

CENÓN CAICEDO: UN INGENIERO – EMPRESARIO EN LOS CAMINOS DEL CAUCA

Por Jorge Galindo Díaz

Doctor Arquitecto - Profesor Asociado,
Universidad Nacional de Colombia, sede Manizales
E-mail: jagalindod@unal.edu.co

Resumen:

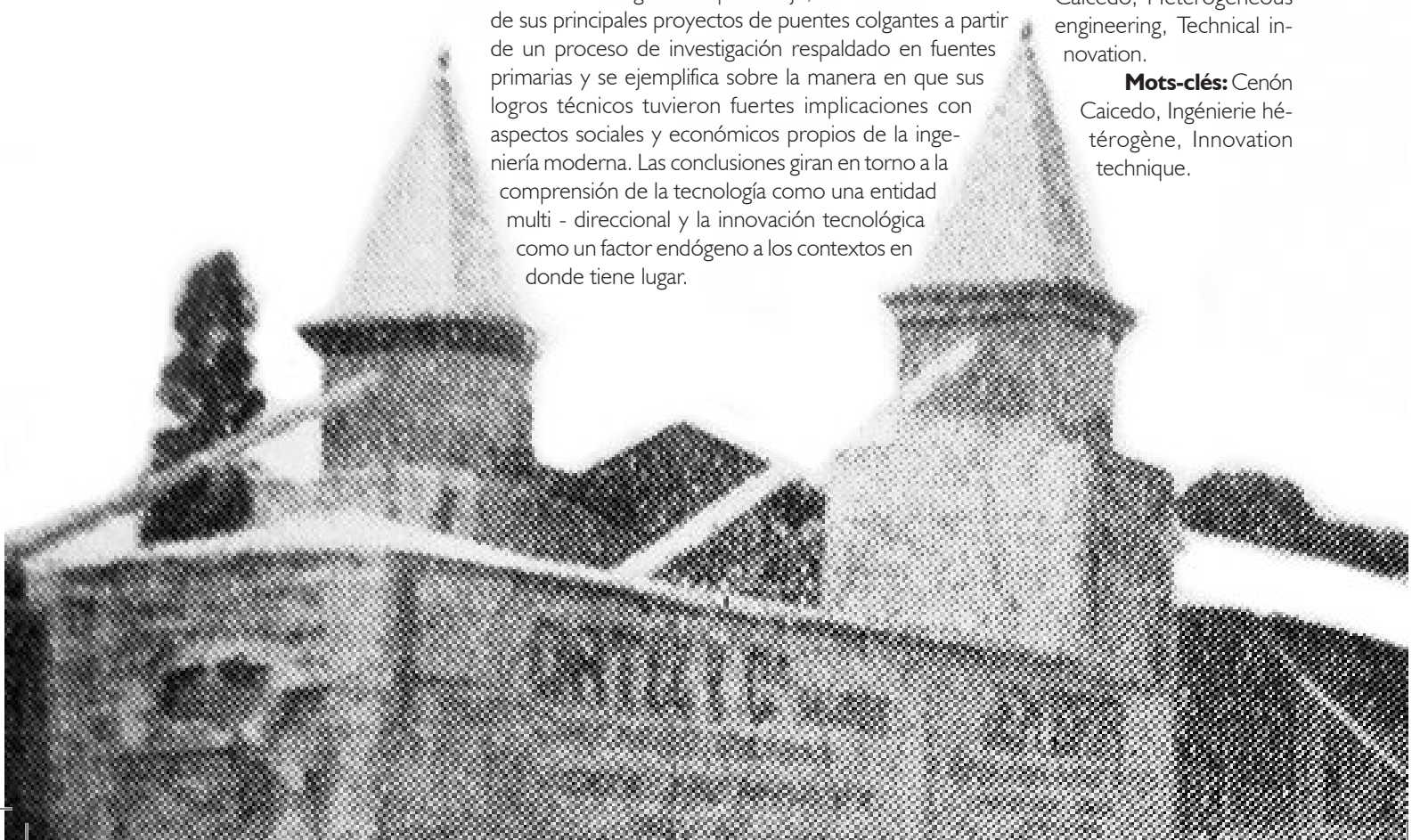
Este artículo explora, a través de un activo ingeniero colombiano del siglo XIX, el papel que tuvieron ingenieros heterogéneos que como él, combinaron facetas de constructor, empresario y héroe del progreso. Se hace una síntesis de la biografía del personaje, se da cuenta detallada de sus principales proyectos de puentes colgantes a partir de un proceso de investigación respaldado en fuentes primarias y se ejemplifica sobre la manera en que sus logros técnicos tuvieron fuertes implicaciones con aspectos sociales y económicos propios de la ingeniería moderna. Las conclusiones giran en torno a la comprensión de la tecnología como una entidad multi - direccional y la innovación tecnológica como un factor endógeno a los contextos en donde tiene lugar.

Palabras clave:

Cenón Caicedo, Ingeniería Heterogénea, Innovación técnica.

Key words: Cenón Caicedo, Heterogeneous engineering, Technical innovation.

Mots-clés: Cenón Caicedo, Ingénierie hétérogène, Innovation technique.



Abstract:

This article explores, through the efforts of an active engineer from Colombia in the 19th century, the role of heterogeneous engineers like himself who combined facets of the builder, entrepreneur, and hero of progress. A biographical synthesis of this engineer is presented, giving detailed data on his main projects of hanging bridges, supported by a research process backed by primary sources and exemplified by the way in which his technical achievements bore significant implications upon social and economic aspects of modern engineering. The conclusions revolve around understanding technology as a multidirectional entity and technological innovation as a factor endogenous to the contexts within which it takes place.

Résumé:

Cet article explore, au travers de la vie et de l'oeuvre d'un ingénieur actif du Colombia du XIXième siècle, le rôle joué par des ingénieurs hétérogènes qui, comme lui, ont conjugué des facettes de constructeur, chef d'entreprise et héros du progrès. L'auteur présente une synthèse de la biographie du personnage et commente de manière détaillée ses principaux projets de ponts suspendus. L'article repose sur un sérieux travail de recherche réalisé à partir de sources primaires et montre la manière dont les prouesses techniques ont eu de grandes répercussions dans les domaines sociaux et économiques propres de l'ingénierie moderne. Les conclusions portent sur la considération de la technologie comme une entité multidirectionnelle et de l'innovation technique comme un facteur endogène des contextes où elle a lieu.

1. Introducción

La figura del *ingeniero* como la conocemos hoy en día, nace en los siglos XVII y XVIII al compás de la ciencia moderna. Vérin (1993) y Picon (1988) han explicado magistralmente la manera en que esta nueva profesión surge a partir de las necesidades sociales de los nuevos Estados europeos que demandaban entonces no solo de una regularización de prácticas sino también de una fundamentación y búsqueda de legitimación matemática de muchas actividades tradicionales, todo ello con el fin de superar las de carácter puramente artesanal.

En Colombia, un fenómeno similar se reprodujo a lo largo de la segunda mitad del siglo XIX, caracterizado

tanto por la institucionalización de la tecnología y los sistemas tecnológicos, como por el ascenso profesional del ingeniero, situado en un lugar intermedio entre el Estado y la empresa privada, sometido por una parte a las fuerzas de la necesidad de la estandarización y por otro, a las presiones del beneficio económico¹. Su génesis como elite intelectual y como gremio ha sido estudiada por Safford (1976) y Obregón (1992) respectivamente, haciendo énfasis en el esfuerzo por la cualificación de sus actividades y en las disputas libradas contra el intruismo profesional. Si embargo, en el ámbito regional del llamado *Gran Cauca*, los estudios sobre el tema son relativamente escasos y en ocasiones dirigidas a construir una visión apologética del individuo y su actividad.

Uno de esos personajes locales calificados como *héroe del progreso* fue Cenón Caicedo cuyos datos biográficos son todavía fragmentarios². Se sabe que nació en Cali en 1827 y realizó sus estudios en el recién creado Colegio de Santa Librada, donde con seguridad recibió clases de literatura, matemáticas y filosofía, aunque de mayor se decantaría por el ejercicio de la contabilidad. Ocupó numerosos cargos, entre los cuales figuran el de Colector de Rentas del Cantón de Cali (1850), Administrador de Correos de la provincia de Buenaventura (1851-1853), Tesorero General de Guerra del Ejército, Administrador de Hacienda de la provincia de Cali, miembro de la Junta Directiva del Camino de Cali a Palmira (1871-1876) y contador al servicio del ingeniero cubano Francisco Javier Cisneros durante la construcción de algunos tramos ferroviarios entre Buenaventura y Cali. Ya como empresario independiente se dedicó al estudio de las construcciones y maquinarias recibiendo privilegio para montar en Cali la primera fábrica de materiales de construcción (ladrillo y adobes principalmente) domiciliada en el sector de Santa Mónica. Al final de sus años se consagró a la construcción de puentes metálicos colgantes. Su carácter de autodidacta fue bien destacado mientras ejerció su actividad como técnico y recientemente refrendado por Safford (1989: 330) y Poveda (1993: 152/II).

De él diría Eustaquio Palacios: ... *y no perdemos la esperanza de que al señor Caicedo le toque la alta honra de tender ese gran puente que, un día u otro, ha de atravesar el río Cauca. Ya es tiempo!*³. Su fallecimiento aconteció en Cali en 1901 cuando era miembro activo

de la Sociedad Colombiana de Ingenieros⁴ a tal punto que su entonces director, Diódoro Sánchez, redactó una nota especial destacando sus principales obras como constructor:

... en los últimos veinte años se dedicó seguidamente al ramo de puentes en el que adquirió gran práctica y reputación; levantó los siguientes de que tenemos exacto conocimiento, del sistema colgante con cadenas de acero, despachadas por la casa de Mr. Charles B. Bender, de Londres: el primero, en 1883, sobre el río Palo, de 34,26 m; el segundo, sobre el río Amaime, en el camino que conduce de Palmira a Buga, en 1887, de 30.50 m; el tercero en 1889 sobre el río Tuluá de 30.50 m; el cuarto, en 1891 sobre el río Amaime en el camino que conduce de Cali a Buga de 38,125 m, y el quinto, en 1892, en el paso de Aganche, sobre el río Ovejas, de 30.50 m⁵.

En este sentido, Caicedo fue un innovador, y aunque nunca logró el título académico de **ingeniero**, fue capaz de encarnar sus valores y construir una imagen profesional que serviría de paradigma a nuevas generaciones.

2. Vida ... pero sobre todo, obra

Durante el siglo XIX la construcción de puentes en Colombia se desarrolló en torno a dos sistemas estructurales: el de bóvedas de albañilería y el de celosías de madera. El primero fue ampliamente usado en la región del Cauca a tal punto que solo entre 1865 y 1895 se construyeron al menos 25 de ellos⁶, sumándose a los dos del mismo tipo que se habían construido en Popayán en 1739 (sobre el río Molino) y 1769 (sobre el río Cauca). Posteriormente, y bajo las órdenes de Fray Seraffín Barbeti⁷, se construyeron puentes de esta naturaleza entre los que se cuentan el del Humilladero (1868) también en Popayán y otros sobre los ríos Juanambú (1874), Palacé Alto (1874) y Ovejas (1877). Su amplia aceptación se apoyaba en una bien probada durabilidad y en que sus técnicas constructivas y sus materiales no eran ajenos a los que por décadas habían aplicado en todo tipo de edificaciones los maestros de obra y artesanos de la región.

Los puentes de madera, menos apetecidos que los anteriores pero más baratos, se hacían siguiendo la tradición de carpinteros locales entre los que se destaca-

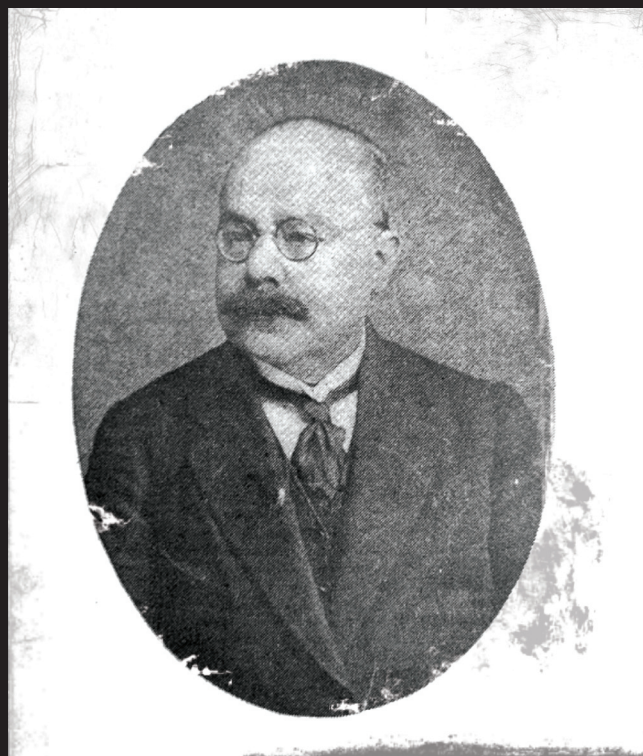


Imagen 1:

Cenón Caicedo (1827 – 1901)
Tomada de Despertar vallecaucano,
Cali, No, 52, mayo / junio de 1980.

ron Luis C. Hamman y Valentín Cadavid. El primero sería socio de Caicedo en la construcción del puente sobre el río Palo en 1883 y ya como contratista particular asumió la construcción de varios puentes de madera entre ellos uno sobre el río Bolo (1891) y otro en Bugalagrande (1898); su trabajo fue descrito de la siguiente manera por su contemporáneo Rómulo Durán:

... es hábil constructor de gruesas obras de carpintería ...; fue el constructor de las mejores barcas ó puentes flotantes del río Cauca. Ningún carpintero sabía que era preciso desenterrar las raíces de los árboles para obtener curvas de madera y cubrir sin ensambles las aristas de estos sólidos. Los obreros que lo vieron practicar este artificio y su modo de proceder, quedaron desde entonces tan hábiles como él, la competencia produjo baratura y hoy todos los carpinteros hacen barcas por la tercera parte de lo que antes costaban⁸.

Por su parte, Valentín Cadavid introdujo en el Cauca el llamado **sistema antioqueño**, con el cual construyó puentes sobre los ríos Fraile (1890), El Mico (1890), El Guanábano (1890), La Honda (1890), Guachicono (1894) y La Paila, este último entre Bugalagrande y Cartago (1891). Pero se trataba de estructuras toscas, pesadas y de poca durabilidad que requerían permanentes y continuas reparaciones que eran además difíciles de atender en un momento en que las vías eran incómodas, las distancias grandes y los recursos financieros escasos.

La construcción de puentes metálicos en Colombia se vería seriamente retrasada por la ausencia de materias primas: aun en la segunda mitad del siglo XIX el hierro era un material escaso y caro, por lo que las armaduras debían ser compradas casi por entero a casas fabricantes de Londres, Nueva York o Bremen. A pesar de ello, las noticias llegadas de Europa y Norteamérica acerca de los nuevos logros de la ingeniería en torno a la construcción metálica y el fuerte impacto que tuvo en la sociedad local el arribo de la empresa del ferrocarril, serían motivos suficientes para que empresarios nacionales invirtieran esfuerzos y economías en la compra y montaje de puentes con

luces antes no imaginadas: el del río Suaza, en el Tolima, a cargo del ingeniero E.G. Barney lograba los 87.78 m de luz en 1884⁹ y bien puede considerarse pionero en este ámbito, seguido del puente que a cargo de José María Villa se levantó sobre el río Cauca en la población de Santafé de Antioquia en 1891, de casi 300 m de luz.

Pero pocos años antes (1883) Cenón Caicedo había contratado con el Estado Soberano del Cauca la construcción de un puente sobre el río Palo, de 34.26 m de luz, destinado a reemplazar la estructura de madera construida en 1879 por Fray Serafín Barbetti y arrasada por una creciente del río en 1880¹⁰. La obra debería quedar garantizada en su solidez por un espacio de 20 años y el plazo para su construcción era de 6 meses, a un costo global de \$9.900 pesos. Se deduce que la estructura metálica era importada puesto que en el contrato¹¹ se hace referencia a que el dinero del anticipo lo invertiría Caicedo en el transporte de las piezas desde el puerto marítimo de Buenaventura.

Sin embargo, los trabajos no serían fáciles. Un año después de encargadas las obras, y mediante Decreto, se dispuso por parte de las autoridades del Estado una visita de inspección al puente:

Teniendo en consideración que al construir el puente de hierro sobre el río Palo, por ser la primera obra de esta clase que se construye en el país, se le han presentado al contratista algunas dificultades para concluirla dentro del término fijado en el respectivo contrato, dificultades que no podrán vencerse sin la presencia del Gobierno en el lugar de la obra ... Decreta: Art. 1º. Señálase el día 19 del presente para practicar la visita de inspección en la obra del puente de hierro sobre el río Palo¹².

Para esta visita el Gobierno decidió contratar la opinión de un experto, el ingeniero residente en Cali Gaspare Mazza, cuyo informe, fechado el mayo 26 de 1883 contenía el siguiente concepto:

El puente sobre el río Palo que se está construyendo es de buen tipo, y se ve que los detalles fueron estudiados por persona práctica en el arte.

Los materiales de hierro fueron trabajados en la fábrica con la precisión que se requiere. Los de madera que yo ví, son también de buena calidad y cortados con precisión. Los ladrillos en acopio son de buena calidad, y bien hechos, y la parte aparente de la mampostería la encontré bien hecha también (...)

Haciendo el cálculo de la resistencia de la cadena de fierro que sostiene el puente, se encuentra que el hierro queda bajo el esfuerzo mínimo de cerca de 4,50 por metro cuadrado, cuando el puente está sin carga, y bajo carga de 130 kilogramos por metros cuadrado de superficie, el esfuerzo queda de 9 kilogramos para medio metro cuadrado, lo que puede ser aún tolerable para un esfuerzo accidental y no permanente (...)

El esfuerzo que deben soportar los tirantes verticales es menor en los dos casos, y el puente podrá resistir al pasaje de carros comunes .

Frente al temor y la duda que brindaba la nueva tipología constructiva, el análisis matemático parecía dar la razón a la obra y a su constructor. La estructura, del tipo metálico – colgante fue puesta en servicio poco después,

en febrero de 1884, aunque sería reparada un año más tarde por Macario Palomino y en 1905 por Rafael Jaramillo .

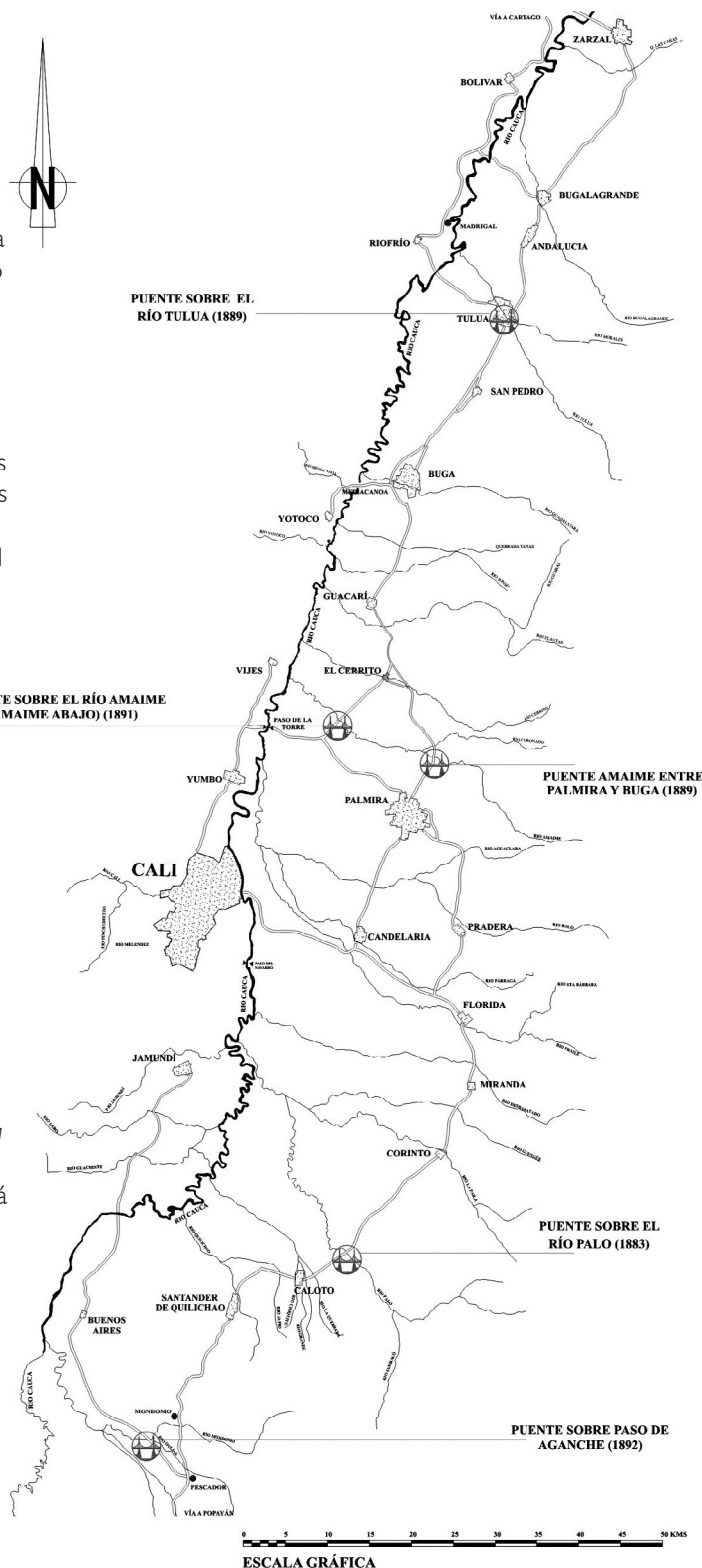
El 1 de octubre de 1889 la Gobernación del Cauca sacó a licitación la construcción de un puente sobre el río Amaime entre Palmira y Buga, con el fin de reemplazar una estructura inconclusa desde 1883 e iniciada también por Serafín Barbetti en compañía de su socio Yacundo Nanetti . Se exigía que la estructura fuese de fierro y que el contratista asumiera además las obras del camellón entre el río y la ciudad de Palmira, incluyendo los puentes de madera que fuesen necesarios para salvar los zanjones y acequias. El ancho del camellón se fijó en 8 m a una altura de 1 m sobre el nivel general del suelo, con un talud no menor de 45 grados. No ha sido posible encontrar documentación que detalle la participación de Caicedo, aunque es claro que el nuevo puente fue de su autoría, que en 1891 demandó reparaciones en algunas de las piezas de madera y que en 1921 fue desmantelado por voluntad de las autoridades de Palmira . Una foto familiar de 1919 nos deja apreciar parcialmente la estructura.

El puente sobre el río Tuluá a cargo también de Cenón Caicedo mediante contrato firmado en agosto de 1888, se construyó entre enero y septiembre del año siguiente. En un informe firmado por él se daba cuenta de que para marzo se tenían las excavaciones de los cimientos *á una profundidad de 3 yardas* y se habían reunido 8 de los 50 mil ladrillos presupuestados para la obra, además de una remesa de cal proveniente de Vijes a pesar de que para entonces esta no había llegado *pues se temía que (la balsa) se haya varado á causa de la sequía del río*.

Siete años más tarde, en 1896, el Prefecto de Tuluá José Sarmiento, rendía informe sobre las obras públicas, entre las que incluyó las reparaciones hechas al puente de Tuluá, cuyo maderamen se había desbaratado por completo . Los trabajos estuvieron a cargo del ingeniero Julián Uribe. Se pidió además una adición presupuestal

Imagen 2:

Localización de los lugares en donde Cenón Caicedo construyó puentes colgantes.
Elaborado por John C. Guzmán y Marisol Caicedo
(Auxiliares de investigación UNAL sede Manizales)



para dotar al puente de un techo con el fin de proteger la madera llamada *corazón de Tache* y calificada como acero vegetal.

En 1890 Cenón Caicedo inició la construcción de otro puente metálico colgante sobre el río Amaime²¹, pero esta vez en el llamado **camino de La Torre**, que desde la población de El Cerrito cruzaba el río Cauca en un punto cercano a Yumbo y desde allí llegaba por el norte a Cali. Del informe que hizo Rafael Prado Concha para las autoridades del Cauca, se lee lo siguiente:

*El estribo de la ribera Sur está ya al nivel del terreno y en el de la ribera Norte, principiaban ayer á colocar el ladrillo, después de haber solidificado el piso con cascajo bien repisado. La naturaleza del terreno ha presentado al contratista algunas dificultades, obligándolo á solidificar el piso en ambos estribos con fuertes estacadas y á una profundidad de ocho pies. De allí principia el ladrillo á una profundidad de más de dos varas hasta el nivel del suelo*²².

Como acto final de la obra, en agosto de 1891 el prefecto de Buga, Fortunato Cabal, en compañía del alcalde de El Cerrito, Narciso Cabal, recibieron de Cenón Caicedo la totalidad de la obra, conforme al contrato celebrado el 15 de diciembre de 1884 y modificado en agosto de 1888:

Las pilastras tienen, de un extremo á otro, una extensión de cinco metros cincuenta y cuatro centímetros, y la entrada ó sea la distancia comprendida entre una pilastra y otra, es de dos metros cuarenta y cinco centímetros.

Altura de las torres, cinco metros siete centímetros, fuera del asiento de las cadenas; la extensión del puente, obra de madera, es de treinta y ocho metros noventa y cinco centímetros. La extensión de los estribos es de ocho metros cuarenta y cuatro centímetros, y el espesor es de cinco metros cincuenta y cinco centímetros. La altura del puente sobre el nivel de las aguas es de cuatro metros veintiséis centímetros ...

*Los estribos están separados de la orilla de las aguas, el del Norte que queda en la playa, once metros cincuenta centímetros y el del Sur, cinco metros noventa y cinco centímetros, estando en este lado la peña del río*²³.

Cenón Caicedo: un ingeniero - empresario en los caminos del Cauca



Imagen 3:

Foto familiar en el puente colgante sobre el río Amaime, entre Palmira y Buga (1919).

Tomada de *Despertar vallecaucano*, Cali, No. 190, septiembre de 1987; s.p.

Para 1894 el puente estaba en pésimo estado²⁴, de acuerdo con el informe que rindiera el Prefecto de la Provincia de Palmira y según el cual ***para hacerle una lijera (sic) reforma se calcula el gasto en unos \$500, pero se opina que urge una reposición general en todo el maderamen y construcción de una muralla en uno de los estribos ...*** Y en carta de febrero 16 de 1906²⁵, dirigida al Ministro de Obras Públicas, el ingeniero Aquilino Aparicio —quien decía haber sido comisionado por el Gobernador para practicar una inspección al puente de Amaime ***abajo-***, encontraba que la última avenida del río había socavado el estribo del lado derecho dejando al descubierto los pilotes sobre los cuales se había hecho la fundación. Como remedio, sugería que:

*Conviene ahora hacer una estacada de defensa, cargar el centro del curso del río, destruyendo para ello la estacada que existe al lado izquierdo y rellenar luego, con cemento romano, hormigón o calicanto, los huecos que hay entre los pilotes y el asiento o base del estribo, prolongándose este relleno en forma de gradería por los lados del estribo que puedan ser atracados por el agua. Las obras para su ejecución requiere únicamente un albañil entendido y unos pocos peones ...*²⁶

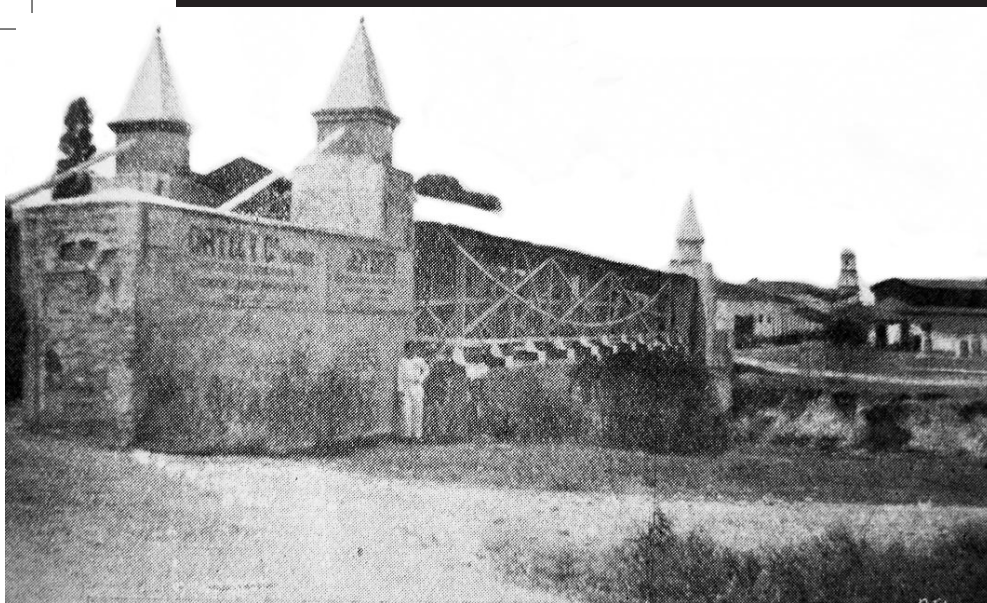


Imagen 4:

Puente colgante sobre el río Tuluá a la entrada de la población por el lado norte.

Tomada de Cromos, Bogotá, No. 11, marzo 26 de 1916; p. 173.

Sin embargo, de todos sus puentes, el del paso de Aganche sobre el río Ovejas fue el que mayor admiración despertó, tal y como lo registra una nota especial publicada en los *Anales de Ingeniería* incluyendo la transcripción del acta de recibo de la obra en la cual se describen sus aspectos constructivos²⁷:

Fundación de los cimientos de los estribos: (...) la de la orilla derecha á una profundidad de 3 metros bajo el nivel ordinario del agua, sobre terreno incomprensible y tenaz, con piedras grandes del río, dispuestas en capas horizontales y calzadas con hormigón, hasta la altura de 2 metros; de allí para arriba se construyó con calicanto hasta la altura de 3 metros sobre el mismo nivel (...)

Estribos: Estos se han levantado sobre una base de 8m.40 de largo por 5m.80 de frente, con sus correspondientes zarpas, y sobre el cual se levantaron los muros en que van aseguradas las anclas que sostienen las cadenas, hasta una altura de 4m.45 por 8m.23 de largo y un espesor de 1m.56. En los paramentos que dan frente al río, y sobre los muros descritos, se han levantado las cuatro torres que soportan los galápagos colocados sobre piedras de cantera talladas. Estas torres tienen una base cuadrada de 1m.56 y una altura de 2m.

Materiales de hierro: La catenaria de cada lado está formada por trece pares de eslabones de acero de 2m.55 de largo, 0m.90 de ancho y 0m.016 de espesor, unidos en sus extremidades por tornillos de acero de 0m.038 de diámetro, de los cuales están suspendidos los colgantes de hierro apareados, de longitudes decrecientes de los estribos al centro y un diámetro de 0m.02 de espesor, los que soportan las doce vigas que sostienen

el tablero del puente. El peso de estos materiales es de 3581 kilogramos.

Obras de madera: Esta está apoyada sobre las doce vigas colocadas de canto de que se habla en el punto anterior, y que tienen 5m.48 de largo, 0m.20 de ancho y 0m.055 de grueso, unidas una á otra por cruces de San Andrés, que sirven de contra vientos ...²⁸.

El puente tenía 30.48 m de longitud, y estaba situado a 100 m del paso público, pues en el punto elegido, el cauce del río apenas alcanzaba los 26 m de ancho y se recostaba sobre la orilla izquierda, la que además de ser capaz de resistir á la fuerza de la corriente, llegaba a una altura de más de 10 m; la orilla opuesta, aun cuando mucho más baja, no alcanzaba ser anegada por el río en sus grandes avenidas. Y pese a las altas especificaciones del puente, tanto o más interés que la estructura colgante causó la armadura provisional de guaduas e hilos de telégrafo construida también por Caicedo como parte de las obras preliminares que habían de permitir el paso de obreros y materiales de una orilla a otra.

En otra nota de *Anales de Ingeniería*, publicada un año después, se alaban las virtudes del sistema ingeniado por el ingeniero autodidacta y de las ventajas económicas que tenía la construcción de este tipo de puentes:

Para formarlo se eligió el punto donde había dos árboles naturales á cada orilla, convenientemente colocados, que sirviesen de postes para colocar un travesaño horizontal los diferentes tendidos de guaduas que á manera de canecillo iban avanzando hacia el centro del río como se hacen, y usted habrá visto, muchos puentes

de esta clase en los ríos del valle. Como estos tendidos ó canecillos no podían avanzarse hasta cerrar completamente el arco del puente, pues se corría el riesgo de que se levantara la punta en que estaban apoyados en el suelo, y aún faltaban por cubrir como 20 ó más metros, á la vez que la guadua era delgada y corta y no alcanzaba á cubrir esa distancia, había necesidad de un punto de apoyo en el centro, para lo cual ocurrímos al medio de colgar de cada uno de los árboles ó postes naturales un cable formado de cuatro hilos de alambre de telégrafo, unidos entre sí por anillos del mismo alambre, á distancia de un metro, para que la tensión fuera uniforme. En el centro de estos cables, que era poco más ó menos el del río, se colocó una traviesa de madera fuerte al mismo nivel que los extremos de los tendidos de guadua que iban avanzando de cada orilla del río: así se tuvo ya dividida la distancia de los 20 metros que faltaban por cubrir, y un punto de apoyo para colocar los tendidos de guadua de uno y otro lado, quedando, en consecuencia, hecho el tablero del puente, de 38 metros de luz, listo para recibir el piso de lata ó guadua picada ...²⁹.

Aunque los llamados puentes de cadenas corresponden a la tipología de puentes colgantes, estos no se armaban a partir de hilos de acero trenzados, sino mediante barras de hierro forjado reunidas entre sí a través de pernos; la fabricación de cada pieza debía hacerse con sumo cuidado, pues ***bastaba un grave defecto en una sola de ellas para hacer que su rotura arrastrase la caída entera del puente***³⁰.

En cuanto a su vida útil, Adriano Paz, ingeniero oficial, informaba que el 27 de mayo de 1904 había quedado terminada la reparación provisional de este puente, ejecutada bajo su dirección y por cuenta de Nacienceno Ordóñez:

*El puente se hallaba a punto de destruirse completamente, pues el refuerzo de guaduas que se le había hecho últimamente era insuficiente y cada día se deformaba más el arco del tablero y la curva de las cadenas debido al desprendimiento de cuatro vigas podridas en la unión con los pendolones*³¹.

De acuerdo con documentación consultada, sabemos también que en 1877 Cenón Caicedo había solici-

tado privilegio para construir junto a Belisario Zamorano y Federico Caicedo un puente sobre el río La Vieja³²; en 1885 contrató con el Estado Soberano del Cauca y en compañía de Nemesio Colmenares la construcción de un puente de hierro sobre el río Bolo, en el municipio de Palmira; en 1894 actuó como consultor de los señores Ulpiano Mercado y Luis Butherin, contratistas ambos de otro puente también sobre el río Bolo³³; ese mismo año fue invitado por el ingeniero Aquilino Aparicio a dar continuidad a las obras del puente sobre el río Jamundí en vista de que éste se hallaba impedido³⁴ y en 1896 representó al Gobierno regional en la recepción de las obras del puente sobre el paso de La Bruja en inmediaciones de Palmira³⁵, cinco años antes de su fallecimiento.

3. Una ingeniería heterogénea

La cercanía de Cenón Caicedo a la empresa del ferrocarril y a algunos miembros de la incipiente elite empresarial de la región³⁶ no puede considerarse como un simple accidente en su vida profesional. Si aceptamos que con la llegada del ferrocarril en 1878 aparecen los primeros rasgos del empresariado moderno en el Valle del Cauca³⁷, dotado de nuevas estructuras organizacionales, agentes y artefactos, es fácil pensar que todo ello estimuló la capacidad de Caicedo para poner en práctica el carácter heterogéneo de la ingeniería moderna³⁸: su trabajo bien puede entenderse como una construcción de redes donde se combinan ***elementos técnicos, sociales y económicos***³⁹.

Desde el punto de vista técnico, no solo es innovador el hecho de adaptar al medio local y por primera vez en la región el sistema de puentes metálicos colgantes, sino también la puesta en práctica de criterios propios a éste como son la estandarización dimensional y la programación de los trabajos de construcción. En todos los casos antes reseñados era necesario que Caicedo contemplara al menos tres empresas que actuaban por separado pero de manera simultánea: la construcción de los estribos de apoyo en albañilería, la fabricación de la estructura por parte de casas extranjeras conforme a unas dimensiones previamente acordadas (que en caso de no ajustarse debidamente en el momento de su encuentro podían traducirse en errores que incluso comprometían la estabilidad misma de la obra) y por

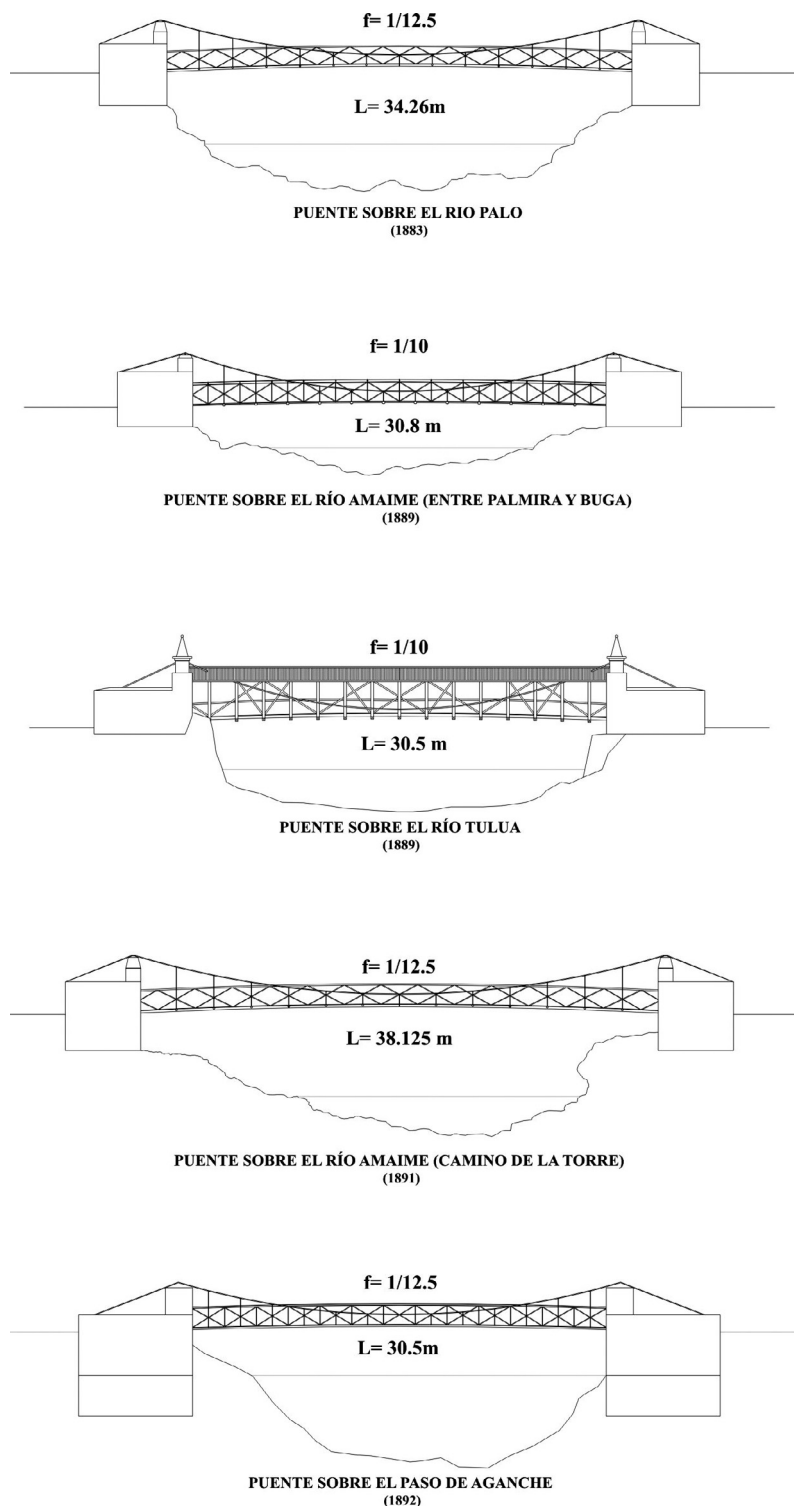


Imagen 5:

Alzada de los puentes construidos por Cenón Caicedo. Reconstrucción a partir de fuentes documentales realizada por Marisol Caicedo Muñoz (Auxiliar de Investigación UNAL sede Manizales)

último, el corte y ensamblaje de las piezas de madera que conformaban pisos y barandas. Así, no parece ser coincidencia que las luces de los puentes de Amaime, Tuluá y Ovejas sea siempre la misma, de 30.5 m (100 pies); es posible que esta medida obedeciera no a las condiciones propias de cada lugar sino a la existencia en catálogo de estructuras de esa dimensión, lo que por una parte facilitaba la orden de pedido y por otra, simplificaba el diseño de los macizos de ladrillo que servían como apoyo⁴⁰.

La creciente importancia que a partir del siglo XIX adquiere la fase de concepción previa en el proceso constructivo se expresa claramente en una declaración que hiciera el también ingeniero Griseldino Carvajal, constructor del puente de Sonso en 1904:

El estudio de un proyecto de puente es tanto más difícil cuanto mayores sean su importancia y su longitud. Ante todo, la elección del punto adecuado para sortear el río es cuestión capital tanto para el costo como para la estabilidad de la fábrica, porque dicho emplazamiento está relacionado con el régimen de la corriente, la facilidad para construir estribos y el trazado del camino en las inmediaciones. Así es que tal ubicación debe procurarse conciliar la solidez y duración con la utilidad y economía; lo cual vale decir que deben preceder trabajos de sondeo para adquirir certeza respecto de la incompresibilidad del terreno y espesor del lecho aluvial. En segundo término, el desagüe o anchura libre entre los estribos y pilas es un problema indeterminado de Hidráulica, cuya fijación es de absoluta necesidad supuesto que debe ser suficiente para debitar los mayores volúmenes de agua que puedan presentarse, sin que la velocidad de estas alcance el límite en el cual ataquen el fondo del río o produzcan excavaciones que comprometan la solidez del puente. Precisa, pues, el aforo de la corriente para averiguar el volumen que alcanza en altas, en bajas y en medias aguas, y recoger otros datos indispensables en negociados de esta naturaleza ...⁴¹

Y en un párrafo postrero del mismo documento, Carvajal deja en claro los nuevos valores que orientan el trabajo del ingeniero, aunque sin sacrificar el primado valor de la estabilidad:

Ahora, el principal objeto de la Ingeniería es hacer las construcciones más sencillas y baratas que sea posible ... En general, las consideraciones de economía deciden a escogencia de emplazamientos y clases de fábrica, siempre que no se comprometa con ello la solidez⁴².

En cuanto a las prácticas sociales hay que decir que el sistema aplicado por Cenón Caicedo implicaba una división técnica de los trabajos: albañiles a cargo de los estribos, mecánicos armadores al frente del ensamblaje de las piezas de hierro y carpinteros dedicados a la fabricación de los elementos de madera, eran segmentos laborales ahora diferenciados y con intervención puntual en períodos de tiempo diferentes sobre la obra, lo que en su época podía constituirse en una dificultad, sumada a la relativa escasez de materiales. Precisamente en el informe que el propio Caicedo escribió en 1889 dando cuenta del avance de los trabajos relativos al puente sobre el río Tuluá, se quejaba de ambos factores:

Es grande la escasez de buenos peones, así es que los pocos que hay trabajando apenas son regulares y su número no ha podido pasar de ocho diariamente, insuficientes para dar una organización definitiva a los trabajos.

Los materiales, útiles y herramientas que se necesitan se consiguen con dificultad, no habiendo en esta población ni hierro ni acero para la composición de estas⁴³.

Nótese la importancia que Caicedo asigna a la **organización definitiva de los trabajos** y aunque no hay documentación que permita afirmar que en los proyectos a su cargo existiera un método de programación de obras al menos parecido al actual sistema de barras, tampoco es difícil suponer su existencia.

En labores de esta naturaleza era difícil contar con mano de obra de presidio, lo que era una práctica habitual en la construcción de proyectos de obras públicas tanto en el Cauca como en toda la Nación, ya que se requería ahora de cierto grado de habilidad y experticia por parte de los obreros. Se prefería contar con personal asalariado, pagado a través de la figura del jornal, que se liquidaba de manera diaria o semanal. Los fondos provenían en muchas

ocasiones de la renta de Trabajo Personal Subsidiaria, un gravamen que se cobraba anualmente y que ha sido bien documentado por Valencia (1993: 98).

Económicamente, cada proyecto de construcción era entendido como una empresa contable y jurídicamente distinta de las demás: el punto de partida era el contrato, firmado y legalizado entre las partes, en el que se especificaba el sitio en donde se había de erigir el puente, el tipo de estructura, el plazo de entrega y un estimado del costo que podría variar en función de los inconvenientes que surgieran durante la marcha de los trabajos. Gracias a una disposición contenida en la ley 69 del 31 de octubre de 1874⁴⁴, el Estado Soberano del Cauca había determinado que la construcción de caminos, puentes y en general todo tipo de obras públicas, podía llevarse a cabo por el sistema de administración, **contrata general** (a precio global), **contrata parcial o privilegio**; en cualquier caso, el contratista debía garantizar la calidad de sus trabajos por espacio de 15 años. Sin embargo, cada vez se hizo más frecuente el sistema de administración delegada gracias al cual el dinero del anticipo se invertía en la compra de materiales y en el pago de jornales. Mes a mes se hacía una liquidación del valor de lo ejecutado y se desembolsaban pagos parciales al contratista. El acto final consistía en la ceremonia de la entrega de la obra ante dos o tres peritos que servían de testigos y que firmaban el acta de entrega, librando de compromisos y responsabilidades al contratista y su fiador.

Sin embargo, la falta de labores de mantenimiento de la estructura, ya en uso, era en ocasiones motivo de conflictos entre las autoridades y los ingenieros. Una interesante exposición a cargo de Rafael González Concha, constructor de los puentes de El Fraile y La Paila entre 1890 y 1895, expresaba lo siguiente en torno esta situación:

Creo que los contratos que se celebran con el Gobierno, por el hecho de ser bilaterales, caen bajo las mismas leyes que rigen los contratos celebrados entre particulares; es decir, que cada cual, persona ó entidad, contrae obligaciones y adquiere derechos que deben hacerse efectivos sin exigir ni más ni menos de lo estipulado, por más que una de las partes sea notoriamente más débil que la otra. El uno se compromete a construir una obra de cierta naturaleza, cuya forma, dimensiones, etc. se estipulan previamente. En efecto la construye, según su leal saber y entender y procurando ceñirse a lo pactado. Luego viene el

otro, examina la obra, se declara satisfecho, la paga y toma posesión de ella. Es evidente que desde ese momento cesa la responsabilidad del primero y comienza la del segundo, el cual como dueño que es, puede dejar perder la obra o poner los medios para conservarla. Cómo puede al cabo de tres años exigirle rotundamente responsabilidad por cualquier daño que suceda? Pruébalo primero que no cambió su compromiso, que empleó malos materiales, que no construyó bien, que los que examinaron y recibieron la obra estaban ciegos y cuando haya hecho todo eso, vea cuáles cláusulas del contrato le dan derecho para exigirle al contratista cualquier reparación o para hacerle algún cargo⁴⁵.

Todas estas prácticas se diferenciaban de manera radical de aquellas de los puentes de arco de ladrillo o de carpintería en donde cada proyecto se resolvía independientemente a partir de una concepción global y con respuestas artesanales acordes con las condiciones particulares del sitio. En ellas el maestro de obras asumía, a un precio global, la dirección integral de los trabajos y si bien dentro de ellos existían especialidades, a los ojos de un observador común sobre el edificio terminado era casi imposible diferenciar el ámbito de actuación de cada una de ellas.

Existe finalmente otro ámbito de importancia pero difícil de documentar: aquél relacionado con los aspectos éticos, es decir, relativos al componente normativo que orientaba las acciones del ingeniero heterogéneo que representa Cenón Caicedo. A diferencia de Cundinamarca o Antioquia, en el Cauca no existió durante el siglo XIX una institución educativa como la Universidad Nacional de Bogotá (a partir de 1868) o la Escuela Nacional de Minas de Medellín (fundada en 1887), encargadas de formar tanto en conocimientos técnicos como en valores a los nuevos ingenieros que demandaba la Nación. Sabemos que Caicedo se formó en el Colegio Santa Librada de Cali cuyos primeros años estuvieron orientados hacia un modelo de enseñanza lancasteriana en donde la memoria jugaba un papel importante como instrumento de conocimiento⁴⁶, pero si consideramos que su nacimiento está fechado en 1827, lo más probable es que su paso por el Colegio como estudiante⁴⁷ coincidiera con los años en que la reforma educativa de 1840 propició las cátedras de aritmética, álgebra y geometría elemental, entre otras, pero sobre todo, la educación hacia ciencias prácticas en busca del fomento de la industria y la riqueza nacional⁴⁸.

En su biografía cobra singular importancia el viaje que hiciera a los Estados Unidos entre 1877 y 1878⁴⁹, luego de trabajar a órdenes de Cisneros en la Compañía del Camino de Buenaventura⁵⁰, ya que es a su regreso cuando Caicedo inicia su labor como promotor y constructor de puentes de alambre, probablemente influenciado por el de Brooklyn que en 1877 veía cómo se realizaba el tendido de cables entre las torres. También pudo ser enriquecedor su contacto con los ingenieros que trabajaron para el mismo Cisneros en Colombia, entre los que sobresalieron John B. Dougherty, Denning J. Thayer y M.C. Conwell⁵¹. Junto a ellos es probable que Caicedo aprendiese a reconocer el valor de la eficacia, la eficiencia y a darle merecida importancia al nuevo espacio de posibilidades que abría la puesta en práctica de una innovación técnica, mucho más si esta estaba asociada a la búsqueda por resolver el problema de las vías de comunicación y en general, las condiciones de la región. El progreso material y el progreso moral eran entonces dos caras de una misma moneda. En palabras de su amigo Eustaquio Palacios:

Este es el tiempo más oportuno para promover la ejecución de algunas mejoras materiales, ya para dar ocupación a numerosos brazos que buscan trabajo y no lo encuentran; ya para dar una nueva dirección a las ideas; ya en fin, para sacar algunas ventajas de las recientes victorias obtenidas por el gobierno ...

La prosperidad del Cauca depende de las mejoras materiales. Ya nada tenemos que desear en materia de instituciones políticas: el país se ha dado la Constitución y las leyes que ha juzgado más en armonía con el carácter; las ideas y las necesidades de sus hijos ...⁵²

Caicedo también se daría a conocer en su tiempo por el hecho de ser quien importó a Cali las primeras máquinas de coser y de lavar; introdujo además el cultivo de *veraneras* y en sus tierras del barrio Santa Mónica dio inicio a la explotación de carbón mineral.

4. Conclusión

La figura y el legado de Cenón Caicedo nos brindan la posibilidad de pensar en torno a la del ingeniero – empresario que fue tan común en Colombia en las postrimerías del siglo XIX. Adaptando a él el término de *ingeniero heterogéneo*, una de las conclusiones que puede extraerse

de este análisis es que como tal, fue capaz de involucrar en su gestión a numerosos agentes sociales logrando que la **innovación** propuesta se convirtiera por sobre todo no en el resultado de la figura individual del **genio** si no en el producto de una acción colectiva. En efecto, los sistemas técnicos no solo **se dan en un contexto** sino que también ayudan en la creación misma de ese contexto.

Reconocemos que la técnica, entendida esta en su concepción más amplia, se encuentra fuertemente condicionada por una variedad de factores que no son siempre y estrictamente de naturaleza técnica. Muchas decisiones tomadas al interior de ella responden también a características propias de los agentes sociales que intervienen en su aplicación: prácticas tradicionales y habilidades, condiciones materiales, intereses específicos de un grupo social determinado, relaciones de poder, competencias o esquemas organizativos, configuran las expresiones finales de los sistemas de que hacen parte, es decir, de los artefactos, que en nuestro caso de análisis no son otra cosa que los puentes de alambre contruidos bajo la dirección del ingeniero – autodidacta.

La técnica, así entendida, se transforma entonces en una entidad de naturaleza compleja, de sentido bi – direccional, donde la labor del ingeniero es además de pragmática, una tarea que traduce cuestiones sociales a soluciones locales. Pero también parece más o menos claro que, al menos en el ámbito propio del **ingeniero** de construcciones civiles, existen principios no negociables, no reducibles, como el de la **estabilidad** y la **solidez** de las obras, puesto que en ellos se fundamenta la esencia de su profesión y de su oficio.

Para el caso particular de la historia de la técnica en la región del Cauca, es importante la construcción historiográfica de sus particularidades, sólo a partir de las cuales es posible visualizar el esquema de relaciones sociales en torno a ella. En Colombia, durante el siglo XIX, no se perfiló un modelo único y general ni de desarrollo tecnológico ni de formación de ideales en torno a la actividad técnica, sino que contrariamente, cada ámbito geográfico y/o político lo hizo desde una perspectiva más o menos autónoma. Por ejemplo, es difícil extender a la totalidad del territorio nacional las conclusiones que surgen de estudiar el proceso de formación y desarrollo técnico antioqueño, tan completa y profundamente estudiado en las últimas décadas. A través del caso que aquí se ha reseñado se

resaltan las condiciones relativas a las vías de comunicación a lo largo del valle del río Cauca, la necesidad de cruzar los ríos mediante estructuras durables y a través de procesos y estructuras organizacionales puestas a su servicio, en medio de las cuales se va formando la figura y el rol social del técnico, del **ingeniero**.

Agradecimientos:

Este artículo hace parte de una investigación mucho más amplia titulada **Técnica y poder: una historia de las obras públicas en el Valle del Cauca**, actualmente en curso, financiada por la Dirección de Investigaciones de la Sede Manizales de la Universidad Nacional de Colombia. El autor agradece también a esta dependencia la financiación de una pasantía de investigación en el Departamento de Filosofía de la Universidad de Salamanca, que hizo posible la redacción de buena parte de este artículo. ☞

Notas

- 1 Broncano (1997).
- 2 Una reseña biográfica de Caicedo, escrita por Manuel María Buenaventura, fue publicada en **Relator**, Cali, marzo 4 de 1954, p. 7. Este texto con seguridad sirvió de base para una nota publicada bajo el título “Cuando al fin llegó el progreso a Cali” en la revista **Despertar Vallecaucano**, Cali, No. 52, mayo / junio de 1980, p. sin numeración. Sobre las raíces genealógicas de la familia Caicedo y su papel como propietarios de tierras y dirigentes políticos de la región hoy comprendida por los departamentos de Valle y Cauca, a la que aquí llamaremos **Gran Cauca**, hay varias apreciaciones, sin embargo, no consideramos importante destacarlas para el enfoque que tiene este artículo.
- 3 **Relator**, Cali, marzo 4 de 1954, p. 7.
- 4 Caicedo aparece registrado como miembro de número de la Sociedad Colombiana de Ingenieros en listado publicado en **Anales de Ingeniería**, Bogotá, vol. IV, No. 37, agosto de 1890; p. 3.
- 5 **Anales de Ingeniería**, Bogotá, vol. XII, No. 140, noviembre de 1901; pp. 101 y 102
- 6 Se construyeron puentes de albañilería sobre los ríos Cali (1868), Buga (1874), Juanambú (1874 y 1893), Palacé (1874 y 1889), Ovejas (1877), Amaime (1878), Cofre (1889), Güengüé (1890), Aguasucia (1891), Fraile (1891), Mondomo (1891 y 1895), Nima (1891), Pescador (1891), Blanco (1891), Zabaletas (1891), Popurrinas (1891), La Paila

(1892), Piendamó (1892), La Bruja (1894), Sonso (1894) y El Cerrito (1898).

7 El legado técnico – constructivo del sacerdote italiano Serafín Barbetti ha sido poco estudiado. Para su biografía solo se cuenta con el artículo publicado por Sergio Arboleda en 1884: *Papel periódico ilustrado*, año III, No. 60, 1883-1884, pp. 182 y ss.

8 *ROC*, No. 266, marzo 9 de 1889.

9 *Papel periódico ilustrado*, Bogotá, vol. 4, No. 84, febrero 5 de 1885; p. 190.

10 No se tiene constancia del año en que Barbetti construyó el puente de madera sobre el río Palo, aunque este ya existía en 1878 cuando la obra fue reparada por Clemente Vergara. Ver *ROC*, No. 224, junio 7 de 1878.

11 *ROC*, No. 172, febrero 11 de 1882.

12 *ROC*, No. 241, abril 21 de 1883.

13 *ROC*, No. 250, junio 15 de 1883.

14 *ROC*, No. 276 de abril 6 de 1889. Palomino era profesor de matemáticas en un colegio de Palmira.

15 *ROC*, No. 243 de enero 20 de 1905.

16 Barbetti y Nanetti habían sido contratados en 1878 para construir un puente de arco de ladrillo sobre el río Amaime, en el camino que de Palmira conducía a Buga; sin embargo, el contrato fue rescindido de común acuerdo entre las partes dando pie a un litigio por indemnizaciones que se encuentra bien documentado en el Archivo Histórico de la Universidad del Cauca: *Índice de Manuscritos*, paquete 162, legajo 8, 1883.

17 Ver: *ROC*, No. 305 de diciembre 17 de 1891; *ROC*, No. 435 de septiembre 17 de 1892 y *Relator*, enero 11 de 1921.

18 Sabemos que en 1883, mediante Ordenanza 14 de enero 13 de ese año, expedida por la municipalidad de Tuluá, se dispuso la construcción de un puente colgante sobre el río Tuluá, *con estribos de aluminio y sostenido por vigas de madera y guadua*. Para asumir su costo, el municipio enajenó un lote de su propiedad en la vecina Andalucía al que sumó la cantidad de \$200 pesos *tomados del erario y el 10% de los recaudos*. De acuerdo con Paredes (1995), este puente sería reemplazado 44 años después por el que actualmente existe, hecho mediante un arco único de hormigón; en la foto publicada en su libro, el puente colgante no tiene cubierta, en tanto que en aquella que aparece en la revista *Cromos* (No. 11, marzo 25 de 1916; p. 173), se aprecia una cubierta a dos aguas sobre el tramo principal.

19 *ROC*, No. 270 de marzo 20 de 1889.

20 *ROC*, No. 1011, noviembre 10 de 1896.

21 La imagen de uno de estos dos puentes se encuentra en el No. 11 de la revista *Colombia Ilustrada*, Bogotá, marzo 15 de 1911; p. 169. Ella corresponde a un grabado hecho por Peregrino Riera del puente General Eliseo Payán sobre el río Amaime, del tipo colgante construido por Cenón Caicedo, pero sin especificar si se trata del aquél del camino de La Torre o del construido entre Palmira y Buga.

22 *ROC*, No. 127, octubre 23 de 1890.

23 *ROC*, sn, septiembre 4 de 1891.

24 *ROC*, No. 770, diciembre 22 de 1894.

25 Archivo General de la Nación: *Fondo Ministerio de Obras Públicas*, Mss., t. 1178, ff. 82-116.

26 *Ibid.*

27 Este puente fue recibido el 22 de julio de 1892 de acuerdo con el *ROC*, N° 167 y conforme al contrato celebrado para tal efecto el 13 de enero de 1891.

28 *Anales de Ingeniería*, Bogotá, vol. V, No. 57, abril de 1892; p. 277-278.

29 *Anales de Ingeniería*, Bogotá, vol. VI, No. 68, agosto de 1893; pp. 255 – 256.

30 “Puentes colgantes” en *La escuela normal: periódico oficial de instrucción pública*, Bogotá, tomo II, No. 44, noviembre 4 de 1871; pp. 703-704.

31 *ROC*, No. 179, agosto 18 de 1904.

32 *ROC*, No. 208, marzo 2 de 1878.

33 *ROC*, No. 738, noviembre 2 de 1894.

34 *ROC* No. 756, noviembre 7 de 1894.

35 *ROC*, No. 911, de enero 2 de 1896.

36 Como lo fueron Belisario Zamorano, Francisco Javier Cisneros, James Eder y su propio hermano Federico Caicedo.

37 Urrea & Mejía (1998).

38 El concepto de *ingeniería heterogénea* aparece acuñado por Law (1987).

39 Aibar & Quintanilla (2002: 75).

40 En 1875, la casa Watson C. de Peterson, N.J. (USA), fabricante de puentes de hierro, tenía un representante en los Estados Unidos de Colombia: Mirtiliano Sicard. Un listado de precios y dimensiones de las estructuras aparece publicado en el *ROC*, No. 88, marzo 13 de 1875.

41 *ROC*, No. 217, noviembre 12 de 1904.

42 *Ibid.*

- 43 *ROC*, No. 270 de marzo 20 de 1889.
 44 *ROC*, No. 19, diciembre 13 de 1874.
 45 *ROC*, No. 895, noviembre 22 de 1895.
 46 Claret (1996: 270).
 47 Caicedo ocuparía el cargo de Secretario del Colegio Santa Librada en 1879 siendo su rector Evaristo García.
 48 Claret (1996: 271).
 49 La nota biográfica escrita por Manuel María Buenaventura sitúa el viaje de Caicedo entre 1858 y 1859; sin embargo, en virtud de los cargos ocupados en Colombia, es mucho más probable que su estadía en Norteamérica coincidiera con el período 1877-78, lo cual se corrobora con el hecho de que durante esos años desaparece su nombre de las iniciativas empresariales asumidas por su socio Belisario Zamorano y su hermano Federico.
 50 Su cercanía a Francisco Javier Cisneros es corroborada en una informe de 1880 según el cual, el cubano asiste a Caicedo en el cálculo de un puente proyectado para el río La Vieja. Ver: *ROC*, No. 45, enero 17 de 1880. En él, Caicedo dice: *Estos datos (estructurales del puente) los llevó el señor Francisco J. Cisneros a Inglaterra, i después de hacer algunas modificaciones i reformas en ellas, en cuanto a su adopción, de acuerdo a la casa constructora, se ha despachado el puente ...*
 51 Mayor (1999: 48).
 52 *El ferrocarril*, Cali, no. 1, febrero 14 de 1878.



Bibliografía

Archivo General de la Nación: *Fondo Ministerio de Obras Públicas*.

Publicaciones periódicas consultadas:

- Anales de Ingeniería*, Bogotá, 1889 – 1974.
Cromos, Bogotá, 1916.
Despertar Vallecaucano, Cali, 1980.
El ferrocarril, Cali, 1878 – 1880, 1882-1885.
La escuela normal: periódico oficial de instrucción pública, Bogotá, 1871.
Papel periódico ilustrado, Bogotá, 1884 – 1885.
Registro Oficial del Cauca (ROC), Popayán, 1874 – 1904.
Relator, Cali, 1954.

Referencias bibliográficas:

- AIBAR, E., & QUINTANILLA, M.A.** (2002): *Cultura tecnológica*, Barcelona, I.C.E. Universidad de Barcelona.
BRONCANO, F. (1997): "Técnica y valores. El imperativo moral del ingeniero", en *Sociedad y utopía. Revista de Ciencias Sociales*, No. 9, marzo de 1997; pp. 255-275.
CLARET, A. (1996): "La educación en el Gran Cauca en el siglo XIX: el caso del Colegio Santa Librada", en Valencia, A. (Ed.): *Historia del Gran Cauca*, Universidad del Valle; pp. 269-274.
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.
LAW, J. (1987): "Technology and Heterogeneous Engineering: The Case of Portuguese Expansion", en Bijker, Hughes & Pinch (Eds.): *The Social Construction of Technological Systems*, Cambridge, The MIT Press; pp. 111-134.
MAYOR, A. (1999): *Francisco Javier Cisneros y el inicio de las comunicaciones modernas en Colombia*, Bogotá, Banco de la República & El Ancora Editores.
OBREGÓN, D. (1992): *Sociedades científicas en Colombia. La invención de una tradición. 1859-1936*, Bogotá, Banco de la República.
PAREDES, J. (1995): *Tuluá, ayer y hoy*, Tuluá, Litografía Industrial.
PICON, A. (1988): *Architectes et ingénieurs au siècle des lumières*, Marsella, Parenthèses.
POVEDA, G. (1993): *Ingeniería e historia de las técnicas*, vols. I y II, Bogotá, Colciencias.
SAFFORD, F. (1989): *El ideal de lo práctico. El desafío de formar una elite técnica y empresarial en Colombia*, Bogotá, Universidad Nacional & El Ancora Editores.
URREA, F. & Mejía, C. (1998): *Culturas empresariales e innovación en el Valle del Cauca*, en <http://sev.cuao.edu.co/mipymes/Documentos>
VALENCIA, A. (1993): *Empresarios y políticos en el Estado Soberano del Cauca (1860-1895)*, Cali, Universidad del Valle & Fondo de promoción de la investigación y la tecnología Banco de la República.
VÉRIN, H. (1993): *La gloire des ingénieurs. L'intelligence technique du XVI au XVIII siècle*, París, Albin Michel.