croizette (1885), Degrand y Résal (1887-1889).

La influencia de muchos de estos autores europeos –desde clásicos como Vitruvio y Alberti hasta los contemporáneos de los ingenieros decimonónicos– sobre los profesionales y prácticos de la construcción que desarrollarán su trabajo en tierras americanas es un hecho demostrado y documentado en las investigaciones realizadas por Gutiérrez (1972) y Galindo (2000), especialmente.

Y ya en el ámbito propio de la construcción de puentes de arcos en el sur occidente de Colombia durante la segunda mitad del siglo XIX... ¿es posible evidenciar allí el legado de la tradición clásica puesta en práctica y adaptada a las condiciones locales? Una de las conclusiones del trabajo de investigación sobre el que se apoya este documento es que sí. A través de una visión comparada entre las premisas constructivas de los textos antes citados, los ejemplos edificados y unos pocos documentos escritos por maestros de obras, peritos e ingenieros principiantes que ejercieron su oficio en el alto Cauca, se comprueba la existencia de un cierto grado de coherencia entre la teoría y la práctica, no siempre de una manera literal pero efectivamente sustentada sobre el trabajo manual y operativo, posiblemente transmitido por Barbetti. Un interesante objeto de análisis, por ejemplo, es el de la manera en que se determinaban la forma de las bóvedas y las dimensiones de la rosca y los estribos.

De acuerdo con Gautier (1716), las cinco mayores dificultades que se debían resolver durante la construcción de un puente eran las siguientes: (1) determinar el espesor de los estribos y cuantificar el peso que debían soportar; (2) fijar el tamaño

de las pilas en relación con la luz de los arcos; (3) calcular el espesor de las rosas; (4) establecer la figura geométrica ideal de los arcos frente a unas condiciones de carga dadas, y (5) trazar el perfil adecuado de los muros de sostenimiento de los suelos. Huerta y De la Cuerda (1998) las resumen acertadamente en solo dos preguntas que consideran claves: ¿qué forma debe tener un arco o una bóveda? y ¿cuánto deben medir sus pilares? A ellas respondía Alberti (1485/1991) de la siguiente manera:

[...] el arco que servirá de frente a esa bóveda, sea de la clase que fuere, se construirá con esa misma piedra, muy dura y de gran tamaño, que hubieres destinado a la construcción de pilares. Y en el arco las piedras no tendrán un espesor menor a la décima parte de la cuerda del arco en cuestión. La cuerda no tendrá una longitud mayor que la sexta parte del espesor del pilar, ni menor que la cuarta parte de dicho espesor. (p. 189)

Alberti establecía así criterios dimensionales entre los elementos más significativos del arco: grueso de la rosca, diámetro de la semicircunferencia generatriz y ancho de los pilares de apoyo. El arco, preferiblemente *a tutto sesto*, es decir, de medio punto, debía tener un espesor igual a la décima parte de su luz, la cual a su vez podía alcanzar una longitud máxima equivalente a seis veces el espesor de las pilas (Fig. 8). Se desconoce, sin embargo, si tales afirmaciones eran producto de su propia experiencia u obedecían a la tradición oral transmitida durante los siglos de la Edad Media.

Palladio (1570/1988) también tomará partido por el arco *a tutto sesto* como el más adecuado para la geometría de los puentes y repetirá la consideración dimensional formulada por Alberti: “Las pilas no deben ser más delgadas de un sexto de la anchura del arco, ni normalmente más gruesas de un cuarto” (p. 294).

La geometría de los arcos será también un tema de preocupación en tierras colombianas.

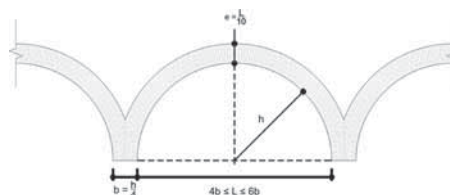


Figura 8: Relaciones dimensionales en un puente de arco según Alberti.

Fuente: Se ha tomado como referencia el dibujo de Straub (1949) reproducido en Huerta (2004, 189).

Una rápida mirada sobre los casos locales permite concluir que la mayor parte de obras pertenecientes al repertorio de puentes de ladrillo en el alto Cauca se construyó a partir de arcos de medio punto con algunas contadas excepciones, entre las que se destaca el último de los que conforman el puente del Humilladero, en Popayán, de Fray Serafín Barbetti, cuya geometría carpanel contribuía a la estabilidad de toda la estructura (Fig. 9).

Otro caso excepcional, aunque muy poco conocido –a causa de que el puente fue destruido por una corriente del río en fecha incierta–, corresponde al arco principal del puente sobre el río Fraile, construido en 1891, cuya traza se justificaba en el hecho de que de esa manera el tablero podía hacerse con una pendiente baja, el 10% en este caso:

[...] la luz del puente es de diez y seis metros y el perfil de la curva del intradós es una semielipse... [pero] debido a la magnitud del arco, el puente ha quedado muy elevado; y como el terreno de la orilla izquierda es tan bajo, que el río alcanza a bañarlo en sus grandes avenidas, ha quedado el ascenso al puente de ese lado sumamente fuerte. (White, 1891, 1218)

También el puente de Imbí, sobre el camino del sur, construido por Ignacio Muñoz en 1894, constaba de un arco rebajado de 10,2 m de luz y un espesor de 50 cm; así como el puente de Piendamó, de 11 m de luz y 75 cm de espesor en la bóveda, y el de Pescador, cuyo radio estaba apenas por debajo de los 5 m (Galindo y Paredes, 2008). Pero de todos, el puente sobre el río Nima, entre las ciudades de Palmira y Amaime, construi-

do por Rogelio González Concha en 1891, era uno de los más apreciados en la región en virtud de sus características geométricas:

[...] entre los puentes que últimamente se han construido, es éste uno de los más hermosos, pues se compone de cinco arcos distribuidos simétricamente a partir del arco principal, que es de mayor luz y cuyo perfil es una curva de tres centros. Los demás arcos son de medio punto y la luz de los arcos extremos es menor que la de los intermedios. (Muñoz, 1894, 3000)

Entre los puentes dotados de arcos de medio punto se destacan también en la región el del río Cauca –en la vía entre Popayán y Coconuco–, de 16 m de abertura en su arco único, y el del río Cofre, de 10,6 m de diámetro, también de arco único (Fig. 10).

Además de las consideraciones de la forma, también importaban las dimensiones de las pilas a la luz de criterios relacionados con la estabilidad estructural. Es posible que los conceptos de Alberti y sus sucedáneos tuviesen un componente de esta naturaleza, pero será solo a mediados del siglo XVII cuando se cuente con un principio orientado hacia razones más afines a la mecánica que a la estética. En 1643, Derand publicó un tratado de cantería que contenía una simple regla geométrica, la misma que durante años habría de regir el dimensionado de las pilas de los puentes: se dividía el arco en tres partes iguales (AB, BC y CD) y con centro en D y radio CD se describía una semicircunferencia. El punto E, resultado de la intersección de esta circunferencia con la vertical, determinaba el espesor de la pila (Fig. 11).

Este principio geométrico, de uso extendido en Europa, será replicado incluso por los ingenieros del siglo XVIII, quienes como Gautier (1765) valoraban el uso del álgebra como herramienta para el análisis estático de las estructuras abovedadas: “Esta Operación no se ha demostrado para saber si ella es precisa o veraz. Nada podemos decir, sólo que es más producto del azar que de la comprensión” (p. 354).

Llevando estas afirmaciones al análisis del puente construido por Modesto Garcés en la ciudad de Buga, sobre el río Guadalajara, entre 1874 y 1900, se muestra con claridad el uso de los sistemas de proporción expuestos por los tratadistas: no solo se aplicó la llamada regla del tercio

Figura 9:
Arco carpanel en el puente del Humilladero sobre el río Molino, en Popayán (1868).

Fotografía:
Jorge Galindo Díaz
(2008).



Figura 10:
Puente sobre el río Cofre, en inmediaciones de Popayán (1889).

Fotografía:
Jorge Galindo Díaz
(2008).



en el dimensionado del espesor de las pilas, sino que también se tuvo en cuenta la relación 1/10 para estimar el espesor del arco en su clave, en relación con la luz de cada uno de los tres arcos centrales que conforman la estructura (Fig. 12).

Sin embargo, también eran varios los autores que ponían en duda la validez de la regla, entre ellos Bails (1769), quien luego de explicarla aseguraba que:

[...] esta regla no tiene fundamento alguno, pues prescinden sus autores del grueso de la bóveda, y de la altura de los machones. Es constante que según fuere esta altura mayor ó menor, será también mayor ó menor el empujo de la bóveda, porque obrará con un brazo de palanca de mayor ó menor longitud. Lo propio sucede respecto del mayor grueso de la bóveda, pues entonces por razón de ser mayor su peso, es forzoso sea mayor su carga y empujo contra los machones. (p. 529)

Lastimosamente solo disponemos de un único documento que permite verificar que los constructores caucanos emplearon también las fórmulas de los manuales europeos en el dimensionamiento de las estructuras de puentes de arco. En un manuscrito que contiene los cálculos relativos al puente sobre el zanjón de Chambio, en la población de Timbío, elaborado por I. Sarría en 1921, su autor confiesa haber usado las fórmulas expuestas por Aragón –cuyo libro data de 1909–, según las cuales, a partir de la luz, se establecía la magnitud de la flecha, el radio del intradós y el espesor de la clave: “En estos cálculos he seguido el derrotero del Ingeniero señor Ernest Aragón, en su obra titulada *Ponts et Ouvrages en Maçonnerie*” (f. 384).

Otros informes confirman que en algunos dictámenes periciales era común citar textos europeos como fuentes de autoridad: es el caso del ingeniero Adriano Paz, quien para hacer referencia al carácter inconcluso de las obras del puente sobre el río Fraile, citaba a “M. Ivon, Villarcéau, Michael, Mery y cualquier otro” (Paz, 1895, 3484). Una mirada juiciosa –aún pendiente de hacer– sobre los planos arquitectónicos y los principios matemáticos más comunes, posiblemente permitirá una idea más precisa sobre el uso de ecuaciones y fórmulas matemáticas en el diseño y construcción de los puentes en el alto Cauca. Por ahora se cuenta solo con algunas relaciones

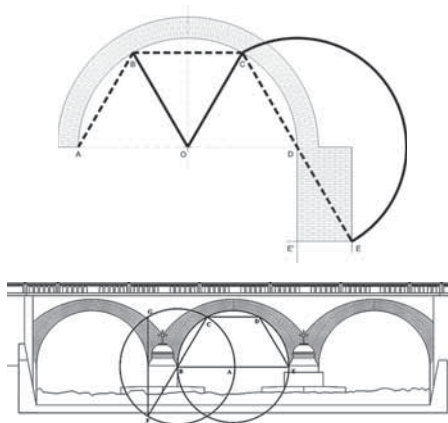


Figura 11: Regla del tercio de la cuerda del arco, según varios autores.

Fuente: Elaboración propia del autor.

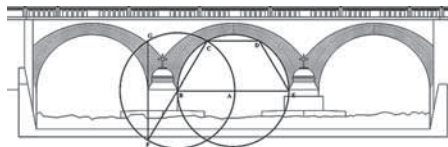


Figura 12: Dimensionado de las pilas del puente sobre el río Guadalajara en Buga (1874-1900)

Fuente: Elaboración propia del autor.

proporcionales, como la ya comentada del puente de Buga sobre el río Guadalajara o las que se pueden deducir de la lectura de la alzada del puente sobre el río Güengüé, de 1890, en el camino de Caloto hacia Buga, donde, además de una rigurosa simetría, la luz de los arcos centrales equivale a 5½ veces el espesor de sus roscas (Fig. 13).

5. Conclusión: el fin de la tradición

No es fácil precisar con exactitud cuál fue el último de los puentes de arco de ladrillo que se levantó en la región del alto Cauca como fruto de la tradición constructiva que reviviera Serafín Barbetti a partir de la construcción del puente sobre el río Juanambú entre 1866 y 1868. Todavía en 1907 se construían dos puentes de este tipo en inmediaciones de Popayán: uno sobre el río Cauca en el camino hacia la población indígena de Coconuco, otro en la vecina Julumito. Se sabe también que en los años siguientes se erigirían otros en las poblaciones de Timbío y Santander de Quilichao, de los cuales no se tienen fuentes documentales que permitan detallar su génesis.

Lo que sí es completamente claro es que, con el advenimiento del nuevo siglo, muchas cosas habían cambiado. Por una parte, para el año de 1900, los ingenieros colombianos –formados principalmente por dos grandes instituciones: la Universidad Nacional afincada en Bogotá (1867) y la Escuela Nacional de Minas radicada en Medellín (1887)– habían adquirido una fuerte pre-

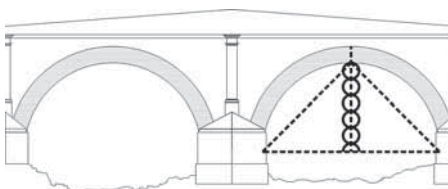


Figura 13: Alzada de los arcos centrales del puente sobre el río Güengüé y, sobre ella, sistemas de proporción empleados por sus constructores (1890).

Fuente: Elaboración propia del autor.

sencia y protagonismo en el ámbito de las obras públicas nacionales, desplazando de los grandes contratos con el Estado a los maestros de obras y artesanos del oficio de la construcción e incluso a muchos ingenieros extranjeros que habían llegado al país durante la segunda mitad del siglo XIX.

Para estos nuevos profesionales formados en centros académicos, los puentes de arco de ladrillo eran cosa del pasado: los libros de texto –casi todos impresos en Estados Unidos, Francia e Inglaterra–, dejaban ver que eran los puentes metálicos –rígidos o colgantes– las estructuras idóneas para las obras públicas en virtud de su durabilidad, su poco peso propio y la rapidez de su construcción. Además, eran piezas clave en la expansión de la red ferroviaria, un anhelo nacional que se asociaba fuertemente con la imagen del progreso de la República.

A todo ello se sumaba la enorme presión que sobre las autoridades ejercieron las casas fabricantes extranjeras para reemplazar viejas estructuras de madera o albañilería por armaduras metálicas importadas desde Estados Unidos e Inglaterra, principalmente. El papel que en la transformación técnica de los puentes caucanos jugaron los representantes de las casas United States Steel Products Co. y Fox Bross Co. de New York, junto con David Rowell Co. de Londres y Schuette Bunemann de Bremen, ha sido reseñado por Galindo (2003).

De otra parte, estaban las condiciones de carga: de un tráfico conformado por bestias, carros y peatones, se fue pasando a otro en el que los vehículos automotores empezaban a poblar las carreteras nacionales demandando nuevas y precisas pendientes, ángulos de giro y, por supuesto, puentes. Y aunque hoy en día sabemos que las estructuras de arco de ladrillo son tremendamente resistentes a elevadas cargas vivas (Galindo y Paredes, 2007), en la primera mitad del siglo XX los nuevos sistemas constructivos se asociaban claramente a factores de mayor resistencia y estabilidad.

También hay que señalar, como factor que condujo a la crisis de la tradición constructiva, un conjunto de condiciones internas propias de la débil estructura gremial que los maestros de obras caucanos nunca llegaron a constituir con solidez. El carácter oral y gestual de las prácticas del oficio, asociado a una ausencia de saber secreto –en un período pre-industrial– a la manera de las organizaciones medievales europeas, junto a la falta

de mecanismos de aprendizaje en la secuencia aprendiz-oficial-maestro, atentaban contra la capacidad de constituir el saber constructivo como una fuente de autoridad y poder.

Por último, parece fácil deducir que el aparato administrativo, en manos de una burguesía urbana en ascenso de ancestros rurales –al menos en el caso caucano–, no podía ver con buenos ojos los onerosos contratos que se hacían con artesanos analfabetas pero diestros en el arte de la construcción. Se puede hablar entonces en el caso que nos ocupa de racionalidades dominantes –los ingenieros– y dominadas –los maestros de obras–, que en los años subsiguientes se irán organizando a través de una férrea división social del trabajo que les permitirá coexistir en aras del buen funcionamiento del aparato productivo. Al menos en el alto Cauca, estos dos mundos –el gremial y el académico– participarán en la construcción cotidiana de las ciudades, sin graves conflictos, hasta bien entrado el siglo XX, cuando uno vence definitivamente al otro.

6. Referencias

- Alberti, L. B. (1485/1991). *De Re Aedificatoria* (ed. castellana). Madrid: Akal.
- André, E. (1884). *América pintoresca*. Barcelona: Montaner y Simón.
- Aparicio, A. (1906). Colombia, Archivo General de la Nación. Carta al Ministro de Obras Públicas de Colombia (Cali, 4 de marzo de 1906), en *Fondo Ministerio de Obras Públicas* (t. 1178, ff. 100-106).
- Aragón, E. (1909). *Ponts et ouvrages en maçonnerie*. París: Dunot & Pinat.
- Arboleda, S. (1884). Fray Serafin Barbetti. *Papel periódico ilustrado*, 60, 182-185.
- Arboleda, G. (1875). Comunicación del Jefe municipal de Popayán dando un informe sobre el puente de Palacé. *Registro Oficial del Cauca*, 235, 3.
- Bails, B. (1796). *Elementos de matemáticas. Tomo IX, parte 1. Que trata de la arquitectura civil*. Madrid: Imprenta de la Viuda de D. Joaquín Ibarra.
- Belidor, B.F. (1725). *Nouveau cours de mathématique*. París: Jombert.
- Belidor, B.F. (1729). *La science des ingénieurs*. París: Jombert.
- Belidor, B.F. (1737-39). *Architecture hydraulique*. París: Jombert.

- Belidor, B.F. (1750). *Architecture hydraulique. Seconde partie*. París: Jombert.
- Bucheli, M. (1890). Carta al Secretario de Hacienda de Popayán fechada el 23 de julio de 1890. *Registro Oficial del Cauca*, 98, 4.
- Croizette, P. (1885). *Cours de construction des ponts*. París: Vve. Dunod.
- De la Hire, P. (1695). *Traité de mécanique*. París: s.i.
- De la Hire, P. (1712). Sur la construction des voûtes dans les édifices. *Mémoire de l'Académie Royale des Sciences de Paris*, s.n., 70-78.
- Debauve, A. (1875). *Manuel de l'ingénieur des ponts et chaussées*. París: Dunod.
- Degrad, J. & Resal, J. (1887-1889). *Ponts en maçonnerie*. París: Librairie Polytechnique Baudry & Cie.
- Dejardin, M. (1845). *Routine de l'établissement des voûtes*. París: Carllian-Goeury & Vor. Dalmont.
- Derand, F. (1643). *L'architecture des voutes ou l'art des traits et coupe des voutes*. París: Cramoisy.
- Dupuit, J. (1870). *Traité de l'équilibre des voûtes et de la construction des ponts en maçonnerie*. París: Dunod.
- Eder, P. (1959). *El fundador*. Bogotá: Antares.
- Galindo, J. (2000). *El conocimiento constructivo de los ingenieros militares de los siglos XVI a XVIII*. Cali: Universidad del Valle.
- Galindo, J. (2003). *Cruzando el Cauca. Pasos y puentes sobre el río Cauca en el Departamento del Valle hasta la primera mitad del siglo XX*. Cali: Gobernación del Valle del Cauca.
- Galindo, J. & Paredes, J. A. (2007). Análisis de un edificio histórico usando MEF: el puente de La Libertad, en Buga - Valle del Cauca (1874). *Ciencia e ingeniería Neogranadina*, 17(2), 21-40.
- Galindo, J. & Paredes, J. A. (2008). *Puentes de arco de ladrillo en la región del alto Cauca. Una tradición constructiva olvidada*. Manizales: Universidad Nacional de Colombia.
- García, R. (1871). Colombia, Archivo Histórico del Cauca. Carta al Presidente de la Municipalidad (Popayán, 6 de octubre de 1871), en *Índice de Manuscritos*, paq. 115, leg. 75, 7 ff.
- Gautier, H. (1716). *Traité des ponts*. París: Chez André Cailleau.
- Gutiérrez, R. (1972). *Notas para una bibliografía hispanoamericana de arquitectura e ingeniería*. Resistencia: UNNE.
- Hincapié, R. (2000). Puentes antiguos sobre el río Cali. *Revista CITCE*, 3, 3-30.
- Huerta, S. (2004). *Arcos, bóvedas y cúpulas. Geometría y equilibrio en el cálculo tradicional de estructuras de fábrica*. Madrid: Instituto Juan de Herrera.
- Huerta, S. & De la Cuerda, R. (1998). "La teoría de bóvedas en el siglo XVIII: la contribución de Philippe de la Hire". En *Actas del segundo Congreso Nacional de Historia de la Construcción* (pp. 233-244). Madrid: CEHOPU-CEDEX e Instituto Juan de Herrera.
- Milizia, F. (1781). *Principii di Architettura Civile*. Finale: Jacopo de Rossi.
- Mosquera, A. et al. (1878). Acta de recepción de la refacción del puente sobre el río Palo. *Registro Oficial del Cauca*, 224, 4.
- Müller, J. (1769). *Tratado de fortificación. Versión castellana de Miguel Sánchez Taramas, con notas de su autoría*. Barcelona: Thomas Piferrer.
- Muñoz, E. (1894). Acta de recepción del puente sobre el río Imbí. *Registro Oficial del Cauca*, 753, 3000.
- Palladio, A. (1570/1988). *I Quattro Libri dell'Architettura* (ed. castellana). Madrid: Akal.
- Paz, A. (1895). Informe sobre el estado en que se hallan los contratos para la construcción de obras públicas en la Provincia de Palmira. *Registro Oficial del Cauca*, 877, 3484.
- Paz, P. A. (1997). *Historia del puente del Humilladero de Popayán*. Popayán: Imprenta Departamental.
- Pereira, F. (1905). Carta a Enrique Morales, fechada el 9 de octubre de 1905. *Anales de ingeniería*, 153, 138-144.
- Sarria, I. (1921). Colombia, Archivo General de la Nación. Cálculos relativos al puente sobre el zanjón de Chambío, en la población de Timbío. Ordenado construir de tres arcos por el Excelentísimo señor Presidente de la República (Popayán, enero 18 de 1921), en *Fondo Ministerio de Obras Públicas* (t. 1487, ff. 383-385).
- Scamozzi, V. (1615). *Dell'idea dell'architettura universale*. Venecia: s.i.
- Serlio, S. (1566). *I sette libri dell'architettura*. Venecia: s.i.
- Straub, H. (1949). *Die Geschichte Ner Bauingenieurkunst*. Basel: Birkhäuser Verlag.
- Vitruvio, M. (1787). *Los diez libros de arquitectura* (ed. castellana). Madrid: Imprenta Real.
- White, R. (1891). Informe del Inspector general de caminos relativo a las obras públicas del norte del Departamento. *Registro Oficial del Cauca*, 305, 1217-1219.