

REVISTA DE OBRAS PÚBLICAS

PUBLICACION TECNICA DEL CUERPO DE INGENIEROS DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS

DIRECTOR

D. MANUEL MALUQUER Y SALVADOR

COLABORADORES

LOS INGENIEROS DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS

SE PUBLICA LOS JUEVES

Dirección y Administración: Plaza de Oriente, 6, primero derecha.

PROYECTO DE CANAL ENTRE EL LAGO ERIE Y EL ONTARIO (ESTADOS UNIDOS)

En *Le Génie Civil* publica M. Ch. Dantin un artículo dedicado á describir el proyecto de un canal entre los lagos Erie y Ontario. Lo interesante de este trabajo nos mueve á dar de él un resumen en la presente nota.

Empieza el autor haciendo algunas consideraciones sobre la navegación en los grandes lagos de la América del Norte que constituyen, según él, uno de los medios de transporte más importante en la región industrial de los Estados Unidos del Canadá que aquéllos sirven.

Durante mucho tiempo ha sido la única gran vía de comunicación del interior de la América Septentrional y forman todavía la principal ruta para el transporte de mercancías, principalmente de los minerales de hierro de la región del Lago Superior hasta los alrededores de Pittsburgh, donde se encuentran las grandes fábricas metalúrgicas. Su extensión es de 24.500.000 hectáreas, próximamente, y recogen las aguas de una cuenca que, prescindiendo de su propia extensión, tiene una superficie mayor que la de Francia.

La longitud total del rosario de lagos, desde Duluth, en el Lago Superior (fig. 1.^a), hasta Cape Vincent, donde el San Lorenzo sale del lago Ontario, es de 1.600 kilómetros, próximamente. La anchura de los lagos varía entre 85 y 260 kilómetros, como se ve en el siguiente cuadro:

LAGOS	Longitud. — Kilómetros.	Anchura. — Kilómetros.	Superficie. — Hectáreas.	Profundidad media. — Metros.	Altitud. — Metros.
Superior.....	569	260	8.236.000	270	184
Michigán.....	508	190	5.802.000	211	177
Hurón.....	333	162	6.900.000	213	177
Erie.....	384	95	2.590.000	25,60	194
Ontario.....	310	85	1.880.000	152	75

El paso de uno á otro lago presenta ciertas dificultades en cuatro puntos. El río de Santa María, que separa el Lago Superior de los lagos Hurón y Michigán presenta, en una longitud de menos de 3 kilómetros, una diferencia de nivel de cerca de 7 metros. Entre el lago Hurón y el Erie se encuentran el río Saint-Clair y el Detroit, separados por el pequeño lago Saint-Clair. Estos ríos son relativamente estrechos, sinuosos y poco profundos. En fin, entre el lago Erie y el Ontario corre el Niágara, en el cual las célebres cataratas y los rápidos próximos determinan una diferencia de nivel de cerca de 100 metros.

Los rápidos del Sault-Sainte-Marie se salvan por medio de esclusas establecidas en cada orilla, y de las cuales una, situada en la orilla de los Estados Unidos, ha sido reconstruida recientemente con las dimensiones de 411,50 metros de longitud y 24,40 de anchura para facilitar el paso en convoy de los *cargos* cada vez más grandes que navegan por los lagos.

Esta navegación utiliza, en efecto, un material naval particu-

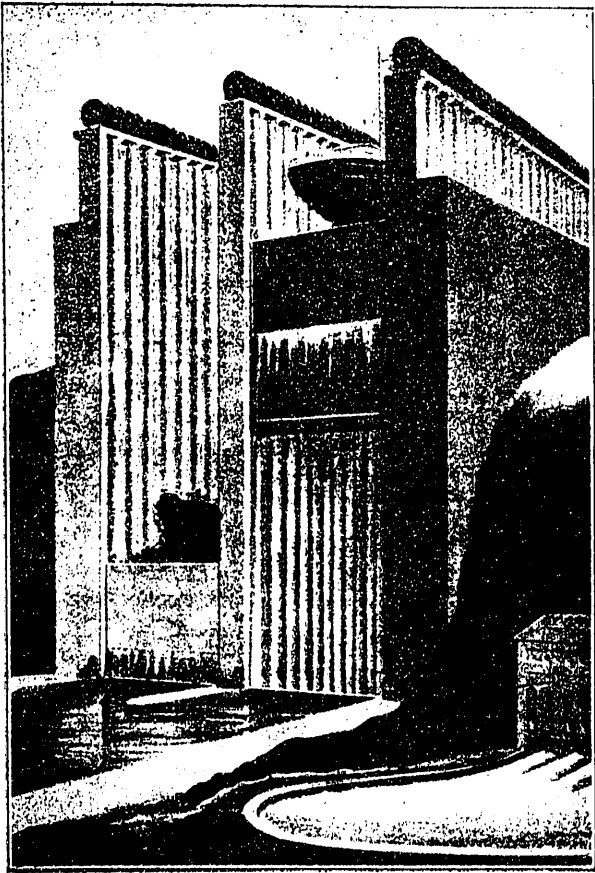


Fig. 1.^a

lar, los «Lake Freighters», caracterizado por disposiciones especiales tomadas con objeto de favorecer las operaciones de carga y descarga de las materias muy pesadas. Las dimensiones longitudinales de estos barcos son muy grandes con relación á su anchura: la longitud es normalmente igual á diez ó doce veces la anchura y á dieciocho veces el puntal.

La progresión de las dimensiones de estos barcos ha sido muy rápida, como lo muestran las cifras que se consignan en el cuadro siguiente:

FECHA DE CONSTRUCCIÓN	Longitud. — Metros.	Anchura. — Metros.	Toneladas de arqueo.	Toneladas de transporte.
1869.....	64,30	9,75	»	1 000
1890.....	94,50	12,20	2.669	4.003
1900.....	144,50	15,89	6.025	9.037
1905.....	173,40	17	6.500	9.750
1909.....	185,13	17,70	8.000	12.000
1912.....	187,15	19,20	9.200	14.000

Del lago Erie los barcos pueden llegar al lago Ontario por un canal paralelo al río Niágara, excavado en territorio canadiense: el canal Welland. El camino es así continuo en toda la longitud del San Lorenzo, del que se puede considerar que los Grandes Lagos forman parte desde Duluth á Quebec y al Atlántico. Hace algunos años se había propuesto un camino más directo y se había proyectado la construcción de un canal que uniese directamente la Bahía Georgiana á Montreal. Este canal ha sido objeto de estudios muy completos, pero no se ha emprendido todavía su realización. Se construirá sin duda en un porvenir más ó menos lejano, y rendirá grandes servicios para el transporte de minerales, carbones y granos entre el lago Superior y el Atlántico.

Otro proyecto, destinado á mejorar la navegación en el territorio de los Estados Unidos, consiste en la creación de un canal que doble el de Welland, al otro lado del Niágara, y que es el de que vamos á ocuparnos.

Antes de pasar á describirlo recuerda el autor que el lago Erie y el Ontario están ya unidos por una vía navegable indi-



Fig. 2.^a

recta cuyas dos ramas se encuentran también en el territorio de los Estados Unidos. Está constituida por el canal del Erie ó Barge Canal y su ramal hacia Oswego, en el lago Ontario, á más de 200 kilómetros al Este de la desembocadura del Niágara. Pero esta vía tiene una gran longitud, porque no une más que muy indirectamente á los dos lagos y no es accesible más que á los remolcadores y chalanas de 3.000 toneladas como máximo. La figura 3.^a muestra el lugar del canal Welland, del canal proyectado y del canal del Erie.

Después de estas consideraciones preliminares pasa M. Dantin á describir el

NUEVO CANAL PROYECTADO ENTRE LOS LAGOS ERIE Y ONTARIO.— El lago Erie y el Ontario están separados, en su parte más próxima, por una faja de terreno de 35 á 40 kilómetros de anchura (fig. 3.^a). Entre los dos lagos, y en una dirección casi Norte-Sur, corre la parte del San Lorenzo designada con el nombre de río Niágara, en el cual se encuentran las célebres cataratas del mismo nombre, seguidas de una serie de rápidos, que corresponden á la diferencia de nivel de 100, próximamente, que separa á ambos lagos,

Este río constituye, como se sabe, la frontera en este punto entre los Estados Unidos y el Canadá.

Para permitir la navegación entre los dos lagos se abrió, hace próximamente cien años, un canal en la orilla canadiense. Este canal, que comprende 25 esclusas, ha sido objeto de diversas

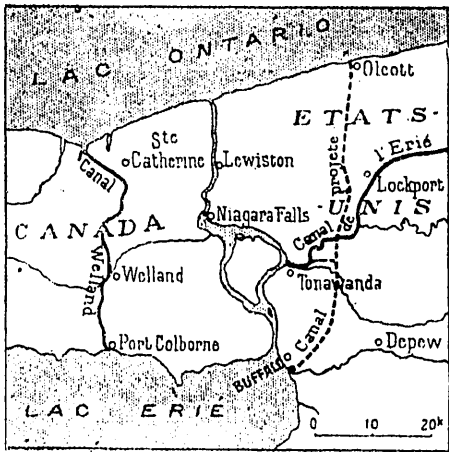


Fig. 3.^a

mejoras en el transcurso del siglo anterior y, poco antes de la guerra, se había decidido transformarla por completo (fig. 4.^a), principalmente reemplazando las 25 esclusas por 7 solamente, cuyas dimensiones serían: 244 metros de longitud, 24,40 de anchura y 9,15 de profundidad, en lugar de 84,30 metros de longitud, 13,70 de anchura y 4,25 de profundidad que tienen las obras actuales.

Éstas no responden ya, en efecto á las necesidades de la navegación moderna en los Grandes Lagos á causa del aumento de tonelaje de los barcos, como ya hemos dicho. La mayor parte no pueden pasar por el canal Welland, que sería el único medio para ellos de navegar hasta la costa del Atlántico. También,

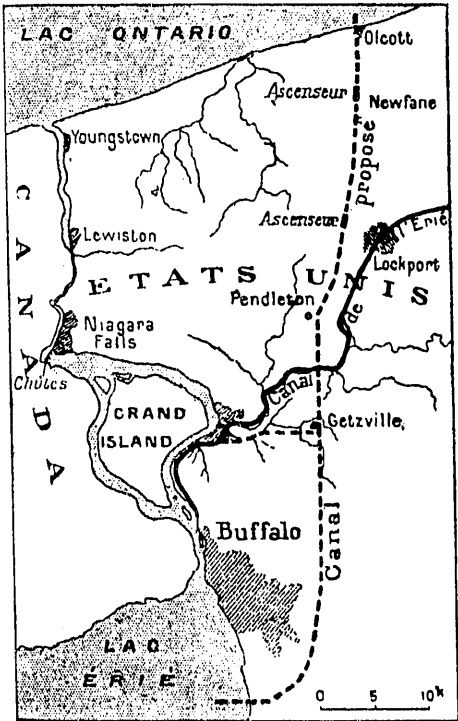


Fig. 4.^a

cuando se decidió, para aumentar el número de los barcos afectos á los transportes entre América y Europa, emplear en su servicio transatlántico en cierto número de los *cargos* de los Grandes Lagos, se ha encontrado la imposibilidad de hacer pasar estos barcos por las esclusas del canal de Welland. Para resolver la dificultad se empleó un medio radical, pero oneroso:

se cortaron estos barcos en dos partes, por medio de sopletes oxi-acetilénicos, y se hizo navegar cada mitad, cerrada por un tabique transversal, como un barco independiente; reuniéndose de nuevo las dos partes por medio de refuerzos apropiados, una vez atravesado el canal.

Desde hace unos cuarenta años varios Ingenieros americanos han proyectado, en diferentes ocasiones, el establecimiento de un canal en el territorio de los Estados Unidos, en la orilla derecha del río Niágara. Este canal evitaría á los barcos de los Estados Unidos la travesía por territorio canadiense y estaría provisto de obras de arte que permitiesen el paso de buques de mayor tonelaje que los que pueden circular por el canal Welland.

El último de estos proyectos ha tomado una amplitud considerable, porque con él se vislumbra á la vez: la navegación por grandes buques entre los dos lagos; el desagüe de las alcantarillas de Búfalo, Lackawanna, Tonawanda y de los pueblos próximos; la producción, en fin, de una potencia hidroeléctrica de 800.000 caballos.

Este proyecto ha sido descrito, dice M. Dantin, en el *Scientific American*, por el Ingeniero americano M. J. A. L. Waddell, que ha estudiado la parte más curiosa del proyecto: los ascensores de 63,40 y 31,70 metros de curso, por los cuales serán elevados los barcos del tramo inferior al superior.

El canal proyectado, cuyo trazado muestran las figuras 3.^a y 4.^a, tendría próximamente 64 kilómetros de longitud. Su origen, en el lago Erie, estaría al Sur de Búfalo, dirigiéndose el canal, primero hacia el Este y después en una dirección general sensiblemente Norte-Sur. Un canal tributario, de unos 20 kilómetros de longitud, estaría destinado á la circulación de las chalanas y se enlazaría con el canal del Erie ó Barge Canal que, como se sabe, une el lago Erie con el Hudson y, por consecuencia, con Nueva York. La anchura del canal en la superficie sería de 75 á 90 metros, y su profundidad de 9 metros próximamente.

El desnivel total entre los dos lagos es de 99,65 metros. En esta altura, 2,45 metros, próximamente, se utilizarán para producir la impulsión de agua necesaria para el drenaje de las alcantarillas de Búfalo y Tonawanda, á la cabeza del canal; 2,15 metros corresponderán á la pendiente del canal y la altura restante, ó sean 95 metros, próximamente, se salvarán por medio de dos ascensores, uno de 63,40 metros y otro de 31,70.

Estos ascensores constituyen, según el autor, la parte más notable del proyecto: sus dimensiones son muchos más grandes que las de las obras de este género que existen hasta ahora; deben, en efecto, dar paso á los barcos que navegan por los Grandes Lagos y cuyo tonelaje sobrepasa en mucho al de las chalanas que circulan habitualmente por los canales.

La figura 1.^a, que toma el autor del artículo del *Scientific American*, representa el conjunto del ascensor de 63,40 metros de recorrido. Se ve que esta obra se compone de dos depósitos metálicos; cada uno de ellos tiene 201 metros de longitud, 21,30 de anchura interiormente y 10,65 de profundidad; estos dos depósitos se mueven paralelamente entre tres muros verticales y están unidos por cables entre sí, así como á contrapesos, de manera de equilibrarse. Con este objeto, los bordes próximos de los dos depósitos están unidos por 56 cables que pasan sobre otras tantas poleas de 6 metros de diámetro; en los bordes exteriores hay fijados otros cables que pasan sobre poleas semejantes, y á cuyos extremos están fijados unos contrapesos de hormigón. Las masas en movimiento están así siempre equilibradas.

Los tres muros que soportan las poleas deben tener, aproximadamente, 85 metros de altura, y su espesor varía de 5,30 á 2,75 metros. Presentan unos redientes en sus caras, de manera de acondicionar el paso de los cables de suspensión y de sus disposiciones de anclaje.

Á lo largo de los muros exteriores está dispuesto el emplazamiento de los contrapesos de hormigón, que debe tener cada

uno 3 metros de anchura, 5,50 de longitud y una altura que depende de la densidad del hormigón, en el cual se prevé la incorporación de mineral de hierro en lugar de gujarros, y no debiendo ser inferior á 15 metros. Los contrapesos deben ser 28, á lo largo de cada uno de los muros exteriores, estando suspendido cada contrapeso de dos cables.

En los extremos de cada depósito se encuentra una puerta de acero, móvil verticalmente, y que puede desaparecer descendiendo en una especie de caja plana, suspendida del depósito, como se ve en la figura 1.^a, para hacer que se comuniquen éste con el tramo adyacente. Unas puertas semejantes están instaladas en los extremos de los tramos, á una y otra parte de los depósitos. Todas las puertas se gobernarán eléctricamente.

La fuerza motriz necesaria para el movimiento de los depósitos corresponde solamente á los frotamientos de las instalaciones y estará suministrada por la fábrica hidroeléctrica adosada al ascensor, la cual debe utilizar el salto disponible.

Se ha previsto la instalación de motores eléctricos sobre las plataformas que coronarán los muros laterales; estos motores gobernarán las poleas de suspensión por medio de una reducción de movimiento apropiada. Tal vez un gobierno puramente hidráulico por medio de depósitos de agua (*water-ballasts*) llenos en lo alto del recorrido y vacíos en la parte inferior del mismo, fuera más sencillo. El estudio de estas obras no es, por otra parte, definitiva y no constituye más que un anteproyecto.

Se tendrá una idea de las dimensiones excepcionales de estos ascensores por las cantidades siguientes, que toma M. Dantin de la evaluación hecha por M. Waddell en su proyecto:

Ascensor doble de 63,40 metros de curso.

Metal de los dos depósitos, toneladas.....	11.800
Disposiciones de suspensión y cables, ídem....	5.160
Poleas y sus soportes, ídem.....	8.400
Cadenas de contrapesos y accesorios, ídem....	2.685
Topes neumáticos, ídem.....	270
Acero en los contrapesos, ídem.....	1.360
Total de la parte metálica (excepto la maquinaria y las puertas), toneladas.....	29.675
Volumen de hormigón en los muros, metros cúbicos.....	181.000
Ídem íd. en los contrapesos, ídem.....	14.000
Valor de la maquinaria, dólares.....	1.156.000

El juego entre las puertas de los tramos y las de los depósitos debe ser tan pequeño como sea posible, á fin de reducir al minimum las pérdidas de agua á cada movimiento del sistema. Las fugas procedentes de las puertas superiores deben de recogerse en un depósito intermedio, colocado justamente debajo del tramo superior, adonde se llevarán por medio de bombas para reducir la pérdida de potencia. En la parte inferior, el agua procedente de las fugas corre en el alojamiento del depósito, y se evacua de él, así como el agua de lluvia, por medio de bombas.

Se prevé, para el ascensor de 63,40 metros de altura, una duración de recorrido de diez minutos, próximamente, y una de cinco minutos para el recorrido del otro aparato. Añadiendo á esto el tiempo necesario para el cierre y la apertura de las puertas, se espera que el paso por el ascensor de 63,40 metros se haga en veinte minutos y el paso por el otro en quince minutos. Se ganaría así mucho tiempo comparativamente al paso por el canal Welland, porque la travesía de todas las esclusas de éste exige en la actualidad varias horas; se reducirá, sin embargo, después que se haya ejecutado el proyecto de transformación que hemos indicado.

Por otra parte, el consumo de energía necesaria para el funcionamiento de los ascensores sería relativamente menor que el correspondiente á la cantidad de agua gastada en las operaciones de las esclusas del canal Welland. Actualmente, sin embar-

go, este consumo de agua no tiene importancia, puesto que la potencia hidráulica del Niágara no se utiliza más que parcialmente.

En fin, el proyecto comprende, como ya hemos dicho, la creación, al lado del canal, de unas fábricas hidráulicas que utilicen una parte del caudal disponible entre los dos lagos. Un convenio entre el Gobierno de los Estados Unidos y el del Canadá permite al primero emplear en la producción de fuerza motriz un caudal de 26.000 pies cúbicos (736 metros cúbicos) por segundo en el territorio de los Estados Unidos. Como el desnivel utilizado es de 97,50 metros, la potencia disponible es de 800.000 caballos, próximamente.

Esta potencia se producirá en dos fábricas construídas, respectivamente, al pie de cada ascensor, como se ve en la figura 1.^a

La producción de una potencia tan formidable será con seguridad uno de los principales elementos para el feliz éxito de este proyecto, porque facilitará la remuneración del enorme capital necesario para llevar á cabo la ejecución de las obras. Los gastos no han podido evaluarse todavía exactamente, el estado actual del mercado de los principales materiales no permite, por otra parte, hacer un cálculo preciso para unas obras cuya realización debe durar varios años, y que de todos modos no se emprenderán hasta después de la guerra; M. Wandell calcula, sin embargo, que el costo total de las obras no bajará de 125 millones de dólares.

Concluye el autor del artículo que extractamos exponiendo sus deseos de que el proyecto se realice en un porvenir no lejano á causa del gran interés que presenta, tanto desde el punto de vista de la navegación entre los Grandes Lagos, como en el de las industrias electroquímicas y electrometalúrgicas, á las cuales permitirá un gran desarrollo.

Ferrocarril directo de Madrid á Valencia.

POR

D. MANUEL BELLIDO

Ingeniero-Jefe de Caminos, Canales y Puertos

(CONTINUACIÓN) (1)

Otra hondonada que baja en dirección casi paralela al río permite salir de nuevo al terreno natural y reducir la longitud del túnel á 358,70 metros, seguido de otro de 134 metros; pero el fondo de esta hondonada sube rápidamente y una vez más se entierra la rasante, aunque ya, como estamos muy altos, se gana pronto el nivel de la meseta sin haber pasado de 9,92 metros de cota de desmonte.

Llegamos á la divisoria del Guadazaón y el Cabriel, y para bajarla, aunque el terreno es mucho más accidentado, la distancia y por tanto el desarrollo disponible es bastante mayor que á la subida, de modo que las pendientes son menores. Al principio, las ondulaciones del terreno son suaves y sólo se destacan unos cerros, entre los que se perciben los orígenes de las vaguadas que arrancan de la meseta. Oculto detrás de uno de éstos está el pequeño pueblo de Pajarón, en el que, por su pequeña importancia, falta de comunicaciones y proximidad al siguiente, no se proyecta estación. Antes de seguir la bajada termina el trozo 3.^o con 10.969,85 metros de desarrollo.

Pasado un pequeño collado se precepta la ladera, ya muy

accidentada, viéndose á poca distancia, á la izquierda, el arroyo de Pajarón, que corre de Este á Oeste, adquiriendo pronto una gran profundidad y convirtiéndose en un desfiladero entre laderas de roca; como estamos aún muy altos, el trazado no se acerca por el momento á dicho arroyo, sino que se va plegando á las lomas hasta que se interpone una más elevada y brusca, que hay que cortar con un túnel de 481,20 metros, y al otro lado se presenta aquél con una sinuosidad tan pronunciada que, de no desviar el trazado á la derecha, perdiendo su dirección, hay que cruzarlo y para ello aprovechar el cabilete que forma el cerro en el lado del arroyo, llevando la explanación sobre muros hasta donde la cota es bastante alta y con pequeños arcos pasar al otro lado, en donde, volviendo un poco á la izquierda, en lugar de seguir el arroyo, con un pequeño túnel de 86,50 metros pasamos á la cuenca del arroyo de Pajaroncillo, llevando el trazado por una vega amplia hasta dar frente al pueblo, en donde se proyecta estación. El pueblo se comunica por un camino muy corto con la carretera de Tarancón á Teruel, que pasa muy próxima, y su estación, por consiguiente, servirá para dar servicio á Cañete y toda su región.

Desde este punto ya se dirige el trazado á buscar el punto de cruce del río Cabriel; para ello no conviene seguir el arroyo de Pajaroncillo, porque es tan sinuoso, de laderas tan elevadas y surcadas de barrancos, que no proporciona ventaja alguna, aparte de que su dirección también se aparta de la conveniente. Como la ladera del Cabriel tiene un sinnúmero de hondonadas y barrancos afluentes, lo mejor es aprovecharlas para dirigirse al paso del río, cortándolas, porque no hay que pensar en contornearlas, pero sin acercarse demasiado pronto á éste ni á la carretera, que lo va siguiendo, para tomar los barrancos con poca altura, pues de otro modo tendríamos una serie de viaductos; esto da lugar á tres tuneles de 448,30, 200 y 183 metros de longitud. El trazado va á salir normalmente al Cabriel, en un punto á poca distancia agua arriba del antiguo molino de Cristinas, donde el cauce va perfectamente encajonado y con ambas laderas de roca; al mismo tiempo se cruza la carretera de Tarancón á Teruel, que va á lo largo del río, á muy poca distancia. El trozo 4.^o termina antes del puente y su longitud es sólo de 8.126,26 metros, á causa del mayor número de obras importantes que contiene.

Llegamos ya á uno de los pasos difíciles del trazado: La divisoria del Cabriel y el río de los Ojos de Moya está formada por un nudo de montañas destacadas del Pico de la Cuerda de 1.402 metros de altitud. Dos trazados se pueden seguir para cruzar esta divisoria, á partir del paso del Cabriel, subiendo por las vertientes del Norte ó las del Sur de la Cuerda.

El primer trazado tendría que desarrollarse subiendo por la ladera izquierda del Cabriel hacia aguas arriba hasta situarse sobre la elevada vega que corre al Sur de Campillos de Paravientos, en dirección á Fuentelespino de Moya y desde allí bajar por Landete á Talayuelas. El otro desarrollaría la subida por las vertientes meridionales de la Cuerda y por Henarejos y el Rento del Soto llegaría igualmente á Talayuelas.

La primera solución tiene unos 14 ó 15 kilómetros enormemente accidentados, pues todo lo que sea seguir la ladera del Cabriel es verse obligado á una sucesión de túneles y viaductos y con mayor razón en la parte comprendida entre la desembocadura del arroyo Hondo, los Ayuntaderos y el Rento de Puna-reda, porque en esta parte el Cabriel tiene un recodo en ángulo recto, rodeando el Pico de la Cuerda, que está á poco más de 2 kilómetros del río, lo que da idea de cuál será la altura de las estribaciones y acantilados; en cambio, una vez arriba en la vega, el trazado iría por una hermosa llanura, que sólo tendría hacia el final accidentes más marcados.

(1) Véase el número anterior.