2
1021944
c.1

PUENTES CHILENOS

POR

D. V. SANTA MARIA

(PUBLICADO EN LOS "ANALES DEL INSTITUTO DE INJENIEROS")

SANTIAGO DE CHILE
IMPRENTA CERVANTES
BANDERA 50
—
1901

PUENTES CHILENOS

VI

11032

FUNDACIONES DIRECTAS

Puente del Achibueno.—Ubicado entre la estacion de Linares i de paradero de Miraflores. Puede citarse como una de las buenas obras provisionales i económicas, que deben usarse en las líneas férreas secundarias, para ser reemplazadas despues por puentes de carácter mas definitivo cuando el tráfico de esas líneas se haga importante. El puente del Achibueno tiene superstructura de madera, reposando sobre cepas de rieles i tiene 400 m. de lonjitud. Las cepas son compuestas, en su parte baja, de 4 pilotes dobles cada una perfectamente amarrados i entrecruzados con riostras de rieles. Algunas de estas cepas se clavaron abiajadas con relacion al eje de la via; hoi se ha visto que esto no tiene utilidad; las aguas del Achibueno oscilan tanto en el alveo del rio, que atacan las cepas en todos sentidos. El puente actual no está malo; pero dada su naturaleza, no permite la circulacion con gran velocidad i, por consiguiente, todos los espresos i trenes de pasajeros, deben sufrir una perturbacion en su marcha normal a causa de este puente. Esta circunstancia se está haciendo onerosa para el tráfico, i, por lo tanto, ya es tiempo que sea cambiado por otro, que, aunque económico, pueda ser atravesado por los trenes con la velocidad normal de plena marcha. Para ello ya en años pasados la administracion habia contratado un puente definitivo metálico de 320 m. de largo, compuesto de 11 tramos de 32 m. Este puente, aunque llegaron todas sus ferreterías, no se armó, porque al hacerse las escavaciones a tajo abierto i enmaderados, dieron un exceso de filtraciones i no se pudo agotar con los elementos que tenia la Empresa. El lecho del Achibueno es mui arenoso, i sus aguas mínimas de verano poco se pueden desviar de un lado a otro del alveo del rio; por eso no fué raro que, iniciados los trabajos de fundaciones, como es costumbre entre nosotros, sin haber hecho los sondajes del caso, tuvieran que abandonarse, gastándose sumas indebidas en obras inadecuadas. Este mismo fracaso ha servido de sondaje un *poco caro i moroso*, que ha puesto de relieve que conviene en el Achibueno un puente de tramo largo i con fundaciones de otro tipo que el proyectado. Por eso actualmente se consulta un nuevo puente metálico con 9 tramos de 40 m. de luz cada uno, reposando sobre machones tubulares i estribos de mampostería. Las fundaciones tubulares son las mas adecuadas en estos casos por la direccion tan caprichosa de las corrientes, que, como lo hemos dicho, cruzan las cepas del actual puente en todas di-

recciones. El fracaso de las fundaciones a tajo abierto ojalá sea una leccion para que, ántes de proyectar puentes, se hagan sondeos en los lechos de rios.

Los 11 tramos de la superstructura de acero mandada por el Creusot, los va a aprovechar la Empresa de los Ferrocarriles del Estado en puentes mas chicos: porque, como todos los otros mandados por la misma fábrica, han sido calculados con cargas de prueba ya insuficientes dado el peso del nuevo equipo de los Ferrocarriles del Estado. La nueva ferretería de los tramos de 40 m., se calculará en conformidad a estas últimas exijencias: haciendo trabajar los frenos i aceros en conformidad con los pliegos de condiciones suizos, que son los mas recomendados.

El puente del Liguai.—Ubicado entre el paradero de Miraflores i la estacion de Longaví. Tipo económico como el del Achibueno, con 113 m. de largo, con cepas de pilotes bien armados i en buen estado. Este puente se encuentra en las mismas condiciones que el anterior, perturbando ahora el servicio porque obliga a disminuir la marcha normal de los trenes. Por lo tanto, ya es tiempo que sea reemplazado por otro, que, aunque económico, permita grandes velocidades. Por eso se consulta ahora, en este punto, un puente metálico de tres tramos con 50 m. cada uno, con vigas rectas i via inferior; i siendo costosas sus fundaciones, se consultan machones tubulares i estribos de mampostería.

Las creces del año 1900 maltrataron un poco los terraplenes de acceso del puente, desperfecto que desaparecerá con las defensas de los nuevos estribos.

Puente del Roble.—Situado al sur del Ancoa entre Linares i Miraflores. Era un puente de 7 m. de luz, i en las últimas avenidas del año 1900 las aguas se acumularon de tal manera, que rebalsaron i destruyeron el puente. Para restablecer el tráfico se puso uno provisional sobre caballetes de madera. Como todo el defecto del puente fué su poca desembocadura, se ha consultado en reemplazo del caido otro de 25 m. de luz, utilizando así uno de los tramos caidos en el puente del Tinguiririca.

Puente de la Noche.—Ubicado al norte del Longaví, puente de albañilería compuesto de tres arcos de medio punto de 8 m. de luz cada uno. Sus fundaciones empotradas en terrenos mas o ménos toscaso. Las creces estraordinarias de 1900 hicieron que las aguas se acumulasen contra las bóvedas, botando dos de los arcos. Basta para reconstituir el puente, en buenas condiciones, reemplazar los dos arcos de 8 m. cada uno i el machon caido, por un tramo de ferretería de 20 m. de luz, que se haria reposar sobre estribo nuevo.

Puente del Longaví.—Ubicado entre las estaciones de Longaví i Membrillo, de albañilería, compuesto de 14 arcos de 20 m. de luz cada uno i rebajados a 1/10. Las fundaciones del Longaví i su caida son otra leccion dada por el descuido de conservacion; sea por falta de fondos o por cualquiera otra causal, el hecho es que el puente del Longaví ha caido por falta de atencion oportuna, i ahora su reconstruccion costará tres o cuatro veces mas que lo que habria costado su defensa hecha a tiempo. I la razon es obvia: ahora, hai que gastar en los trabajos de defensa de la parte que queda en las mismas condiciones que se habria hecho hace cuatro años si se hubiera actuado oportunamente, i a mas de esto, como gastos suplementarios todos los ocasionados por los puentes provisionales para restablecer el tráfico; todas las sumas perdidas en sacar escombros de la parte caida i, por fin, las sumas que se invertirán en la reconstruccion de lo destruido. Se

ve, pues, que tomando solo estos factores i sin contar con las *pérdidas que sufre la esplotacion por las interrupciones del tráfico*, las que no pueden ser despreciables, no es exajerado decir que la falta de cuidado oportuno de una obra de arte como el puente del Longaví, costará el desembolso de sumas tres veces superiores. Esta misma dolorosa observacion la podemos hacer respecto a tantas otras obras de la misma naturaleza; lo que es peor, no han bastado a la administracion las lecciones del Lontué, en que año a año se ha caido un machon, arrastrando cada caida con dos tramos del puente; que ya en dos creces sucesivas, puentes como el Maule han sido averiados i poco atendidos; que los dos tercios que quedan del antiguo puente Longaví, pueden ser destruidos de un momento a otro si no se atienden ántes que las nuevas creces produzcan aun efectos mas fatales; no han bastado, como digo, ninguna de estas lecciones que cuestan algunos miles de pesos, i se continúa en el mismo estado. Qué de raro será entónces que si tenemos un invierno fuerte tengamos que lamentar la caida de los pocos que aun han aguantado los azotes de las aguas?

Las fundaciones del puente del Longaví se llevaron hasta un suelo de tosca bastante dura e igual a la que se vé en su barranca sur, dándoles 6.50 a 7 m. de profundidad. La capa de tasca debe tener una ondulacion cerca de la barranca sur, por cuanto algunas de las fundaciones, apesar de tener 7 m, no alcanzaron a llegar a la tosca i quedaron en un conglomerado de gravas que no tenia indicio de haber sido removido. Los trabajos se efectuaron como en los demas puentes, *sondeando* el terreno con las escavaciones mismas i con heridos a tajo abierto convenientemente enmaderados para reducir los cubos de estraccion i evitar derrumbes. Solo en la cuestion de agotamientos de las aguas de filtraciones, hubo una circunstancia particular, *sui jeneris*. No teniéndose a mano mas bombas centrífugas, que las que en esa época estaban ocupadas en las faenas del Maule, Perquilauquen i otras, u otras bombas convenientes para atender esta necesidad, se facilitó a las faenas del Longaví una de las bombas de grandes dimensiones que recien llegaban para el dique de Talcahuano; pero como esa bomba era capaz de levantar hasta 2,000 litros por segundo con su carrera máxima i 1,000 a 1,200 *con la mínima*, i una sola escavacion no daba filtraciones bastantes aun para alimentar el mínimum de la bomba i asegurar su funcionamiento contínuo, se reunieron, por medio de un canal lonjitudinal, las aguas de tres i aun cuatro escavaciones en un solo pozo de agotamiento. Como la bomba exijia un fuerte motor que no se encontraba en plaza, i no era posible pensar en armar, ni aun provisoriamente, los motores fijos que venian con ella para el dique, se hizo servir de motor a una locomotora convenientemente suspendida i desacoplando sus ruedas motrices. Se adaptó a la rueda motriz en movimiento un aparato adecuado para recibir una polea i la correa de trasmision.

Por último, como las correas de trasmision, aun las mejores, de cuerda i de gutapercha, etc., se destruian mui lijero, se recurrió a fabricar correas con cables de manila dándoles varias vueltas i formando correas; tampoco este recurso fué mui eficaz, i por consiguiente, se hizo un aparato adecuado de trasmision especial i directa que, si bien no era capaz de dar a la bomba el máximum de velocidad, la hacia funcionar bien con su carrera media.

La zanja colectora de las aguas de filtraciones que seguia el eje lonjitudinal del puente, i naturalmente a un nivel *inferior* al plan de fundacion, puesto que necesi-

taba pendiente para llevar las aguas de varios heridos al pozo de agotamiento, *interrumpió la continuidad* del suelo firme; i no han faltado quienes atribuyan a esta circunstancia una influencia nociva i una causa, que si bien no ha provocado desperfectos, por lo ménos es desfavorable para resistir a la accion socavadora de las aguas. Esa zanja fué rellenada con piedras de cerro de grandes dimensiones, i es de suponer que ese enrocado haya impedido los socavamientos.

Sin embargo, el desideratum en este caso habria sido rellenar con hormigon o de cualquier otro modo para formar un monolito, reemplazando el suelo firme natural que se habia cortado, i que servia de base a las fundaciones. En todo caso no parece ser este un procedimiento que deba imitarse; es preferible el agotamiento de cada herido aisladamente.

El señor Vivanco, al fijar la profundidad de las fundaciones, tuvo mui en cuenta las creces máximas conocidas el año 1877, i el arranque de los arcos del puente fijan el nivel de las aguas máximas de esa crecida. Los arcos del puente del Longaví, tienen la particularidad de no formar una bóveda contínua, sino por el contrario, ser arcos aislados de 1.10 m. de espesor por 1 m. de ancho, colocados debajo de los rieles de la via i dos arcos aislados de 1.10 de alto por 0.80 de ancho para las cabeceras. Los arcos se construyeron con dovelas de piedra artificial, fabricadas a molde en las mismas faenas, evitándose así el gran costo de las piedras canteadas de grandes dimensiones i obteniéndose casi la misma resistencia.

Los ensayos de esas piedras artificiales dieron mas de 201 k. por centímetro cuadrado, a la ruptura (ver ANALES DEL INSTITUTO DE INJENIEROS). Dos arcos estan ligados entre sí, por bovedillas de ladrillo, tirantes de fierro; los tímpanos i barandillas son de albañilería i ahuecados, para descargar su peso, en los machones estribos, que subdividen el puente en tres secciones independientes.

Posteriormente, el Longaví, en una de sus creces del año 1898, cargándose las aguas en una parte del lecho, lo canalizaron en una estension de dos tramos, provocando así una fuerte socavacion, de tal manera que descubrió los cimientos de dos de los machones del puente, provocando aun pequeñas desnivelaciones que pudieron comprometer las bóvedas si hubiera seguido acentuándose.

Este hecho puso entónces enteramente de manifiesto que el suelo que se habia considerado como insocavable estaba espuesto, siempre que las aguas tomasen un volúmen tal que dieran una altura de 1 m. mas que las creces de 1877. Era, pues, evidente i eminente la necesidad de protejer esas fundaciones con un zampeado jeneral, puesto que no se podia asegurar si en otra crece las aguas no irian aun mas léjos en sus estragos. La administracion, por economía, se limitó a hacer defensas locales con zampeados parciales i deficientes alrededor de los machones, cuyas fundaciones fueron descubiertas. Los resultados no tardaron en hacerse esperar desgraciadamente; las creces de 1899, las mayores conocidas ahora, no solo tomaron tanta agua, que su nivel subió de 0.60 encima del nacimiento de las bóvedas de los arcos del puente, sino que canalizó otra seccion del alveo del rio i trajo la ruina de la parte central del puente. Si el puente del Longaví no hubiese estado dividido en secciones, por medio de machones estribos, se habria arruinado por completo.

Si el año 1898, despues de producidas las desnivelaciones en dos de los machones,

se hubiesen protejido inmediatamente las fundaciones del puente con un zampeado jeneral gastándose unos 10,000 pesos, hoi tendríamos el puente en pié a pesar de las creces posteriores. Ahora, la reconstruccion de lo caido i defensas de lo que queda, *sin contar lo gastado en puentes provisionales ni las pérdidas por las interrupciones del tráfico, estan valorizadas en 200,000 pesos.* I como pasó la época de hacer los trabajos de defensa, como para el Maule, Lontué, etc., quién sabe si para el año próximo la reconstruccion del Longaví no nos costará 400,000 pesos, o mas, sin contar las pérdidas de interrupciones del tráfico, etc., etc. Francamente, que no se puede comprender esta lentitud en atender i conservar las principales obras de arte de los Ferrocarriles del Estado, lentitud que cada dia está ocasionando pérdidas de todo jénero i perturbaciones inadmisibles en los servicios de esplotacion. (Actualmente hai trabajo en el Longaví.)

No tengo, desgraciadamente, ningun dato de las velocidades superficiales de las aguas del Longaví en sus creces, i, por lo tanto, no puedo en este caso ver si se comprueban aun las fórmulas empíricas que he apuntado respecto a la intensidad de las socavaciones; i es tanto mas sensible este hecho por cuanto el lecho del Longaví, teniendo tosca en el subsuelo, es distinto de los que hemos visto, con subsuelos de gravas i conglomerados arcillosos mas o ménos duros, pero siempre formados con piedras redondas de acarreo de los mismos rios. Ademas el lecho del Longaví tiene una pendiente trasversal, como el Maipo i el Cachapoal, de norte a sur, de 0.008 por metro.

Destruida la parte central del puente, parecia lójico pensar en reconstruirlo en la misma forma que ántes, despues de haber defendido todas las fundaciones con un zampeado jeneral; pero como se ha notado ya, por las últimas creces, que la desembocadura del puente es deficiente, por cuanto las aguas han subido de 0.60 sobre el nacimiento de las bóvedas i éstas son sumamente rebajadas; i por otra parte la dificultad de bajar a buscar las nuevas fundaciones a hondura en los mismos puntos donde se encuentran los escombros de las antiguas, es una subjecion bastante fuerte que hace difíciles i costosos los trabajos, aunque se hagan valiéndose del aire comprimido, dificultades que hacen que el costo de estas reconstrucciones sea exajerado comparándolo con el costo de la reposicion de machones tubulares bajados con aire comprimido i superstructura metálica, han determinado la adopcion de este último procedimiento que no tiene subjeciones de fundacion i aumenta la desembocadura del puente.

Para que los cilindros que formarán los nuevos apoyos, no tengan que enterrarse encima de escombros del antiguo puente, lo que dificultaria enormemente su descenso, se han proyectado tramos de 32.50 m. de luz cada uno; de esta manera uno solo de los machones cae encima de escombros. La parte cortada mide 130.50 m., i por consiguiente, con cuatro tramos tenemos: $4 \times 32.5 = 130$ m. Como los caidos son 5 tramos de 20 m. de luz cada uno o sean 120 m. de desembocadura, con 10.5 m. para espesor de machones: se ve que, con la nueva combinacion, se gana en luz efectiva el espesor de un machon i el no estrechar la seccion mas arriba de la cota del nacimiento de los arcos. La vía tiene que ser superior i por consiguiente las vigas rectas que soporten el tablero del puente, dada la altura disponible, no pueden tener el $\frac{1}{10}$ de la luz como jeneralmente se usa: así para tramos de 32.5 m. les correspondia vigas de 3.2 m. de alto: pero solo se les dan 2.8 m. teniendo, por consiguiente, que reforzar convenientemente las cabezas de estas vigas i no ser por eso el tipo mas económico. Dando tambien a las vigas maestras 2.8 m.

de alto, las cabezas inferiores quedan sobre el nivel de aguas máximas de las últimas creces.

No se puede pensar en defender el fondo del rio con un enrocado de piedra suelta que formase zampeado, por cuanto tienen en este caso el grave inconveniente de obstruir los ojos del puente, levantando el fondo del lecho del espesor del enrocado i está probado que el puente tiene poca desembocadura: por consiguiente, si se pone zampeado de fondo debe ser, por lo ménos, al nivel del plan actual del lecho del rio para no desmejorar la desembocadura del puente. Lo primero que se ocurre es poner un zampeado con bóveda inversa, para echar las aguas al centro de los tramos i aumentar la desembocadura del puente; pero un zampeado semejante seria mui costoso. Recurrir al zampeado parcial alrededor de cada machon, es mas costoso aun porque el desarrollo de cada una de estas defensas parciales es tal que sumadas todas ellas dan mas cantidad de obra por hacer que el jeneral de ribera a ribera. I por otra parte, caeríamos en el gran defecto de dejar el centro *c* espuesto a canalizarse; ahora bien, si seguimos las buenas reglas de construccion, tenemos que la parte protejida alrededor de cada machon *no debe pasar de* $\frac{1}{4}l$ o sea en este caso $\frac{1}{4} \times 20 = 5$ m. como distancia máxima para formar las palizadas *B B* del recinto de los zampeados parciales i esas palizadas *B* deberian quedar enterradas mas abajo que toda socavacion, lo que sale mui costoso. Por eso se ha consultado la reconstruccion con las condiciones siguientes:

I. Construir una barrera de rieles en toda la estension del puente, de dos filas, formando cajon a 5 m. aguas abajo i otro a 5 m. aguas arriba de las fundaciones actuales.

II. Colocar un zampeado jeneral con bloques entre estas barreras, en toda la parte del antiguo puente, colocando el nivel superior de los bloques al plan del lecho del rio.

III. Fundar dos machones que faltan para colocar los 4 tramos de ferretería, con columnas con aire comprimido a la mayor hondura posible i protejer el lecho en esa parte con piedra suelta de grandes dimensiones, acomodada a mano, para que el plan del enrocado así formado no levante el plan del lecho del rio. Estos trabajos son los que se han estimado en 200,000 pesos.

Puente del Membrillo.—Ubicado entre las estaciones de Membrillo i Parral, de albañilería de ladrillo, con tres tramos, de 6 m. de luz cada uno, fué hecho sumamente débil, de modo que cuando se pusieron las tierras de los terraplenes se rajaron los muros. Aunque este puente tiene buenas fundaciones, todas sus albañilerías estan ya deterioradas i se mantienen en estado incierto hasta ahora i lo curioso es que se construyeron estas albañilerías débiles por órden del injeniero de Gobierno con protesta del contratista, i como uno de sus tramos sirve de paso inferior i tiene su plan mucho mas alto que el lecho del estero, las aguas se arrepresan demostrando que conviene aumentar un tanto la desembocadura, resulta que no vale la pena atender a esas fundaciones, sino que será mas económico poner un solo tramo de 24 m. de luz, demoler el machon de mas al sur i recortar el de mas al norte a la altura del plan *A B*, del camino, dejando el pedazo de machon como muro de sostenimiento del camino. Por otra parte, los estribos de este puente hai que reforzarlos completamente; tienen 7 m. de alto i sus muros de vuelta son mui delgados i se abrieron con el empuje de las tierras. Para que no se cayesen se les pusieron tirantes *t* de fierro que con sus anclas ligan un muro con otro. La Empresa puede usar en este puente una de las vigas del antiguo puente de los Maquis, haciéndole

las transformaciones necesarias para adaptarla a las dimensiones de 24 m. de luz, como se ha indicado.

Puente del Perquilauquen.—Ubicado en la línea central, entre las estaciones de Parral i Ñiquen; fué fundado directamente con heridos a tajo abierto, enmaderados i agotando las filtraciones con bombas centrífugas hasta una profundidad de 5 a 6 m. sin encontrar ninguna dificultad. Solo un accidente casual, la cortadura de uno de los vientos de una de las gruas de servicio que bajaban los materiales a las escavaciones, arrolló al injeniero residente don Nicolas Tanco, arrojándolo violentamente al fondo de la escavacion, accidente que casi costó la vida a dicho injeniero, vino a perturbar la marcha ordinaria de esas faenas.

El puente tiene superstructura metálica, compuesto de 7 vigas rectas independientes, formando 7 tramos, con 125 metros de desembocadura. Los machones i los estribos fueron ejecutados de mampostería, i para evitar grandes acarreos se usó la piedra de la cantera de Putagan, que degraciadamente resultó alterable con los ajentes atmosféricos, i se descompuso con bastante rapidez al cabo de 10 años. Fué preciso entónces emprender la reconstruccion de esas mamposterías, trayendo para ello piedra granítica de las canteras del Maule.

La reconstruccion de los machones se hizo sin ninguna dificultad en la misma forma que su construccion, solamente trabajando bajo las alza-primas que sostenian provisoriamente, las ferreterías para no interrumpir el tráfico de la línea férrea. Se descubrieron i demolieron una a una todas las fundaciones que tenian piedra de la cantera de Putagan, la que, ya sea al aire libre o bajo tierra, se encontró siempre podrida i deteriorada. Se demolieron i se reemplazaron por buenas mamposterías con piedras graníticas i morteros hidráulicos. Solo dos de estas fundaciones que se habian hecho con piedras graníticas se encontraron frescas i sin alteracion. En otro de los machones las piedras del interior de las mamposterías, que podia suponerse que deberian estar al cubierto de las acciones de la humedad i de la atmósfera, i por lo tanto en buen estado, se encontraron tan averiadas i podridas que dejaban huecos enormes, donde se habian reducido a arena i polvo.

Este hecho, único por fortuna entre nosotros, en los puentes del ferrocarril, pone perfectamente de manifiesto la necesidad de emplear materiales de primera calidad, aunque ellos *parezcan caros en el primer momento.* La economía que se obtuvo en las primeras mamposterías del Perquilauquen, costaron, 10 años despues, dos i media veces mas, por tener que trabajar bajo alza-prima con mas molestias que en una faena sin subjecion.

Las aguas del Perquilauquen, como la de todos nuestros rios centrales oscilan en su alveo, canalizando ya al sur ya al norte i atacando los terraplanes de acceso del puente. Como estas fundaciones tienen 5 m. de profundidad i desde que se trabajó el puente el perfil del lecho ha cambiado notablemente, es del todo conveniente tratar de restablecer los puntos donde se haya canalizado i no esperar *que las socavaciones sucesivas boten el puente* como han botado el Lontué i ya amenazado el Maule.

Por este motivo se necesita para asegurar esa obra:

1.° Poner defensas aisladas al rededor de cada machon i estribos con enrocado de bloques de 3 i medio metros de ancho i enterrados de 2 metros de profundidad;

2.° Defender los terraplenes de acceso con cestos de mimbres rellenos con piedras de rio o con zarzas de ramas de mimbre, colocados aguas arriba de los terraplenes. I sobre estos cestones o zarzas se botará piedra de cerro.

El otro puente sobre el *Perquilauquen*, se encuentra en el ramal de Parral a Cauquenes, tiene superstructura metálica compuesta de tres tramos de 45 metros, reposando sobre estribos de mampostería i machones tubulares de fierro. Está ubicado entre las estaciones de Parral i Quella. El nivel del riel quedó colocado a 3 m. sobre la cota de las aguas máximas del año 1877, i como la via estaba a media altura en las vigas del puente, sus cabezas superiores se encontraban a la cota 128.99 i las cabezas inferiores solo a 1.50 metros sobre el nivel de aguas máximas de 1877. La cota de fondo del rio era de 116.90 i las fundaciones de los estribos fueron bajadas a 112.95, o sea 3.95 m. bajo la cota de fondo, pero quedando empotradas en las barrancas del lecho de 8 m. Los tubos de los machones quedaron en suelo firme a la cota 113.50, o sea enterrados de 3.40 m. Se abrieron heridos enmaderados los que se agotaban con bombas centrífugas, puesto que en verano el lecho del Perquilauquen queda casi en seco, en el mismo herido se pusieron los dos tubos jemelos de este machon. A la hondura de 3.40 se puso una capa de 0.60 de hormigon i los tubos quedaron unidos en su base i encastrados en esta capa de hormigon. Despues se rellenaron las escavaciones con piedras de cerro, habiendo quitado las enmaderaciones. Tal fué la construccion de este puente.

Cuando se fijó la desembocadura en 135 metros, el injeniero tuvo en cuenta el cauce ordinario del rio o sea la parte *A B* del perfil i colocó la superstructura 1.50 m. mas alta que las aguas máximas conocidas a la fecha de la construccion; pero no tomó en cuenta el gran campo de innundacion que queda al poniente del cauce *A B*, por cuanto creyó que esas eran aguas muertas i que bastaria para su escurrimiento, con una gran alcantarilla en los terraplenes de acceso del poniente. Este error ha sido la causa de la caida del puente, como vamos a verlo.

En las creces del año 1900 el agua subió hasta quedar 0.50 bajo el nivel del riel, es decir, a la cota 126.88 i por consiguiente quedando 0.89 sobre las cabezas inferiores de las vigas del puente, las que interceptando las ramas de árboles, etc., que arrastraban las aguas, formaron un taco de 2 m. mas o ménos, colocado de lado a lado del lecho del rio. El empuje ocasionado por estas aguas fué lo que motivó el arrastre de la superstructura sobre sus rodillos i rótulas de dilatacion i la tronchadura de las columnas del machon oriente. El croquis siguiente muestra la colocacion en que quedaron los tramos del puente despues de las creces. El tramo núm. 1 viró al rededor de su estribo i quedó casi al pié en 1', el tramo del centro fué arrastrado al frente a 2' i el núm. 3 viró al rededor de su estribo i quedó en 3'. Fué el tramo 3' el que al caer chocó contra las columnas del machon i las tronchó, quedando en pié solamente como 1.50 a 2 m. sobre el suelo. Como los estribos estan bien fundados en tosca dura, lo mismo que los tubos, el suelo no pudo ser socavado por las aguas i ejercieron todo su empuje sobre las ferreterías. Ahora si hacemos un cálculo aunque sea sumario sobre el levantamiento del eje hidráulico del rio, que deberian provocar los terraplenes del poniente, que entorpecen el escurrimiento de las aguas de inundacion en todo el campo *A C*, que tiene mas de 600 metros, veremos que, suponiéndole a la crece de 1900 el mismo volúmen de agua de la del año 1877, como esta última se escurrió por una desembocadura *C A B*, i la del año 1900 se le obligó a pasar

solo por la seccion A *B*, no es raro que su nivel subiese a la cota 126.88 o sea 2.50 mas alta que la crece de 1877. El error ha estado en contar como aguas muertas las aguas de innundacion, las que, si bien desbordan sobre el lecho normal, no por eso dejan de escurrirse i exijir desembocadura. I tanto mas sensible ha sido este hecho cuanto que durante la construccion se pensó, realmente, en poner en los terraplenes del poniente un tramo de descarga de 20 m. de luz. Pero, temiéndose que este tramo de descarga, provócase la formacion de canales laterales del rio i en un momento dado sus aguas pudiesen salir del alveo actual i tomar por esos canales rompiendo los terraplenes i dejando el puente en seco, no se quiso construir el tramo de descarga. Las creces de 1900 han puesto de manifiesto que se necesita el tramo de descarga de mas de 30 metros de luz, en los terraplenes del poniente, sin embargo, hai quienes, aun despues de los acontecimientos pasados, encuentran preferible dejar esos terraplenes unidos por el temor de que ellos formen cauce i lleven un gran volúmen de agua hácia esos tramos i los boten, como aconteció con las creces de 1900 en los terraplenes del puente del Bio-Bio, que quedaron cortados por esta causa.

Ahora si hacemos tambien un cálculo sumario sobre el empuje que las aguas ejercieron sobre la viga i determinamos la velocidad superficial, por medio de las fórmulas hidráulicas ya que desgraciadamente no fueran observadas: se encuentran los datos siguientes:

1.° Que la velocidad *mínima superficial* de las aguas en la seccion del rio donde tuvieron 9.98 metros de altura, teniendo el lecho del Perquilauquen una pendiente de uno i medio por mil, i calculada por la fórmula $hi = b\ u^2$ tenemos para la velocidad media $u = 3.67$ *m.* por segundo i una velocidad superficial de 4.58 metros por segundo i que sin disputa es menor que la real, pero que la tomaremos como base de los cálculos para que no se puedan tachar de exajerados, ya que no tenemos las velocidades dadas por la observacion directa.

La seccion de viga espuesta al choque de las aguas es de $0.89 \times 45 = 40.05$ metros cuadrados si toda ella hubiese estado obstruida, pero como la viga es de simple rejilla i considerando por otra parte que las aguas quedando a 0,50 bajo el riel, alcanzaban a chocar con las longuerinas las basuras i ramas que formaban taco i la superficie de choque de la otra viga de aguas abajo, no pecaremos por exajeracion, si consideramos con superficie de choque un 0,70 de la anterior o sean 28.049 metros cuadrados.

Como cada metro cúbico de agua pesa por lo ménos 1000 kilógramos, no contando los materiales en suspension i el esfuerzo de choque es igual a la masa por el cuadrado de la velocidad del cuerpo chocante: por otra parte la masa es igual al peso $\frac{P}{g}$, tenemos, como esfuerzo de choque de las aguas en la superstructura del puente del Perquilauquen

$$\frac{28049}{9.88} \times \overline{4.58}^2 = 59533 \text{ kilógramos.}$$

Por otra parte, segun los planos i datos del contrato con el Creusot el peso de las terreterías de cada tramo es de 63.570 kilógramos, agregándole el peso de la enrieladu-

ra, durmientes etc. tenemos 68.000 kilógramos en números redondos. Luego el frotamiento de las cuatro rótulas ofrecen una resistencia al arrastre horizontal de

$$R = 1.4 \times f. \times P.$$

puesto que siempre el frotamiento inicial de resbalamiento es 1.4 veces superior al coeficiente f. de los cuerpos ya en movimiento. Tomando ahora como coeficiente de resbalamiento de acero contra fundicion f=0.20, es decir, un máximum para tomar en cuenta no solo que esas piezas no estaban lubrificadas sino aun un tanto oxidadas tenemos

$$R = 1.4 \times 0.20 \times 68000 = 19040 \text{ Klogs.}$$

o sea la resistencia tres veces menor que la fuerza solicitante. Luego, es evidente que esa ha sido la única causa de la caida del puente. Por lo demas, las distancias a que han caido los tramos arrastrados, demuestran claramente que las masas de agua i las velocidades que han intervenido en la caida, son mayores que las que he hecho intervenir en los cálculos.

He querido detallar un tanto este fenómeno para poner bien de relieve el defecto de la poca desembocadura de un puente i las consecuencias fatales que de él se deducen, cuando la altura de las vigas es mui poco superior a la de las aguas máximas, puesto que, guiados siempre por economías tenemos la tendencia de acortar los puentes.

Tratándose ahora de la reconstruccion, es evidente que, siendo el Ramal de Parral a Cauquenes, una línea de poco tráfico i enteramente secundaria, miéntras no se le prolongue hasta la costa, deberia ponerse en ella puentes enteramente económicos. Ahora, dadas las circunstancias existentes que muestran que pueden utilizarse la mayor parte de las fundaciones i de los materiales del antiguo puente (siempre que no los dejen años botados en el lecho del rio oxidándose i maltratándose) hai verdadera conveniencia en reconstruir el puente caido, i para ello es necesario:

I. Restablecer el machon que falta.

II. Reforzar los apoyos existentes i trasformar la superstructura metálica para colocar la via inferior i levantar así las cabezas inferiores por lo ménos de 2.50 sobre aguas máximas.

III. Levantar el nivel de los rieles de un metro mas si es posible que el nivel actual, puesto que, no se puede pensar que, ni aun colocando ahora tramos de descarga en los terraplenes del poniente, el nivel de las aguas en creces semejantes a las de 1900 que no es mui superior a las de 1877, las aguas bajen mucho sobre el nivel adquirido últimamente.

Ahora, como los terraplenes fueron cortados a alguna distancia al poniente del puente por las aguas de innundacion es indispensable, por mas temores que se tenga, que se construya un puente de 30 metros de luz, en estos terraplenes.

Los otros puentes de la línea de Parral a Cauquenes, *Titinvilo, Unicaven,* etc., tienen superstructuras metálicas, con vigas rectas de alma llena, puesto que sus tramos no son superiores a 15 m. de luz. Todos tienen estribos de mampostería i machones for-

mados con cepas de pilotes de rosca. Estas construcciones son mui económicas i por lo tanto mui adecuadas a las condiciones del servicio de la línea del ramal de Cauquenes.

La construccion de las primeras cepas fué dificultosa, no por la clase de suelos que se encontraban, sino por la falta de esperiencia para manejar los pilotes de rosca, i siempre *por las economías mal entendidas.* No queriendo gastarse en pilotes con roscas *adecuadas a los suelos que se presentaban,* que eran fangos i despues de ellos una tosca de regular dureza; se dió órden de colocar ahí los mismos pilotes de rosca que habian sido traidos para la línea de Valparaiso, para suelos cascajosos. El resultado negativo no se hizo esperar: las resistencias que se desarrollaron fueron excesivas i ocasionaron la ruptura de los cabrestantes, etc., fué preciso, por lo tanto, *perder lo hecho i lo gastado* para recomenzar con pilotes con roscas adecuadas a los terrenos i aparatos de torsion calculados para esas roscas. Hecho esto (Ver Anales del Instituto de Injenieros) los trabajos dirijidos por el injeniero señor Máximo Dorlhiac marcharon con toda regularidad i economía. Yo no dudo que este sistema de fundacion, tan aprovechado en el estranjero, esté destinado entre nosotros a prestarnos excelentes servicios en puentes, tanto de ferrocarril como sobre todo en los carreteros, para reemplazar el pilote de martinete donde con él no se puede conseguir un resultado satisfactorio. En ese sentido, los puentes de Titinvilo i Unicaven serán siempre buenos modelos de puentes económicos i de fácil construccion.

Puente del Batro i Llelbun.—Ubicados en la línea central entre las estaciones de Parral i Ñiquen. Son viaductos de albañilería de ladrillo con arcos de medio punto i de 10 metros de luz. Las bóvedas son de 4 hileras de ladrillos de los llamados ladrillos fiscales. Los machones son de mampostería i bien fundados en las toscas del subsuelo directamente con bombas a 6.5 de profundidad i por lo tanto no han sufrido por socavacion. El puente se ha mantenido bien hasta 1883; el año 1884 apareció una rasgadura lonjitudinal que tiene tendencia a abrirse por los fuertes rellenos de los riñones. Se le botaron las barandas. Es evidente que a mas de la atencion de los terraplenes conviene en este puente examinar cuidadosamente las bóvedas, para ver si bastarán simples amarras para asegurarla por completo o bien si el movimiento sigue, demoler i restablecer la bóveda averiada.

Puente del Ñuble.—Situado entre el paradero de Cocharcas i la estacion de Chillan: con superstructura metálica, con vigas rectas i vía inferior, dividido en 10 tramos de 50 metros de luz cada uno i reposando sobre estribos de mampostería i machones formados por columnas de tubos de fierro. Estas columnas tienen (8′) 2.44 m. de diámetro i 20 m. de largo total i, por consiguiente, la parte enterrada varía de 8 a 10 m. Fueron colocadas usándose el aire comprimido por medio de un puente de servicio que despues sirvió de andamio para la armadura de las ferreterías. Cada tubo se bajaba en 10 a 12 dias de trabajo. Es un puente bien construido i que no merece mas crítica que la poca rijidez trasversal de sus vigas, por tener la vía inferior i no podérsele poner un contraviento superior, i sin embargo, para que la parte volada de las vigas no fuera excesiva, se hicieron del sistema Monier i solo con 3.8 m. de alto, es decir con $\frac{1}{13}$ mas o ménos de la luz, circunstancia desfavorable por otra parte, porque aumenta la flecha de los tramos.

Cuando se iniciaron los trabajos delpuente del Ñuble, los heridos se hicieron a cielo abierto i con enmaderados, alcanzándose a fundar de esta manera el estribo sur i uno de sus machones cuando fueron sorprendidas las faenas por las creces de 1888, que fueron

de tal naturaleza, que socavaron el machon ya construido, porque no fué posible llegar a él para defenderlo, i amenazaron de tal manera el estribo, el que indudablemente habria corrido la misma suerte que el machon sin el ausilio oportuno que le prestó el señor Enrique Budge defendiéndolo con piedra suelta, con una tenacidad verdaderamente notable durante todo un dia. El estribo no solo se salvó, sino que despues ha desafiado las mayores creces subsiguientes, mediante defensas mas eficaces i ejecutadas mas regularmente, sin que se note hasta ahora la menor tendencia a socavacion, lo que prueba evidentemente que, mucha de la piedra botada i de los bloques puestos despues, internándose hasta cerca de las fundaciones del estribo, le han formado un enrocado de proteccion que da perfectas condiciones de seguridad.

Algunos años pasaron despues sin que se renovasen los trabajos i cuando se tuvo los fondos para hacerlo, se modificó el proyecto primitivo en vista de las dificultades de los agotamientos i necesidad de enterrar bien las fundaciones. Se resolvió poner machones tubulares i proceder por el aire comprimido como fundaciones de aguas profundas, resolucion mui acertada no solo por lo tocante al menor costo sobre las mamposterías trabajadas con grandes gastos de agotamiento, sino que de esa manera el Ñuble, que canaliza su álveo ya a un lado o ya a otro, cambiando por lo tanto la direccion de sus aguas no encuentra nunca superficies planas en los machones i, por lo tanto, no se forman remolinos que provoquen socavaciones como en los machones del Maule. Una sola observacion han merecido los machones del Ñuble, la que puede hacerse estensiva a los del puente del Perquilauquen en la línea de Parral a Cauquenes i los del Bio-Bio cerca de Coihue. Las columnas jemelas que forman cada machon son completamente independientes unas de otras. Resulta de esto, que siendo bastante altas (Fig. 1) los esfuerzos que tienen que soportar que es el empuje de las aguas i accion del viento en las vigas, hacen que la resultante R, o salga fuera de la base o por lo ménos fuera del tercio central i, por consiguiente, que las columnas trabajen en condiciones poco favorables. Todo se subsana amarrando una con otra las columnas en su parte alta con las riostras *a* i *b* mas arriba de aguas máximas i una cruz de San Andres. De esa manera, las dos columnas tienen que trabajar simultáneamente para resistir a los empujes horizontales i las resultantes de los esfuerzos caen con seguridad en el tercio de la base A B que forman las dos columnas. Mas, trabajando las dos columnas aisladamente, i cuando la altura de agua es grande i la masa toma grandes velocidades, como se vió en el Bio-Bio, es espuesto que la columna pueda ser tronchada por estos empujes i ocasionar la ruina del puente. Creo, por lo tanto, que es del todo prudente en el Ñuble i Perquilauquen amarrar las columnas jemelas en la parte superior, i en el Bio-Bio de Coihue es urjente tomar esta medida.

En el puente del Perquilauquen, de Parral a Cauquenes, si las columnas jemelas de cada machon hubiesen estado amarradas en su parte superior, probablemente la superstructura no habria sido arrastrada; i en tal caso, el puente no habria podido caer sino por tronchamiento de sus dos columnas, ya no por un choque de las ferreterías que se colaron entre ellas, sino porque las aguas desarrollaban momentos de flexion enormes en su base. De todos modos, el trabajo simultáneo de las dos columnas jemelas de un mismo machon no puede ménos que ser enteramene favorable para la estabilidad de un puente i, por lo tanto, recomendarse el hecho en jeneral.

Actualmente la defensa que tiene el estribo sur del puente del Ñuble i los terraple-

nes de acceso de dicho estribo hasta llegar a la barranca de la márjen sur, es la siguiente: (Fig. 2).

El terraplen T, con sus chaflanes naturales i formado de buen cascajo grueso, está revestido en su parte superior con una especie de enlosado f, de piedras de grandes dimensiones i con una cara plana; todas estas piedras perfectamente arregladas a mano, tienen sus junturas rellenadas con buena mezcla hidráulica, i reposan en una série de bloques *c* (Fig. 3), que forman como zarpa o vereda a media altura del chaflan, continúa despues otro enrocado *d*, en forma de enlosado i en las mismas condiciones que el anterior, que viene a reposar sobre otra série de bloques *c c* que forman vereda que pasa por delante del paramento del machon M, esta vereda *c c* se apoya sobre una estacada de rieles *r r* que estan perfectamente ligados unos con otros con riostras horizontales de rieles remachados a los pilotes. Las aguas máximas toman el nivel *c c*. Detras de la estacada de rieles, hai un enrocado *b*, de bloques sueltos de grandes dimensiones los que constantemente son removidos por las creces i es lo que hai que cuidar i reponer actualmente para atender a la buena conservacion de esas defensas. Despues de las creces de 1900, hai que reponer parte del enrocado de bloques que se ha destruido en el estribo sur, i hacer una defensa con bloques en el estribo norte.

Puente del Chillan.—Ubicado entre las estaciones de Chillan i Búlnes: tiene cuatro tramos metálicos con una lonjitud de 112 metros sobre apoyos de mampostería. El cauce del rio Chillan, tanto por su gran pendiente lo que hace que sus aguas sean correntosas i mui susceptibles de fuertes desviaciones con el menor obstáculo en el lecho, se han ido cargando al sur i dejando en seco la parte norte del puente, a causa de los fuertes embanques que se han formado a orillas de la barranca norte. Cuando se construyó el puente, las aguas del Chillan venian cargadas hácia la barranca sur i seguian la direccion de las flechas N siguiendo la línea de mayor pendiente del suelo (Fig. 4).

En las creces de 1887, las aguas cambiaron de curso en el álveo del rio, se estrellaron contra la puntilla rocosa P, que sirvió de botador i tomaron la direccion de las flechas M′ N′ rompiendo los terraplenes de la línea en la estension P D i formando barranca segun la línea O P, i embancando por completo la parte norte B B del cauce antiguo, dejando completamente en seco los tramos *a b* del puente, e inútiles si no se limpiaba el antiguo cauce lo que habria sido sumamente costoso i junto con ello se construian botadores frente a la puntilla P. Viéndo lo costoso de estos trabajos, se tocó otro recurso, se trasportaron los dos tramos *a b* al sur, a *a′ b′*, construyéndose un nuevo machon i otro estribo i el puente quedó entónces formado con los tramos *c d* antiguos, que pasaron a ser tramos norte i los *a′ b′* nuevos, que pasaron a ser tramos del sur.

En estas últimas creces las desviaciones de las aguas del Chillan han sido mas pronunciadas i han venido a cortar los terraplenes de la línea en el punto F como a 700 metros mas al sur del puente i formándose ahí un nuevo cauce casi tan grande como el antiguo, por el cual apénas pasaron aguas. Mas aun; poco mas al sur está el cauce del estero de *Nebuco*, el que desbordó por completo i como su cuenca no es grande, está, se puede decir, a la vista que las aguas que se juntaron ahí fueron el sobrante de las del rio Chillan que no cupieron por el paso F, abierto en los terraplenes i siguiendo la pendiente natural del valle de norte a sur bordearon los terraplenes para descargarse en el Nebuco.

Las fundaciones del puente Chillan no se han visto nunca amenazados por socavaciones: estan a 9 metros de profundidad i fueron ejecutadas a tajo abierto agotando las filtraciones con bombas. Todas ellas llegaron a la tosca dura que es el subsuelo que se encuentra entre los 5 a 6 metros, bajo las gradas del lecho del rio i a menor profundidad amedida que se acerca a la barranca antigua que se diseña en la planicie.

Como se ve, la resolucion del problema del rio Chillan no puede darse *a priori*: para tomar una resolucion acertada a este respecto, la administracion debe mandar hacer un levantamiento prolijo de los alrededores i en una estension de dos a tres kilómetros con nivelaciones de curvas de nivel i anotando todas las circunstancias que puedan influir en la alteracion del curso de las aguas.

Solo así podrá saberse si conviene mas seguir caminando con el puente hácia el sur, o bien emprender obras sérias que normalicen el curso de las aguas del Chillan. La ventaja que tendrian estas obras es que, si ellas se pueden hacer con esperanzas de un éxito, no solo normalizarian las aguas i defenderian la línea sino que tambien se protejerian eficazmente los campos H de buenos suelos que hoi se ven amenazados i atravesados por desbordes del rio.

Por otra parte, los terraplenes entre el punto P, estremo sur del actual puente, i el boquete F abierto por las creces, son mas bajos que el nivel del puente i permiten que las aguas de desborde pasen por sobre él. Así es que, como medida del primer momento se impone el levantar la línea de un metro sobre el nivel actual, en el puente i en los terraplenes de acceso, i, por otra parte, parece lójico prolongar el puente hácia el sur con un tramo mas del mismo tipo que los actuales; pero, a mi juicio, estas medidas, que son las que se presentan como buenas *prima facie*, deben ser confirmadas i, mas que todo, *completadas* con las que resulten de un estudio prolijo i detallado de la localidad. Si no se hacen trabajos de defensas en la ribera sur, las aguas del Chillan azotarán siempre en toda esa planicie i quién sabe, si mas tarde, no vendrian todas ellas a tomar el cauce del *Nebuco*.

Poco mas al sur del puente del Chillan los derrames de las avenidas cortaron los terraplenes de la línea, como dijimos en el punto F. Sin conocer las pendientes jenerales del valle o medidas definitivas que se deban tomar, seria imprudente tapar este cauce nuevo; eso equivaldria a provocar nuevas inundaciones o derivaciones de las aguas de las creces que sobrevengan, ántes que se tengan determinadas las verdaderas defensas de la barranca sur del Chillan. Por consiguiente, es prudente poner ahí un puente de una luz, igual a uno de los tramos del Chillan i por eso lo han denominado *Chillan sur*, el que, en todo caso, servirá como tramo de descarga del campo de inundacion del rio Chillan.

Puente del Nebuco.—Poco mas al sur del rio Chillan se encuentra el estero de Nebuco, donde existia un puente de 16 metros de luz, el que fué destruido por las creces de 1900. Las creces del Nebuco por sí son incapaces de acumular la cantidad de agua que se arrepresó en 1900; i como no es estero que tenga su nacimiento cordillera adentro, no es influenciado por los deshielos. Pero las creces del Chillan, desbordando completamente en la planicie i arrepresándose por los terraplenes de la línea, fueron las que ocasionaron el accidente, porque todos los derrames de esa crece siguiendo la pendiente de norte a sur del valle fueron a acumularse en el cauce del Nebuco.

En lugar del antiguo puente, para restablecer el tráfico, se ha construido uno provi-

sional de 25 metros de luz. Seria imprudente reconstruir el puente con la desembocadura antigua i por lo ménos debe conservársele la del actual provisional, construyendo uno de un solo tramo metálico con estribo de mampostería. Ahora, si no se toman precauciones para protejer las barrancas del sur del Chillan, quién sabe si en creces venideras este rio se desvie de tal manera, que sus aguas vengan al cauce del Nebuco i esta nueva obra quedaria tan insuficiente como la antigua de 16 metros ante *los derrames de la crece del Chillan* i por lo tanto seria tambien destruida por completo.

Luego, el estudio detallado de los alrededores del Chillan con sus curvas de nivel, etc., para determinar de una manera concienzuda *los trabajos definitivos, se impone tanto mas* cuanto mayor es el número de obras de arte que se pueden encontrar comprometidas por falta de ellos, i despues tanto mas difícil será restablecer i normalizar las corrientes de las aguas cuanto mayores sean las canalizaciones parciales que se hayan formado en los campos de inundacion.

Puente del Palpal. — Ubicado entre las estaciones de Santa Clara e Itata; compuesto de tres arcos de albañilería de 5 m. de luz cada uno.

Las creces de 1900 socavaron uno de los machones provocando la caida de dos arcos del puente al lado sur.

Todo indica que el machon que queda en pié no puede inspirar garantía de no ser socavado tambien i, por consiguiente, para utilizar la bóveda que queda en pie, tendria que gastarse en reforzar i defender ese machon o poner un zampeado jeneral, lo que es mas costoso que demoler ese machon i bóveda i poner un tramo metálico, sin apoyos intermediarios aumentando así la desembocadura del puente i apoyándose solamente en los estribos, los que, dado el estado de sus albañilerías, deben ser reconstruidos con mamposterías. Es curioso notar, como lo hemos indicado, que casi todas las albañilerías de ladrillo ejecutadas en los puentes del sur, aunque fueron hechas con los mejores materiales de las localidades, todas ellas se encuentran deterioradas i se hace mas o ménos urjente el transformarlas en mamposterias. Los ladrillos no son de superior calidad, absorben mucha humedad por sus poros i concluyen por destruirse o podrirse como dicen los carrilanos. Creo que en estos casos, cuando la piedra tambien se encuentra léjos i exije grandes acarreos, la solucion está en construir machones i estribos o de piedra artificial o de buenos hormigonos hidráulicos, como se ha hecho constantemente en Europa i en algunos puntos entre nosotros, como puede verse en algunas obras de la línea de Parral a Cauquenes.

Puente de Monte Aguila.—Situado entre Yumbel i Cabrero, de albañilería que se encuentra en condiciones análogas al del *Palpal* i por lo tanto rezan para él las mismas consideraciones. Hai que reemplazarlo por otro compuesto de un solo tramo metálico reposando sobre estribos nuevos de mampostería. Con tanto mayor razon se pueden aconsejar estos cambios, cuanto la Empresa puede ocupar en estos puentes las ferreterías que tiene que sacar de otros: así en el Palpal i Monte Aguila, puede ocupar las superstructuras que quedan desocupadas del puente del Liguay.

Puente del Laja.—Tiene superstructura metálica compuesta de 8 tramos independientes, de vigas rectas con vía inferior, i de 50 metros cada uno. Reposa sobre estribos de mampostería i sobre machones de tubos de ferretería. Está ubicado entre las estaciones de San Rosendo i de Laja.

Cuando se construyó la línea a Angol se hizo ahí un puente provisional de madera que se mantuvo muchos años: el pilotaje de ese puente dió a conocer que el suelo firme no se encontraba a mucha profundidad bajo las arenas i fangos superficiales del lecho del Laja.

Por eso, siendo imposible contar con dejar el lecho en seco, ni aun en aguas bajas, cuando se pensó en construir el puente definitivo, se recurrió al sistema de tubos de albañilería que deberian descenderse por su peso dragando el interior de ellas. Como se creyó que la seccion circular no era adecuada para colocar los descansos de la superstructura, o por lo ménos seria mas cómoda la seccion rectangular; se hicieron estos tubos de albañilería con seccion rectangular i se principió su inmersion. Sea por mal manejo de las faenas, sea porque las secciones de las columnas no eran adecuadas para soportar las pocas correntadas que tienen las aguas del Laja, el hecho fué que todas las columnas que se intentaron sumerjir se desviaron i se inclinaron de tal manera, que el injeniero renunció a seguir en las faenas. Hoi se ven esas columnas tumbadas aguas abajo del puente actual; ahora, siendo este sistema de fundacion mui usado i con éxito en muchas partes donde se ha ido a buscar el suelo firme mucho mas abajo que lo que exije el Laja, no se puede atribuir el mal éxito en estas faenas sino al mal manejo del dragado interior i sobre todo a la falta de guias para el descenso de las columnas.

Es de creerse tambien que la seccion rectangular que se escojió no es la mas adecuada; un cilindro siempre presenta en estos casos mas facilidades para ser enterrado derecho i evitar sus desplomes.

Despues de este fracaso se pasó mucho tiempo sin intentar reanudar faenas i cuando se pensó nuevamente en el puente definitivo del Laja, se proyectó con machones tubulares de ferretería que deberian sumerjirse con aire comprimido i estribos de mampostería. La fundacion de las columnas de (8′) 2,438 m. de diámetro i 15 metros de largo total no ofreció dificultades, por medio de un puente de servicio que despues sirvió de andamio para la colocacion de las ferreterías.

No pasó lo mismo con los estribos: el estribo norte se fundó sin dificultad en suelo firme i agotando los heridos fácilmente con bombas; pero en el estribo sur, no se pudo seguir este procedimiento i se fundó sobre columnas (Fig. 5).

Se puso en el plan de su paramento de frente tres columnas *T*, que se sumerjieron hasta el nivel de aguas bajas del rio, sobre estas columnas se pusieron bovedillas trasversales que las unian unas con otras i sobre ellas las mamposterías del muro del estribo. Por la espalda se echó piedra grande, que formando talud salia por los huecos *B. B.* hasta rellenarlas completamente i servir de enrocado donde descansan los terraplenes que se apoyan contra el estribo. Las bovedillas se hicieron con ladrillos de Lota escojidos entre los mas duros i hasta ahora se mantienen bien, sin dar muestras de podredumbre, como se ha visto en otras albañilerías.

Los muros de vuelta del estribo, estan construidos de la misma manera, solamente que la bovedilla de union entre los tubos es mayor. El puente i sus fundaciones se mantienen en buen estado pero las creces sucesivas del rio, cargándose al lado sur de su lecho, han horadado la barranca, dejando mui espuestos los terraplenes de acceso del sur del puente i tiende a amenazar el estribo por la espalda el dia que las aguas rompan esos

terraplenes. Para prevenirse contra esta eventualidad, que no es ilusoria por cuanto ya las creces de 1900 casi la produjeron, subiendo el nivel de sus aguas hasta el borde de las cabezas inferiores de la viga del puente, inundando toda la línea hasta Diuquin i sumerjiendo la estacion i pueblo del Laja, se hace urjente tomar las medidas siguientes, (Fig. 6):

Poner una barrera de dos filas de pilotes de rieles *C. C.* que rodeen el estribo por sus costados i frente a su paramento norte; debiendo estos pilotes ser clavados a la mayor hondura posible i hasta el nivel de aguas bajas del rio. Este pilotaje formará un cofre que se rellenará con piedras i entre él i el estribo se colocará otro enrocado de piedra grande *R. R.* que protejerá toda la fundacion. Encima se pondrá otro enrocado *R' R'* formando conos de union entre los paramentos del machon i sus muros de vuelta i el cofre *C. C.* de proteccien. La parte *A.B.* de los terraplenes (Fig. 7) debe ser fuertemente defendida con enrocados de bloques puesto que tienen que interrumpir las correntadas que tienden a comer i destruir la base de los terraplenes.

Convendrá naturalmente echar alguna piedra suelta delante de las barreras *C. C.* pero no amontonándolas, sino formando cono zampeado para no solevantar el fondo i disminuir la desembocadura del puente i provocar mayor levante de las aguas máximas de las creces.

En la seccion de San Rosendo a Concepcion hai varios puentes menores i solo citaremos dos que tienen realmente importancia por los accidentes que han ocasionado, i ya no ser puentes menores, sino por el contrario puentes que necesitan una buena atencion de conservacion.

Puente del Quilacoya.—Siendo el fondo del lecho del estero de arena fangosa, dió el señor Poisson la órden de fundar a 3.50 metros de profundidad, sobre un emparrillado reposando sobre un pilotaje. Se le observó que esa fundacion seria del todo deficiente; pero como dicho injeniero sostenia la teoria de las compensaciones, como él la llamaba, no dió mucha importancia a las advertencias que se le hacian i solo mandó protejer sus fundaciones con pilotajes i tablestacados, de 2,5 m. puestos aguas arriba i aguas abajo de las fundaciones i echando un enrocado de piedra suelta formando zampeado jeneral entre las dos barreras de tablestacados. Alegando para ello que, como siempre el Bio-Bio crecia ántes que el Quilacoya i por consiguiente arrepresaba las aguas del estero, no podia haber nunca la socavacion. A esto llamaba el señor Poisson la teoria del equilibrio. Realmente, que este estado de cosas duró muchos años; pero, un buen dia, llovió mucho en las serranias de la costa i de la Florida i no en la cordillera. El Quilacoya tomó un exceso de aguas sin que creciese el Bio-Bio, por consiguiente falló la teoria, i el puente fué completamente arrastrado, como consecuencia lójica.

Por desgracia, en este accidente cayó al rio Bio-Bio el tren pagador de la seccion i perecieron ahogados el injeniero Roembeh, el contador Castro, el maquinista, fogonero i dos empleados mas; por consiguiente, el accidente no pudo ser mas fatal.

El puente construido por el señor Poisson se componia de 7 tramos de 5 m. de luz cada uno, reposando sobre estribos i machones de mampostería, fundados, como hemos dicho, sobre emparrillados i pilotajes de madera. La superstructura era de madera con vigas de roble de 0.35 × 0.40 i zoquetes de 0.30 × 0.35 Los machones tenian 4.60 m. en-

tre el fondo del enrocado que sirvió de zampeado i sus cornisas, con 1.60 m. de espesor en la base i 1 m. a la altura de las vigas. Las aguas altas normales del estero son de 2.00 m. de profundidad.

El puente provisional que se hizo 30 dias despues de la caida del puente anterior, hecho con cepas de pilotes de rieles enterrados de 7 m., i vigas de rieles armados en paquetes, es el que se mantiene hasta la fecha. Es decir que es un puente *provisional* que se le ha hecho aguantar en el servicio 10 años i en una seccion que dia a dia está mas fatigada con trenes de carga i se aumenta la velocidad i número de los trenes de pasajeros para atender las exijencias del servicio de la frontera i del espreso de Santiago a Talcahuano. Es realmente doloroso constatar estos hechos i ver cuán poco se preocupan las administraciones del mejoramiento de la via; i sin embargo, se pide dia a dia mas servicios, mas tráfico i trenes mas veloces i nadie se acuerda de la *seguridad.* Gracias a los esfuerzos de conservacion, un puente provisional semejante, no ha ocasionado accidentes.

Actualmente las creces del Quilacoya son tales que las aguas de las grandes avenidas llegan a *1.60 m. sobre el nivel del riel.*

Si se quisiera ahora prevenirse contra estas eventualidades de creces que desbordan sobre la superstructura del puente, tendria que levantarse el nivel de la vía, el del puente i el de la Estacion vecina que está próxima del puente; todo lo cual impondria un gasto mui considerable.

Por este motivo hai que aceptar el inconveniente de la inmersion del puente en estas ocasiones estraordinarias que solo se repiten cada 15 o 20 años. Para ello hai que buscar ciertos tipos de vigas que presenten la menor superficie a las aguas, como son las del puente del Lontué, que reunen mui bien estas condiciones.

A la vez, otra buena medida para tratar de disminuir la accion perniciosa de las aguas es aumentar la desembocadura del puente, para dar fácil escurrimiento a las aguas arrepresadas, despues que baja el nivel del Bio-Bio; por eso convendria poner en Quilacoya un puente de 50 m. de luz en lugar del de 42 m. que ahora existe.

Puente de Gomero —Ubicado entre las estaciones de Gomero i Buenuraqui. El puente que existe actualmente en el estero de Gomero tiene una lonjitud total de 36 m. con superstructura de vigas de madera, dividida en 5 tramos, i con estribos i machones de mampostería.

Este puente ha sido casi tan desgraciado como el de Quilacoya; en él tambien se fué un tren al rio Bio-Bio. En Febrero de 1881 un tren de carga se desrieló al pasar el puente i cayeron al rio 5 carros, destruyéndole los dos primeros machones del sur. Mas tarde, en Mayo de 1883, el tercer machon del lado norte fué socavado i arrastrado por una crece del Gomero, quedando todos los demas en pié i sin ningun daño. Ahora, al que existia en las creces de 1900 las aguas del Gomero lo sumerjieron por completo pasando un metro encima de él, arrastrándole la superstructura armada, la que fué a caer en Hualqui i que ha sido restablecida. Por lo tanto, este puente tiene una situacion, a este respecto, análoga al de Quilacoya, (Fig. 8).

Puente Santa Maria.—El Gomero en su desembocadura al Bio Bio forma una gran albufera inundable; de modo que cuando vienen las grandes creces, se forman verdaderas lagunas con 2 a 3 m. de agua encima de los bajos inundables. Ahora, como

de ordinario, estas creces coinciden con las del Bio-Bio, las aguas quedan arrepresadas hasta que se pronuncie la baja en este último rio, e inmediatamente, la desnivelacion, por pequeña que sea, provoca fuertes correntadas en estas aguas arrepresadas las que, precipitándose contra el puente, levantaron la superstructura de un tramo entero i armada la trasportaron a Hualqui. A esta clase de acciones tiene que resistir el nuevo puente que se construya en el estero de Gomero. Por eso tienen que adoptarse superstructuras como las del Lontué, amarrarlas i anclarlas mui bien en sus apoyos, i como el fondo del estero es fangoso hai que ir a buscar el suelo firme a bastante hondura con machones tubulares de fierro, que ademas tendrán la ventaja de ser los ménos socavables.

Puente del Bio-Bio en Chepe.—Este puente se encuentra ubicado en la línea de Concepcion a Arauco, a pocos kilómetros de la estacion de Concepcion, apoyado en la puntilla llamada de Chepe.

Dada la naturaleza del fondo del rio que es de arena fina hasta una profundidad mui grande, solo encontrándose capas de 0.50 o mas de espesor un poco mas resistentes interpuestas entre las capas de arena, se resolvieron hacer las fundaciones de este puente que tiene 1,887 metros de largo, con superstructura metálica, de tramos independientes de 15 metros de luz cada uno, con cepas de pilotes de disco introducidos por rotacion con ayuda de una lanza de agua con alta presion. Cada cepa se compondria de 8 tubos formando un paralelógramo de 4 m. de ancho terminados en dos triángulos. Los pilotes tienen vástagos de tubos de hierro fundido de 0.20 i 0.30 de diámetro, compuestos de pedazos de 3 a 3.50 m. de largo cada uno, unidos unos a otros por medio de pernos que se ponen a las orejas de los mismos tubos, (Fig. 9). El avance de los tubos bajo la accion perforadora del chorro de agua comprimida que removia el fondo i la rotacion dada al pilote fué de 0.20 a 0.30 por hora, en las partes que atravesaba las arenas conglomeradas; llegando en ocasiones a atravesar 2.10 m. de profundidad en la arena suelta de encima, en 20 minutos de trabajo. La parte plana del disco tiene 8 nervios radiales i en su centro queda una abertura de 0.076 en la que se introduce el tubo de hierro de 0.05 de diámetro por el cual se inyecta el agua comprimida a tres atmósferas de presion.

La armadura se hizo por medio de un puente de servicio colocado aguas arriba, por el cual pasaba la cañería de agua en presion que surtia las lanzas de agua que se hacian penetrar en los pilotes. El movimiento de rotacion de los tubos se conseguia por grandes cabrestantes que se movian a mano o con pequeños motores a vapor, los que actuaban entónces por medio de poleas desde el puente de servicio, (Fig. 10). La armadura de las vigas maestras de la superstructura se hizo en la ribera en un local bien nivelado, i estas vigas se colocaban sobre sus apoyos, por medio de una grúa rodante que circulaba en la línea i cuya flecha avanzaba de 8 m., es decir, que colgando la viga de la mitad para que quedase convenientemente contrapesada, la grúa, llegando al paramento del estribo, colocaba la viga sobre el estribo i primer machon a ámbos lados. Colocadas así las vigas maestras del primer tramo, se ponian sus piezas de puentes, longerinas, etc. i se enrielaba. La grúa entónces, tomando de la mitad la viga maestra del segundo tramo i avanzando hasta el paramento de la primera cepa, dejaba sobre sus apoyos las dos vigas maestras del segundo tramo, el que se completaba inmediatamente i servia para la armadura del

siguiente i así sucesivamente. Este puente es mui económico i no está calculado para soportar los pesos de las locomotoras ni equipo de los ferrocarriles del Estado.

Las creces del año 1900, segun unos socavaron los pilotes de las cepas del lado de Concepcion, i segun otros quebraron los tubos de los pilotes con las ramas i basuras que se enredaron en ellos formando taco. Lo mas probable es la primera aseveracion; si los pilotes hubiesen sido quebrados, los discos se habrian encontrado en su lugar, i cuando se han restablecido las faenas para rehacer el puente en la parte cortada, puesto que caidas las cepas los cuatro tramos que en ellas se apoyaban cayeron al rio, los pilotes se han encontrado acostados en el lecho del rio, lo que prueba la socavacion.

Para restablecer las cepas caidas i trabajar lo ménos posible en el rio, en lugar de reconstruir el puente igual al existente, se adoptaron *tramos dobles*, de 30 metros de luz; de esa manera, solo se tenia que restablecer la mitad de las cepas caidas. Como, por otra parte, la construccion de un puente de servicio, las instalaciones necesarias para las faenas de agua comprimida, etc., eran mui costosas cuando se trata solo de dos cepas, se abandonó la idea de rehacerlas iguales a las caidas, i se proyectaron de gruesos tubos que debian ser ubicados por dragaje interior, sirviendo de puente de servicio el mismo del ferrocarril i palizadas suplementarias.

Los tubos tienen (80 piés) 24,38 metros de largo en total i con un diámetro de (6 piés) 1,80 metros, de fierro fundido de ($1\frac{1}{4}''$) 0,0317 de espesor, i se han ubicado, dragando al interior con cucharas i tenazas para sacar los escombros del antiguo puente que se encontraban con los tubos i era necesario ir a cortarlos si eran maderas o a cincelarlos si eran ferreterías. Cuando no se encontraban escombros escepcionalmente difíciles de sacar, los tubos demoraban quince dias en quedar enterrados i se necesitaba, ademas del peso de las ferreterías del tubo, cargarlos con 20 toneladas para vencer los rozamientos i conseguir su penetracion al final de la operacion. Con las obstrucciones hubo uno que demoró 45 dias en bajar.

Estos tubos se han rellenado con hormigones hidráulicos mas o ménos ricos segun la hondura. Así, en la parte baja se hacia el hormigon con una mezcla de 2×1, es decir, dos de arena por uno de cemento, i para formar el hormigon se tomaban 4×1, o sea cuatro de piedra chancada i uno de mezcla, que se batian en las betoneras. Inmediatamente despues de esta primera capa que formaba la base, se ponia hormigon compuesto de una mezcla de 3×1, bien hecha, con la que se formaba buen hormigon de relleno hasta de 6×1.

Antes de llegar a la parte superior se volvian a enriquecer las mezclas para formar un monolito, por lo ménos de 2 a 2.5 m. de espesor, sobre el cual reposan las planchas de asiento de los tramos. Las mezclas de estos hormigones ricos destinadas a soportar i trasmitir los pesos de la superstructura, eran 1×1 para la mezcla i con ella se fabricaba un hormigon de 2×1, es decir, dos de piedrecillas i uno de mezcla.

La armadura de las ferreterías de la superstructura de estos tramos de 30 m., no podia hacerse colgando las vigas maestras de una grúa rodante, i se ha hecho valiéndose como andamios de las mismas palizadas que sirvieron de puente de servicio para la colocion de los tubos.

Siguiendo de San Rosendo al sur, se tiene, inmediatamente despues del Laja, el *puente de Huaqui*, ubicado entre las estaciones de Diuquin i Santa Fé. Este puente es

de construccion económica, con cepas de rieles i superstructura de vigas de madera i ha prestado escelentes servicios i el buen estado en que se encuentra permite aun un *tráfico seguro* por algun tiempo mas. El lecho de este rio es mui blando como tembladera en su superficie; por eso los pilotes de las cepas se encuentran enterrados a mucha hondura. En una de ellas se han enterrado 3 rieles de 7 m. cada uno, o sean pilotes de 21 m. sin que se consiguiese el rechazo absoluto.

Sin embargo, las cepas, tal como estan, ni han sido socavadas en ninguna crece ni se han desnivelado, lo que prueba que tienen todas ellas una penetracion suficiente para que resistan por completo a todas las acciones de la superstructura i del paso de los trenes.

El puente tal como está, como lo hemos dicho, puede servir por algun tiempo, puesto que está en buen estado; pero, dada la naturaleza de su construccion, obliga a todos los trenes a *disminuir su carrera*. Esta subjecion en el trozo de línea de Coihue a San Rosendo, que hoi sirve de tronco comun al ramal de Angol i Traiguen i a la línea de la frontera de Temuco i Pitrufquen, es mui molesta para la buena esplotacion de las líneas i para todo lo relacionado con el servicio de acarreos. Por eso, bajo este punto de vista, conviene cambiar ese puente por otro de construccion mas sólida que permita que sea atravesado por los trenes con las velocidades de plena marcha.

Para realizar esta idea creo que puede pensarse, en este caso, en hacer buenas fundaciones de cepas metálicas, con pilotes de rosca, ya que la esperiencia ha demostrado que aun las cepas de pilotes de rieles se mantiene bien. Esta clase de fundaciones es barata i de armadura i ejecucion mui lijera i sin subjeciones. Creo aun preferible el uso del pilote de rosca en este caso, que ya sabemos que no encontrará dificultades para su penetracion hasta la hondura que sea necesaria, que no tiene por qué ser mayor que la de la jeneralidad del pilotaje de las actuales cepas, a la fundacion tubular ya sea con dragado interior o con aire comprimido, que exijirá, por lo ménos, *tres veces mayor costo* sin aumentar la seguridad de la fundacion, desde que un buen pilotaje de tornillos puede dar sin dificultad mayor superficie de apoyo en los suelos blandos que la que se consiga con los dos tubos jemelos de un machon tubular. Es evidente, por otra parte, que conviene poner en este puente tramos por lo ménos de 15 m. de luz, para no multiplicar los apoyos i lo mejor cuatro tramos de 30 m. con via inferior, puesto que con esa luz, usando cepas de tornillo, se llegará a la solucion mas económica del problema.

Puente del estero de Collanco.—Con mui buenas fundaciones no ha sufrido absolutamente con las creces. Es de un solo tramo con estribos de mampostería que tienen 14 m. de alto sobre las fundaciones i con muros de vuelta de la misma naturaleza. Para colocar el plan del emparrillado del pilotaje, bajo el nivel de aguas mínimas, se hizo una escavacion a tajo abierto con chaflanes naturales de 3 m. de profundidad, i en esa escavacion se clavó el pilotaje de 4.50 m. de largo, hasta el rechazo, (Fig. 11). Sobre el emparrillado se puso una capa de hormigon hidráulico, hecho con una mezcla de 1 × 1, es decir, una parte de arena por otra de cemento Portland bien batida i con esta mezcla se formó el hormigon con la proporcion de 1 de mezcla por 3 de piedra de rio, de dimensiones convenientes i bien lavada, o bien con 1 de mezcla i 4 partes de piedra chancada de 4 a 5 cent. de diámetro. Las escavaciones se rellenaron con piedras de cerro. Estas fundaciones que, en realidad, tienen 7.50 m. bajo el nivel del rio se mantienen mui bien.

Puente de Palligüe.—Ubicado entre Santa Fé i Coihue, poco ántes del puente de

Bio-Bio de Coihue. Este puente es un tramo de descarga de los campos de inundacion de las creces del Bio-Bio i al mismo tiempo recoje filtraciones i derrames de los valles superiores. Tenia superstructura metálica, de vigas rectas con 20 m. de luz, reposando sobre dos altos estribos de mampostería. Las creces del Bio-Bio del año 1900 cargaron mas sus aguas al norte en los campos de inundacion i el nivel de las aguas subió tambien mas que todas las creces anteriores; precipitándose así una gran masa de agua sobre este tramo de descarga, lo destruyó quedando solo un muro del estribo norte aislado, por haber sido tambien arrastrados los terraplenes de acceso en una estension como de 300 m. Al ver estos estragos se creeria que el lecho entero del Bio-Bio ha tenido tendencias a desviarse hácia el norte; pero afortunadamente no se alcanzó a formar canal i cauce franco en ese sentido.

Como es de suponer que avenidas posteriores puedan tener la misma intensidad, al reponer el puente hai que tomar las precauciones del caso, tanto para atender mejor la acumulacion de las aguas en el campo de inundacion, como a la defensa de los terraplenes, para quitar la tendencia de cargarse al norte; para ello es recomendable lo siguiente:

Reconstruir el puente de descarga, con mucho mayor desembocadura que la que tenia, i para no tener que gastar en ferreterías para la superstructura, puede combinarse un buen puente con tres tramos: uno de 45 m. i dos de 30 m. de luz, utilizando las vigas sacadas del viaducto de los Maquis de la línea de Santiago a Valparaiso. Los estribos del nuevo puente deben hacerse de mamposterías i los machones con tubos de ferretería.

Reponer los terraplenes destruidos, defendiendo el pié de ellos con cestas de mimbre rellenas con piedra i sobre éstas un zarzo con estacas i trenzado de ramas de mimbres. Los accesos de los puentes tienen que defenderse ademas con un buen enrocado de piedra grande de cerro.

Puente del Bio-Bio.—El puente sobre el Bio-Bio al llegar a la estacion de Coihue, es uno de los mejores de nuestros ferrocarriles del Estado. Fundado sobre machones de mampostería que se descendieron hasta la tosca, tiene superstructura metálica con tramos de 50 m. de luz, hechos con vigas Monier de 5 m. de alto i con via superior. Los machones son tubulares con (8 piés) 2,44 m. de diámetro i enterrados de 12 m. bajo el fondo del rio. A este puente solo ha sido necesario defenderle sus terraplenes de acceso con fuertes enrocados i atender a su pintura i demas detalles de su conservacion. En este puente, como en el del Perquilauquen de la línea de Cauquenes i como el del Ñuble, los tubos jemelos que forman cada machon no tienen ninguna union entre sí, lo que se ha visto que no es favorable cuando la altura de los machones es grande.

Esta es la crítica que puede hacérsele a este puente i con tanto mayor razon cuanto que en las últimas creces de 1900, las aguas subieron de tal manera que llegaron casi al nivel de las cabezas inferiores de las vigas. Es decir que todas las columnas se encontraron completamente sumerjidas, sufriendo empujes laterales de mucha consideracion; es pues una medida que hai que recomendar, el unir por medio de riostras i cruces de San Andres la parte alta de las columnas jemelas de los machones para que siempre trabajen juntas al empuje de las aguas.

Como esta reseña tiene por objeto principal el estudio de las fundaciones i los fracasos que hemos tenido, no entro en el detalle de la superstructura de este puente como en el de tantos otros que hemos examinado i solo me limito a recomendarla como buen tipo.

Puentes del Renaico i Pichi-Renaico.—Ubicados entre las estaciones de Coihue i Renaico.

El puente actual de *Renaico* es provisional, fundado sobre pilotes de rieles i con superstructura de madera, i el *Pichi-Renaico*, a corta distancia al norte del anterior, sobre pilotes de madera, con estribos de mampostería. Estos dos puentes son inadecuados para el tráfico i. por lo tanto, es urjente rehacerlos i reemplazarlos por otros definitivos. A mas de eso las creces de 1900 cortaron los terraplenes que unen los dos puentes, en una estension de mas de 200 m. No teniéndose elementos a la mano para restablecer pronto estos terraplenes, se atendió al restablecimiento del tráfico colocando la vía sobre castillos de durmientes.

Para reparar estos daños i asegurar la estabilidad de los puentes, es necesario:

I. Reemplazar el puente provisional del Renaico por uno definitivo, con superstructura metálica reposando sobre estribos de mampostería i machones tubulares. La superstructura puede dividirse cómodamente en tres tramos: dos de 30 m. i el central de 50 m. de luz.

II. Reemplazar el puente del *Pichi-Renaico* por un tramo metálico de 30 m. de luz, tratándose de aprovechar de la mejor manera posible las mamposterías actuales.

III. Restablecer el terraplen destruido i levantar la línea, incluso los puentes de 3 m. sobre el nivel actual, en una estension total de dos kilómetros, quitando así inflecciones indebidas del perfil de la línea i colocando el nivel del riel mas a cubierto de las aguas de inundacion i la cama de la vía podrá mantenerse mas enjuta en el invierno.

Las indicaciones de dividir la superstructura del Renaico en tres tramos, dos de 30 m. i uno de 50 m. de luz, obedecen tambien a la utilizacion de las ferreterías existentes i que ya no son adecuadas para los puentes que se trajeron; de esta manera podrán ocuparse en el Renaico dos tramos de los de acero traidos para el Achibueno i que ya hemos visto que son inadecuados actualmente para ese puente, i solo tendrá que hacerse nuevo el tramo de 50 m. central. Para el Pichi-Renaico puede usarse un tramo de los que estaban destinados al Liguai.

Si examinamos los puentes del ramal de Coihue a Mulchen, encontramos que los cuatro puentes mayores de *Repelco, Malven, Chumulco* i *Calbuco* son de construccion económica i adecuada al tráfico de la línea. Aun mas, pueden citarse como buenos modelos de puentes reposando sobre cepas de rieles i con superstructuras de madera. Solo uno de ellos necesita algunos refuerzos mas de la conservacion ordinaria; porque, encontrándose en curva, la superstructura da lugar a esfuerzos laterales que hacen oscilar las cepas i para evitar estas oscilaciones bastará aumentar la base de ellas con otras filas de pilotes i trabar convenientemente toda la cepa con riostras i cruces de San Andres. Los esteros de este ramal no han socavado ninguna de las fundaciones de los puentes i los deterioros ocasionados por las creces se repararán con unos cuantos enrocados puestos convenientemente en los terraplenes de acceso de los puentes. Como indudablemente pasará mucho tiempo sin que las exijencias del tráfico de este ramal pidan puentes que permitan servicio de gran velocidad, parece conveniente, conjuntamente con reforzar las cepas del puente en curva i los terraplenes de acceso, quitar las superstructuras de madera i poner otras de ferreterías sobre esos mismos apoyos.

Antes de continuar por la línea principal, estudiaremos los puentes del ramal de

Renaico a Angol i Traiguen, sin detenernos en los detalles de las superstructuras sino en los rasgos característicos de sus fundaciones, como lo hemos hecho en todo el curso del presente trabajo. El primer puente importante que encontramos de Coihue al sur es el del *Malleco*, ubicado a un kilómetro al norte de Angol.

Su construccion es enteramente provisional, puesto que es de cepas de madera con 8 m. de alto i superstructura de vigas de madera mas o ménos amarradas unas con otras; como se ha hecho durar este puente mucho mas de lo que es conveniente, se encuentra con sus maderas enteramente podridas i para que no se caiga se le colocan las piezas nuevas sobre las viejas, porque de otra manera, si se tratase de reemplazar una por otra, se desarmarian las pocas ensambladuras que quedan.

Es, pues, una *imprudencia* la conservacion del tráfico por un puente semejante. Este puente de madera tiene 95 m. de largo, i en las últimas creces del año 1900 las aguas llegaron a 1.50 m. bajo el riel i ademas se le cortaron los terraplenes de acceso en una estension de 900 m.

Es, pues, urjente construir un puente definitivo, con superstructura metálica, dada la altura disponible entre aguas máximas i el nivel del riel i con tramos de 30 m. de luz, puesto que las fundaciones no son difíciles. Como el ramal de Coihue a Traiguen, no necesita grandes velocidades, creo que los estribos del puente pueden hacerse de mampostarías sin gran inconveniente i los apoyos con buenas cepas de pilotes de tornillo calculando sus roscas para las gravas del lecho del rio: solo creo que debe recurrirse a la fundacion tubular en este punto, en caso que el reconocimiento del fondo con un sondeo así lo aconsejase; porque ateniéndose a las indicaciones que da el planteo del pilotaje del puente provisional, el suelo firme no está a mucha hondura i una buena rosca puede perforarlo para arraigar convenientemente las fundaciones. El puente podria hacerse con 4 tramos metálicos de 30 m. de luz, aprovechando así las ferreterías de las vigas traidas para el Achibueno i que quedan aun disponibles despues de las que se aconsejan ocupar en otros puentes.

Despues de Angol, la línea a Traiguen sigue orillando el rio Rehue, i como no puede serpentear con la misma facilidad que las aguas, lo atraviesa cuatro veces, i de ahí la série de puentes denominados Rehue N.° 1, 2, 3 i 4, todos ellos de superstructura metálica i un solo tramo, pero alternativamente con la vía superior o inferior, segun que el alto de las barrancas en los puntos donde se cruza el rio dejen altura disponible entre el nivel i aguas máximas. Las fundaciones de estos cuatro puentes se han ejecutado a tajo abierto i agotando las filtraciones con bombas, puesto que, no teniendo apoyos intermediarios, la mayor parte de las veces los agotamientos no fueron difíciles, i el suelo firme se encontraba a poca hondura. Cuando el sub suelo firme estaba mui bajo, se construyeron estribos tubulares, que se bajaron a 8 i 10 m. de profundidad.

Por eso estas fundaciones no han sufrido con las creces, i solo ha habido que preocuparse de las defensas de las barrancas i terraplenes de acceso, las que se han hecho jeneralmente con muros i revestimientos de piedra en seco, acomodadas a mano, i enrocados, lo que no ha exijido despues mas que las atenciones i cuidados de la conservacion ordinaria.

Como este estudio de los puentes chilenos se refiere, como hemos visto, esclusivamente a sus fundaciones, solo agregaré con referencia a las puentes de Rehue, que todos

ellos tienen vigas americanas articuladas i sus tramos son de 50 m. de luz, con las soleras comprimidas, los montantes compuestos de tubos Phœnix i todas las demas piezas tirantes planos o redondos, con los ojos adecuados para formar la articulacion. Las vigas tienen (17') 5.18 m. de alto i constituyen un buen tipo articulado. Estos puentes, cuya armadura es sumamente fácil i que no tienen mas crítica que el exceso de oscilaciones puesto que sus tirantes, de distintos largos, se dilatan o contraen, segun las temperaturas, desigualmente i no todos trabajan bien, sino para la temperatura de armadura; en la línea de Traiguen, que no exije esceso de servicio ni grandes velocidades, prestan mui buenos servicios i no habrá necesidad de cambiarlos durante mucho tiempo, i, por lo tanto, puede decirse que fué un tipo de puentes económicos perfectamente escojido con relacion al servicio de la línea en que iban a ser colocados.

Si volvemos a la línea central de Renaico a Pitrufquen, veremos que, a partir la Estacion de Collipulli, se encuentra una série de viaductos, como el Malleco, Quino, Quillen, Traiguen al llegar a Victoria, etc., que son verdaderas obras de arte i cuyas superstructuras i cepas metálicas, que, como las de Malleco, tienen hasta 75 m. de altura, son verdaderos modelos de obras de esta naturaleza. Seria mui largo i saldria del plan de este trabajo el exámen, aunque a la lijera, de estos viaductos. Si examinamos ahora sus fundaciones, veremos que ninguna de ellas ha dado que hacer ni ha exijido disposiciones especiales; todas se han ejecutado a tajo abierto, con heridos enmaderados, i como se encuentran en los flancos de las laderas que forman las depresiones de los valles donde corren los rios, i tienen tramos de 60 i 70 m. de luz, no ha sido necesario fundar ningun machon en el álveo de los rios, i, por lo tanto, no hai ni peligros de socavaciones o cualquier clase de amenaza. Ha bastado, por lo tanto, enterrarlos lo suficiente para llegar a suelos bastante consistentes, que, libres de las acciones atmosféricas, no tengan que temer ser deteriorados por ellas. Los injenieros, por lo tanto, segun el tipo de cepa metálica que tienen los viaductos, han calculado sus fundaciones, ya como en el Malleco, para formar una sola basamenta inferior, que recibe las anclas de los montantes, etc., i con un cubo de mampostería calculado para servir de amarras a dichas anclas. Estas basamentas, por lo demas, tienen sus disposiciones adecuadas para permitir la visita i revision del anclaje de las cepas i una base de reposo en el suelo que reparte las presiones convenientemente.

En otros, como en el de Traiguen al llegar a Victoria, dadas las disposiciones de las cepas, no hai una basamenta comun para los montantes, sino macizos de mampostería aislados, encastrados en el suelo hasta quedar a salvo de las acciones atmosféricas, i con dimensiones tales, que no soportan una presion por centímetro cuadrado superior a la que los terrenos pueden recibir con seguridad Estos macizos aislados no tienen anclaje propiamente, sino simples amarras de las ferreterías con las piezas de dilatacion o de rotacion sobre que reposan las cepas. Por eso todos estos viaductos, siendo obras que deben visitarse i estudiarse bajo el punto de vista de la superstructura i disposiciones de sus cepas; como fundaciones propiamente, hablando, no tienen nada de particular, i siguiendo entónces el plan que me he trazado en el presente estudio, seguiré solamente examinando *los puentes propiamente dichos.*

Puente del Huequen, entre Collipulli i Victoria; de un tramo de 20 m. de luz, con superstructura metálica, de viga recta de rejilla múltiple, vía superior, i de 2 m. de alto.

Con buenas fundaciones hechas a tajo abierto, con heridos enmaderados, descendidos a 5 m. bajo suelo, agotando las filtraciones con bombas. Los estribos de este puente son de buena mampostería i tienen 18 m. de alto i con muros en ala para sujetar los terraplenes de acceso. A pesar de la altura de los muros i de las dimensiones que parecen atrevidas dados los empujes de tierras que tienen que soportar, se mantienen perfectamente bien.

Puente del Cautin, ubicado a la salida sur de la Estacion de Temuco, con superstructura metálica, de vigas rectas, con 424 m. de lonjitud, dividido en 10 tramos. Tiene estribos de mampostería hechos con escavaciones a tajo abierto, enmaderadas i atendiendo las filtraciones con bombas de agotamiento. Descendidas a 6.5 m. bajo el fondo el estribo norte, quedando el estribo sur a los 5 m. encastrado en roca firme.

Cuando se construyó el puente del Cautin, el cauce principal del rio se encontraba al sur; por eso en esta parte de la seccion se proyectaron tres tramos de 50 m., que reposarian sobre el estribo sur, i dos machones intermedios. El resto de la seccion era una isla, cubierta con vejetacion i cuyo nivel era como de 2 m. sobre aguas ordinarias del rio, en esta parte se proyectaron tramos mas cortos puesto que las fundaciones eran mas fáciles.

Iniciados los trabajos se vió que era bastante difícil atender a los agotamientos de los heridos de los machones del cauce principal del sur, i por lo tanto, se cambió el sistema de fundacion, adoptándose para estos dos machones el sistema tubular i con aire comprimido Las faenas correspondientes se instalaron en la ribera sur, i se construyó un buen puente de servicio sobre un buen pilotaje de rieles por el cual venia la cañería de aire comprimido, etc., i que despues debia servir al Creusot para la armadura de la superstructura. Gracias a esta buena disposicion, las faenas no fueron amenazadas por las creces i se colocaron sin dificultad los tubos jemelos de cada machon, los que tienen 12 m. de largo.

Dadas las creces del Cautin, si no se hubiese hecho un puente de servicio bien firme, cada verano habria sido preciso rehacerlo i perder la primera temporada *en armar faenas* i, por consiguiente, no se habria construido mas que un machon por año i gastando naturalmente mucho mas; porque en lugar de repartir los gastos de instalacion sobre todo el trabajo i la armadura de la viga, como pasó, gracias a las buenas condiciones del puente de servicio, se habria tenido que gastar en andamios sucesivos de temporada i en otros adecuados para la armadura de la superstructura, i cada operacion se habria recargado así con un andamio i gastos de instalaciones.

Es, pues, un error, cuando se tiene una obra de gran aliento i de importancia, no asegurar la continuacion de sus faenas con buenas instalaciones i puentes de servicio. Los gastos que pueden aparecer como exajerados al contemplar esas instalaciones, resultan *mas que compensados*, cuando se calcula lo que habrian costado esos mismos trabajos con faenas de temporada i andamios mas débiles, i esto *suponiendo* que una crece imprevista de deshielos o de otra causa, no maltrate esos andamios ni los bote conjuntamente con la obra iniciada.

No he creido inoficiosas estas consideraciones, porque he visto ya en dos ocasiones fracasar faenas bien organizadas, nada mas que por la debilidad de los andamios i puentes de servicio; i mas aun, por esperiencia propia, puedo decir cuán difícil fué en las faenas del Maule evitar una verdadera catástrofe cuando se armaba la superstructura,

por no tener mas que un puente de servicio enteramente provisional, armado sobre pilotaje en una parte i sobre caballetes de madera apénas enterrados de 0.80 a 1 m. en la mayor parte del álveo del rio. La casa Lever Murphy i C.ª que tenia contratada la superstructura del puente, entregada armada, contando con ejecutar el trabajo en una temporada, hicieron el puente de servicio o andamio, como lo hemos indicado i fueron sorprendidos por una de las creces de verano, la que en la tarde principió por desnivelar los caballetes de dos de los tramos que estaban aun sin armar. Las ferreterías se encontraban simplemente ajustadas i sostenidas por unos cuantos punzones i pernos, i listos para principiar las remachaduras, cuando el andamio principió a desnivelarse. Fué preciso el trabajo contínuo de toda esa tarde i de toda la noche para poder amarrar i suspender con cables de alambre toda la ferretería de esos dos tramos para que ellos no cayesen i fuesen arrastrados conjuntamente con los andamios. Solo el teson con que se operó i la lijereza con que se pudieron colocar cables de suspension en las vigas maestras del tercer tramo del norte, pudo escaparlo de una ruina completa causada por la economía del andamio. Lo mismo habria pasado en el Cautin, si desde el primer momento no se hubiese construido un buen puente de servicio que estuviese libre de estas eventualidades. El resultado obtenido con él, la economía de tiempo en las armaduras, etc., son la refutacion mas completa de las críticas que se levantaron en el primer momento cuando se construia ese puente de servicio.

Las fundaciones de los machones de la isla, se hicieron todas a tajo abierto con heridos enmaderados i con agotamiento con bombas; pero como despues de los 5 m. de profundidad, bajo fondo nuevo, no se encontraba aun suelo firme, se puso un pilotaje de 5 m. de largo, sobre este pitolaje un emparrillado de madera i sobre él las mamposterías de los machones. De esta manera estas fundaciones quedaron a 10. m. bajo fondo nuevo.

Las creces de 1900 cambiaron el curso del Cautin por completo i ha desaparecido la capa de cascajos con vejetacion que formaba la isla i que ya se consideraba como suelo casi firme. Las mamposterías de los machones, con la accion de los remolinos, han sido socavadas de modo que quedaron en descubierto los zócalos de los machones. Se hace entónces necesario, para prevenir futuras socavaciones, restablecer los fondos con buenos enrocados de piedra de cerro i aun con bloques de grandes dimensiones en los siete machones de la isla i en el estribo sur. Si no se toma esta precaucion, puesto que el Cautin puede socavar 5 m. en una temporada de creces i ya tiene las fundaciones descubiertas hasta el zócalo, puede seguir canalizando i descubrir el pilotaje dejándolo en malas condiciones de trabajo i aun ocasionar la ruina de uno o dos machones. Solo los buenos enrocados pueden prevenir estas eventualidades i, por lo tanto, deben ponerse ántes que sea tarde i que nuevas horadaciones de fondo exijan mayores gastos para asegurar la estabilidad del puente.

Puente del Tolten.—Con superstructura metálica de vigas rectas de rejilla múltiple con vía inferior i de 440 m. de largo. Las fundaciones de este puente son tubulares i de 12 a 14 m. de largo fundadas con aire comprimido. El diámetro de los tubos es de 2.50 m., hechos de planchas de palastro de 12.5 milímetros de espesor, remachadas con costuras en que los remaches estan de 0.10 en 0.10 de centro a centro i perfectamente calafateadas. El relleno se ha hecho con hormigon compuesto de una parte de cemento, tres de arena i nueve de piedra chancada. En la parte superior se han colocado las piedras

de asiento de los aparatos de dilatacion que estan bien canteadas i con dimensiones suficientes para repartir las presiones.

Los andamios con un buen puente de servicio, en el cual la palizada bajo de las cepas era de pilotes de rieles, sobre la cual se levantaba la palizada alta de madera del pais. Es decir, en el Tolten se tomó la misma precaucion que en el Cautin para no esponer el trabajo de las fundaciones ni el de la armadura de las ferreterías, construyendo desde el principio un buen puente de servicio.

El descenso de las columnas no ofreció ninguna dificultad, i las faenas no fueron nunca perturbadas por las creces del rio. Por eso los tubos de los machones, etc., fueron colocados todos en una sola temporada de verano.

PUENTES CARRETEROS.

Despues del exámen de las fundaciones de los puentes ferroviarios, poco tengo que agregar respecto de los puentes carreteros, puesto que con la misma esposicion anterior queda demostrado hasta la evidencia, que el sistema de fundaciones que corrientemente por economía se da a todos nuestros puentes carreteros de la zona central, es enteramente deficiente.

La costumbre entre nosotros en estos casos es formar cepas de rieles viejos, que escasamente se clavan de 5 o 6 m., porque se renuncia inmediatamente a seguir hincando un pilote tan pronto como ofrece un tanto de resistencia, es decir, cuando alguna de las piedras grandes de las gravas del lecho estorban su penetracion; i por lo tanto, la mayoría quedan solamente con 3 a 4 m. enterradas. Este sistema es completamente deficiente, i la práctica lo ha demostrado de una manera cruel. Nuestros rios han arrastrado casi año a año los puentes carreteros que se les construyen de esta manera, i el Fisco ha perdido en estos trabajos sumas considerables.

Ahora, despues que las faenas de restablecimiento del tráfico en los puentes cortados en los ferrocarriles del Estado, han demostrado que con buenos martinetes i con buenos operarios se pueden enterrar pilotes de rieles en las gravas del Mapocho, Lontué, Tinguiririca, etc., hasta 8 m. de profundidad, usando martinetes con mazas de 1,000 a 1,200 kilógramos i con 5 m. de carrera. Seria ridículo que no se exijiesen estas mismas condiciones de penetracion a los pilotajes de las cepas de los puentes carreteros *que constantemente se destruyen por socavacion.*

Pero la economía no sólo se lleva a un estremo lamentable en las fundaciones, dejándolas espuestas a ser socavadas *anualmente* por las creces, sino que por no recargar las superstructuras se hacen tramos de 8 a 10 m. de luz, es decir tan estrechos para nuestros torrentes, que las ramazones que arrastran las aguas se enredan en las cepas i forman tacos i represas en los puentes, que reduciendo sus desembocaduras si no los botan, por lo ménos aceleran de tal manera las correntadas que hacen que las aguas canalicen el fondo i aumente así su accion socavadora.

El pilotaje es un escelente sistema de fundacion económica, i por consiguiente mui adecuado para la construccion de puentes carreteros. El empleo de pilotes compuestos de dos rieles usados, es lo mas económico i una idea feliz para dar salida útil al desecho de nuestras líneas férreas: lo que falta es un *buen clavado de estos* pilotajes para que que-

den a salvo de las socavaciones, lo que se conseguirá, como lo hemos visto tambien con los mismos cálculos de los puentes ferroviarios, cuando en la mayor parte de los casos los pilotajes se entierren de 7 a 8 m., como se ha hecho últimamente en los provisionales de los ferrocarriles del Estado.

Por otra parte, no hai que trepidar en aumentar la luz de los tramos. Son pocos los esteros o rios que no son torrentosos, i por consiguiente son pocas las ocasiones en que no se tenga que contar con que álamos enteros vienen flotando en las aguas de las avenidas, i por lo tanto que se necesitan tramos de 15 m. por lo ménos de luz, aunque esto obligue a hacer mayores gastos en las superstructuras.

No hai que olvidar tampoco al confeccionar un proyecto o estudiar un puente carretero que miéntras mas costosa sea la fundacion, mas largo debe ser el tramo, e imitar entónces los puentes de «Los Morros» i el del «Cachapoal», que tienen tramos de 80 m. aunque exijan superstructuras de algun valor.

Que los pilotajes, dados los ripios i piedras de los lechos de los rios cuando no se pueden hacer penetrar mas de 3 a 4 m., deben protejerse con zampeadas generales cuya accion protectora ya la conocemos, siempre que estén protejidos por buenas barreras aguas arriba i aguas abajo i se eviten las cascadas con un enrocado convenientemente puesto.

Las barreras pueden hacerse con rieles i tablestocados o mejor con cofres de pilotes de rieles rellenos con piedra grande. (Fig. 12). I en los rios con lechos de arena, con pilotes de madera i tablestocados de tablones. En estos casos, como es natural, hai que atender a la buena conservacion de estos zampeados. Muchas veces bastará colocar entre las barreras un zampeado de fajina retenido con fuertes piedras, i en cambio en los rios mui torrentosos será necesario proyectar i ejecutar el zampeado con bloques que no puedan ser arrastrados por las aguas.

En mas de una ocasion, la solucion mas económica de las fundaciones de un puente carretero, se encontrará en imitar las fundaciones del puente del ferrocarril del Mapocho en las Higueras de Zapata. La fundacion tubular colocada a pozo, es sin disputa mui hacedera en la mayoría de los lechos de los rios, i como puede llevarse sin dificultad a mucha hondura, da siempre mui buenas garantías de seguridad.

Por otra parte, la fundacion tubular exije el empleo de tramos de 15 m. de luz por lo ménos, puesto que de otra manera seria costoso, realizándose así puentes mui adecuados para nuestros rios.

Santiago, Marzo 30 de 190'.

D. V. Santa Maria.

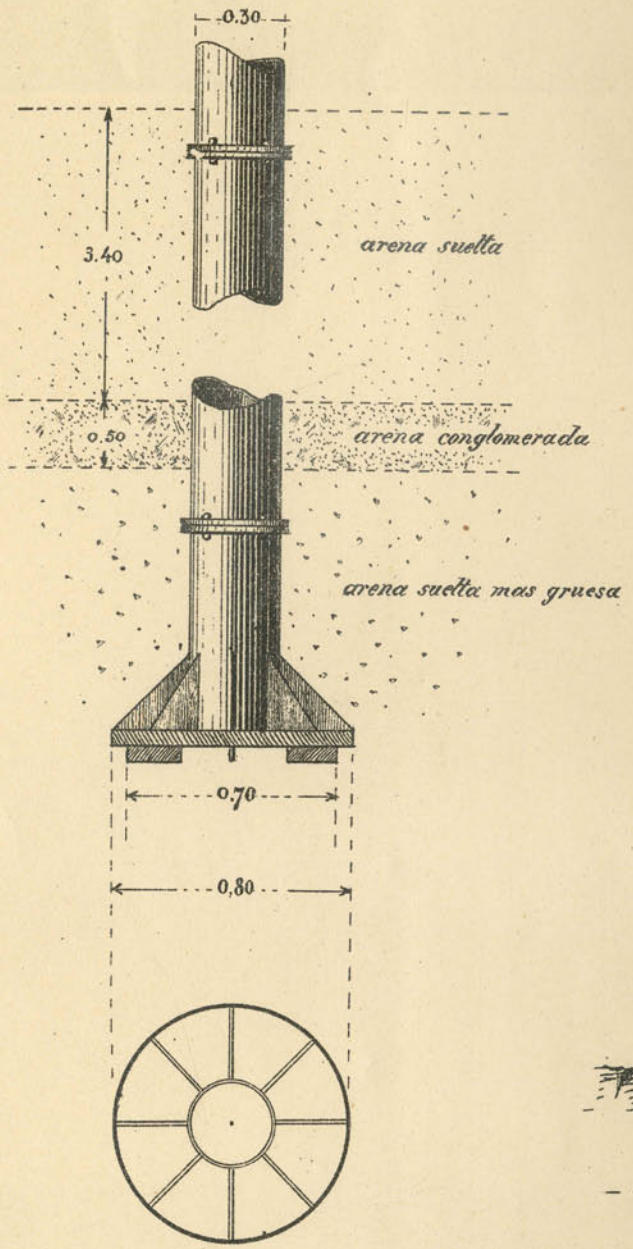


Fig. 9.

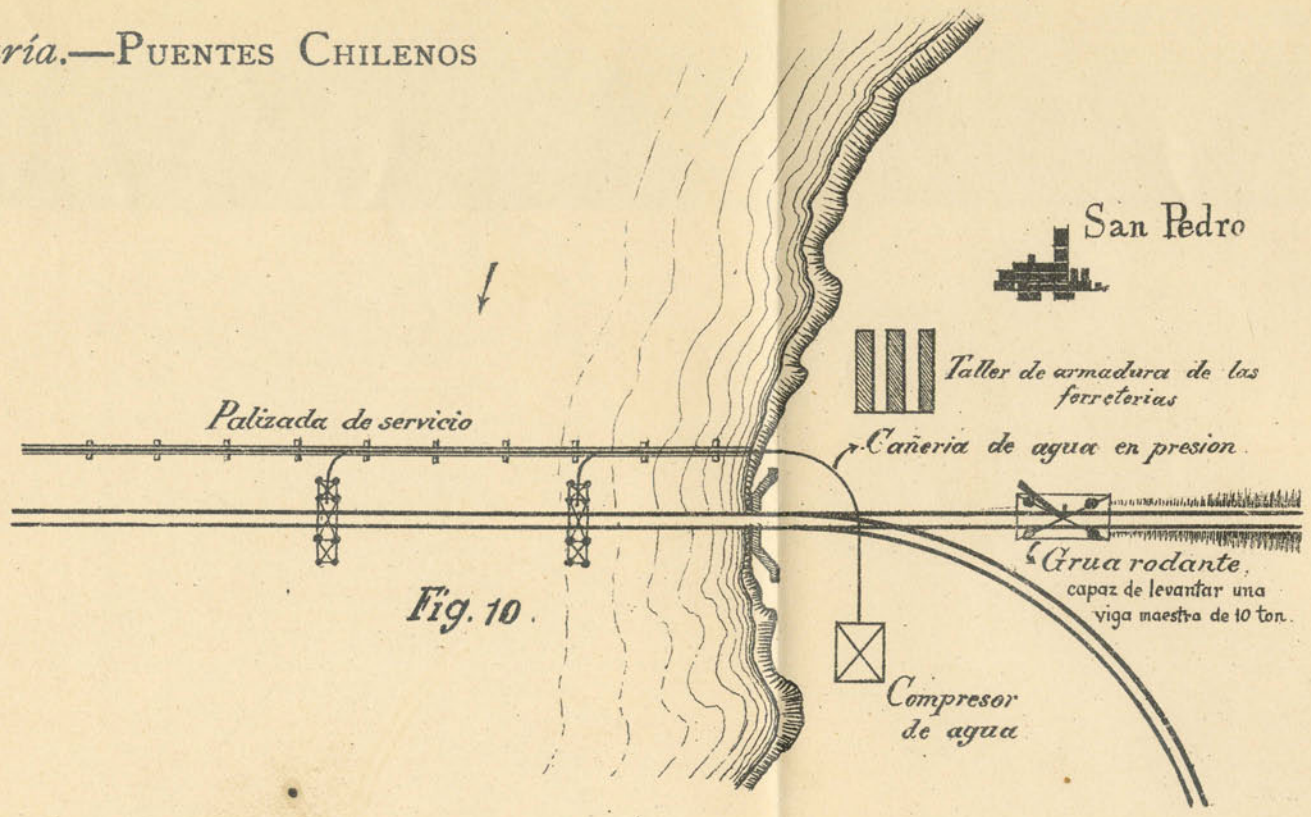


Fig. 10.

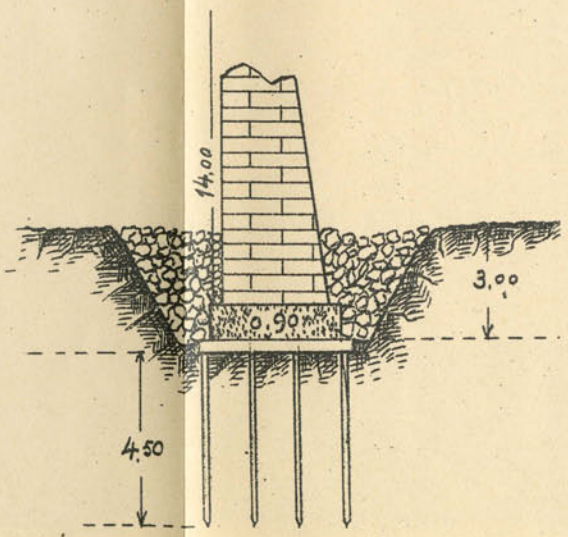


Fig. 11.

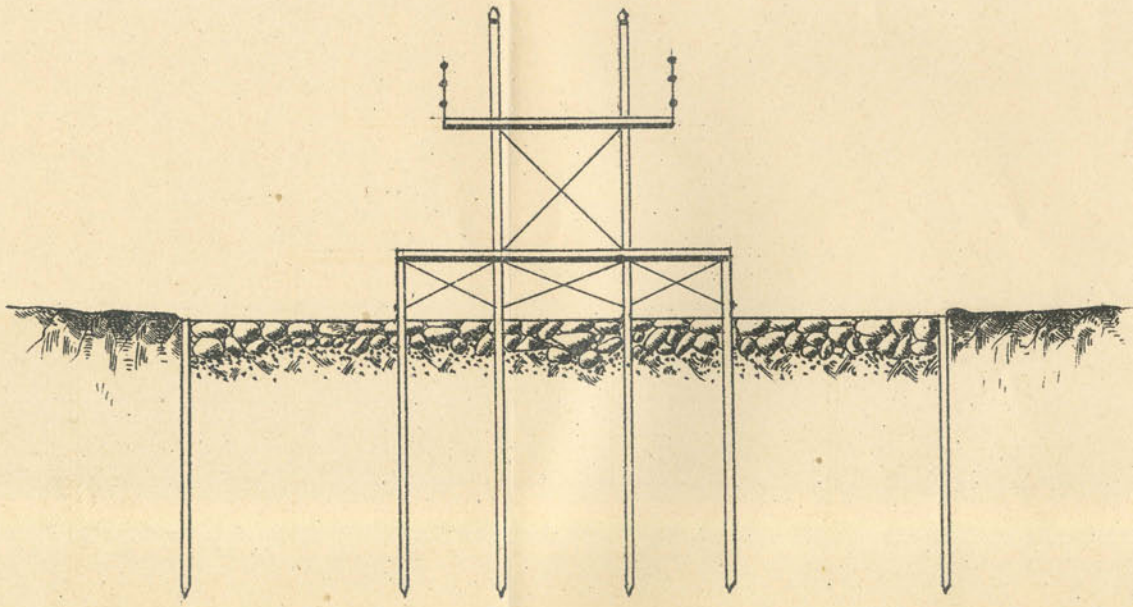


Fig. 12.

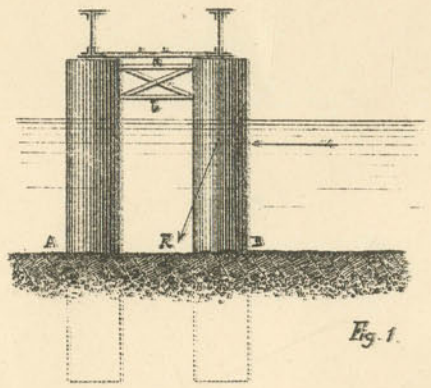


Fig. 1

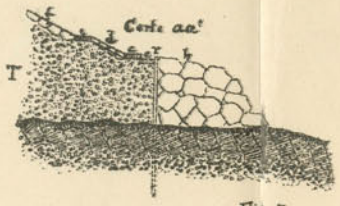


Fig. 3

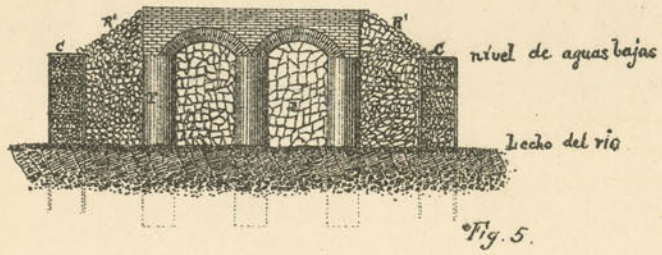


Fig. 5

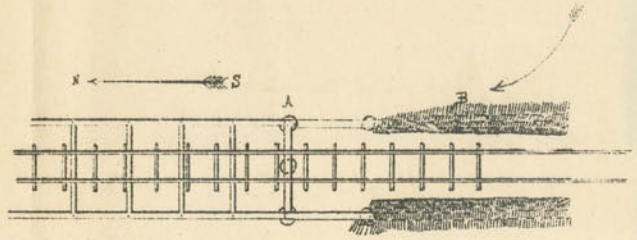


Fig. 7

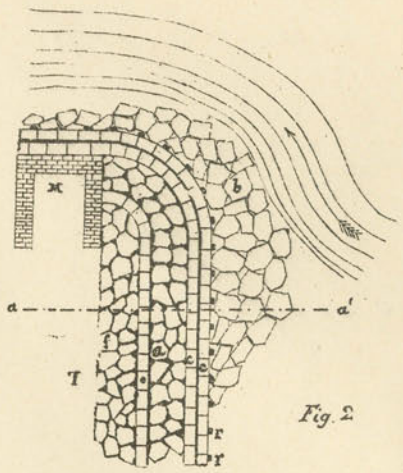


Fig. 2

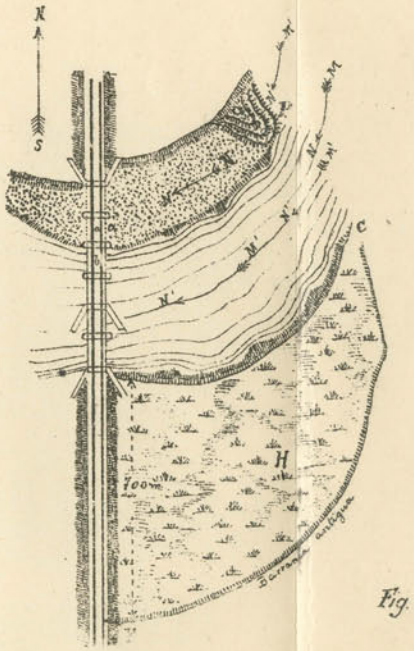


Fig. 4

Santa María.—PUENTES CHILENOS

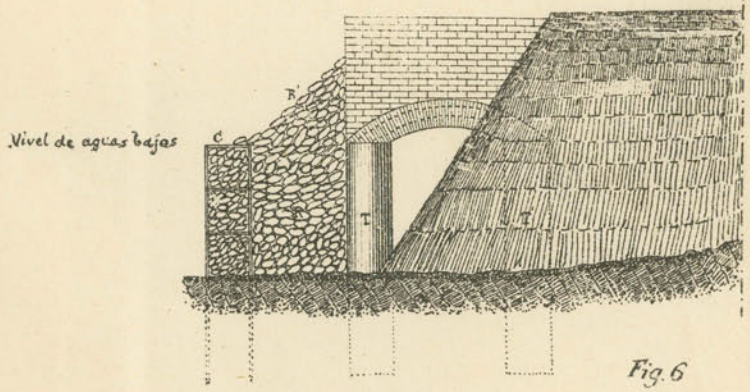
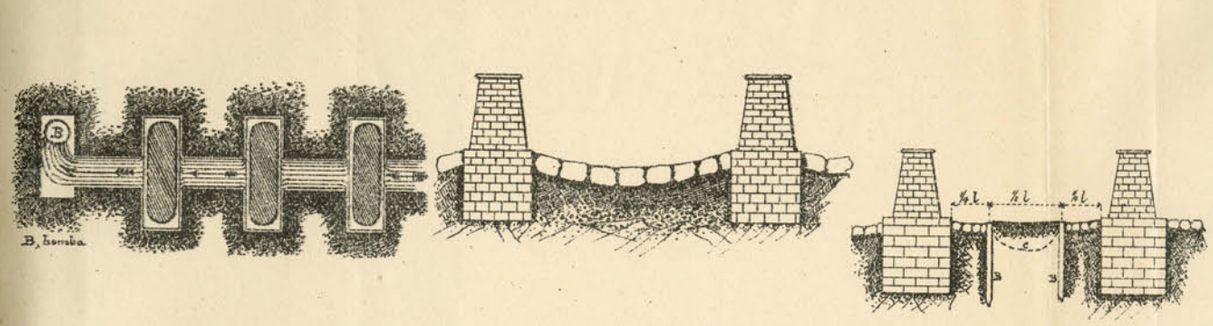
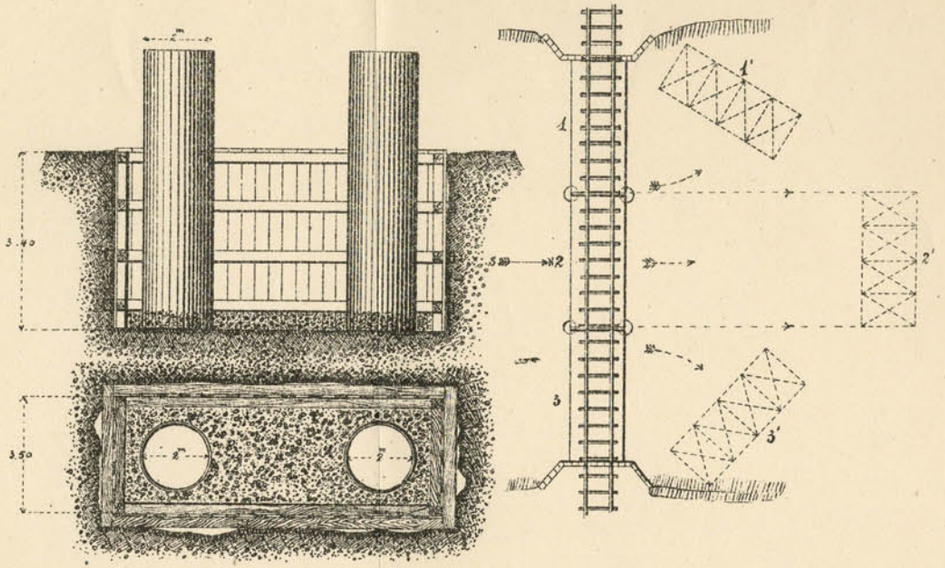


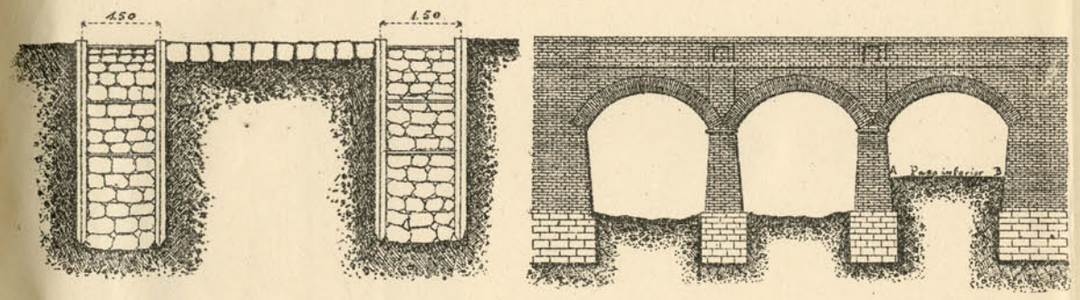
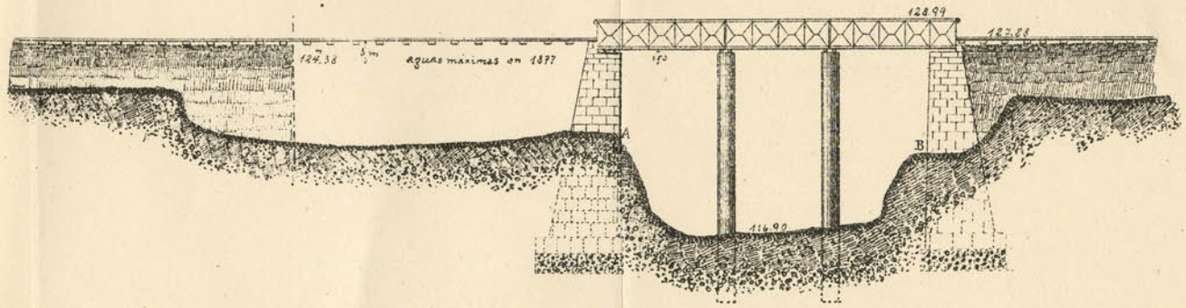
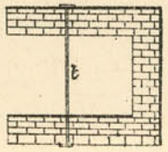
Fig. 6

Fig. 8

PUENTE DEL LONGAVÍ







PUENTE DEL PERQUILAUQUEN