

TÉCNICAS, MODELOS Y TRANSFERENCIA EN LA INGENIERÍA DE PUENTES DE LA CUBA DECIMONÓNICA. 1800-1860

IGNACIO J. LÓPEZ HERNÁNDEZ¹

Universidad de Almería
ignajlh@ual.es

Resumen: El fomento de las obras públicas como recurso de desarrollo económico y comercial tiene en la Cuba decimonónica uno de sus ejemplos nacionales más destacados. En este proceso, la implementación de la tecnología de la era industrial introdujo en la isla nuevas referencias que tuvieron un impacto destacable en varios ámbitos constructivos. Este trabajo tiene como objetivo proyectar este análisis sobre la evolución de la ingeniería de puentes de los dos primeros tercios del siglo XIX. Mediante la documentación de varios proyectos, algunos inéditos, se identifican cuáles fueron sus modelos de referencia, sus vías de introducción y los canales de transferencia que tuvieron lugar a partir del contacto de ingenieros procedentes de varias escuelas y experiencias constructivas.

Palabras clave: Cuba / ingeniería / obras públicas / puentes / transferencia tecnológica.

TECHNIQUES, MODELS AND TECHNOLOGY TRANSFER IN BRIDGE ENGINEERING IN NINETEENTH-CENTURY CUBA. 1800-1860

Abstract: Public works were one of the main contributions to the commercial and economic development of nineteenth-century Cuba. The implementation of new technologies had a decisive impact, both direct and indirect, on a very wide range of building and infrastructures. This article aims to analyse this influence on the evolution of bridge engineering during the first two-thirds of the nineteenth century by classifying the reference models used in the different projects and their possible pathways. Finally, a channel of technology and knowledge transfer will be identified from the contact of numerous engineers that were trained on different nations, schools and experiences.

Key words: Bridges / Cuba / engineering / public works / technology transfer.

1. Introducción

El 4 de abril de 1794 se expedía en Madrid la Real Cédula de constitución del Consulado de Agricultura y Comercio de La Habana. Con ello tenía lugar un paso fundamental en la apertura comercial de Cuba, iniciada por Carlos III en 1778 con el Reglamento de Libre Comercio con el que se permitió la diversificación de puertos habilitados para comerciar a uno y otro lado del Atlántico. El nacimiento del Consulado de La Habana venía a consolidar las

bases de la Cuba agrícola y comercial, lo que resultaría clave para la reconversión de la isla en uno de los activos económicos más importantes del país. En este proceso jugó un papel básico la implementación de un plan de fomento de infraestructuras y obras públicas que acabaría llevando al anticuado y precario tejido agrícola a una dimensión productiva industrial. Con este fin, en la real cédula de constitución del Consulado se establecían sus funciones organizativa, reguladora y promotora de la producción agrícola cubana en su

* Fecha de recepción: 15 de octubre de 2019 / Fecha de aceptación: 15 de septiembre de 2020.

¹ Investigador del proyecto "Arquitecturas del Poder en el Caribe y el Sudeste Asiático. 1729-1764" (PGC2018-099323-B-I00) financiado por el Ministerio de Ciencia e Innovación.

doble faceta de Tribunal Mercantil y Junta Económica y de Gobierno.² Esta última tenía entre sus cometidos la introducción de los medios necesarios tanto para el desarrollo agrario como para la fácil circulación de los frutos entre las plantaciones y los puertos exportadores que se fueron poco a poco multiplicando por el litoral cubano.³ Sin embargo, las herramientas de esta Junta se limitaban al ámbito administrativo, careciendo de recursos facultativos para la puesta en marcha de proyectos concretos. Se ha podido demostrar cómo el Cuerpo de Ingenieros Militares se constituyó en este contexto como el principal apoyo de la Junta Económica del Consulado y, más particularmente, de la Real Junta de Fomento y de la Dirección de Obras Públicas, corporaciones que, con similares funciones, aunque con mayores recursos, se relevaban respectivamente en 1832 y 1854.⁴ Sin embargo, esta vinculación no se quedó en la simple colaboración por medio de comisiones eventuales para la proyección y dirección de las obras, sino que, contraviniendo las ordenanzas del cuerpo, muchos militares llegaron a formar parte de la organización administrativa del servicio de obras públicas de la isla al tiempo que desempeñaban sus empleos en el ejército.

A pesar de ello, no solo fueron militares los que se involucraron decisivamente en el desarrollo de las obras públicas de Cuba. Considerando la nula presencia en la isla del Cuerpo de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos durante los dos primeros tercios del XIX,⁵ los únicos ingenieros civiles activos fueron por lo general extranjeros venidos de Francia y los Estados Unidos. Su participación en las obras públicas de Cuba se inscribe como una interesante vía de penetración de modelos y técnicas procedentes de la teoría y experiencia de otras escuelas de ingeniería civil. En este sentido, cabe presuponer la existencia de un canal fluido de transmisión técnica y de conocimientos entre estos facultativos, unidos muchas veces en empresas constructivas comunes. Partiendo de esta premisa, el objetivo de este trabajo es definir e identi-

ficar esta vía de transferencia en la ingeniería de puentes en Cuba, ya fuera desde la influencia de la tratadística europea, la experiencia industrial de otros países o la experimentación con técnicas locales. Para ello se analizarán distintos proyectos de puentes, trabajos que se constituyen como una de las principales empresas constructivas y tecnológicas que tuvieron lugar en el siglo XIX cubano.⁶ Durante este periodo se registra una rápida evolución desde las estructuras primarias heredadas de los siglos precedentes a los nuevos modelos importados desde el exterior que culminará con la introducción del hierro como elemento revolucionario.

2. La generalización del puente de cantería: el modelo de Perronet

Uno de los principales factores que impedían el desarrollo agrícola y comercial cubano a principios del ochocientos estuvo relacionado con las dificultosas comunicaciones de la isla. Por lo general, los caminos y carreteras debían recorrer grandes distancias entre terrenos irregulares, húmedos y a veces selváticos que, en época de lluvias y con el desbordamiento de los ríos, se convertían en intransitables o incluso llegaban a desaparecer. Así, las corporaciones de obras públicas tuvieron como una de las prioridades de su servicio el mantenimiento y trazado de carreteras y caminos con los que vertebrar la comunicación de plantaciones, ingenios y puertos.⁷ Igualmente, a ello dio respuesta desde 1837 la introducción del ferrocarril que, de manera pionera en España e Iberoamérica, se constituyó en uno de los principales impulsores del despegue económico cubano.⁸ Complementariamente, el ferrocarril redundó en la actualización tecnológica de otros campos de la construcción que implicaron a sus mismos ingenieros, quienes importaron y adaptaron técnicas constructivas y modelos referenciales de escuelas de ingeniería europeas y norteamericanas. Donde quizá se manifieste este fenómeno más claramente sea en la proyección y construcción de puentes, activi-

² ARREGUI MARTÍNEZ-MOYA, Salvador, 1983, p. 43-44.

³ *Real Cédula*, 1794, p. 26-30.

⁴ LÓPEZ HERNÁNDEZ, Ignacio J., 2016, pp. 483-508; LÓPEZ HERNÁNDEZ, Ignacio J., 2018, p. 323-338.

⁵ SÁENZ RIDRUEJO, Fernando, 2009, p. 314.

⁶ Hasta la fecha son pocos los trabajos que han abordado la historia de las obras públicas en la isla de Cuba con carácter integral, debiéndose a Laorden y González Tascón las principales contribuciones. Véase GONZÁLEZ TASCÓN, Ignacio, 1992; LAORDEN, Carlos 2008; LAORDEN RAMOS, Carlos, 2012, p. 137-154. Para otros ejemplos del ámbito hispanoamericano, véase GÁMEZ CASADO, Manuel, 2018, p. 125-138.

⁷ *Memoria General de las Obras Publicas en la isla de Cuba. Comprende de 1795 a 1856*, Juan Campuzano, 1856, Biblioteca Nacional de España (BNE), Mss/13949, fols. 11r-19v.

⁸ Las dos monografías de referencia para el estudio del ferrocarril cubano son GARCÍA, Alejandro; ZANETTI, Oscar, 1998; y MOYANO BAZZANI, Eduardo, 1991.

dad que se vio incrementada durante estos años en el mismo contexto de la necesaria comunicación de la isla. A ello, además, se sumaba la dificultad que entrañaba su construcción en el clima tropical, en el que agentes como la humedad, la vegetación y las avenidas anuales de los ríos obligaban a la continua reconstrucción de estas estructuras. Por este motivo se puede rastrear un interesante debate en los diferentes expedientes que se abrieron para la promoción de estos proyectos en los que los ingenieros abordaron estos problemas con distintas soluciones, llegando a un balance entre las propuestas de autoridades de la ingeniería europea y su adaptación al contexto que las acogía.

Uno de los principales focos de este tipo de trabajos fue el territorio de Matanzas, donde se concitaron todos los condicionantes citados de manera significativa. Esta ciudad, fundada a finales del siglo XVII, mutó, en el lapso de treinta años, de un pequeño caserío apenas poblado a la segunda ciudad en importancia económica y cultural de Cuba. El estratégico posicionamiento de su puerto en el centro de un cinturón de plantaciones promovió su desarrollo a un ritmo acelerado, para lo que fue fundamental la contribución del colectivo de ingenieros que la dotaron de las necesarias infraestructuras.⁹ Más concretamente, la construcción de puentes tuvo un protagonismo destacado, al encontrarse tanto la ciudad como sus contornos surcados por numerosos ríos que fue necesario cruzar para el traslado de los productos, ya fuera para carreteras y caminos o para el ferrocarril de Matanzas, conocido como de la Sabanilla. La proliferación de nuevos proyectos de puentes durante el siglo XIX vino acompañada de una actualización técnica y tipológica de sus estructuras, que pasarán de los sencillos prototipos de tableros de madera sobre pilares o pies derechos con jabalcones,¹⁰ a los primeros arcos de madera o cantería que irán progresivamente complicándose.

Esta transición se advierte ya en el expediente para la construcción de un puente sobre el río Buey Vaca, levantado en el siglo XVIII para comunicar la fortificación del Morrillo con la ciudad. Aquí los ingenieros militares Rafael Figueras y Manuel Ubiña proyectaron en 1817 la reparación del puente reduciendo el número de pilas, aunque manteniendo

el tablero de madera habitual. En el transcurso de los trabajos, sobre la misma distribución de pilares y estribos, el ingeniero militar José Martínez acabó construyendo una calzada sobre dos macizas bóvedas.¹¹ Finalizado hacia 1819, este puente se convirtió en el primero con arcos de cantería de Matanzas y uno de los más antiguos de la isla junto al del río Yayabo en Sancti Spiritus (1817-1831). Sin embargo, pese a la novedad que suponía, no dejó de ser una estructura simple sin ningún tipo de innovación técnica ni tipológica. Una vez más, las primeras propuestas de este tipo habrían de llegar por introducción directa por parte de ingenieros civiles extranjeros. Uno de los más influyentes fue el francés Jules Sagebien, quien llegó a Cuba como asistente de obras de su compatriota arquitecto Esteban Best para construir la Aduana de Matanzas.¹² Sin embargo, sus trabajos en los puentes de la ciudad fueron su principal carta de presentación como eficaz ingeniero, llegando a conformar un rico catálogo de proyectos de los que destacan los destinados a salvar el cauce del río San Juan. Este suponía el último obstáculo para las grandes cargas que anualmente se transportaban para su embarque en el puerto de Matanzas. Aunque sus sesenta metros de ancho no constituían *a priori* una dificultad grave, la calidad inestable de su lecho comprometía constantemente la estabilidad del puente que aquí se levantaba. A ello se sumaban las grandes crecidas anuales que, en días de temporales, llegaban a cegar sus arcos, de modo que la presión del agua acababa arruinándolo. Esto obligó a su continua reparación y reconstrucción a lo largo del siglo XVIII y primer cuarto del XIX, por lo que los vecinos y el cabildo municipal plantearon al Consulado la sustitución completa de la antigua estructura, formada por cuatro pilas de cantería en las que asentaba una plataforma de madera. El objetivo principal era la disminución de los apoyos intermedios, solución no compatible con los modelos tradicionales, por lo que se hacía necesaria la introducción de estructuras en arco.

A ello responde un proyecto de puente de cantería presentado por Sagebien en 1826, del que se conserva la representación de su planta, corte y alzado en un plano firmado por el mismo ingeniero (fig. 1a).¹³ No obstante, los detalles sustanciales

⁹ LÓPEZ HERNÁNDEZ, Ignacio J., 2019; LÓPEZ HERNÁNDEZ, Ignacio J., 2018.

¹⁰ Para conocer acerca de los primeros puentes proyectados en la ciudad durante el siglo XVIII, véase MORALES, Alfredo J., 2013, p. 409-416.

¹¹ LÓPEZ HERNÁNDEZ, Ignacio J., 2019, p. 281-290.

¹² GARCÍA SANTANA, Alicia, 2011, p. 28-29.

¹³ *Puente de San Juan*, Jules Sagebien, 1826, Archivo Nacional de Cuba (ANC), Fondo de Mapas y Planos, M. 2146. El plano ya fue dado a conocer sin vinculación documental por GARCÍA SANTANA, Alicia, p. 119 y 123.

del proyecto se encuentran en una interesante memoria autógrafa que ha sido hallada en el Archivo Nacional de Cuba en el expediente de promoción de la obra.¹⁴ Se trataría de un puente de más de 72 metros y casi diez de ancho sobre cuatro bóvedas de cantería formadas entre tres anchos pilares y dos estribos. La gran novedad del proyecto radicaba en el complejo trazado de sus bóvedas, en las que se renunciaba a la tradicional proyección del arco de medio punto o ligeramente rebajado. En este caso Sagebien optó por bóvedas policéntricas resultantes de la intersección de dos arcos de secciones distintas que se encontrarían formando aristas:

La primera que forma arista con los frentes es una porción de círculo, cuyo radio es de 55 pies 8 pulgadas de longitud, y cuyo arranque empieza en las cornisas de los tajamares; y la que forma la segunda arista es su figura elíptica, y se compone de siete porciones de círculo, cuyos radios tienen diversa longitud, es decir, para las dos primeras partes, empezando por los arranques los radios tienen 9 pies, 6 pulgadas: para las dos partes que siguen a estas, los radios tienen 21 pies, 3 pulgadas: idem las otras dos tienen 29 pies y 6 pulgadas y la última debajo de la clave es de 55 pies, 8 pulgadas que es la misma de la curva principal del frente.¹⁵

Aunque Sagebien no cita referencia alguna en su memoria, se advierte claramente cómo este proyecto es un consecuente directo del modelo desarrollado por el ingeniero francés Jean-Rodolphe Perronet en puentes como el de Neuilly (1772), donde introdujo bóvedas como la descrita. Así, Perronet conseguía luces muy amplias mediante el uso de arcos escarzanos muy rebajados, dando como resultado estructuras más livianas y horizontales. Una segunda ventaja era la de poderse disminuir considerablemente la anchura de los pilares, con lo que se aumentaba al extremo las vías de desagüe del puente. Por último, el trazado policéntrico y las aristas de las bóvedas determinaban el llamado por Perronet "cuerno de vaca", un biselado de las boquillas de las dovelas formando

un ligero abocinamiento que permitía el encauce de las fuertes corrientes de las avenidas.¹⁶

Todas estas características aparecen sintetizadas por Sagebien en su proyecto para Matanzas, si bien a menor escala y con una relación de la luz de los arcos con respecto al ancho de los pilares mucho más humilde.¹⁷ Por ello, la propuesta de Sagebien no puede considerarse una simple copia de los principios constructivos de Perronet, que fueron adaptados aquí a la casuística particular que determinaba la construcción de este tipo de obras en el Caribe. De esta forma, por ejemplo, el ingeniero introdujo un sistema de canalización y desagüe que debía impedir la filtración en la argamasa de la constante humedad del clima tropical, para lo que, asimismo, la composición de aquella debía ser de polvo fino de ladrillo.¹⁸

Como resultado de los complejos trabajos que la obra precisaba, el presupuesto resultó excesivo, alcanzando la cifra de 132.900 pesos.¹⁹ A pesar de que el modelo de Perronet comportaba un considerable ahorro de piedra, las altas presiones, prácticamente horizontales, que se transmitían a los pilares obligaban al cimbrado de todas las bóvedas de manera simultánea, de modo que, al quitarse todos los andamios, la estructura se equilibraría de estribo a estribo. Por tanto, ya no sería posible la reutilización de las cimbras, obligando a la construcción de un costoso andamiaje. Además, la esteotomía de las bóvedas requeriría de operarios altamente cualificados. Así, el proyecto se acabó perdiendo entre otras propuestas diferentes, si bien, se erige como uno de los primeros de su naturaleza en España²⁰ y cabeza de serie de otros proyectos que redundaron en algunas de sus características.

Su consecuente más directo fue la propuesta de puente que el mismo Sagebien presentó a finales de 1827 para salvar el cauce del río Canímar, también en los límites de la comarca matancera (fig. 1b).²¹ Aquí, la separación entre las márgenes era

¹⁴ Descripción de las dimensiones y trabajo que hay que hacer para la fábrica de un puente de piedra en la embocadura del río de San Juan en la ciudad de Matanzas, Jules Sagebien, 5 de enero de 1827, ANC, Fondo Real Consulado y Junta de Fomento (FRCyJF), Leg. 126, Exp. 6235, Expediente sobre la construcción de cantería del puente de San Juan en Matanzas y formar otro de madera en el punto denominado carnicería.

¹⁵ Descripción de las dimensiones y trabajo..., doc. cit., ANC, FRCyJF, Leg. 126, Exp. 6235, Expediente sobre la construcción..., doc. cit.

¹⁶ LEÓN, Javier y BAUDER, Eve, 1999, p. 34-36.

¹⁷ Así, mientras la relación pila-arco de Neuilly es de 1/10, en el proyecto de Sagebien apenas se llega a 1/4.

¹⁸ Descripción de las dimensiones y trabajo..., doc. cit., ANC, FRCyJF, Leg. 126, Exp. 6235, Expediente sobre la construcción..., doc. cit.

¹⁹ Descripción de las dimensiones y trabajo..., doc. cit., ANC, FRCyJF, Leg. 126, Exp. 6235, Expediente sobre la construcción..., doc. cit.

²⁰ Véase FERNÁNDEZ TROYANO, Leonardo, 2017, pp. 81-94; y CRESPO DELGADO, Daniel, 2017, p. 51-62.

²¹ Segundo Proyecto del Puente de Canímar, Jules Sagebien, 1827, ANC, Fondo de Mapas y Planos, P. 4786.

mucho mayor que en el río San Juan, superando los cien metros de extensión, dificultad que se sumaba al gran desnivel del terreno. Para ello, el ingeniero recurrió a un puente de cinco ojos de proporción desigual. Los dos extremos, cuyos pilares asentarían en la misma orilla, trazarían sendos cañones de medio punto sin ningún rebaje. Por su masa y composición, su función estructural en realidad sería la de dos estribos horadados a través de los que sería posible el desagüe durante las crecidas. Entre ambos estribos se abrirían bóvedas de dieciocho metros de luz con un rebaje de apenas 75 grados de circunferencia. Su aspecto ligero se acentuaba con el uso de esbeltos pilares de diez metros de altura por solo cuatro de anchura en su base. Esto, lejos de despertar el interés del Consulado, suscitó recelos entre el conde de Mopox y el síndico del consulado José Pizarro, comisionados para evaluar el proyecto, quienes lo consideraron excesivamente arriesgado.²² En su lugar fue escogida la propuesta del también francés Arsène Lacarrière-Latour, quien presentó un puente de cantería de tres arcos de distinta apertura: quince metros para los dos extremos y veinticinco para el central (fig. 1c).²³ Al contrario que Sagebien, Lacarrière-Latour dotó de gran robustez a toda la estructura, ensanchando los pilares y macizando los arcos, si bien, proponía abrir ojos de buey en las albanegas para aligerar la construcción y rebajar la presión del agua durante las avenidas. Estas horadaciones, sin embargo, no llegaban a mermar el carácter recio de la obra al acudir al uso de arcos con poco rebaje, lo que permitía bajar la altura de los pilares. Así ya no se advierte como referente el modelo introducido por Perronet, si bien la apertura desigual de los arcos impediría la reutilización de las cimbras. Finalmente, a los proyectos de los dos franceses se agregó con posterioridad la propuesta del ingeniero español Nicolás Campos de simplificar el diseño de Lacarrière-Latour, con lo que se permitiría usar una sola cercha y ahorrar en madera, siguiendo la experiencia del puente de Molins de Rei,²⁴ influido seguramente por la traducción de Sánchez Taramas del tratado de Muller.²⁵

²² Informe del conde de Mopox y Jaruco y el síndico José Pizarro, 15 de abril de 1828, ANC, FRCyJF, Leg. 125, Exp. 6213, Expediente promovido por los vecinos del Limonar jurisdicción de Matanzas solicitando la construcción de un puente en el Paso Real del río Canimar.

²³ *Elevación de un puente proyectado en el río Canimar*, Arsène Lacarrière-Latour, 1828, ANC, Fondo de Mapas y Planos, P. 2148.

²⁴ Nicolás Campos al presidente de la Junta Económica del Consulado, 18 de febrero de 1829, ANC, FRCyJF, Leg. 125, Exp. 6213, Expediente promovido..., doc. cit.

²⁵ MULLER, John, 1769, Vol. II, p. 74-82.

²⁶ Nicolás Campos al presidente de la Junta Económica del Consulado, 18 de febrero de 1829, ANC, FRCyJF, Leg. 125, Exp. 6213, Expediente promovido..., doc. cit.

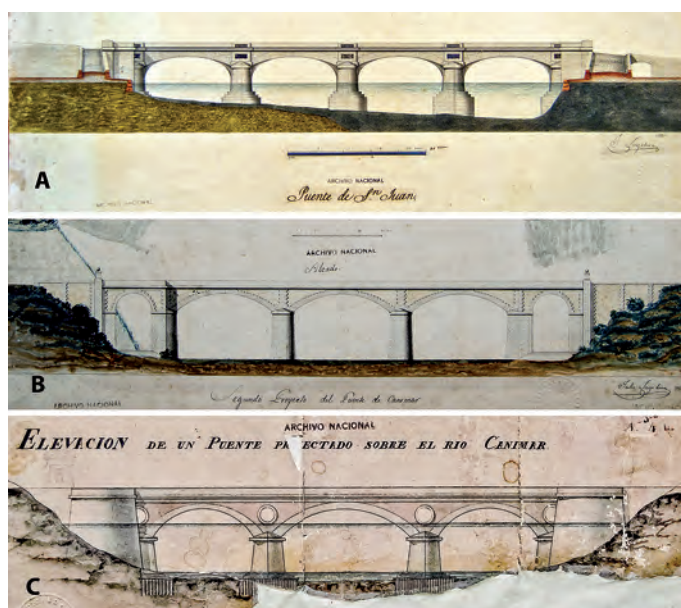


Fig. 1. a) *Puente de San Juan*, Jules Sagebien, 1826, Archivo Nacional de Cuba (ANC), Fondo de Mapas y Planos, M. 2146 (detalle); b) *Segundo Proyecto del Puente de Canimar*, Jules Sagebien, 1827, ANC, Fondo de Mapas y Planos, P. 4786 (detalle); c) *Elevación de un puente proyectado en el río Canimar*, Arsène Lacarrière-Latour, 1828, ANC, Fondo de Mapas y Planos, P. 2148 (detalle).

Ninguno de los proyectos se acabó construyendo, si bien, la presencia de Campos junto a la de los franceses permite sondear un interesante debate técnico, resultado del enfrentamiento por la adjudicación del proyecto. Campos fue el más crítico con la elección de la comisión, tachando el diseño de Lacarrière-Latour de arbitrario en sus proporciones. También, creyó innecesarios los óculos entre las albanegas, pues "solo podrían servir para facilitar el paso de las mayores avenidas cuando no se pudiese cumplir con la regla de que aquella no escedan del arranque de los arcos. Además, ese motivo haría el puente mucho más caro que macizarlo. Igualmente, ese tipo de arcos usados, hacen que sea más dispendioso el andamiaje".²⁶ Lacarrière-Latour responderá a Campos con una memoria

complementaria en la que recurría a autoridades para la justificación de todos los elementos que integraban su proyecto. De esta forma, el francés acudió a modelos de pilas y estribos diseñados por Émiland Gauthey con los que se reducía la presión de la corriente previniendo la formación de "contracorriente o remolinos".²⁷ En cuanto a la formación de las bóvedas, Lacarrière-Latour negaba la ventaja de construirlas siguiendo el trazado policéntrico propuesto por Sagebien en el río San Juan. Su principal innovación permitía aligerar las pilas y los estribos, si bien, al tratarse de una obra ceñida entre dos colinas de poca estabilidad, se obligaría en todos los casos a rellenar y macizar los estribos mediante la construcción de amplios aletones. De esta manera, desaprovechada la principal ventaja de estos puentes, en nada convendría aplicar una compleja estereotomía. Así lo testimoniaban los principales puentes construidos y estudiados por el mismo Gauthey, Lamandé e incluso por el propio Perronet, quien prescindía de sus propias innovaciones en aquellas estructuras que no las requerían. Igualmente, los ojos de buey de las albanegas no solo aliviaban la presión de las avenidas, sino que, mediante el uso de canalizaciones, se usarían para desaguar por ellos la humedad filtrada por la calzada en el extradós de la bóveda.²⁸ Por último, siguiendo el precedente del puente de Burdeos sobre el río Garona, construido apenas diez años antes, Lacarrière-Latour propuso emplear técnica mixta de piedra y ladrillo a fin de aliviar tanto el peso de la estructura como el presupuesto final de la obra.

Aunque el Consulado ratificó la elección del proyecto de Lacarrière-Latour, Sagebien consiguió hacerse con la contrata en calidad de constructor por un precio de 157.470 pesos. Numerosos problemas de financiación, que debía contar con la aportación de varios hacendados con plantaciones limítrofes, acabaron lastrando el proyecto.²⁹ Los inconvenientes de la comunicación de Matanzas a través del río Canimar comenzaron a ser de gravedad para los intereses de la ciudad, pues muchos de los hacendados decidieron transportar sus pro-

ductos al naciente puerto competidor de Cárdenas. Ante esto, hacia 1841 nuevas voces se alzaron pidiendo la construcción definitiva de un puente. Por entonces ya se encontraba en funcionamiento la Real Junta de Fomento y en ella integrada de manera activa los facultativos del Cuerpo de Ingenieros Militares, quienes poco a poco fueron imponiéndose a los ingenieros civiles extranjeros en la proyección de este tipo de obras. Así, para el nuevo proyecto se comisionará al militar Juan María Muñoz, quien propuso un puente de cinco arcos de quince metros de luz cada uno. Toda la estructura sería de piedra, si bien, mientras que para revestimientos se usaría cantería limpia, el interior se rellenaría de mampostería. Otra vez se acudía al prototipo de Perronet de arcos rebajados, aunque sin sobrepasar en exceso la relación entre el grosor de las pilas y la abertura de las bóvedas, siendo algo mayor (1/4,5) que la propuesta de Sagebien para el río San Juan. Por ello, de nuevo la obra obligaría a cimbrar toda la estructura al mismo tiempo.³⁰ De la misma forma, para la cimentación de los pilares se sustituiría el sistema de pilotaje por el de hundir zapatas en el mismo lecho, obligando igualmente a abrir cuatro malecones en la corriente del río.³¹ Aunque en las memorias localizadas no se hallan referencias directas a posibles influencias, se puede vincular la idea con algunos de los modelos de los *Études relatives à l'art des constructions* de Louis Bruyère, texto del que se tiene constancia de su continua utilización por ingenieros de la Subinspección de La Habana.³²

El proyecto corrió la misma suerte que los anteriores, aun cuando por entonces ya se habían sentado las bases para la definitiva introducción de este modelo de puentes. Así, por ejemplo, en 1837 se construyó sobre el río Almendares un puente para el paso del Ferrocarril de Güines en el que se halla el uso de una bóveda de arco rebajado, aun cuando se trató de una obra mucho más sencilla de un único vano entre estribos.³³ Sin embargo, será de nuevo en Matanzas donde se localice el consecuente más directo de la ingeniería de puentes

²⁷ GAUTHEY, Émiland, 1813, pp. 349-366.

²⁸ *Explicaciones para la mejor inteligencia de mi proyecto n. 4 bis*, Arsène Lacarrière-Latour, 27 de junio 1829, ANC, FRCyJF, Leg. 125, Exp. 6213, *Expediente promovido...*, doc. cit.

²⁹ LÓPEZ HERNÁNDEZ, Ignacio J., 2019, p. 296-307.

³⁰ *Planos, Vistas y Perfiles del proyecto de un puente de cantería para el paso del río Canimar a la inmediación del Tumbadero*, Juan María Muñoz, 18 de marzo de 1844, ANC, Fondo de Mapas y Planos, P. 4806.

³¹ Memoria para la construcción de un puente de cantería para el paso del río Canimar a la inmediación del Tumbadero, Juan María Muñoz, 18 de marzo de 1844, ANC, FRCyJF, Leg. 159, Exp. 7756, *Expediente promovido por los vecinos del Limonar jurisdicción de Matanzas solicitando la construcción de un puente en el Paso Real del río Canimar*.

³² BRUYERE, Louis, 1823, p. 16.

³³ GONZÁLEZ TASCÓN, Ignacio, 1992, p. 653.

de Perronet, precisamente en la obra que habría de sustituir definitivamente el antiguo puente de la desembocadura del río San Juan para el que Sagebien formó su proyecto. Se trata del puente de Bailén, construido por el ingeniero militar Carlos Benítez en 1849,³⁴ en el que, sin llegar a implementar las novedades de las bóvedas escarzanas policéntricas, introdujo el modelo y técnicas del ingeniero civil francés (fig. 2).³⁵ El resultado fue una obra completamente de cantería de solo tres arcos abiertos entre dos pilas y dos estribos, con los que se reducía en un apoyo la primera idea de Sagebien. Ello conllevaba la construcción de amplias bóvedas muy rebajadas de 17,4 metros de luz por solo 2,5 de sagita. A la extensión de estas bóvedas se unía la estrechez de las pilas, determinando una proporción de 1/7 frente a la citada de 1/4 del proyecto de Sagebien, aunque aún lejos del 1/10 del puente de Neuilly.³⁶ Ello implicaba el andamiaje de la estructura al completo con la colocación simultánea de tres cimbras de las que se conserva su diseño original firmado por Benítez.³⁷ La correspondencia de este puente con los desarrollados por Perronet es confirmada por el mismo ingeniero en una memoria conservada en la Biblioteca Central Militar de Madrid.³⁸ Así, Benítez manifiesta haber tenido presente "la magnífica obra de Perronet sobre puentes", posiblemente aludiendo a una recopilación de varias de las memorias del ingeniero francés editada en 1788 bajo el título de *Description des projets et de la construction des Ponts de Neuilli, de Mantès, d'Orléans, de Louis XVI, etc.*³⁹ Por su parte, para el estudio de cálculos y materiales, Benítez tuvo presente la *Teoría mecánica de las construcciones* de Celestino del Piélagó, un texto recopilatorio de los principales teóricos europeos que fue escrito en 1837 como manual para los alumnos de la Academia Especial del Cuerpo.⁴⁰ Benítez igualmente apunta cómo contó con la ayuda del subinspector de ingenieros Mariano Carrillo de Albornoz, quien le facilitó algunos de estos escritos.

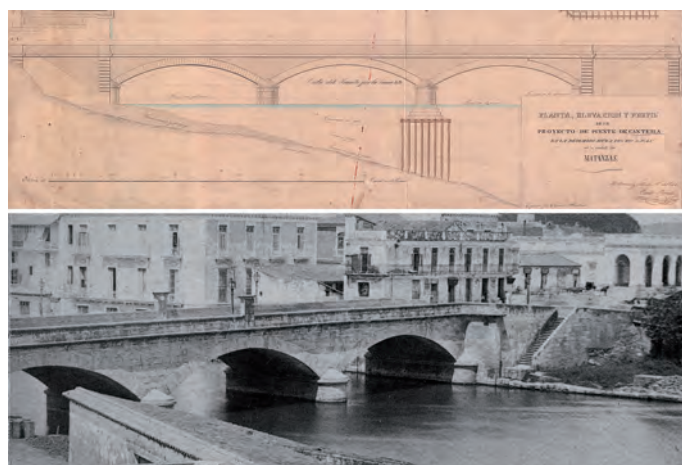


Fig. 2. *Planta, Elevación y Perfil de un Proyecto de Puente de Cantería en la desembocadura del Río San Juan en la ciudad de Matanzas*, AGMM, Cartoteca, CUB-45/13 (detalle); Fotografía del Puente de Bailén. Antes de 1870.

No es anecdótica en este sentido la referencia a Carrillo, pues en su figura ha de reconocerse otra vía de actualización técnica y tecnológica de la arquitectura e ingeniería cubana de estos años. A Carrillo se le debe la introducción de numerosos escritos europeos sobre teoría y técnica de la construcción que llegó a difundir en forma de traducciones ya fueran manuscritas o editadas, siempre con añadidos críticos y memorias propias. Así, debió ser fundamental la traducción del *Arte para levantar los planos* de Dupain de Montesson, cuya copia manuscrita conservada en la Biblioteca Central Militar de Madrid procede del Depósito Cartográfico de la Subinspección de La Habana.⁴¹ No es de extrañar por tanto el incremento que experimentó la formación de planos que, en varias copias, se conservan hoy en los archivos militares españoles.

³⁴ Véase LÓPEZ HERNÁNDEZ, Ignacio J., 2014, p. 301-313.

³⁵ *Planta, Elevación y Perfil de un Proyecto de Puente de Cantería en la desembocadura del Río San Juan en la ciudad de Matanzas*, Archivo General Militar de Madrid (AGMM), Cartoteca, CUB-45/13.

³⁶ Sin Título (proyección geométrica del arco de la bóveda), AGMM, Cartoteca, CUB-45/19.

³⁷ *Vista de la Cimbra*, Carlos Benítez, 1844, AGMM, Cartoteca, CUB-98/06; *Vista y Corte de una de las cimbras empleada en la construcción de los arcos*, AGMM, Cartoteca, CUB-175/16.

³⁸ Biblioteca Central Militar (BCM), MS-1254, *Proyectos Formados y Trabajos hechos en la construcción del puente de sillería llamado de Bailén sobre el río San Juan en la ciudad de Matanzas por el Coronel Graduado Comandante del Real Cuerpo de Ingenieros D. Carlos Benítez*.

³⁹ PERRONET, Jean-Rodolphe, 1788. Véase también la edición crítica y traducida de estas memorias a cargo de Antonio de las Casas Gómez y Esperanza González Redondo: PERRONET, Jean-Rodolphe, 2005.

⁴⁰ PIÉLAGO, Celestino del, 1837.

⁴¹ DUPAIN DE MONTESSON, Louis Charles. *Arte para levantar los planos: aplicado a todo lo que tiene relación a la guerra, a la navegación y a la arquitectura civil y rural*. Traducción manuscrita de Mariano Carrillo. Véase GUTIÉRREZ, Ramón; ESTERAS, Cristina, 1993, p. 377. Véase también MORALES, Alfredo J., 2014, p. 100-109.

Otra aportación importante fue la traducción del tratado de John Millington *Elementos de Arquitectura*. En el prólogo, Carrillo motiva la necesidad de este tipo de traducciones para el adelanto de la ingeniería, comenzando por tratados como el de Millington, que, aunque algo parcial, permitía reunir “los principios mas esenciales del arte de construir, y los presentan despojados de teorías abstractas y de cálculos prolijos y complicados [...] En esta persuasión he creído que no dejaría de ser de alguna utilidad el darla á conocer en España”.⁴² Específicamente, el texto otorga cierto protagonismo a las diferentes técnicas y modelos constructivos de puentes, proveyendo de claves fundamentales en base a ejemplos y experiencias reales de autoridades como Perronet, Rondelet, Gauthey, Tredgold o Mylne.

El grado de actualización teórica alcanzado por los oficiales ingenieros de la Subinspección durante estos años comenzará a tener de manera coetánea una aplicación práctica a una escala no vista hasta entonces. Quizá el puente de Bailén de Benítez sea el mejor ejemplo del éxito de la labor pedagógica de Carrillo, con quien se tiene constancia de una relación tanto profesional como personal fluida.⁴³ Otro ingeniero militar fundamental para las obras de la isla durante los años centrales del ochocientos fue el coronel Francisco de Albear.⁴⁴ Célebre por ser el autor del Canal del Vento, una de las empresas de ingeniería más ambiciosas de la España decimonónica, también se ocupó de la proyección de varios puentes de piedra en calidad de ingeniero director de obras de la Junta de Fomento. Entre todos ellos, el mismo ingeniero destacó la importancia del puente Diego Velázquez, construido en la población de Puentes Grandes para salvar el arroyo Mordazo, en un estrecho punto donde cada año sus potentes avenidas arrasaban pequeños pasos de madera. A pesar de tratarse de un puente de un solo arco sobre estribos, su abertura alcanzaba los veinte metros, lo que la convertía en la mayor bóveda de toda la isla.⁴⁵

Hoy desaparecido, ahora es posible conocer su aspecto final con el hallazgo del plano original del proyecto firmado por el propio Albear y conservado en la Cartoteca del Archivo General Militar de Madrid (fig. 3a).⁴⁶ En él se advierte cómo, para la necesaria amplitud de su luz, Albear recurrió a un arco carpanel –y por tanto policéntrico– cuyas impostas se hallan al mismo nivel de las crecidas anuales de la corriente. El diseño, sin embargo, se adaptaba a las avenidas extraordinarias registradas durante el paso de huracanes, a lo que contribuía la horizontalidad de la estructura. Aun así, en tales ocasiones los estribos absorberían grandes presiones de la corriente, para lo que Albear los embutió en la roca de la colina y profundizó su cimentación más de dos metros. La obra seguía tipológicamente otra construida por Juan María Muñoz en 1843 sobre el arroyo Pontón, en la calzada de la Infanta María Luisa Fernanda. En aquella ocasión Muñoz construyó una bóveda de ladrillo mediante la proyección de un arco escarzano muy rebajado entre dos macizos estribos (fig. 3b). Pese a que se trató de unos de los arcos de menor sagita de los construidos en la isla, el tramo a salvar era la mitad del anterior.⁴⁷

A pesar de la innovación técnica que supusieron estas obras, no se presentaron las complicaciones propias de aquellas en las que se hacían necesarias pilas interpuestas en la corriente. Esta particularidad sí se daría en los dos restantes puentes de cantería construidos por Albear, el de las Casas en la cañada del Arroyo Arenas y el de Alcoy sobre el río Luyanó. En el caso del primero, la cañada, seca en su mayoría durante la mayor parte del año, permitió que los trabajos de cimentación de las pilas y la construcción de las cimbras no fueran costosos (fig. 3c).⁴⁸ Igualmente, a pesar de la poca anchura de las pilas –apenas dos metros y medio– el escaso rebaje de sus arcos de once metros de luz hizo que las obras se concluyeran en 1849 tras catorce meses de trabajos sin apenas complicaciones.⁴⁹ Caso contrario fue el puente de Alcoy, construido entre

⁴² MILLINGTON, John, 1848, p. III-IV.

⁴³ LÓPEZ HERNÁNDEZ, Ignacio J., 2019, p. 266 y 465-466.

⁴⁴ GARCÍA BLANCO, Rolando, 2007.

⁴⁵ *Puente de Diego Velázquez*, 1850, Archivo Histórico Nacional (AHN), Ultramar, 31, Exp. 17, *Memoria del Teniente Coronel Comandante de Yngenieros D. Francisco Alvear encargado de las obras de la Junta de Fomento*, 5 de noviembre de 1850.

⁴⁶ *Puente de Diego Velazquez*, Francisco de Albear, octubre de 1848, AGMM, CUB-41/13. Existe copia del plano en CUB-43/20.

⁴⁷ *Vistas y perfiles del puente construido sobre el Arroyo Ponton en la Calzada de la Ynfanta Da. Maria Luisa Fernanda*, Juan María Muñoz, 1843, AGMM, Cartoteca, CUB-174/3.

⁴⁸ *Vista del puente de las Casas, construido en la cañada de Arroyo-arenas*, 1853 (copia), AGMM, CUB-98/12; *Puente de las Casas*, 1853 (copia), AGMM, CUB-98/13 y CUB-98/14.

⁴⁹ *Puente de las Casas, Memoria del Teniente Coronel Comandante de Yngenieros D. Francisco Alvear...*, doc. cit., 1850, AHN, Ultramar, 31, Exp. 17.

1848 y 1851 en el río Luyanó.⁵⁰ La demora en su construcción no fue sin embargo debida a problemas técnicos, sino que se derivaron de los altos precios a los que fue vendida la piedra del puente, según Albear por la negligencia de los funcionarios de la Junta que se aprovecharon de la ejecución de las obras con cargo a la Administración y no mediante otorgamiento de una contrata.⁵¹ Aunque no se ha podido localizar plano del proyecto, Albear describió un puente de tres arcos “muy rebajados, estensos y sobre pilas delgadas, que escigen piedras muchos mas grandes y escogidas que otros mas chicos y fáciles”.⁵² Hoy desaparecido, esta somera descripción permite relacionarlo con algunas fotografías que muestran un puente con tres arcos carpaneles de traza similar al de Diego Velázquez, aunque de menor luz. No obstante, la amplitud de sus bóvedas y la complejidad de su traza lo definen, junto al de Benítez en Matanzas, como una de las principales derivaciones del modelo de Perronet en la Cuba decimonónica.

3. Puentes de madera: entre la introducción del arco y la evolución de estructuras adinteladas

Los puentes de cantería representaron una pequeña parte de este tipo de obras en Cuba frente a los de madera. Ello, sin embargo, no se fundamenta en una simple consideración económica, sino que fueron obras que se adaptaron eficazmente a la tradición constructiva local y a los materiales disponibles. En este sentido el propio Albear privilegió este tipo de puentes sobre los de cantería:

Abundan en la Ysla de Cuba escelentes maderas duras propias para puentes, al paso que no solo la buena piedra, sino los buenos operarios para sillería escasean muchísimo. Nunca pueden compararse los puentes de madera con los de piedra en merito y conveniencia, y sobre todo en belleza y su duración, pero el costo de las dos clases es muy diferente; y así prescindiendo de casos especiales en que este indicada la preferencia de la uno a de la otra clase, parece que por regla general, deben preferirse los puentes de madera como parte del sistema de comunicación esencialmente economico que es de necesidad establecer en la Ysla de Cuba.⁵³

A los motivos económicos se unía cada vez con mayor fuerza la consideración de las maderas tro-

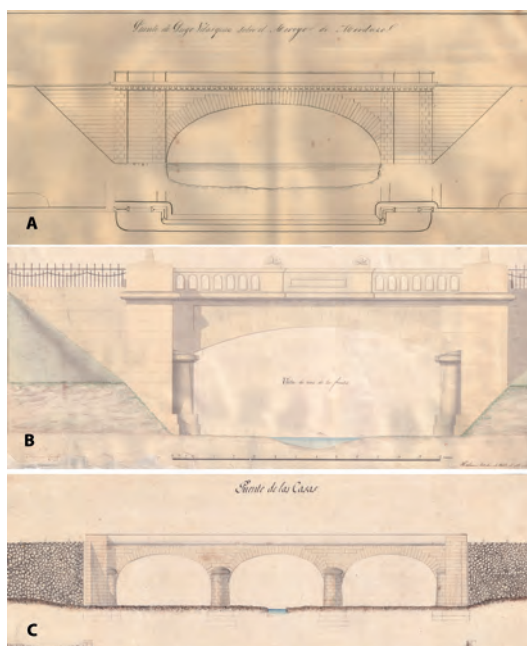


Fig. 3. a) *Puente de Diego Velázquez*, Francisco de Albear, octubre de 1848, AGMM, CUB-41/13 (detalle); b) *Vistas y perfiles del puente construido sobre el Arroyo Ponton en la Calzada de la Ynfanta Da. Maria Luisa Fernanda*, Juan María Muñoz, 1843, AGMM, Cartoteca, CUB-174/3 (detalle); c) *Vista del puente de las Casas, construido en la cañada de Arroyo-arenas*, 1853, AGMM, CUB-98/12 (detalle).

picales como recurso de valor añadido a la técnica constructiva de puentes y otras estructuras. De ello mismo se deriva el libro del coronel de ingenieros Nicolás Valdés publicado años después por el Memorial de Ingenieros bajo el título *Maderas de las Islas de Cuba y Santo Domingo. Espresiones experimentales de sus resistencias en todos sentidos*. La imprenta del Memorial de Ingenieros y más particularmente la publicación seriada homónima, constituían una herramienta fundamental del Cuerpo para la transmisión y transferencia de las principales innovaciones técnicas y tecnológicas alcanzadas alrededor del mundo. En este sentido, la publicación de Valdés tiene el valor de presentar avances y resultados en la dirección inversa a la que se daba tradicionalmente. Si como se ha mostrado, Cuba se nutrió durante estos años de los avances de la in-

⁵⁰ *Memoria General de las Obras...*, doc. cit., BNE, Mss/13949, fols. 18v-19r.

⁵¹ *Puente del Conde de Alcoy*, 1850, AHN, Ultramar, 31, Exp. 17, *Memoria del Teniente Coronel Comandante de Yngenieros D. Francisco Alvear...*, doc. cit.

⁵² *Puente del Conde de Alcoy*, 1850, AHN, Ultramar, 31, Exp. 17, *Memoria del Teniente Coronel Comandante de Yngenieros D. Francisco Alvear...*, doc. cit.

⁵³ *Puentes*, 1850, AHN, Ultramar, 31, Exp. 17, *Memoria del Teniente Coronel Comandante de Yngenieros D. Francisco Alvear...*, doc. cit.

geniería logrados en contexto europeo y norteamericano, trabajos como los de Valdés evidencian el interés y utilidad de aplicar y adaptar para contextos concretos técnicas y materiales locales y tradicionales. Sin embargo, el enfoque de Valdés era técnico y científico, desglosando, solo después de pruebas de resistencia, las propiedades y aplicabilidad de cada una de las maderas. De esta forma destaca particularmente para la construcción de puentes algunas como el sabcú, el caimoní, la jocuma, la maboa blanca y especialmente el quiebrahacha, "difícil de trabajar, pero muy resistente y la mejor madera para obras hidráulicas, pues se petrifica debajo del agua".⁵⁴

Aunque con Valdés adquiere una dimensión científica, la construcción de puentes con estas maderas tenía por entonces larga tradición en Cuba. Como ya se ha citado, se trataron casi siempre de estructuras sencillas de tableros apoyados sobre pies derechos o pilas de cantería y reforzados por jabalcones. Sin embargo, las particularidades de estas maderas permitieron experimentar con la necesaria separación de los apoyos para así evitar que sus vanos se cegaran durante las avenidas. Uno de los primeros intentos se debió al ingeniero militar Anastasio de Arango, a quien se comisionó para trazar un nuevo puente en la desembocadura del río San Juan en Matanzas. En su propuesta, Arango eliminaba dos de los cuatro antiguos pilares y colocaba una estructura de pilotes entre uno de los estribos y la siguiente pila, dando lugar a dos amplios tramos de unos dieciocho metros de luz cada uno.⁵⁵ Ello se conseguía mediante el ensamblaje a diente de sierra de maderos de sabcú, ácana o jocuma con lo que se reforzaba la resistencia de la estructura de las madres o vigas que soportarían la plataforma.

Al proyecto de Arango, nunca realizado, le siguieron otras muchas propuestas menos ambiciosas de recomposición del puente hasta la definitiva construcción del de Bailén. No obstante, consideraciones como las de Albear en torno a la fiabilidad y

conveniencia del uso de madera para los puentes de la isla, persuadieron a la Junta para solicitar a Benítez una propuesta alternativa para construirlo con maderas como la ácana, "más durable que el hierro".⁵⁶ El resultado fue un diseño en el que se mantenía la estructuración de pilas y estribos del proyecto inicial de cantería, si bien se sustituían las bóvedas rebajadas por "falsos" arcos de madera, formados por ocho de los lados de un polígono regular de 41 –tetracontakaihenágono– (fig. 4a).⁵⁷ Ello evitaba el corte curvo de la madera, lo que impedía su flexión y la deformación del arco. Además, las piezas que configurarían la estructura serían más fáciles de cortar y sin desperdicio de material como sí ocurriría en la talla de las secciones del arco de madera a modo de grandes dovelas.⁵⁸ La referencia de este proyecto de nuevo volvía a modelos de ingeniería de puentes franceses. En concreto, Benítez tomaba ejemplos e indicaciones de los puentes de madera estudiados por Louis Bruyère en sus *Études relatives à l'art des constructions* y más concretamente del diseño de la figura seis, que llega a copiar con exactitud (fig. 4b).⁵⁹

Sin embargo, este modelo no era del todo novedoso en Cuba por aquellos años. Se fundamentaba en el éxito de una experiencia que, sobre la misma base, tuvo lugar, con mayor virtuosismo en la construcción del puente de San Luis o de la Carnicería, en otro enclave del mismo río San Juan. El origen de esta obra se remonta al citado proyecto de Sagebien de 1826 para el puente de cantería en la desembocadura. En el transcurso del expediente se planteó la necesidad de construir un puente provisional de madera en el tramo de río que pasaba frente al mercado y matadero municipal. Para ello Sagebien diseñó una propuesta clásica de tablero sobre horcones que fue considerada débil por el Consulado.⁶⁰ En este punto y dados los problemas de financiación del proyecto principal, el síndico José Pizarro planteó la posibilidad de montar arcos de madera sobre pilas de cantería, tanto para el puente de la desembocadura como el de la Carnicería, a fin de que con el tiempo se acabaran sustituyendo

⁵⁴ VALDÉS, Nicolás, 1866, p. 93-94.

⁵⁵ *Proyecto del Puente en la envocadura del Río de Matanzas*, Anastasio de Arango, 1806, AGMM, Cartoteca, CUB-51/23.

⁵⁶ El síndico Manuel Pedroso a la Real Junta de Fomento, 20 de noviembre de 1844, ANC, FRCyJF, Leg. 126, Exp. 6261, *Expediente sobre construir de cantería el puente de San Juan*.

⁵⁷ *Planta, elevación y perfil de un proyecto de puente de madera en la desembocadura del río San Juan en la ciudad de Matanzas*, Carlos Benítez, 12 de marzo de 1845, AGMM, Cartoteca, CUB- 98/10.

⁵⁸ *Memoria que acompaña a los proyectos de puente de hierro y de madera en la desembocadura del río San Juan en la ciudad de Matanzas*, 12 de marzo de 1845, ANC, FRCyJF, Leg. 126, Exp. 6261, *Expediente sobre construir de cantería el puente de San Juan en Matanzas*.

⁵⁹ BRUYERE, Louis, 1823-1828, Vol. II, p. 8.

⁶⁰ *Plano del puente proyectado sobre el Río de San Juan frente a la Carnicería en la Ciudad de San Carlos de Matanzas el año de 1828*, Jules Sagebien ANC, Fondo de Mapas y Plano, M. 2151.

por estructuras de piedra o incluso de hierro.⁶¹ Para ello, Sagebien envió al Consulado dos proyectos, uno convencional de tres arcos y otro más innovador de solo dos (fig. 5a y 5b).⁶² Aunque se decidió construir el primero, en el transcurso de los trabajos de cimentación se descubrió que cada una de las pilas asentaría sobre superficies diferentes, lo que conduciría con el tiempo a la ruina del puente. Para evaluar este problema fue comisionado el ingeniero militar Fernando Laserna, quien aconsejó la construcción del puente de un solo pilar, para el que formó un nuevo plano hoy conocido por una copia conservada en la cartoteca del Archivo General Militar de Madrid.⁶³ En él se mantenía la idea del proyecto de Sagebien de sobreelevar la pila con respecto al arranque de los estribos, si bien Laserna acrecentaba aún más su altura, lo que dio lugar a dos grandes arcos rampantes que exageraría el característico perfil alomado del puente. Ello determinaba asimismo cambios en las cerchas, que en vez de los ocho tramos del de Sagebien, pasaba a tener diez. Por otro lado, aunque las estructuras ideadas por Sagebien y Laserna seguían a grandes rasgos el modelo propuesto por Bruyère, el arco se formaba mediante el uso de maderos curvos y no así se inscribían en un polígono, como en el modelo de Benítez. La última modificación notable de Laserna incidió en el tipo de madera, pues el militar propuso sustituir la yaba inicial, poco resistente a la torsión,⁶⁴ por el quebrahacha (fig. 5c).

La obra fue inaugurada el 19 de noviembre de 1834 en honor a la infanta Luisa Fernanda.⁶⁵ Aunque ha sido tradicionalmente atribuida a Sagebien,⁶⁶ se ha podido comprobar cómo el ingeniero francés la concluyó en calidad de constructor bajo el proyecto final del ingeniero militar. En la memoria conser-

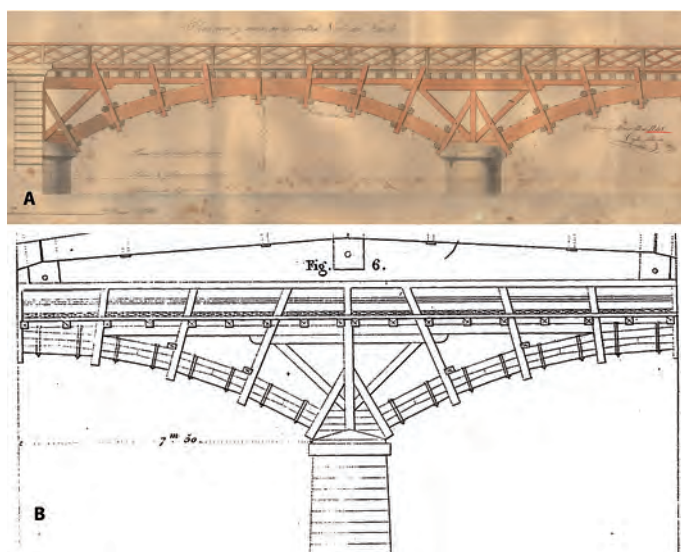


Fig. 4. a) *Planta, elevación y perfil de un proyecto de puente de madera en la desembocadura del río San Juan en la ciudad de Matanzas, Carlos Benítez, 12 de marzo de 1845, AGMM, Cartoteca, CUB- 98/10 (detalle); b) Pont en bois, en BRUYÈRE, Louis, 1823-1828, Vol. II, p. 8.*

vada, además de las indicaciones sobre el modo de construir los nuevos arcos, Laserna dedica una parte importante a la cimentación de la gran pila del puente.⁶⁷ Esta se acabaría haciendo sin estructura de pilotaje, como sí usaría años después Benítez, acudiendo para sus razonamientos a ideas formuladas por autoridades de la ingeniería de puentes como Polonceau,⁶⁸ Muller,⁶⁹ Gautier,⁷⁰ Belidor,⁷¹ Rondelet⁷² o Gauthey.⁷³ Con ello de nuevo se comprue-

⁶¹ El síndico interino José Pizarro al presidente de la Junta Económica y de Gobierno del Consulado, 30 de enero de 1829, ANC, FRCyJF, Leg. 126, Exp. 6235, *Expediente sobre la construcción...*, doc. cit.

⁶² Proyectos del puente de la Carnicería de tres y dos arcos, Jules Sagebien, 1832, ANC, FRCyJF, Leg. 201, Exp. 8932, *Expediente sobre remate de la contrata para la construcción del puente de la Carnicería en Matanzas. Se bautizó con el nombre de San Luis.*

⁶³ *Planta, Vista y Perfil del puente de madera nombrado San Luis sobre el río de San Juan.* Fernando Laserna, AGMM, Cartoteca, CUB-47/09.

⁶⁴ VALDÉS, Nicolás, 1866, p. 100.

⁶⁵ Acuerdo de la Real Junta de Fomento de la Isla de Cuba de 12 de noviembre de 1834, ANC, FRCyJF, Leg. 201, Exp. 8932, *Expediente sobre remate...*, doc. cit.

⁶⁶ GARCÍA SANTANA, Alicia, 2009, p. 119; GARCÍA SANTANA, Alicia, 2011, p. 28-39; GONZÁLEZ ARESTUCHE, Luis Roberto y RECONDO PÉREZ, Ramón Félix, 2011, p. 19-20; GONZÁLEZ ARESTUCHE, Luis Roberto; ROLO PICO, C.J.; DELGADO RODRÍGUEZ, Rubén A., 2014, p. 3.

⁶⁷ Informe del ingeniero Rafael Laserna sobre el mejor modo de cimentación de la obra del puente de la Carnicería, 15 de noviembre de 1832, ANC, FRCyJF, Leg. 201, Exp. 8932, *Expediente sobre remate...*, doc. cit.

⁶⁸ POLONCEAU, Antoine-Rémy, 1829.

⁶⁹ MULLER, John, 1769.

⁷⁰ GAUTIER, Henri, 1716.

⁷¹ BELIDOR, Bernard Forest de, 1754.

⁷² RONDELET, Jean, 1830.

⁷³ GAUTHEY, Émiland, 1813.

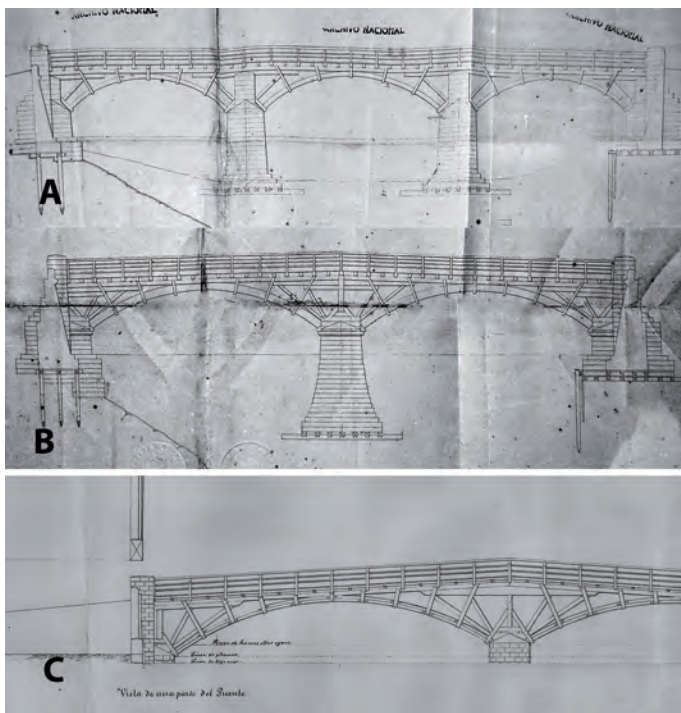


Fig. 5. a) *Proyectos de tres arcos para el puente de la Carnicería*, Jules Sagebien, 1832, ANC, Fondo Real Consulado y Junta de Fomento, Leg. 201, Exp. 8932; b) *Proyectos de dos arcos para el puente de la Carnicería*, Jules Sagebien, 1832, ANC, Fondo Real Consulado y Junta de Fomento, Leg. 201, Exp. 8932; c) *Planta, Vista y Perfil del puente de madera nombrado San Luis sobre el río de San Juan*. Según proyecto de Fernando Latorre, AGMM, Cartoteca, CUB-47/09 (detalle).

ba el alto grado de actualización de los ingenieros de la Subinspección, contando con ediciones y resultados publicados pocos años antes.

Aunque Europa y particularmente Francia constituyeron las principales influencias analizadas, a partir de los años cincuenta la experiencia norteamericana importará modelos de reciente invención. Los avances del ferrocarril en los Estados Unidos nutrirán este tipo de trabajos en Cuba con innovaciones técnicas que traerán sus mismos ingenieros. El trabajo de estos con los militares españoles volverá a crear un interesante canal de transferencia. Uno de los principales contribuyentes técnicos del éxito del ferrocarril cubano fue el ingeniero norteamericano Alfred Cruger, respon-

sable de gran parte del primer tendido ferroviario español entre La Habana y Bejúcar en 1837. Cruger también fue elegido ingeniero del ferrocarril de La Sabanilla, motivo por el que estuvo presente en Matanzas para cuando fue necesaria la construcción de un puente provisional en 1844 que comunicara la ciudad mientras se construía el de Bailén. Más allá de su propuesta para esta obra temporal, algo convencional, Cruger bosquejó el proyecto de un puente permanente en el que se salvaban de manera definitiva los problemas de interponer apoyos sobre la corriente:

Considero esto tan grave inconveniente que es mi opinion que se construya un puente de un ojo que descansa sobre un estribo en Pueblo Nuevo y otro en Matanzas, hecho de las maderas del pais y de hierro cuyo costo seria de 30 a 50.000 pesos y pudiera concluirse en seis meses. La buena calidad de las maderas del pais es suficientemente conocida y su duracion podria prolongarse, dandoles una mano de pintura cada tres años. [...] Las excelentes maderas de que abundan sus campos son muy favorables para el objeto y tienen otras muchas ventajas de que carecen los puentes de piedra y aun los de madera bajo el plano de los que se han hecho hasta aquí.⁷⁴

La idea, quimérica a ojos de la Junta de Fomento, no se realizó. Al no trascender más detalles del proyecto, no es posible precisar el tipo de estructura planteada, si bien, para alcanzar esta luz y atendiendo a los avances norteamericanos de aquellos años en materia de puentes, debió tratarse de una viga de celosía. Estas, compuestas por armaduras de postes, viguetas y tirantes que se entrelazan formando una trama, comenzaron a patentarse en diversas formas en los Estados Unidos entre los años 20 y 30. Algunas, como las registradas por Ithiel Town o William Howe, resultaron especialmente influyentes,⁷⁵ y bien pudieron ser importadas por ingenieros norteamericanos como el propio Cruger, y dadas a conocer entre ingenieros locales. Un posible caso de esta transferencia se halla de nuevo en el comandante Carlos Benítez que, designado como administrador e inspector técnico del ferrocarril de La Sabanilla, bien pudo tomar de Cruger este tipo de obras como testimonio su proyecto para el río Canimar para la línea ferroviaria del Coliseo.⁷⁶ De este proyecto llama la atención la disposición al bies de las tres pilas del puente, quizá influidas por las del puente de Tril-

⁷⁴ Proyecto para un puente provisional en la desembocadura del río San Juan, Alfred Cruger, 13 de noviembre de 1844, ANC, FRCyJF, Leg. 159, Exp. 7795, *Expediente promovido por el Señor Gobernador de Matanzas para la construcción de un puente provisional en el río San Juan*.

⁷⁵ SUTHERLAND, R.J.M., 1998, p. 323-324 y 329.

⁷⁶ *Puente de Canimar*, Carlos Benítez, 1850, AGMM, Cartoteca, CUB-143-08.

pot, estudiadas también por Bruyère.⁷⁷ Sin embargo, la principal novedad radicaba en la utilización de una viga de celosía en “U” sobre la que reposarían las vías del tren.

No hay constancia de que la obra se concluyera, si bien sienta precedente de un modelo que se asentaría definitivamente con la construcción en 1858 del puente de Martín Pérez en la carretera de La Habana a La Gallega.⁷⁸ Aunque no se conservan planos del proyecto, se sabe con certeza que se construyó siguiendo el sistema de puentes de celosía patentado por William Howe. Se componía de tres cerchas de madera apoyadas sobre el tablero, dos delimitando los extremos y una central dividiendo en dos el paso. La estabilidad y resistencia de la estructura permitía salvar una distancia de veinte metros entre cada uno de los estribos de mampostería.⁷⁹ Lo hacía en parte gracias a la introducción de barras de hierro, material que poco a poco comenzaría a sustituir a la madera en estos puentes, primero en los Estados Unidos y más tarde en Cuba.

4. Los primeros proyectos de puentes de hierro

La citada propuesta del síndico José Pizarro de construir los dos nuevos puentes del San Juan con arcos de hierro es la primera de este tipo que se registra en Cuba. Esta vez, el modelo de referencia para implementar esta tecnología no vendría de parte de ningún ingeniero militar español o civil extranjero, sino desde el Consulado de La Habana. El origen se halla en un informe de Pedro Bauduy y Ramón de Arozarena publicado pocos meses antes –1828– por encargo del Consulado para estudiar el desarrollo de la agricultura y el comercio en la vecina Jamaica.⁸⁰ Durante la visita a la isla, estos comisionados tuvieron la oportunidad de admirar el *Iron Bridge* de Spanish Town, el primer puente de hierro de todo el continente americano, concluido en 1801:

La idea que hay entre nosotros de que los puentes de hierro no pueden tener la misma solidez y duración que los demás puentes (sobre todo debajo de los

trópicos) ha hecho que los Comisionados pusiesen la mayor atención en el examen que hicieron de un puente magnífico de hierro por donde pasaron, yendo de Santiago de la Vega á Kingston [...] Es menester que V. SS. sépan que este puente es quizá el mas frecuentado de la isla [...] Desde el año de 1795 en que se hizo, hasta el de 1828 en que estamos, no ha necesitado la mas leve reparación, pues todas las piezas de respeto están todavía en el almacén.⁸¹

El buen comportamiento del puente con los años –se conserva aún en la actualidad– resulta si cabe más sorprendente a sabiendas de que, si bien se trataba de una estructura de un solo arco, este tenía una luz de más de veintitrés metros. Apoyado en dos macizos estribos, el material permitía levantar una liviana armadura formada por cuatro cerchas que formaban arcos muy rebajados, rellenos en sus enjutas por los característicos aros que popularizaría más tarde el puente del Carrusel de París.

Asimismo, los comisionados en Jamaica también dieron cuenta de la economía de los trabajos al comunicar, de parte de sus mismos constructores, que la obra fue construida por solo 8.436 pesos. En atención a ello, Pizarro evaluó en 48.000 pesos menos el puente de arcos de hierro con respecto al de bóvedas de cantería.⁸² El resultado fue uno de los primeros proyectos de puente de hierro de la isla, formado por Jules Sagebien siguiendo “los diferentes sistemas usados en Europa”.⁸³ Desgraciadamente no se conocen más detalles del proyecto, del que se sabe que el ingeniero entregó un plano al Consulado. No obstante, Sagebien reconoció que todo cuanto podía proponer no dejaba de fundamentarse en conocimientos teóricos, dada la poca experiencia que se tenía sobre este tipo de estructuras.

Otra influencia directa del informe de Arozarena y Bauduy fue un proyecto formado por el ingeniero Nicolás Campos para el puente del río Canimar como alternativa al de cantería para el que tanto él como Sagebien y Lacarrière-Latour propusieron sus diseños. Aunque la idea del puente de hierro para el San Juan puede considerarse la primera tentativa de este tipo en la isla, Sagebien no formó su pro-

⁷⁷ BRUYERE, Louis, 1823, Vol. II, colección I, planchas 5 y 6.

⁷⁸ *Memoria General de las Obras...*, doc. cit., BNE, Mss/13949, fol. 61r.

⁷⁹ *Memoria sobre el progreso de las Obras Públicas...*, 1866, p. 42.

⁸⁰ AROZARENA, Ramón de; BAUDUY, Pedro, 1828.

⁸¹ AROZARENA, Ramón de; BAUDUY, Pedro, 1828, p. 44-45.

⁸² El síndico interino José Pizarro al presidente de la Junta Económica y de Gobierno del Consulado, 30 de enero de 1829, ANC, FRCyJF, Leg. 126, Exp. 6235, *Expediente sobre la construcción...*, doc. cit.

⁸³ *Informe del diputado consular de Matanzas José de Ybarra sobre la construcción de puentes en el río San Juan y la proposición de hacerlo de hierro*, 12 de marzo de 1830, ANC, FRCyJF, Leg. 126, Exp. 6235, *Expediente sobre la construcción...*, doc. cit.

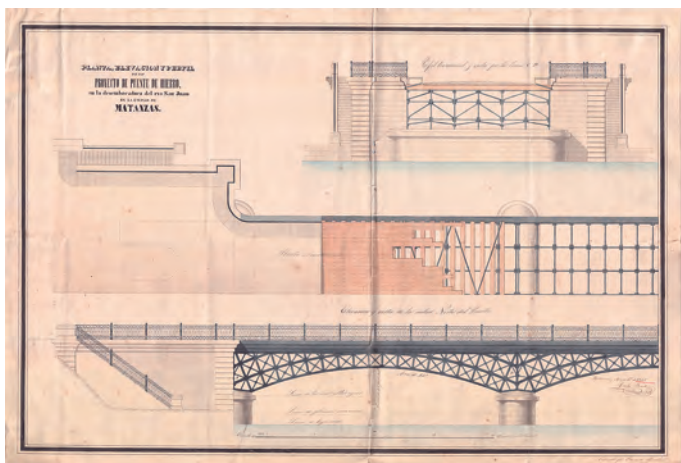


Fig. 6. *Planta, Elevación y Perfil de un Proyecto de Puente de Hierro en la desembocadura del río San Juan en la ciudad de Matanzas, Carlos Benítez, 12 de marzo de 1845, AGMM, Cartoteca, CUB-98/08.*



Fig. 7. *Puente Calixto García (1897), en el emplazamiento que ocupaba el antiguo de Bailén. Fotografía del autor.*

yecto hasta 1830. Es así que la propuesta de Campos, trasladada al Consulado el 5 de marzo de 1829, es la más antigua que se registra. Para ello, el ingeniero formó un plano de un puente de cinco arcos

sobre delgadas pilas, en las que descansarían cerchas que trazaban porciones de círculos muy rebajadas.⁸⁴ Campos presentó tres diseños diferentes variando la trama y estructura de las cerchas, entre las que destacaba el modelo del arco central que copiaba claramente el del *Iron Bridge* jamaicano, que el ingeniero debió conocer por el grabado incluido en la memoria de Arozarena y Bauduy.

De nuevo, las dudas que despertaba este tipo de obras llevaron a privilegiar el proyecto de cantería de Lacarrière-Latour, si bien esta tecnología fue ganando fuerza con los años a medida que se fue introduciendo el hierro en obras arquitectónicas y en el extenso trazado ferroviario cubano. De ello es testimonio otro proyecto que, junto al de arcos de madera estudiado anteriormente (fig. 4a), le fue encargado al comandante Carlos Benítez como segunda alternativa al de cantería definitivo. Una vez más, el ingeniero mantuvo la disposición y diseño de las pilas y estribos de su proyecto, sobre los que apoyarían las siete cerchas que formarían cada uno de los tres arcos del puente. Estos trazaban una pequeña porción de 45 grados de circunferencia, con lo que se rebajaba sustancialmente la flecha de los proyectos de madera y cantería (fig. 6).⁸⁵ En esta ocasión Benítez no se limitó a bosquejar un prototipo como ocurrió con los proyectos de Campos y Sagebien, sino que ofreció una relación detallada de cada una de las piezas que integraban la armadura de hierro a fin de encargarlas directamente a la fundición.⁸⁶ A pesar de ello, de nuevo Benítez trasladó a la Junta de Fomento varias dudas acerca de la fiabilidad de este tipo de estructuras, aún no acreditadas ni por el tiempo ni por los ejemplos europeos, lo que llega a ilustrar con casos reales como los puentes de Coalbrookdale o el de las Artes de París.⁸⁷

Como se ha anticipado ya, la definitiva introducción de puentes de hierro no sería por medio de modelos en arco provenientes de la tratadística y experiencia europea, sino a través de estructuras de celosía desarrolladas por aquellos años en los Estados Unidos. Con la introducción de piezas metálicas, el puente de Martín Pérez marcó una transición entre las celosías de madera y las nuevas totalmente de

⁸⁴ "Puente de Hierro", Nicolás Campos, 1829, ANC, Fondo de Mapas y Planos, Sin Signatura. Debido a la ausencia de cartela, el plano fue publicado por García Santana como *Proyecto para un puente de hierro para el río San Juan*, si bien la descripción del plano contenida en el expediente del proyecto permite vincularlo sin lugar a duda con el de Campos de 1829. Véase LÓPEZ HERNÁNDEZ, Ignacio J., 2019, p. 309-312.

⁸⁵ *Planta, Elevación y Perfil de un Proyecto de Puente de Hierro en la desembocadura del río San Juan en la ciudad de Matanzas*, Carlos Benítez, 12 de marzo de 1845, AGMM, Cartoteca, CUB-98/08.

⁸⁶ *Detalles del proyecto del Puente de hierro*, Carlos Benítez, 12 de marzo de 1845, AGMM, Cartoteca, CUB-98/09.

⁸⁷ "Puente de hierro", BCM, MS-1254, *Proyectos Formados y Trabajos hechos en la construcción del puente de sillería llamado de Bailén...*, doc. cit.

hierro, de las que recientemente se ha documentado el primer ejemplo en Cuba según diseño del ingeniero Wendell Bollman.⁸⁸ De estas últimas ya se tienen registros de cómo fueron poco a poco sustituyendo antiguos y deteriorados puentes de madera a lo largo de la década de los sesenta,⁸⁹ para consolidarse definitivamente como la principal estructura empleada en el último tercio de la centuria.⁹⁰

5. Conclusiones

La construcción de puentes en Cuba a lo largo del siglo XIX supuso una de las empresas más extendidas, al tiempo que complejas, de las obras públicas en Cuba. Se ha podido comprobar cómo la llegada durante los años veinte de ingenieros franceses supuso el primer impulso para la evolución tipológica de los puentes cubanos, aun cuando la mayoría de sus proyectos quedaron sobre el papel. No obstante, abrieron un debate técnico en el que tuvo presencia gran parte de la tratadística europea de ingeniería de puentes. Habría que esperar a la llegada del ferrocarril para asistir al verdadero revulsivo tecnológico de la Cuba decimonónica. Su puesta en marcha no solo condujo al desarrollo de las comunicaciones, sino que redundó en el avance de otros ámbitos constructivos. Varios de los ingenieros que aportaron nuevos lenguajes, técnicas y tecnología en los diversos proyectos de puentes analizados estuvieron implicados en muchas de las compañías ferroviarias cubanas. Complementariamente, otra consecuencia indirecta del fenómeno del ferrocarril fue el concitar en un contexto geográfico y temporal concreto a facultativos provenientes de diversas escuelas y experiencias, lo que dio lugar al surgimiento de canales fluidos de transferencia entre ellos. Solo así se entiende cómo ingenieros militares, formados en las Academias del cuerpo en materias muy lejanas al de la experiencia constructiva del ferrocarril, acabaron dirigiendo algunos de los principales proyectos ferroviarios de la isla.

Sin embargo, no fue la única vía de penetración de nuevas técnicas y modelos de ingeniería de puentes, pues la Subinspección de Ingenieros de La Habana se constituyó como un centro organizativo, de control y, en cierta medida, formativo de las obras públicas cubanas, en atención al papel particular que tuvieron los ingenieros del ejército en la estructura administrativa de la Junta de Fomento y de la Dirección de Obras Públicas. En este sentido, el subinspector Mariano Carrillo de Albornoz se erige como

uno de los principales contribuyentes de la organización de la Subinspección y de la formación permanente de sus integrantes. A él se le debe la conservación de un importante *corpus* de mapas y planos en el que consta recurrentemente su visto bueno como máxima autoridad facultativa y supervisor tanto de obras militares como civiles. Por último, es innegable la labor pedagógica de la que se tiene constancia por las propias referencias de los oficiales a su cargo, así como por la importante colección de textos autógrafos y traducidos que fueron utilizados por los ingenieros de la Subinspección para completar su formación y fundamentar sus proyectos. Muestra evidente de ello pueden ser los trabajos de ingenieros como Francisco de Albear, Fernando Laserna y más especialmente Carlos Benítez.

Por último, también hay que contar con el factor local en el desarrollo de técnicas constructivas de puentes en la Cuba decimonónica. Se ha comprobado cómo el uso estudiado y controlado de algunas maderas tropicales funcionó muy bien en determinados sistemas estructurales. Quizá el mejor ejemplo sea el valor añadido que las maderas cubanas aportaron en la adopción de los primeros puentes de celosía norteamericanos, desarrollando modelos que serían más tarde construidos en hierro. No obstante, la incorporación generalizada de este metal como único material constructivo habría de esperar hasta la década de los sesenta, pues, a pesar de la novedad de muchas de las propuestas analizadas, los propios ingenieros manifestaron dudas sobre su fiabilidad. En cambio, la madera ofrecía una respuesta rápida, barata y adaptada a nuevas técnicas constructivas. Más allá de la celosía, la otra innovación tipológica analizada fue el arco de madera, implantado en el puente de la Carnicería de Matanzas. El éxito de esta obra queda acreditado por el tiempo, demolido en 1882 solo después de largos años de desidia por parte de la administración. En el lapso de sus 45 años de existencia, su estructura aguantó sin apenas mantenimiento las destructoras acometidas de temporales, avenidas y hasta huracanes como el San Marcos, que arrasó completamente la ciudad entre el 7 y 8 de octubre de 1870. Entre los graves destrozos que ocasionó se encontró la ruina total del puente de Bailén, completamente colapsado ante la incapacidad de desaguar la crecida del río, que llegó a arrastrar con él casas y hasta una estación de ferrocarril entera.⁹¹ El hecho de que una obra

⁸⁸ LÓPEZ HERNÁNDEZ, Ignacio J., 2020.

⁸⁹ *Memoria sobre el progreso de las Obras Públicas...*, 1866, p. 61-62, 64, 66-67.

⁹⁰ El desconocimiento de estos puentes y su complejo estudio exige un trabajo independiente que escapa al objeto de este artículo.

⁹¹ FERNÁNDEZ DE CASTRO, Manuel, 1871.

canónica de la ingeniería de puentes francesa apenas aguantara en pie veinte años en las complejas condiciones climáticas de la isla y si lo hiciera con solvencia un puente de solo dos ojos construido con quiebrahacha, permite, cuanto menos, abrir un debate sobre la capacidad de adaptación plena de la tratadística europea a contextos muy diferentes. El puente de San Luis parece indicar que el éxito de la importación de modelos durante aquellos años bien pudo depender de su inserción en la tradición constructiva local. En un ámbito más amplio, el texto sobre maderas del coronel Nicolás Valdés puede considerarse una respuesta a esta necesidad.

Bibliografía

- AROZARENA, Ramón de; BAUDUY, Pedro. *Informe presentado a la Junta de Gobierno del Real Consulado de la Siempre Fiel Isla de Cuba, sobre el estado de la agricultura, y elaboración y beneficio de los frutos coloniales en la de Jamayca*. La Habana: Imprenta fraternal de los Díaz de Castro, 1828.
- ARREGUI MARTÍNEZ-MOYA, Salvador. "La fundación del Real Consulado de La Habana (1794)". *Anales de Universidad de Murcia*, Vol. 41, n° 3-4, 1983, p. 43-94.
- BELIDOR, Bernard Forest de. *La science des ingenieurs dans la conduite des travaux de fortification et d'architecture civile*. La Haya: Perre Gosse Junior, 1754.
- BRUYERE, Louis. *Études relatives à l'art des constructions*. Il vols., París: Bance Aîné, 1823.
- CRESPO DELGADO, Daniel. "¿Antiguo o anticuado? El puente de Andújar a principios del siglo XIX". En LEÓN GONZÁLEZ, J. (coord.). *Los puentes de piedra (o ladrillo) antaño y hogaño*. Madrid: Fundación Juanelo Turriano, 2017, p. 51-62.
- FERNÁNDEZ DE CASTRO, Manuel. *Estudio sobre los Huracanes ocurridos en la Isla de Cuba durante el mes de octubre de 1870. Precedido de algunas consideraciones sobre la teoría causas, época y frecuencia de estos meteoros*. Madrid: Imprenta de J.M. Lapuente, 1871.
- FERNÁNDEZ TROYANO, Leonardo. "Los puentes de piedra en la era de los ingenieros". En LEÓN GONZÁLEZ, J. (coord.). *Los puentes de piedra (o ladrillo) antaño y hogaño*. Madrid: Fundación Juanelo Turriano, 2017, p. 81-94.
- GÁMEZ CASADO, Manuel. "Ingenieros militares y obras públicas. Algunos ejemplos de Nueva Granada durante el siglo XVIII". *Ars Longa: Cuadernos de Arte*, n° 27, 2018, p. 125-138.
- GARCÍA BLANCO, Rolando. *Francisco de Albear. Un genio cubano universal*. La Habana: Editorial Científico-Técnica, 2007.
- GARCÍA SANTANA, Alicia. *Matanzas, la Atenas de Cuba*. Ciudad de Guatemala: Polymita, 2009.
- GARCÍA SANTANA, Alicia. "Julio Sagebien, arquitecto de Matanzas, ingeniero de Cuba". *Arquitectura y Urbanismo*, Vol. XXXII, n° 1, 2011, p. 28-39.
- GARCÍA, Alejandro; ZANETTI, Oscar. *Sugar and Railroads: A Cuban History, 1837-1959*. Chapel Hill: University of North Carolina Press, 1998. Trad. Franklin W. Knight y Mary Todd.
- GAUTHEY, Émiland. *Traité de la construction des Ponts*. Vols. I-II, París: Chez Firmin Didot, 1813.
- GAUTIER, Henri. *Traité des ponts, ou il est parlé de ceux des Romains & de ceux des modernes*. París: Chez André Cailleau, 1716.
- GONZÁLEZ ARESTUCHE, Luis Roberto; RECONDO PÉREZ, Ramón Félix. *Puentes de Matanzas*. Matanzas: Editorial Matanzas, 2011.
- GONZÁLEZ ARESTUCHE, Luis Roberto; ROLO PICO, C.J.; DELGADO RODRÍGUEZ, Rubén A. "Catálogo de los puentes proyectados por Jules Sagebien en la provincia de Matanzas". *Revista de Arquitectura e Ingeniería*, Vol. 8, n° 3, 2014, p. 1-11.
- GONZÁLEZ TASCÓN, Ignacio. *Ingeniería española en ultramar (siglos XVI-XIX)*. Il vols., Madrid: CEHOPU, 1992.
- GUTIÉRREZ, Ramón; ESTERAS, Cristina. *Arquitectura y Fortificación. De la ilustración a la independencia americana*. Madrid: Ediciones Tuero, 1993.
- LAORDEN RAMOS, Carlos. *Obra civil en Ultramar del Real Cuerpo de Ingenieros*. Madrid: Ministerio de Defensa, 2008.
- LAORDEN RAMOS, Carlos. "Obras civiles en América del Arma de Ingenieros". *Revista de Historia Militar*, n° extraordinario, 2012, p. 137-154.
- LEÓN, Javier; BAUDER, Eve. *La construcción de un puente en el siglo XVIII. Puente de Neuilly, de Jean-Rodolphe Perronet*. Madrid: Fundación Agustín de Betancourt, 1999.
- LÓPEZ HERNÁNDEZ, Ignacio J. "Carlos Benítez y los puentes de la ciudad cubana de Matanzas en 1849". *Laboratorio de Arte*, n° 26, 2014, p. 301-313.
- LÓPEZ HERNÁNDEZ, Ignacio J. "El Cuerpo de Ingenieros Militares y la Real Junta de Fomento de la Isla de Cuba. Obras públicas entre 1832 y 1854". *Espacio, Tiempo y Forma, Serie VII, Historia del Arte*, n° 4, 2016, p. 483-508.
- LÓPEZ HERNÁNDEZ, Ignacio J. "El Cuerpo de Ingenieros Militares y la Dirección de Obras Públicas de la Isla de Cuba (1854-1867)". En ALONSO RUIZ, B.; POLO SÁNCHEZ, J.J.; SAZATORNIL RUIZ, L. (coords.). *La formación artística: creadores, historiadores, espectadores*. Il vols., Santander: Editorial de la Universidad de Cantabria, 2018, Vol. I, p. 323-338.
- LÓPEZ HERNÁNDEZ, Ignacio J. "Ingeniería e Ingenieros en Matanzas. Defensa y obras públicas entre 1800 y 1868". Director: Alfredo J. Morales. Tesis doctoral. Universidad de Sevilla, Departamento de Historia del Arte, 2018.
- LÓPEZ HERNÁNDEZ, Ignacio J. *Ingeniería e Ingenieros en Matanzas. Defensa y obras públicas entre 1693 y 1868*. Sevilla: Athenaica, 2019.
- LÓPEZ HERNÁNDEZ, Ignacio J. "Observaciones sobre ingeniería civil en Cuba a propósito de su primer puente de hierro: una celosía Bollman de 1859 para el río Almendares de La Habana". *Boletín de Arte*, n° 41, 2020, p. 129-138.
- Memoria sobre el progreso de las Obras Públicas en la Isla de Cuba desde el 1º de enero de 1859 a fin de junio de 1865*. La Habana: Imprenta del Gobierno y Capitanía General, 1866.
- MILLINGTON, John. *Elementos de Arquitectura*. T. I-II, Madrid, Imprenta Nacional, 1848. Traducción Mariano Carrillo de Albornoz.
- MORALES, Alfredo J. "Ingenieros militares en Matanzas. Proyectos de puente sobre el río San Juan durante el siglo XVIII". En ZALAMA RODRÍGUEZ, M. A.; MOGOLLÓN CANO-CORTÉS, P. (coords.). *Alma Ars. Estudios de arte e historia en homenaje al Dr. Salvador Andrés Ordax*. Valladolid: Universidad de Valladolid, 2013, p. 409-416.
- MORALES, Alfredo J. "Un proyecto de Hospital de Caridad en La Habana por Mariano Carrillo de Albornoz". *Quiroga: Revista de Patrimonio Iberoamericano*, n° 5, 2014, p. 100-109.

- MOYANO BAZZANI, Eduardo. *La nueva frontera del azúcar: el ferrocarril y la economía cubana del siglo XIX*. Madrid: CSIC, 1991.
- MULLER, John. *Tratado de Fortificación ó Arte de construir los edificios militares y civiles*. II vols. Barcelona: Thomas Piferrer, 1769. Traducción de Miguel Sánchez Taramas.
- PERRONET, Jean-Rodolphe. *Description des projets et de la construction des Ponts de Neuilli, de Mantes, d'Orléans, de Louis XVI, etc.* Paris: François-Ambroise Didot, 1788.
- PERRONET, Jean-Rodolphe. *La Construcción de puentes en el siglo XVIII*. Madrid: Instituto Juan de Herrera, CEDEZ y CEHOPU, 2005.
- PIÉLAGO, Celestino del. *Teoría mecánica de las construcciones*. Madrid: Imprenta de D. Miguel de Burgos, 1837.
- POLONCEAU, Antoine-Rémy. *Notice sur quelques parties de travaux hydrauliques*. París: Chez Carillan-Gouery, Libraire des ponts et chaussés, 1829.
- Real Cédula de erección del Consulado de la Havana, expedida en Aranjuez a IV de Abril de MDCCXCIV*. Madrid: Oficina de Don Benito Cano, 1794.
- RONDELET, Jean. *Traité théorique et pratique de l'Art de Batir*. Paris: Chez M. A. Rondelet fils, 1830.
- SÁENZ RIDRUEJO, Fernando. "Ingenieros de caminos en Puerto Rico, 1866-1898". *Anuario de Estudios Atlánticos*, nº 55, 2009, p. 311-341.
- SUTHERLAND, R.J.M. *Structural Iron 1750-1850*. Londres: Routledge, 1998.
- VALDÉS, Nicolás. *Maderas de las Islas de Cuba y Santo Domingo. Espresiones experimentales de sus resistencias en todos sentidos*. Madrid: Imprenta del Memorial de Ingenieros, 1866.

