

PUENTES CHILENOS

(Conclusion)

Puente del Nuble.—Situado entre el paradero de Cocharcas i la estacion de Chillan: con superestructura 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 podersele 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 $\frac{1}{18}$ mas o ménos de la luz, circunstancia desfavorable por otra parte, porque aumenta la flecha de los tramos.

Cuando se iniciaron los trabajos del puente del Nuble, 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 auxilio 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 Nuble, 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 remoli-

nos que provoquen socavaciones como en los machones del Maule. Una sola observacion han merecido los machones del Nuble, la que puede hacerse extensiva a los del puente del Perquilauquen en la línea de Parral a Cauquenes i los del Bio-Bio cerca de Coihue. Las columnas gemelas 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 Nuble i Perquilauquen amarrar las columnas gemelas en la parte superior, i en el Bio-Bio de Coihue es urgente tomar esta medida.

En el puente del Perquilauquen, de Parral a Cauquenes, si las columnas gemelas de cada machon hubiesen estado amarradas en su parte superior, probablemente la superestructura 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 gemelas de un mismo machon no puede ménos que ser enteramente 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 Nuble i los terraplenes 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 juntas rellenas 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 longitud de 112 metros sobre apoyos de mampostería. El cauce del río Chillan, tanto por su gran pendiente lo que hace que sus aguas sean corrientosas 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 embankes 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 río, 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 PD i formando barranca segun la línea OP, i embancando por completo la parte norte BB 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. Viendo 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 apenas 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 río 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 río 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 río 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 serias 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 protegerian eficazmente los campos H de buenos suelos que hoy se ven amenazados i atravesados por desbordes del río.

Por otra parte, los terraplenes entre el punto P, extremo 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 lógico prolongar el puente hacia 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 vendrían 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 arrepreó 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 arrepreándose 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 provisional 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 proteger las barrancas del sur del Chillan, quién sabe si en creces venideras este rio se desvie de tal manera, que sus aguas vengán 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 en tanto mayores 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 caída 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 urgente el transformarlas en mamposterías. Los ladrillos no son de superior calidad, absorben mucha humedad por sus poros i concluyen por destruirse o pudrirse como dicen los carrianos. Creo que en estos casos, cuando la piedra tambien se encuentra léjos i exige 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 superestructuras que quedan desocupadas del puente del Liguay.

Puente del Laja.—Tiene superestructura 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 superestructura, o por lo ménos seria mas cómoda la seccion rectangular; se hicieron estos tubos de albañilería con seccion rectangular i se principió su inmersión. 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 ingeniero renunció a seguir en las faenas. Hoi se ven esas columnas tumbadas aguas abajo del puente actual; ahora, siendo este sistema de fundacion muy usado i con éxito en muchas partes donde se ha ido a buscar el suelo firme mucho mas abajo que lo que exige 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 guías para el descenso de las columnas.

Es de creerse tambien que la seccion rectangular que se escujo 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 ferreteria 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 contruidos 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 Diquin 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 protegerá 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 proteccion. La parte *A. B.* de los terraplenes (Fig. 7) debe ser fuertemente detenida 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 dis-

minuir 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 ingeniero sostenia la teoria de las compensaciones, como él la llamaba, no dió mucha importancia a las advertencias que se le hacian i solo mandó proteger 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 día, 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 ingeniero Roembek, 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 superestructura 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. entre 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 días 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 día a día está mas fatigada con trenes de carga i se aumenta la velocidad i número de los trenes de pasajeros para atender las exigencias 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 día a día 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 superestructura 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 extraordinarias 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 arrepresas, 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 longitud total de 36 m. con superestructura 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 superestructura 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 arrepresas hasta que se pronuncie la baja en este último rio, e inmediatamente, la desnivelacion, por pequeña que sea, provoca fuertes correntadas en estas aguas arrepresas las que, precipitándose contra el puente, levantaron la superestructura 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 superestructuras 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 superestructura metálica, de tramos independien-

tes de 15 metros de luz cada uno, con cepas de pilotes de disco introducidos por rotación con ayuda de una lanza de agua con alta presión. Cada cepa se componía de 8 tubos formando un paralelogramo 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 acción perforadora del chorro de agua comprimida que removía el fondo i la rotación 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 presión.

La armadura se hizo por medio de un puente de servicio colocado aguas arriba, por el cual pasaba la cañería de agua en presión que surtía las lanzas de agua que se hacían penetrar en los pilotes. El movimiento de rotación de los tubos se conseguía por grandes cabrestantes que se movían a mano o con pequeños motores a vapor, los que actuaban entonces por medio de poleas desde el puente de servicio, (Fig. 10). La armadura de las vigas maestras de la superestructura 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 machón a ambos lados. Colocadas así las vigas maestras del primer tramo, se ponían sus piezas de puentes, longerinas, etc. i se enriaba. La grúa entonces, 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 servía para la armadura del siguiente i así sucesivamente. Este puente es muy económico i no está calculado para soportar los pesos de las locomotoras ni equipo de los ferrocarriles del Estado.

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

Para restablecer las cepas caídas i trabajar lo menos posible en el río, en lugar de reconstruir el puente igual al existente, se adoptaron *tramos dobles*, de 30 metros de luz; de esa manera, solo se tenía que restablecer la mitad de las cepas caídas. Como, por otra parte, la construcción de un puente de servicio, las instalaciones necesarias para las faenas de agua comprimida, etc., eran muy costosas cuando se trata solo de dos cepas, se abandonó la idea de rehacerlas iguales a las caídas, i se proyectaron de gruesos tubos que debían 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 días en quedar enterrados i se necesitaba, además del peso de las ferreterías del tubo, cargarlos con 20 toneladas para vencer los rozamientos i conseguir su penetración al final de la operación. Con las obstrucciones hubo uno que demoró 45 días 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 ponía 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 transmitir los pesos de la superestructura, 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 superestructura 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 colocación de los tubos.

Siguiendo de San Rosendo al sur, se tiene, inmediatamente despues del Laja, el *puente de Huaqui*, ubicado entre las estaciones de Diquin i Santa Fé. Este puente es de construcción económica, con cepas de rieles i superestructura de vigas de madera i ha prestado excelentes 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 penetración suficiente para que resistan por completo a todas las acciones de la superestructura 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 construcción, obliga a todos los trenes a *disminuir su carrera*. Esta subjeción en el trozo de línea de Coihue a San Rosendo, que hoy sirve de tronco comun al ramal de Angol i Traiguén i a la línea de la frontera de Temuco i Pitrufquén, es mui molesta para la buena explotación 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 construcción 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 experiencia 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 exigirá, 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 gemelos 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 empujamiento 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 empujamiento se puso una capa de hormigon hidráulico, hecho con una mezcla de 1 x 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 recoge filtraciones i derrames de los valles superiores. Tenia superestructura 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 superestructura, 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 Valparaíso. 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 además con un buen enrocado de piedra grande de cerro.

Puente del Bio-Bio.—El puente sobre el Bio-Bio al llegar a la estación de Coihue, es uno de los mejores de nuestros ferrocarriles del Estado. Fundado sobre machones de mampostería que se descendieron hasta la tosca, tiene superestructura metálica con tramos de 50 m. de luz, hechos con vigas Monier de 5 m. de alto i con vía superior. Los machones son tubulares con (8 piés) 2,44 m. de diámetro i enterrados de 12 m. bajo el fondo del río. A este puente solo ha sido necesario defenderle sus terraplenes de acceso con fuertes enrocados i atender a su pintura i demás detalles de su conservación. En este puente, como en el del Perquilanquén de la línea de Cauquenes i como el del Ñuble, los tubos gemelos que forman cada machón no tienen ninguna unión 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 hacerse a este puente i con tanto mayor razón 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 sumergidas, sufriendo empujes laterales de mucha consideración; es pues una medida que hai que recomendar, el unir por medio de riostras i cruces de San Andrés la parte alta de las columnas gemelas 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 superestructura 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 superestructura 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 urgente rehacerlos i reemplazarlos por otros definitivos. A mas de eso las creces de 1900 cortaron los terraplenes que unen los dos puentes, en una extensión 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 superestructura metálica reposando sobre estribos de mampostería i machones tubulares. La superestructura 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 inflexiones 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 superestructura 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 traídos para el Achibneno 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*, *Chumalco* 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 superestructuras de madera. Solo uno de ellos necesita algunos refuerzos mas de la conservacion ordinaria; porque, encontrándose en curva, la superestructura 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 exigencias 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 superestructuras 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 Traiguén, sin detenernos en los detalles de las superestructuras 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 superestructura 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 además se le cortaron los terraplenes de acceso en una estension de 900 m.

Es, pues, urgente construir un puente definitivo, con superestructura 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 Traiguén, no ne-

cesita grandes velocidades, creo que los estribos del puente pueden hacerse de mampor-
tarias sin gran inconveniente i los apoyos con buenas cepas de pilotes de tornillo calcu-
lando 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 traídas
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
serie de puentes denominados Rehue N.º 1, 2, 3 i 4, todos ellos de superestructura 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 encon-
traba a poca hondura. Cuando el sub suelo firme estaba mui bajo, se construyeron estri-
bos 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 preo-
cuparse de las defensas de las barrancas i terrapienes de acceso, las que se han hecho
jeneralmente con muros i revestimientos de piedra en seco, acomodadas a mano, i enro-
cados, 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, esclusiva-
mente 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 sole-
ras comprimidas, los montantes compuestos de tubos Phoenix 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 temperatu-
ras, desigualmente i no todos trabajan bien, sino para la temperatura de armadura; en la
línea de Traiguen, que no exige 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 escogido 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 serie de viaductos, como el Malleco, Quino, Qui-
llen, Traiguen al llegar a Victoria, etc., que son verdaderas obras de arte i cuyas super-
estructuras 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 exigido 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 ingenieros, 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 Traiguén 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 superestructura 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 superestructura 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 superestructura metálica, de vigas rectas, con 424 m. de longitud, 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 vegetacion 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 superestructura. Gracias a esta buena disposicion, las faenas no fueron amenazadas por las creces i se colocaron sin dificultad los tubos gemelos 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 superestructura, 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 experiencia propia, puedo decir cuán difícil fué en las faenas del Maule evitar una verdadera catástrofe cuando se armaba la superestructura, 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 superestructura 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 continuo de toda esa tarde i de toda la noche para poder amarrar i suspender con cables de alambre toda la ferreteria 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 escaparlos 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 refuta-

ción mas completa de las críticas que se levantaron en el primer momento cuando se construía 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 pitotaje 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 vejetación que formaba la isla i que ya se consideraba como suelo casi firme. Las mamposterías de los machones, con la acción 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 crecés 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 mayofes gastos para asegurar la estabilidad del puente.

Puente del Tolten.—Con superestructura 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 país. 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 penetración; 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 kilogramos i con 5 m. de carrera. Seria ridiculo que no se exijiesen estas mismas condiciones de penetración 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 extremo lamentable en las fundaciones, dejándolas espuestas a ser socavadas *anualmente* por las creces, sino que por no recargar las superestructuras 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 excelente sistema de fundacion económica, i por consiguiente muy 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 queden 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 superestructuras.

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 superestructuras de algun valor.

Que los pilotajes, dados los rípios i piedras de los lechos de los rios cuando no se pueden hacer penetrar mas de 3 a 4 m., deben protegerse con zampeadas generales cuya accion protectora ya la conocemos, siempre que estén protegidos 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 tablonas. 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 exige 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 1901.

D. V. SANTA MARIA.



Santa María.—PUENTES CHILENOS

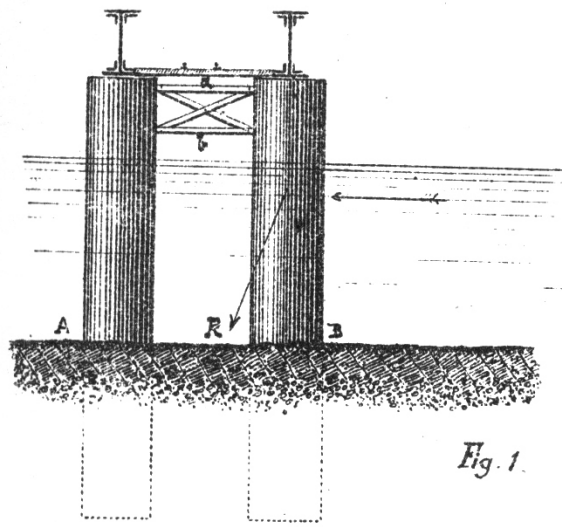


Fig. 1.

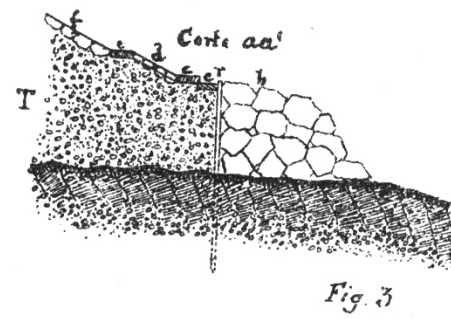


Fig. 3.

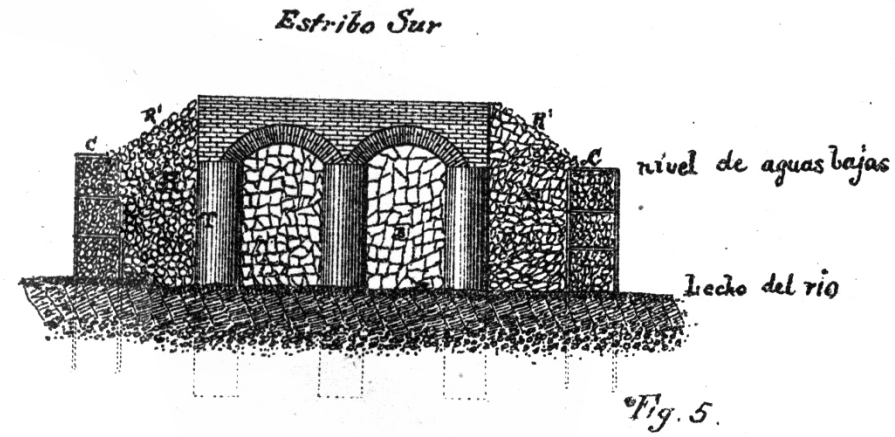


Fig. 5.

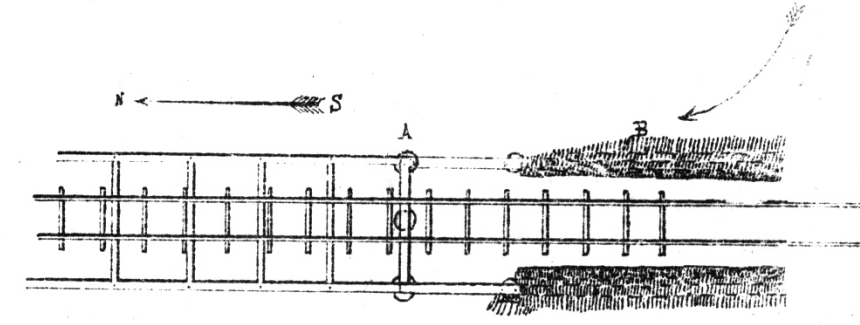


Fig. 7.

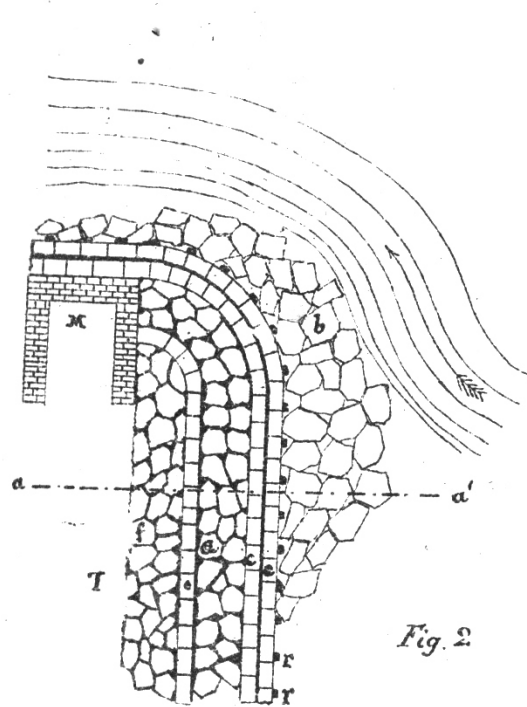


Fig. 2.

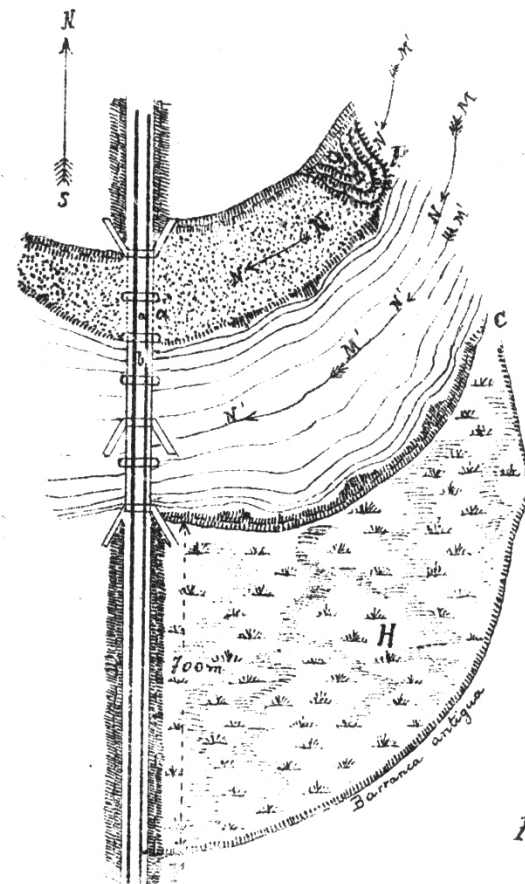


Fig. 4.

Santa María.—PUENTES CHILENOS

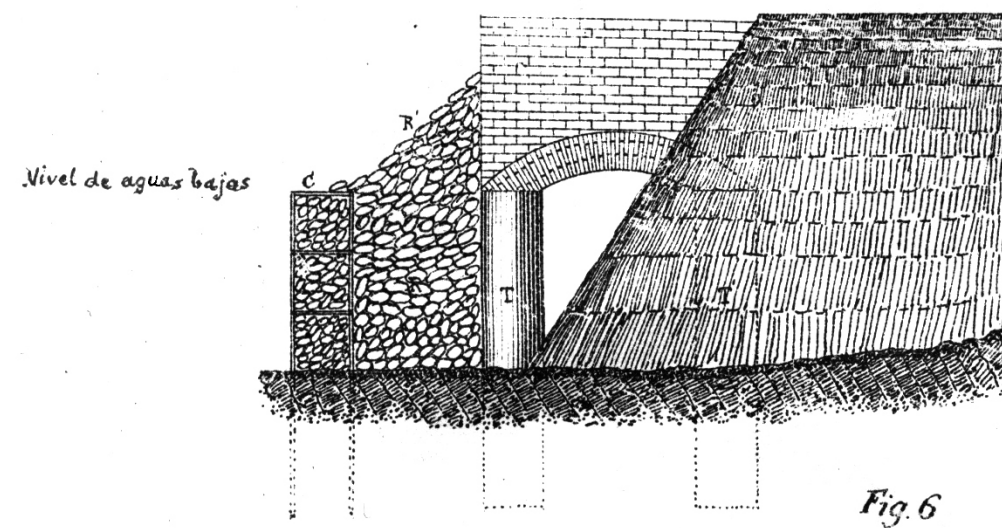


Fig. 6.

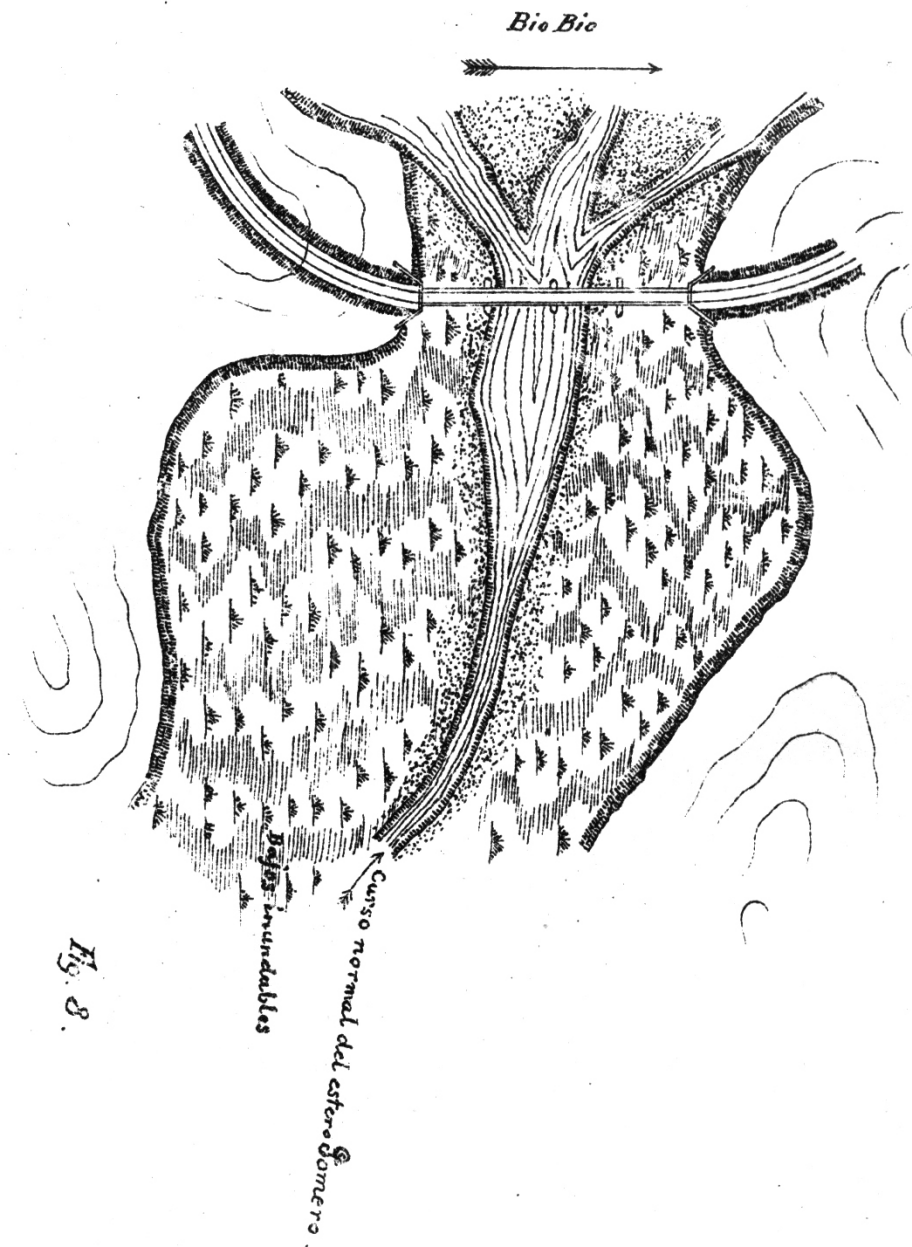


Fig. 8.

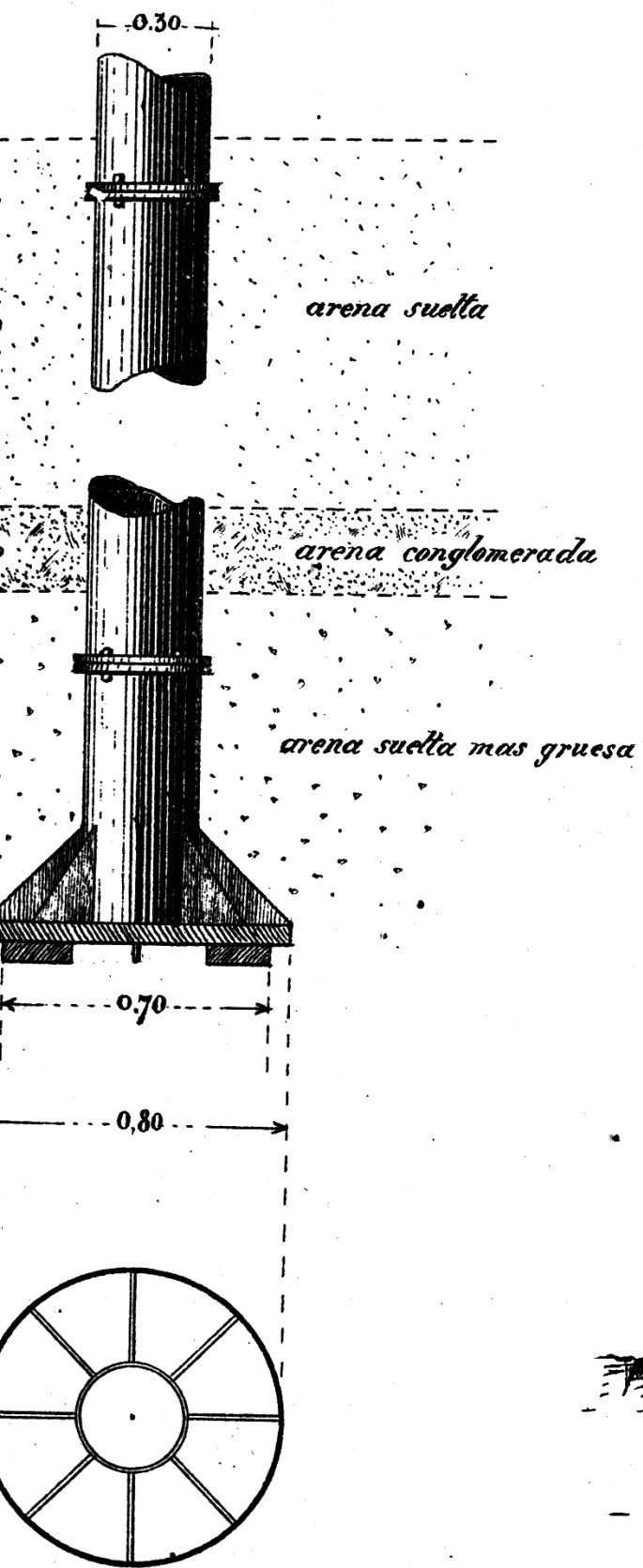


Fig. 9.

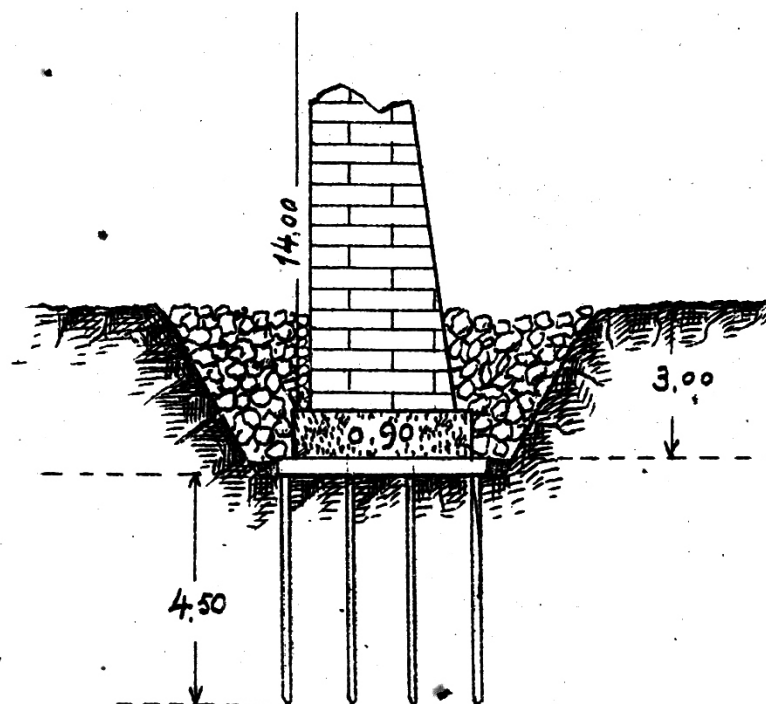


Fig. 11.

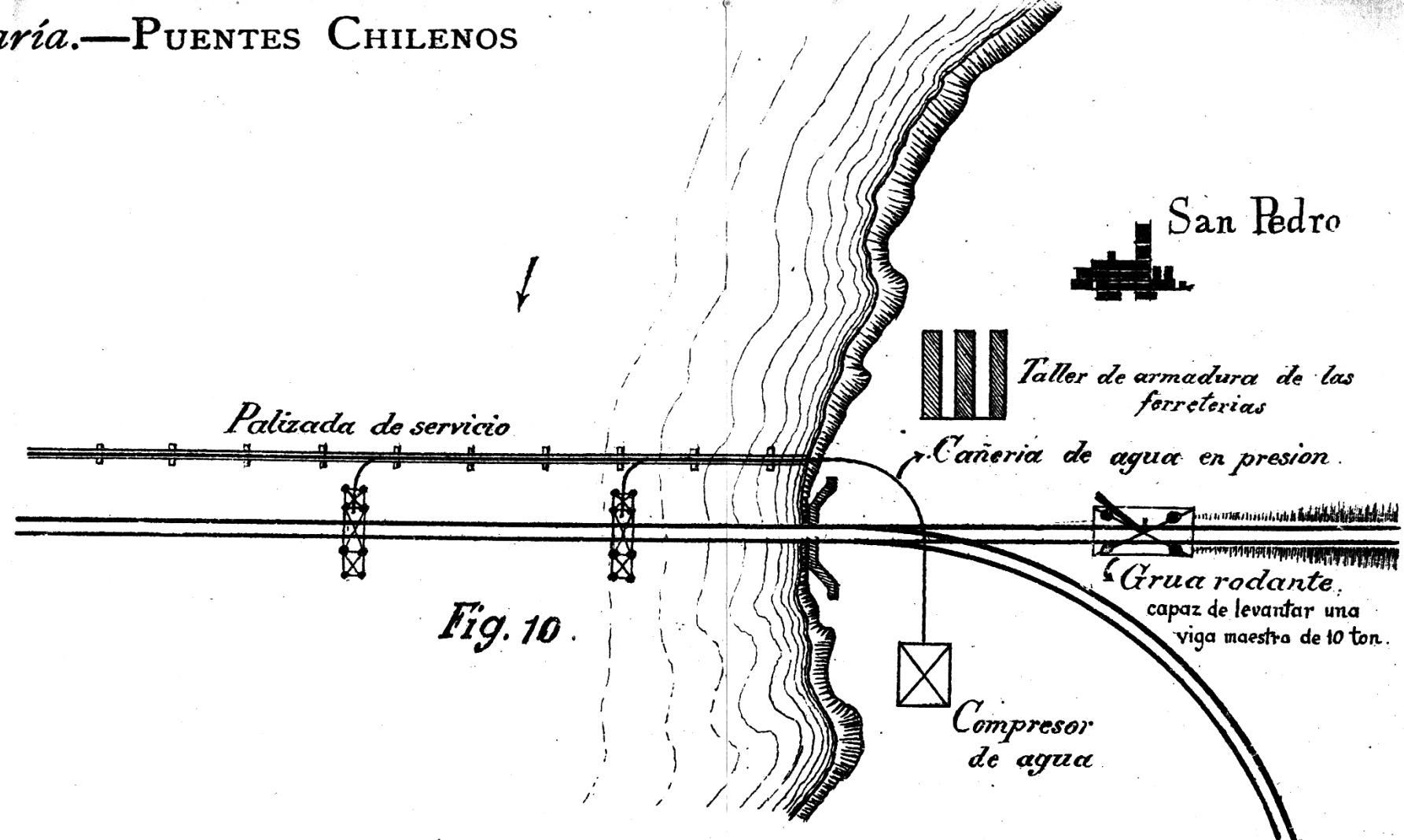


Fig. 10.

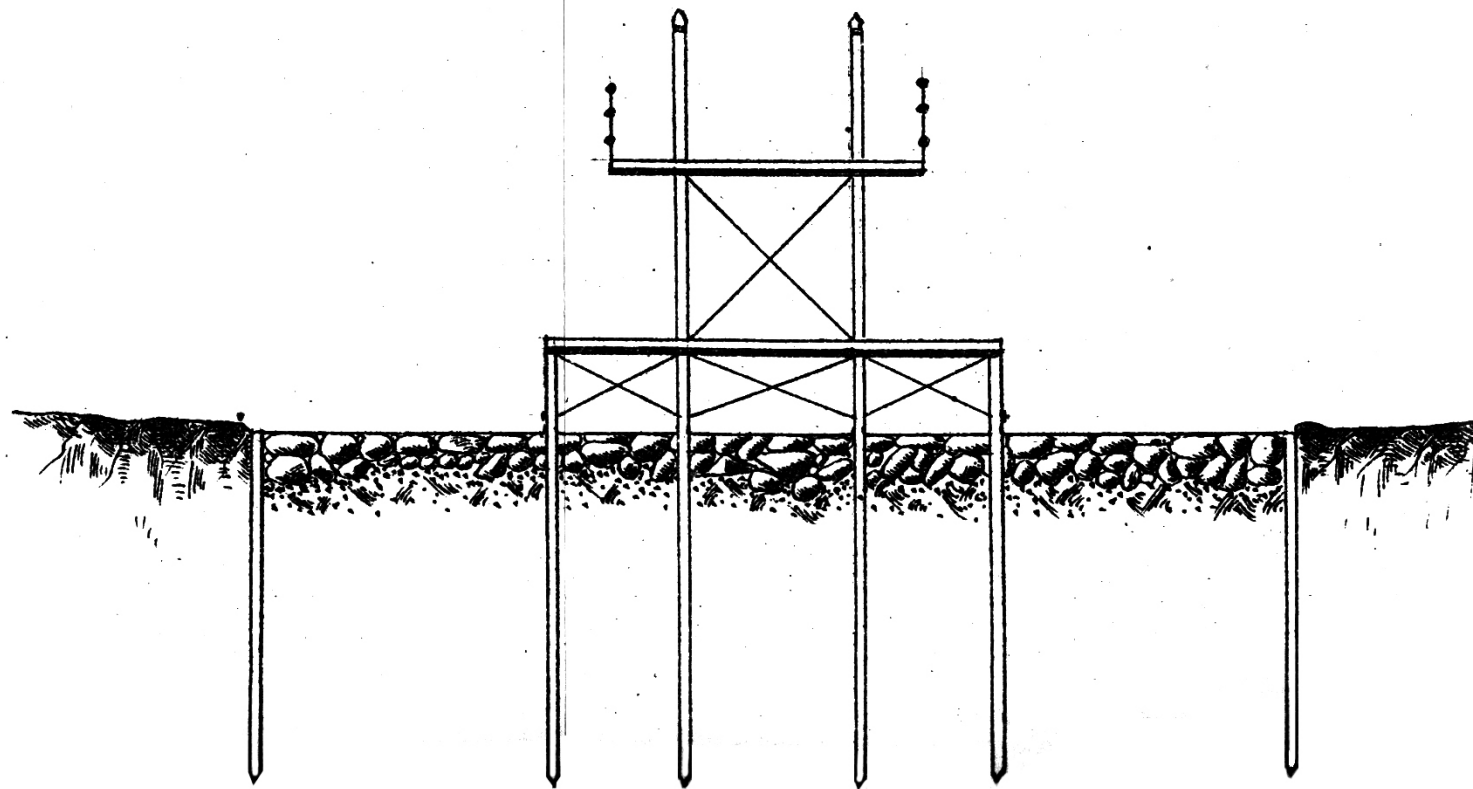


Fig. 12.