

DATOS PRÁCTICOS COMPLEMENTARIOS

SOBRE EL EMPLEO DE LOS TUBOS ATORNILLADOS PARA LOS MACHONES DE LOS PUENTES GRANDES DE LA LÍNEA DE PARRAL A CAUQUENES.

Antes de principiar los trabajos, en Agosto de 1894 (1), estudié, aunque someramente, i basándome en varias hipótesis, las condiciones de resistencia estática i dinámica de los tubos atornillados de pequeño diámetro.

Ahora, estando completamente terminado el trabajo de construcción de los machones de puentes, agregaré algunos datos prácticos complementarios, tanto sobre los mismos detalles de la operación del atornillamiento como sobre las fórmulas establecidas en aquella época.

I.—TIPO JENERAL DE LOS MACHONES.

Los machones se componen todos de seis tubos, esparcidos de centro a centro, en el sentido longitudinal de la línea, de 1.^m30 i en el sentido trasversal, de 2.^m00 o 2.^m70 segun el tipo del puente.

Para mas claridad en todo lo que sigue, los machones van numerados en el sentido de Parral a Cauquenes, i los tubos van numerados de la izquierda a la derecha, i de una fila a la otra, así como lo indica la figura núm. 1.

El tubo núm. 5 por ejemplo del tercer machon de Curi-Peumo, se representará por «Curi-Peumo 5_{III}.»—El tercero del cuarto machon de Titinivilo, por «Titinivilo 3_{IV}».

(1) Anales del Instituto de Ingenieros. 15 de Agosto 1894. Páj. 1197 i sig'

Los tubos son absolutamente iguales como diámetro, peso i forma, así como los tornillos de fundicion; se colocaron indiferentemente en tal o cual puente.

Los tubos, despues de colocarlos, están hechos solidarios por un cabezal hecho de vigas de fierro **I**, apernados o remachados con los mismos tubos, los cuales están rellenos con un concreto delgado de lastre i cal.

II.—APARATOS ACCESORIOS PARA LEVANTAR, PRESENTAR, SOSTENER I ATORNILLAR LOS TUBOS.—ANDAMIOS.

Andamios.—Para proceder al atornillamiento de los tubos, se construyó un andamio movable cuyos planos i corte están indicados, en croquis, por las figs. 2 i 3. Se mandaron hacer dos iguales para poder trabajar con dos cuadrillas, o por lo ménos, armar uno miéntras el otro estaba en servicio, lo que se hizo cuando lo permitió el número de operarios.

Estos andamios, confeccionados ántes de hacer los cálculos a que me referí anteriormente, quedaron un poco cortos i angostos. Las primeras palancas que acompañaban a los cabrestantes que vinieron con los tubos, tenian, armado el cabrestante 6.^m60 de punta a punta, un mismo i diámetro, es decir, un radio de accion, alrededor del tubo, de 3.30².—Se dió así a los andamios una superficie de 8.^m50 × 10.^m00, aprovechando todo el largo posible de las vigas de pino que en este momento se encontraban en el Almacen de la línea.—Pero, lo repito, estas dimensiones han salido algo insuficientes, puesto que las palancas que hubo necesidad de emplear despues tenian 11.^m00 de punta a punta segun un mismo diámetro.—El cálculo demostró que con estas dimensiones se podia desarrollar una fuerza que responda del éxito de la operacion. Sin embargo, se pudo remediar en parte la exigüedad del andamio (la cual, en ningun caso tuvo consecuencias serías) por la adjuicion de algunas vi-

guetas clavadas en «poste a faux» las cuales aumentando la superficie libre, permitieron trabajar con bastante comodidad.

Si se presentase otra vez el caso opinaria hacer los andamios con mayores dimensiones, tanto para la comodidad de los trabajadores, lo que naturalmente es en provecho de la fuerza desarrollada por ellos, como para la firmeza del mismo andamio, siendo así mayor la resistencia a los movimientos de balanceo. No conviene, sin embargo, hacerlos mayores de 12.^m00 en cuadro, para evitar un exceso de peso, i dificultades en la colocación.

Los tubos se atornillaron siempre en el mismo orden, i según la lei siguiente 5, 2, 6, 3, 4 i 1.—Así que los que se atornillaban en peores condiciones eran los números 1, 3, 4, 6., por estar a un lado, mas cerca de la orilla del andamio, i por estorbar los tubos 5 i 2, ya colocados.

Dando a los andamios 12.00^m en cuadro, con palancas de 5.^m50 de radio efectivo, en el momento mas desfavorable que representa la fig. 4, hai todavía una zona mínima disponible de 3.^m00 a 4.^m00 (i ésto sucede en una sola palanca a la vez) lo que permite, juntando toda la jente mas hácia el centro, desarrollar siempre un esfuerzo bastante grande.

Cualesquiera que sean las dimensiones del andamio, su disposición podria quedar la misma, puesto que en la práctica dió buenos resultados. Las dos viguetas que abrazaban cada tubo, en el sentido paralelo a la línea, estaban espaceadas de 0.^m65 (0.^m75 de centro a centro) dejando así fácilmente pasar el tornillo cuyo diámetro máximo era solo de 0.^m60.

Los andamios se construyeron para los machones del primer tipo, que consultaban una distancia de 2.^m00 de centro a centro de los tubos, en el sentido trasversal. Para los machones del segundo tipo, en los cuales la distancia de los tubos era de 2.^m70, fué fácil modificar el andamio colocando mas afuera las dos viguetas exteriores (una de cada lado). Esta modificación del an-

damio se hizo sin dificultad, i sin disminucion apreciable en la resistencia de dicho andamio.

El alto de 3.^m50 que se dió a estos andamios, fué calculado segun el largo que los tubos, una vez enterrados, debian tener mas o ménos fuera del terreno en que se apoyaba el andamio. Pero cualquiera que sea este largo, i aunque debiese resultar inferior a la altura del andamio, me parece que la altura de éste último no debe ni puede reducirse a ménos de 3.^m00 puesto que de su mayor altura (no pasando, por cierto, límites mui grandes) depende la mayor seguridad contra las desviaciones laterales de los tubos durante su atornillamiento.

Los andamios se entablaron completamente en su piso superior, con tablonés firmes. Encima de ellos se hacia todo el trabajo.

Pié de Gallo.—Como accesorio del andamio, habia un pié de gallo hecho con viguetas de pino de 0.^m25 × 0.^m10 (6" × 4") colocadas de canto, i cuyas estremidades inferiores se apoyaban (figs. 5 i 6) en un triángulo portátil de dimensiones fijas. Esta disposicion evitaba todo resbalamiento, al mismo tiempo que permitía mover el pié de gallo, aun con su carga colgando, sin ningun peligro i con mucha facilidad.

Este pié de gallo, mui liviano, i que tenia 7.^m50 de alto servia para levantar los tubos; los cabrestantes, los tornillos etc. Un teclé de 3—2 rondanas de 0.^m10 de diámetro completaba el aparato, i una escalera de tijera permitia hacer cualquiera operación con lijereza i facilidad.

Abrazaderas.—El tubo una vez presentado (luego veremos como se presentaba) se aseguraba, en los pisos superior e inferior del andamio, por 2 abrazaderas i guideros de madera con revestimiento interior de fierro.

La fig. 7, en la cuál figura tambien el tubo, dá las dimensiones i disposiciones de estas guideras.

Sin embargo, no siendo cilíndricos los tubos, sino cónicos,

el sistema de abrazaderas, no era perfecto. Forzosamente, hubo que dar a las abrazaderas las dimensiones interiores correspondientes al mayor diámetro de los tubos, aumentado del saliente de los remaches, para que el tubo quepa en cualquier momento. Pero la diferencia de 2.c^m5 a 3.c^m que hai entre el mayor i el menor diámetro del tubo, tuvo como consecuencia un movimiento mui grande del tubo en sus guíaderas. Esto se correjia en lo posible por la adjuncion, entre el tubo i la abrazadera, de algunas cuñitas de madera, que acompañaban al tubo en su movimiento helicoidal, impidiendo las desviaciones laterales demasiado grandes.

Tambien, por ser salientes los remaches, el centro matemático de las abrazaderas no coincidia con el centro eje del tubo, de modo que este último eje, durante la rotacion, no resbalaba sobre sí mismo, sino que describia un cono de base mui pequeña. Pero ésto no tuvo inconvenientes apreciables ni para la verticalidad del tubo, ni para la pérdida de fuerza desarrollada.

Se facilitaba con sebo el resbamiento del tubo en sus guíaderas.

Una vez el tubo bien aplomado i las abrazaderas colocadas, éstas se apernaban con el mismo andamio, asegurando así el tubo contra todo desplazamiento lateral, por ser mui grande la resistencia opuesta por el andamio. La fig. 12^A indica la apernadura de las guíaderas con el andamio.

Cabrestantes.— Los tubos se atornillaron con cabrestantes, i en el caso actual fué el sistema mas sencillo i práctico. La colocacion con motores habria orijinado gastos mui subidos, i se habria demorado un tiempo considerable, puesto que a cada machon de 6 tubos, i aun en el mismo machon, para cada tubo, habria sido necesario modificar las instalaciones. El andamio, tambien habria sido de un precio mas elevado, i de un peso superior.

El tornillo de fundicion no tenia agujeros por los cuales se

pueda, con mas o menos presión, inyectar agua en el terreno, a medida que se produce el atornillamiento i para facilitarlo. Por lo demas, la naturaleza esencialmente húmeda del terreno no hacia necesaria tal operación, la cual en la tosca aun seca, no habria dado resultado ninguno.

Solo por la fuerza desarrollada al cabrestante debian atornillarse i se atornillaron los tubos.

Los primeros cabrestantes llegados con los tubos eran de fundicion, con distribucion interior, relleno, por decirlo así, de madera apernada con las dos planchas superior e inferior, i tenian 8 palancas de madera de encina de $3.^m30 \times 0.^210 \times 0.^m10$, pesando cada una cerca de 11 kilos. Cada cabrestante pesaba 280 kilos, sin las palancas ni accesorios.

Estudiando la resistencia del tubo al atornillamiento, llegué a la conclusion de que era necesario en el último período, naturalmente, el empleo de palancas de $5.^m50$ de largo, desde el centro del tubo hasta la estremidad de la palanca. Estas se hicieron en la línea con madera de pino de $0.^m10 \times 0.^m10$, i se forraron lateralmente arriba i abajo con planchas de fierro, así como lo indiqué en aquel momento.

Estas últimas palancas tenian bastante resistencia. Sin embargo, al hacer otro trabajo de la misma clase, seria mejor prever palancas de $0.^m12 \times 0.^m12$ de grueso, siempre forradas con fierro, modificando al mismo tiempo el cabrestante. Así se compensaria la pérdida de resistencia que orijina siempre la mala ensambladura del fierro con la madera, trabajo que necesita ser hecho por obreros competentes.

Al principio, el cabrestante debia hacerse solidario del tubo por medio de cuñas, previstas en número de 4 en los planos primitivos, pero que en realidad no podian ser menos de 6, así como lo demostró el cálculo, aun envolviéndoles la cabeza con una plancha de fierro para evitar que se hagan pedazos bajo la accion de los golpes repetidos.

Pero en la práctica, resultó completamente insuficiente este modo de union. Las cuñas, tanto por ser húmedas, como por efecto de la pintura de los tubos i del contacto imperfecto, no pudieron resistir cuando los tubos habian pasado la primera capa de barro casi líquido, es decir cuando la resistencia principió a manifestarse, aunque todavía sumamente débil. Las cuñas se molian completamente, como en un molinillo, cuando no se hacian pedazos, a pesar de las planchas de fierro, por los golpes sumamente grandes que era necesario darles para asegurar un poco su estabilidad.

Aun mas; la fuerza desarrollada así por medio de las cuñas al apretarlas fué tal, que, al segundo tubo que se atornilló (el núm. 2 de Unica-ven núm. 2) reventó el cabrestante.

Dos días despues, con el tubo núm. 3 del mismo puente, se quebró el segundo cabrestante, a pesar de las precauciones que se tomaban, no pudiendo resistir el revestimiento interior de madera al esfuerzo de torsion de las palancas, aunque fuesen de las chicas de 3.^m30.

El trabajo quedó así paralizado por algunos dias.

Fué necesario entónces, fuera de la confeccion de otros cabrestantes, buscar un modo de union mas seguro que las cuñas, lo que se consiguió por medio 1, 2 i hasta 3 cadenas de fierro de 8 a 12^m/m de diámetro.

Estas cadenas se amarraban a la parte superior del tubo con un simple gancho, daban varias vueltas en hélice, (jeneralmente 3 vueltas al principio i 6 i 7 al fin cuando ya estaba el tubo casi enterrado) i venian en fin amarrarse al cabrestante, así como lo representa la fig. 8, con ganchos de fierro en S de 25 a 32^m/m de grueso.

Al principio del atornillamiento de un tubo, se usaba una cadena. Aumentando la resistencia, hacia poner 2, i al último muchas veces tuve que poner 3, por quebrarse los ganchos i las argollas.

Este sistema, bien sencillo, dió siempre buenos resultados. El efecto de las cuñas se limitaba entónces a impedir los movimientos laterales o de balance del cabrestante, siendo mui reducida la fuerza con que tenían que acuñarse.

Sin embargo, i aunque esté mui limitada su accion, no dejó de consumirse un número bastante considerable de cuñas. Cierto es tambien que se fabricaban con pedazos inutilizables de viguetas de roble de 0.²15 x 0.10, i que no se forraban con fierro.

El primer cabrestante reventó, como lo dije, por la presion de las cuñas. El segundo tuvo su armadura, su relleno interior de madera, hecho pedazo por la presion de las palancas. Estas consideraciones hicieron adoptar el tipo de cabrestante que representan la figs. 9 i 10, todo de fierro remachado.

Otra modificacion mui importante fué que se construyeron en dos sectores, que se juntaban con 16 pernos de 32^m/m de diámetro. Esta modificacion tuvo por efecto que desaparecieron de las dificultades de colocacion (de las cuales hablaré luego) i la disminucion del peso de las piezas, puesto que el cabrestante entero pesaba 321 kilos, es decir 160,500 por cada seccion, siendo 280 kilos el peso de los cabrestantes de fundicion en un solo cuerpo.

Por lo apremiado del tiempo, no fué útil adoptar la forma anterior que habia indicado en mis cálculos preliminares (15 Ag. 1894). Con dicha forma, la construccion se habría demorado lo ménos 2 meses, i en resumidas cuenta, el empleo de las cadenas hacia inútil toda disposicion interior especial respecto a las cuñas.

Las palancas de encina, de 3.^m30 de largo, que venian con los primeros cabrestantes, pesaban 11 kilos. Las de pino, de 5.^m50 de largo, que se hicieron en la línea, con revestimiento de fierro pesaban 77 kilos, i las que vinieron con los últimos cabrestantes, de madera de luma, de 4.^m80 i 4.^m60 de largo, revestidas tambien de fierro, pesaban 70 kilos. Estas últimas que-

daron demasiado delgadas, sensiblemente cortas, i algunas se quebraron; no hubo entónces compensacion con la disminucion del peso.

III.—DE LA COLOCACION DEL ANDAMIO, PRESENTACION DE LOS TUBOS I OPERACIONES PRELIMINARES

Una vez bien determinada la ubicacion del machon, se procedia a armar el andamio. Era la base de todo el trabajo, i de su buena colocacion i firmeza dependia el buen éxito del atorillamiento de los tubos.

Siempre se ha tenido el mayor cuidado en colocarlo de tal modo que los tubos no puedan topar con las vigas, i que la colocacion relativa práctica del andamio i de los tubos estuviera en conformidad con la posicion real i definitiva de los tubos en el terreno.

Hubo dos modos de colocar los andamios: sea en tierra firme, sea sobre vigas o rieles, para evitar rellenar en su totalidad los hoyos bastante grandes i sin forma que quedaban de las escavaciones para los machones, hechas por el ex-contratista de la línea, en el tiempo que dichos machones debian hacerse de albañilería.

La colocacion en tierra firme tuvo lugar en Unicaven, 1.º i 2.º puente, cada uno de un machon, en Curi-Peumo, machones III, IV i V, en Coipo, machones I i II del 1.º puente i I, II i III del 2.º. El machon único del 2.º puente del Taqueral se colocó sin el recurso de los andamios especiales, por una disposicion de la cual hablaré a su tiempo.

Andamio colocado en tierra firme.—La colocacion en tierra firme no ofrecia dificultad. Se emparejaba bien la cancha, se trazaba con toda facilidad i todo el cuidado posible, i se armaba el andamio bien conforme con los ejes trazados.

Andamios colocados sobre vigas.—La colocacion del anda-

mio sobre vigas o rieles se hizo de modos mui diferentes segun el tamaño i el estado de la escavacion ya existente.

En jeneral, siempre hubo que rellenar las orillas de dichas escavaciones, por ser tan grandes que no tenia vigas de dimensiones suficientes. Despues, se hizo un falso piso con rieles o vigas de 0.^m30 x 0.^m30 o de 0.^m35 x 0.35 bien niveladas, i ellas mismas apoyadas en otros muertos bien firmes. Se tenia cuidado de colocar siempre estas vigas inferiores lo mas cerca posible de la posicion definitiva del tubo, para aumentar la resistencia, pero sin que haya contacto posible.

Una vez bien establecido este falso piso, se armaba el andamio sin dificultad, i con los mismos cuidados que cuando se armaba en tierra firme. Despues, se entablaba por encima, se armaba el pié de gallo, i se procedia a levantar el tubo.

Levantamiento del tubo.—Para esta operacion, se separaba el tornillo del tubo. El tornillo pesaba, en efecto, 235 a 250 kilos i el tubo completo, sin tornillo, 720 kilos. Digo, completo, porque algunas veces (Curi-Peumo III, IV, V i Unicaven N.º 1) hice sacar una seccion de los tubos, para aliviarlos, i por que tenia la seguridad de que eran demasiado largos. Se redujo así el peso a 630 kilos mas o ménos.

El tornillo se colocaba de antemano en una escavacion chica hecha por abajo del andamio, i con hondura suficiente para que el tornillo esté completamente abajo del piso inferior (fig. 11). Este modo de operar facilitaba la colocacion de las guideras inferiores i del aplomaje del tubo. Antes de atornillar, se rellenaba esta escavacion para que el tornillo agarrara mas fácilmente.

El tubo se presentaba tal como lo indica la fig. 12, que representa con líneas de puntos las diversas posiciones del tubo hasta llegar a colgar, lo que lo acercaba mucho de la verticalidad.

El tubo se amarraba por medio de un cable con gancho, que salia de la parte inferior, daba una vuelta a la parte superior, i se amarraba al tecele que servia para el levantamiento.

Esta operacion se hacia con cuidado. A medida que 12 a 15 hombres tiraban al tecla desde el piso superior del andamio otros tantos empujaban el tubo desde abajo, hasta que su parte superior pasa, sin golpes, por el vacío dejado entre las vigas del piso superior.

Como ya lo dije, el pié de gallo estaba establecido de tal modo que, colgando el tubo, estuviera muy cerca de su posición futura. Como también estaba entonces casi vertical, se bajaba bien despacio hasta que el tubo embocara con su tornillo, operación que se facilitaba con sebo, y se apertaban los dos pasadores de unión. Se presentaban las guideras como un collar, arriba y abajo, se centraba y aplomaba bien el tubo, se apertaban en fin las guideras con el andamio, (fig. 12^A) y el tubo estaba listo para su atornillamiento.

Al principio, con los cabrestantes de fundición en un solo cuerpo, la operación del levantamiento del tubo se complicaba con la colocación del cabrestante, colocación que debía hacerse cuando la parte de arriba del tubo alcanzaba al piso superior (fig. 13), manteniéndole siempre normal a la dirección del tubo hasta que este estuviese completamente vertical. El cabrestante reposaba entonces sobre el piso superior.

Con los cabrestantes en dos secciones se evitó esta sujeción de las más incómodas, colocándose el cabrestante con toda facilidad una vez aplomado el tubo y apertadas las guideras.

Los teclas chicos para levantar el cabrestante y sujetarlo, y las cadenas, se amarraban a la parte superior del tubo una vez centrado, sin dificultad, por medio de una escalera.

Tiempo empleado.—Estas diversas operaciones que acabo de describir se hicieron, con la práctica, bastante ligero.

La primera armadura del andamio costó un día y medio de trabajo a un carpintero con 22 hombres. La segunda vez, se armó en un día, y al último el tiempo empleado no pasaba de 3 a 4 horas, con 15 hombres.

Para desarmar el andamio, el tiempo medio ha sido de 2 horas con 25 a 30 hombres, lo que da un total de 5 a 6 horas para desarmar totalmente el andamio i armarlo en otra parte, con tal que sea en el mismo puente, fuera naturalmente del tiempo empleado en arreglar la cancha, tiempo mui variable segun el estado del terreno, pero que nunca pasó, en los casos ordinarios, de medio día con 12 a 20 hombres.

En algunos casos (Coipo) el trabajo de preparar la cancha fué tal, que hubo que mandar, de antemano, una cuadrilla especial para este objeto.

El tiempo empleado en levantar el tubo i presentarlo, hasta dejarlo en punto de atornillar, tuvo tambien variaciones mui importantes, por la costumbre que tomaron los peones de mover estas piezas.—De 2 horas para el 1.º tubo, bajó el tiempo empleado a 30 o 40 minutos, con 12 o 15 hombres arriba i otros tantos abajo.

IV.—DEL ATORNILLAMIENTO DE LOS TUBOS

He dicho que los tubos, en cada machon, se colocaban en el orden siguiente que fué invariable, 5, 2, 6, 3, 4, 1.—De este modo, los tubos 5 i 2, principalmente el 5, se colocaban con toda facilidad; despues para 6 i 3, o 4 i 1, era mas complicada la operacion.

Por el efecto de la exigüedad del andamio, i por estar colocados ya los tubos 5 i 2, (fig. 14) las palancas no podían dar al rededor del tubo una vuelta completa, por ser demasiado altos los tubos ya atornillados. Sin embargo, en Titinvilo IV i V, como los tubos se enterraron hasta el raz del andamio, no se presentó esta dificultad; pero, en todos los otros, no se podia dar la vuelta completa. Cuando una palanca llegaba a encontrar un tubo, habia que sacarla, pasar del otro lado del tubo, i entrarla de nuevo en el cabrestante. Siempre habia tambien una palanca que no podia colocarse.

Esta operacion alcanzó a hacerse con mucha rapidez, i salvo cuando ya estaba por concluirse el atornillamiento de un tubo, no se paraba el movimiento jiratorio. En el último momento, como ya la velocidad era mui reducida, i que por otra parte el movimiento era mui irregular, era preferible abandonar por completo la palanca en cuestion, i agrupar los hombres en las demas restantes.

Al principio el cabrestante se colocaba mas o ménos a 1^m.50 o 1^m.60 de altura; el terreno ofrecia entónces mui poca resistencia, i se usaban tambien las palancas chicas.

En este primer período no habia ningun interes en la operacion; aun sucedió, como en Titinivilo dos o tres veces, que el tubo entró solo en el terreno, por efecto de su peso. No se calculó tampoco en este período, el número de hombres que habria sido estrictamente necesario poner a las palancas para producir el atornillamiento. Esto, lo repito era sin interes, i una esperiencia hecha en un tubo habria quedado siempre un caso particular, puesto que a cada momento cambiaban la naturaleza de la capa superior del terreno, i su grado de humedad.

Cuando la capa superior era terreno pantanoso, húmedo, pero consistente (no hablo aquí de barro líquido), los hombres caminaban, i hasta corrian con una velocidad media de dos vueltas por minuto, lo que correspondia a un atornillamiento de 0^m.40. Despues, tuve que reducir la velocidad, por provocar ésta muchos movimientos en el mismo andamio.

Llegado al terreno mas firme, greda arenosa, tosca mui blanda, o barro mas compacto, se cambiaban las palancas chicas por las grandes, i entónces principiaba la verdadera operacion.

El número de operarios, lo calculé al principio, debia ser de 40; es decir 5 por palanca. Así se mantuvo siempre; salvo que, al último, hacia venir a las palancas toda la jente disponible o vecina, alcanzando entónces el número a 48 i 52 (Curi-Peumo

I, II, i Titinvilo I). En todas las otras partes, el número de trabajadores fué de 42, i al llegar al fin de la operacion, en cada tubo, de 46.

La velocidad media del atornillamiento en el 2.º período, fué siempre casi constante, hasta el último momento, i puede resumirse en el cuadro que sigue:

DESIGNACION DE LA OBRA	Hondura media del tornillo	Hombres	Cantidad entorrada (centimets.)	Tiempo (minutos)
2.º Unicaven I. 3. 6	2. ^m 60 a 3. ^m 25	42	60	6
»	»	42	60	7½
»	3.25	46	10	60 A
1.º Unicaven 3-6	2.40 a 3.00	42	50	4
» 3-6	3.20	46	100	8
»	»	»	35	5
»	3.80	»	10	40 B
» I. 2. 5	2.40	42	60	7
»	2.60	46	7	30
Curi-Peumo II. 2-5	3.00	42	60	7
»	3.60	48	10	8
»	4.00	52	5	12
» I. 3. 5. 6	3.00	42	60	5
»	5.60	52	5	15
Titivilo III. 2. 5. 4. 6	2.80	42	80	5 C
»	4.20	48	20	15
»	5.60	52	4	12
2.º de Coipo II. 6	1.50	42	80	4
	3.00	42	80	8
	4.50	46	50	12
	5.80	46	10	15

A.—Se quebraban i resfalaban constantemente las cuñas.

B.—Se quebró el cabrestante.

C.—Habia debajo del andamio un hoyo con barro líquido.

Segun esto se vé que cuando el terreno ya principiaba a resistir bastante para que se produjera el atornillamiento, este se hacia con una velocidad media i casi constante de mas o menos

0.^m10 por minuto, despues bajaba la velocidad a 0.^m.10 en 7 i minutos, i en fin, al momento de clavarse definitiva mente, velocidad no pasaba de 0.^m10 a 0.^m15 en 15 i 20 minutos.

En este último momento, quedaba sin efecto la fuerza de los hombres si la aplicaban de un modo constante i continuo. Una presión constante, sin golpes, no hacia atornillar el tubo, habi necesidad de proceder a empujones, todos en un tiempo, i se daba así de 12 a 14 empujones por minuto.

La altura del cabrestante dije que era al principio de 1.^m50 a 1.^m.60. Se seguia atornillando hasta que el cabrestante viniera al raz del piso superior.—Despues, cuando habia resistencia sensible, no se podia levantar a mas de 1.^m20.—En el último momento, se trataba de establecer el cabrestante solo a 0.^m90 de altura, que es lo que encontré mejor para que la fuerza de los hombres fuese mas aprovechada. Mas alto o mas bajo, se colgaban o se apoyaban los peones, principalmente los de la punta exterior de la palanca, produciendo así una pérdida considerable de fuerza viva.

Para levantar el cabrestante, se aflojaban las cuñas i se hizaban con los 3 o 4 tecles chicos (de 2—1 rondanas) que sostenian el cabrestante desde la punta superior del tubo. Se daba mas vueltas a las cadenas, i se apoyaba de nuevo. El tiempo empleado en estas operaciones tantas veces repetidas, fué de 4, 5, 9, 8, 10, 12, 7 minutos, lo que dá un tiempo medio de 7 a 8 minutos.

No hablo aquí del tiempo que se pasaba cuando todavia no se usaban las cadenas, puesto que la fuerza con que tenian que clavarse las cuñas para que sujetáran al tubo, era tal que despues no podian salir, i el tiempo alcanzó entonces a 40 i 45 minutos.

Pero esto sucedió solo en dos tubos.

Atornillamiento suplementario desde el piso inferior.—Una vez colocados los tubos haciendo la fuerza desde el piso supe-

rior, i cuando ya no se atornillaban mas, se volvia a repetir la operacion sacando toda la parte superior del andamio, para que no estorbara, i dejando solo el piso inferior, que entonces se entablaba.

La operacion se hacia con una sola abrazadera, naturalmente, i como el tubo estaba ya bastante atornillado, no hubo desviacion ni variacion en la verticalidad del tubo.

En tres machones, este suplemento de atornillamiento dió resultados: los machones IV i V de Titinvilo i al machon I de Curi-Peumo.

En Titinvilo IV i V, los tubos se enterraron hasta el raz del piso superior, por efecto de la altura mayor de 3.^m50 que tenia el andamio con el falso piso inferior de vigas i de rieles.

Llegados a esta hondura, los tubos no tenian todavia la firmeza necesaria. Fué entonces indispensable repetir la operacion desde el piso inferior, atornillándose así los tubos 0.^m60 mas.

En Curi-Peumo I, se enterraron solo de 0.^m07 mas cuando repitieron la operacion.

En otro machon, el de Unicaven N^o 2, se hizo tambien este trabajo, por la razon de que habiéndose quebrado los cabrestantes al principio del trabajo, no tenia confianza en la firmeza de los tubos. Llegados los cabrestantes nuevos, los apliqué, i entraron los tubos de 0.^m05 a 0.^m12. Los tubos de este machon no tenian entonces el piso inferior del andamio, ni las abrazaderas; sin embargo no hubo desviacion apreciable.

Un solo tubo se desvió: el 3 del machon único de Unicaven N.^o 1.

Pensando que habia encontrado un palo o una piedra que producía la desviacion, hice sondar, i encontré solo una capa de tosca arenosa, dura, mui inclinada, en la cual, resbalaba el tornillo del tubo, lo que produjo una desviacion lateral de cerca

de 0.^m10, torciendo los pernos de las abrazaderas. Despues de concluir el atornillamiento se verificó la verticalidad, que era buena: solo hubo desplazamiento lateral. Ahora, con el cabezal apernado encima, se nota mui poco el desperfecto.

V.—TUBOS COLOCADOS CON CONCRETO A CIELO ABIERTO

Cuando, al principio, se quebraron los cabrestantes, i mientras se mandaban hacer los otros, resolví, para ganar tiempo, colocar algunos machones en pozo abierto, en las partes donde tenia seguridad de no encontrar agua. Este procedimiento se siguió para los tubos 1, 2, 4. 5 del machon de Unicaven N.º 1 i para los machones V, IV i III de Curi-Peumo.

En el 1.º puente de Coipo, machon III, los tubos se colocaron tambien en pozo abierto, pero en éste se aprovecharon las albañilerias ya existentes de un machon ejecutado por el ex-contratista de la línea, en 1.^m50 de grueso mas o menos.

El machon único de Taqueral N.º 2 se colocó tambien así, i aunque habia mucha agua, pero se aprovechó, para la escavacion, la bomba que agotaba las aguas de los estribos en construccion en aquel momento. Ademas, éste último machon no fué colocado por la cuadrilla ordinaria de los puentes, sino por el contratista del puente de Tarqueral quien usó para este objeto un puente de servicio que tenia establecido para la construccion de los estribos. Por este motivo, no haré mencion de este machon, sobre el cual no tengo datos.

El modo de operar fué el siguiente. Una vez establecido el andamio con las mismas reglas de siempre, se hacia por abajo (fig. 15) un hoyo de 5.^m50 × 2.^m75, de paredes bien verticales, lo que permitió siempre la naturaleza del terreno. Cuando llegaba la escavacion al terreno firme, se colocaba una capa de concreto de lastre de 0.^m50 de grueso bien pisoneada. Encima de esta capa de concreto se centraban los tubos, bajando primero los tornillos por medio del teclé, i despues los

tubos, con los mismos procedimientos de siempre. Se aplomaban bien los tubos, se verificaba su posición, i con cuatro listones, puesto que las abrazaderas eran inútiles en este caso, se afirmaba el tubo. Se seguía llenando el hoyo de concreto bien pisoneado hasta 1.^{mo} mas arriba que el tornillo; despues se llenaba el hoyo con tierra pisoneada.

Este modo de colocación fué mui sencillo, i, si se hubiese previsto antes de principiar los trabajos, se podía suprimir el tornillo reemplazándolo por una suela de fundición, como un casquete colocado al revez, de mucha superficie fig. 16) que habría sido mas barato, mas liviano, de empleo mas fácil, i tambien, no hai duda, mas firme, aunque el cuidado especial que se tuvo de pisonear bien i ramear el concreto al rededor i debajo del tornillo, haga rechazar toda posibilidad de hundimiento en lo futuro.

Sería talvez bueno, en otros trabajos análogos, prever éstos casquetes, para cuando la colocación de los tubos pueda hacerse en terreno seco i en pozo abierto. Habría en ello una real economía puesto que con una cuadrilla de 25 hombres, se puede hacer el trabajo.

Este modo de colocación puede perfectamente convenir en esteros como los de ésta línea, que mejor dicho son vegas. Se sabe en efecto que en invierno, las aguas suben, pero con muy poca corriente.

En un rio verdadero, además de la necesidad de agotamiento a vapor, lo que hace perder todo su carácter a este modo de pilotaje, i lo hace inútil, o en terreno arenoso o de ripio que la corriente de las aguas pueden llevarse o que deben enmaderarse, no convendría este sistema de colocación. Pero, para atravesar partes bajas i húmedas, para viaductos como son mas propiamente los puentes de esta línea, conviene este procedimiento.

Luego estableceré los precios de colocación para cada sistema, aun que el modo transitorio i escepcional con que fué em-

pleado aquí no permita deducir de un modo bien cierto los gastos que sería necesario hacer para los tubos colocados en pozo abierto.

VI.—HONDURAS I DESVIACIONES.

Las honduras a las cuales alcanzaron los tornillos fueron muy variables, no tendría interés darlas aquí para todos los tubos. Solo anotaré que en cada machon la hondura fué casi constante, con solo diferencias de 0.^m02 a 0.^m07, o bien crecía en una progresion creciente de sur a norte o vice versa, de tal modo que los grupos de tubos 1 i 4, 2 i 5, 3 i 6, se atornillaban a la misma hondura; de reconocimientos hechos en el terreno, resultó ser el efecto de la superficie de la capa de tosca, que seguía las mismas desnivelaciones, lo que prueba que en cada caso la fuerza desarrollada por los hombres fué la misma.

La hondura menor se encuentra en Unicaven N.º 2, 3.^m67 i la mayor en Titinivilo IV i V, 6.^m65. En Curi-Peumo I i II, la hondura es de 6.20, i en Coipo, en los dos puentes, de 6.^m10 a 6.^m30.

No hubo otra desviacion que la que indiqué anteriormente, en el 1.º puente de Unicaven, tubo N.º 3.

No iré hasta decir que en todos los otros tubos la verticalidad fué matemáticamente exacta. Pero la desviacion fué absolutamente insignificante, i la poca desviacion que hubo se pudo corregir muy fácilmente por la accion de los tornillos de doble tuerca en cruz de San Andres, ayudados por un teclé.— Una vez bien vertical el tubo, se apernaba con el cabezal, lo que impedía todo movimiento para despues.

VII.—DIFERENCIA ENTRE LAS RESISTENCIAS CALCULADAS I LAS RESISTENCIAS EFECTIVAS.—COEFICIENTE DE CORRECCION.

En mis estudios preliminares, habia establecido, de un modo sumario el valor de las resistencias que suponía debían encon-

trarse, tanto por el hecho de la naturaleza del terreno, como por efecto de los mismos tubos.

Estos cálculos, que me sirvieron para reformar las palancas, i organizar «a priori» una cuadrilla que me diera toda seguridad defirmeza, establecian de un modo jeneral, i suponiendo el terreno mas o menos igual en todos los puentes, que se debia desarrollar en los cabrestantes una fuerza tal que

$$PR = 3450 \text{ Kilogrametros}$$

que correspondia a una resistencia del tubo de 16,940 kilos para atornillarse, i a un esfuerzo útil de 10,085 kilos, una vez colocado, admitiendo para el terreno un coeficiente de trabajo solo de 2 kilos por cm.²

Esta resistencia, casi la misma para todos los tubos, fué mayor de lo que se habia calculado.

En la práctica, el radio medio de las palancas no fué de 4.^m3,1 puesto que por la exigüedad de los andamios en la colocación de los tubos 1, 3, 4, 6 de cada machon, tenian los hombres que estrechase mas al centro. El radio medio, verificado varias veces en los momentos mas desfavorables, ha sido de

3.^m20 aplicable a 1 palanca

4.^m » a 2 »

4.25 » a las 4 restantes, puesto que en estos

momentos, 7 palancas solamente podian entrar en servicio corriente, así como lo espliqué anteriormente.

Los 42, 46 o 52 hombres se repartian entre las 7 palancas del modo siguiente:

1 palanca de 3.^m20 con 6 hombres

2 » 4.^m00 » 6 » cada una

4 » 4.25 2 con 8 i 2 con 9 hombres.

No me fué posible averiguar la fuerza desarrollada por cada hombre individualmente. Solo tuve el cuidado de escoger, cuanto se podía los hombres mejores que se presentaban.

Sin embargo, pude deducir la fuerza desarrollada individualmente, en término medio, naturalmente, del hecho siguiente. En los momentos de mayor trabajo se quebraban los ganchos de fierro de 1", o sea 0.^m025 de diámetro, que servían para amarrar las cadenas con los cabrestantes: había entonces 2 cadenas.

La fig. 17 da en proyeccion horizontal la disposicion de la cadena i del cabrestante.

Siendo F la fuerza desarrollada, cuya direccion es la tanjente al cabrestante, i R la fuerza de resistencia de la cadena, tenemos, puesto que hai dos cadenas

$$F = 2R\cos X$$

siendo X el ángulo en el espacio de la cadena con la direccion de F. En el caso actual éste ángulo es de 65°.

El fierro de los ganchos era de mui mala calidad. En estado ordinario, era un fierro clasificado de 30 kilos de resistencia por m/m^2 . Pero despues de trabajarlo, dándole la forma de S, con carbon del pais, no se le puede atribuir una resistencia a la ruptura mayor de 25 kil. por m/m^2 . Siento no haber podido probarlo directamente, por falta de aparato i de tiempo.

Segun ésto, tenemos

$$R = \frac{3.14}{4} \frac{1}{0.025}^2 \times 25 \text{ kil.} = 12275 \text{ kil.}$$

$$2R\cos X = F = 12275'' \times 2 \times 0.42 = 10311 \text{ kil.}$$

i, con una distancia de aplicacion de 0.^m40 del eje del tubo, lo que dá un momento

$$10311 \times 0.40 = 4124 \text{ Kilogrametros}$$

Si se admite, por un momento, la fuerza individual de 20 kilos, admitida ya en los primeros cálculos, la fuerza total según el largo medido de las palancas habría tenido un momento de

$$\begin{array}{r}
 6 \times 20 \times 3.20 = 384 \text{ Kilogr.} \\
 12 \times 20 \times 4.00 = 960 \quad \gg \\
 16 \times 20 \times 4.25 = 1360 \quad \gg \\
 18 \times 20 \times 4.25 = 1530 \quad \gg \\
 \hline
 \text{Total} \quad 4230 \text{ Kilogrametros,}
 \end{array}$$

de modo que la fuerza individual de los peones había sido de

$$20^{\text{kil.}} \times \frac{4124}{4234} = 19^{\text{kil.}} 480$$

cantidad muy poco diferente de la que se presumía.

La resistencia del terreno a la quebradura, por cm.² la verifiqué en varios casos, i encontré:

$$\begin{array}{r}
 \text{en Unicaven N.º 1..... } 8^{\text{k}} 125 \\
 \gg \text{ Curi-Peumo..... } 7^{\text{k}} 620
 \end{array}$$

en las capas de terreno muy cercanas de las que recibieron el tornillo en su posición definitiva.

Habiendo poca diferencia entre la fuerza presupuestada de los peones o la resistencia del terreno i las que se admitieron al principio o se verificaron en la práctica, el tornillo debía entrar en el terreno mas o menos como se había calculado. Sin embargo, los tubos alcanzaron, en jeneral, a honduras menores que las que se pensaba, clavándose el tornillo solo de 0.^{mo}90, 1.^{mo}00, i 1.^{mo}10 en la tosca firme.

Esta mayor resistencia debe atribuirse, para mí, a dos causas.

La primera es la forma del tornillo. Los tornillos tienen un ángulo del cono lleno inferior muy abierto (36°50'). La punta es muy roma, casi redonda (fig. 18), i no aguda, como debía ser.

Ademas, la rosca es mui gruesa, impidiendo así la penetracion en el terreno, i esta rosca tiene sus bordos redondos i naflados, lo que facilitaria el pasaje, cortando mejor el terreno. El volúmen total del tornillo es mui grande, cerca de 0.004 ; lo que influye en la segunda causa que es la siguiente.

Al entrar el tornillo en el terreno, éste, por el hecho del peso del terreno superior, no puede levantarse fácilmente. Para dar pasaje al tornillo, para trasformarse, si se puede decir así, en una tuerca, es necesario que se comprima, lo que aumenta la resistencia por cm.^2 , i por consiguiente la fuerza necesaria para el atornillamiento.

Por otra parte, esta particularidad aumenta la fuerza pasiva del tornillo, i la firmeza de la cepa metálica, pero como el tornillo queda poco enterrado en la parte dura del terreno, esto no podria convenir para puentes en esteros con fuerte corriente.

¿Ahora, cual ha sido el aumento de resistencia debido a esta compresion del terreno?

Supongamos el tornillo completamente envuelto en el terreno en cuestion.

Si se llama V un volúmen primitivo del terreno (él que hasta cierta distancia envuelve al tornillo), i v el volúmen del tornillo, el volúmen total V de tierra se reduce, cuando el tornillo entra, a $V-v$. I como el peso de la misma cantidad de tierra no cambia, tenemos, llamando D_V i D_{V-v} las densidades de las cantidades V i $V-v$

$$\frac{D_V}{D_{V-v}} = \frac{V-v}{V}$$

Ahora, suponiendo sueltas las moléculas del terreno, podemos admitir que la resistencia es proporcional a la compresion o a la densidad, i escribir

$$\frac{R_V}{R_{V-v}} = \frac{D_V}{D_{V-v}} = \frac{V-v}{V}$$

es decir que en la resistencia total, la porcion que se refiere al solo hecho del tornillo (rosca i cono) ha variado de la calculada i existente en principio en la relacion

$$\frac{V}{V-v}$$

Si se pudiese establecer con fijeza el valor de V, quedaria conocida la lei de variacion de la resistencia. Pero ello es difficil, puesto que no se sabe la resistencia exacta a cada momento, ni la lei de compresion del terreno, ni su elasticidad, ni su estado hidraulico, ni aun su composicion, causas todas que influyen en el resultado.

Sin embargo, del exámen de los esfuerzos desarrollados, podemos deducir lo siguiente:

El momento máximo de la fuerza desarrollada

$$M = 4234 \text{ kil.}$$

representa un esfuerzo reducido al eje, de

$$\frac{4234}{0.30 \times 0.6775} = 20832 \text{ kil.}$$

Si por otra parte tomamos en cuenta que en el caso que se ha producido (Curi-Peumo I, II, i Titinivilo III) como habia escavacion antigua llena de agua debajo del andamio, esto redujo mucho el frotamiento, el cual se produjo solo en un largo de 2,000 mas o ménos, que corresponde a una fuerza de 475 kilos.

En este caso, los cálculos preliminares (páj. 1208) darán solo

$$\Sigma Q = 12270^{\text{kil.}} + 1120^{\text{kil.}} + 475^{\text{kil.}} = 13865^{\text{kil.}}$$

de modo que el esfuerzo realmente ejercitado ha sido con calculado en la relacion

$$\frac{20832}{13865} = 1.50$$

La fórmula

$$\frac{V}{V-v} = 1.50$$

daria

$$V = \frac{1.50}{0.50} v = 3 v$$

La compresion, si fuese regular, es decir si no se produjese de mayor a menor abarcaria un volúmen de tierra igual a tres veces el volúmen del tornillo,

Pero, es seguro que esta compresion va disminuyendo gradualmente, segun una lei desconocida, hasta una distancia tambien desconocida, de modo que es dificil saber exactamente que volúmen de tierra está comprendido en la zona de compresion.

Sin embargo, como encontré siempre la misma resistencia para todos los tubos de un mismo machon, i la distancia mínima de centro a centro de los tubos era de 1.^m30, tengo derecho para suponer que el terreno no se habia movido a una distancia superior a 1.^m00 lo que viene a comprobar lo anteriormente calculado.

En el primer puente de Unicaven, donde para los tubos 3 i 6 hice sondar, no encontré trizadura o traza de movimiento del terreno por el hecho de la colocacion anterior de los tubos 2 i 5 lo que prueba, una vez mas, que la compresion no alcanzó a 1.^m00, ni aun a 0.^m80.

De lo que precede, se vé que en lo futuro, i hasta que otros esperiméntos permitan establecer una lei mas fija, será bueno introducir en los cálculos de la resistencia al atornillamiento el coeficiente de correccion.

$$a = 1.50$$

i la fórmula establecida, tomando en cuenta el frotamiento tal como ha sido calculado, en todo el largo enterrado del tubo, habria sido:

$$M = a.PR = 1.50 \times 3450 = 5175 \text{ kilogrametros.}$$

Reduciendo el frotamiento a lo que ha sido en Curi-Peumo i Titinivilo, seria:

$$M = a.PR = 13865 \times 0.30 \times 0.6775 \times 1.50 = 4221 \text{ kilogramts.}$$

poco diferente de los 4234 kilogrametros desarrollados por los hombres.

En la avaluacion de la resistencia pasiva, estática, del tubo una vez colocado, i dándose el trabajo límite del terreno, no se debe introducir este término correctivo, puesto que se calcula con un coeficiente de trabajo dado de antemano, i determinado por lo que se sabe sobre la naturaleza del terreno antes la operacion del pilotaje. Pero, una vez colocado el tubo, se encuentra el tornillo envuelto por un terreno comprimido, cierto es, pero tambien movido. Por otra parte la homojeneidad de este terreno puede ser diferente de lo que se supone, así que siempre es mas prudente adoptar sin término correctivo las fórmulas tales como las establecí al principio, tomando por límite práctico de compresion del terreno el que razonablemente resulte de las esperiencias hechas sobre su límite de carga, i de las reglas establecidas en la resistencia de los materiales.

Proceder de otro modo podria ser peligroso, porque del hecho de que un terreno se ha comprimido i ofrece momentáneamente mayor resistencia no se puede deducir que la ofrecerá siempre en un trabajo constante, con vibraciones i movimientos como los que produce la pasada de los trenes.

VIII.—TIEMPO EMPLEADO EN EL ATORNILLAMIENTO DE LOS TUBOS, O EN SU COLOCACIÓN EN POZO ABIERTO.

Las operaciones del atornillamiento se principiaron el 28 de Setiembre de 1894 i se concluyeron el 10 de Enero de 1895, despues de trascurridos 104 días, incluyendo 27 días en que no hubo trabajo, repartidos como sigue:

Por quebradura de cabrestantes.....	3
Despues de los pagos (3 veces).....	12
Días de lluvia.....	2
Domingos.....	10
	27
Total	27

Descontando estos días perdidos, el trabajo real se reduce a 77 días, nunca se trabajó de noche.

En estos 77 días estan comprendidas todas las pérdidas de tiempo por armar i desarmar los andamios, descargar los tubos, cargar, trasportar i descargar los andamios, etc. etc., en una palabra, van comprendidas todas las manos de obra de cualquiera clase que sean.

He dicho que los tubos se colocaron de dos modos diferentes, atornillados o a cielo libre, en pozo abierto. De los primeros, hai 80 i 28 de los segundos (no van incluidos aquí los 6 del 2.º puente del Taqueral, colocados por el contratista).

Los 77 días de trabajo efectivo se reparten así, con todas las sujeciones accesorias:

Para los tubos en pozo abierto 18 días.

» » » atornillados 59 días, en todo 77 días.

Como en toda clase de trabajo debe tomarse en cuenta el tiempo perdido, como «Imprevistos» si se reparten los 27 días perdidos entre las dos clases de trabajo, resulta:

Para los tubos en pozo abierto $18 \times 6 = 24$ días

» » » atornillados $59 \times 21 = 80$ días, lo que daría:

$$\frac{28}{24} = 1.16 \text{ tubos por día de los primeros,}$$

i $\frac{80}{80} = 1$ tubo por día de los segundos.

En fin, si se toma el tiempo en jeneral, cualquier que sea el modo de colocacion, se ve que se colocaron

108 tubos en 104 días efectivos, sea 1.038 diario.

108 » en 77 días reales, sea 1.40 diario.

Este último resultado tiene poca diferencia con lo establecido en los cálculos preliminares, de los cuales resultaba que se debía colocar 3 tubos en dos días, es decir $1\frac{1}{2}$ diario.

Aquel primer estudio no consultaba el tiempo perdido, por ser cosa que entonces no se podía preveer, i en realidad fueron solo 10 los días perdidos por asuntos inherentes a los trabajos. Los otros 17 fueron perdidos por causas independientes de la voluntad.

Si se considera el trabajo efectivo de 1.038 diario, se ve que le queda aplicable el coeficiente de correccion de 1.50 aplicado a las fórmulas de la resistencia.

La costumbre que tomaron los hombres para esta clase de trabajos influye mucho en el tiempo pasado.

Así, en Titinivilo, donde todos los tubos se atornillaron, se emplearon 18 días de trabajo real para 30 tubos, sea 1.66 tubo diario, con todas las sujeciones.

En Coipo, en 26 días se colocaron 30 tubos atornillados i 6 en pozo abierto, a los cuales corresponden $2\frac{1}{2}$ días; quedan entónces para los primeros $17\frac{1}{2}$ días, sea 1.71 tubo diario.

El largo total de tubo atornillado, (estos solo deben tomarse en cuenta, puesto que para los en pozo abierto poco importa la hondura), se subdivide así:

		m.	m.
Curi Peumo	12 tubos a	6.20	74.40
Titinvilo	30 »	6.65	199.50
1.º Unicaven	2 »	3.80	7.60
2.º Unicaven	6 »	3.67	22.02
Coipo	30 »	6.20	186.00
			<hr/>
	Total..		489,52

i en los dos casos se atornillaron diariamente,

en trabajo efectivo medio $\frac{489.52}{80} = 6.m 12$

» » real » $\frac{489.52}{59} = 8.m 29$

Ahora, si examinamos el trabajo en Titinvilo i en Coipo, tenemos en trabajo absoluto diario,

en Titinvilo $\frac{199.50}{18} = 11.m 09$

» Coipo $\frac{186.00}{17.5} = 10.62$

En Titinvilo aparece mayor la cantidad diaria, porque los tubos, por efecto de las escavaciones antiguas llenas de agua i de barro líquido, se enterraban por su propio peso, cuando los presentaban de 1 a 2 metros, lo que influye en la cantidad antedicha. En Coipo, se repitió el atornillamiento desde e piso inferior, a todos los machones, mientras que en Titinvilo se hizo esta operacion solo en 2 machones.

Sin embargo, se ve que si hubiesen sido iguales todas las condiciones se habría atornillado en los dos puentes cerca de 10 m. 62 diario, lo que prueba que la cuadrilla una vez acostumbrada, llegaba a producir diariamente casi la misma cantidad de trabajo. La diferencia entre 10.62 en Coipo, i el promedio jeneral, 8.29 de trabajo absoluto, proviene de la inesperienza del principio i tambien del exceso del tiempo pasado en Unicaven, con los primeros cabrestantes.

De lo que precede, se puede deducir que, en otros trabajos análogos, enseñando bien la cuadrilla, i evitando lo mas que se pueda las pérdidas de tiempo que pueden resultar de la organizacion del trabajo o de la clase de materiales, se podria contar con 9^m50 a 10^m lineales de tubo atornillados diariamente, en trabajo efectivo, i no en trabajo real.

En esta cantidad, influye tambien el número de tubos colocados, en relacion con el largo total. Aquí esta relacion, o largo medio atornillado de cada tubo ha sido de

$$\frac{489.52}{80} = 6.12$$

Pero, si esta cantidad va aumentando, es decir si los tubos se atornillan a mas hondura, las pérdidas jenerales de tiempo para manutencion de materiales, levantamiento, presentacion, etc., del tubo, irán disminuyendo, lo mismo tambien que si aumentase el número de tubos por machones i se colocasen 8 o 10 en lugar de 6, puesto que en este caso las pérdidas de tiempo por armar i desarmar el andamio, se repartirian en un número mayor de metros atornillados.

IX.—DE LOS GASTOS.— PRECIO POR TUBO I POR METRO

Los gastos se subdividen en dos partes:

1.º Los de materiales de instalacion, herramientas i accesorios que son jenerales;

2.º Los de colocacion propiamente dicha que consultan sólo los pagos diversos hechos a los trabajadores por jornales, comida, gastos de mayordomos, etc.

El trabajo se hizo con una cuadrilla al dia.

El detalle de los gastos es el siguiente:

1.º GASTOS DE MATERIALES, HERRAMIENTAS, ACCESORIOS, ETC.		
<i>Andamios.</i> —Madera de pino oregon, 5,225 piés cada uno, sea 10,450 piés a \$ 0.12 cada uno...	\$	1,254.00
Confeccion de los andamios.....		640.00
Fierros para pernos, 125 kil. a \$ 0.19.....		23.75
Tiempo pasado en hacer los pernos, 12 días, a \$ 2.50.....		37.50
<i>Pié de Gallo.</i> —Vigas pino Oregon, 3 de 7 metros $\times 0.15 \times 0.10 = 0.15$ 315, sea 131 piés a \$ 0.14..		18.34
<i>Cabrestantes.</i> —No cuento los dos de fundicion por haber sido inservibles.....		
Los dos de fierro.....		1,050.00
<i>Tecles chicos</i> para cabrestantes de 2—1 rondanas, de 0.º08, son 8 a \$ 6 cada uno.....		48.00
<i>Tecle grande</i> del pié de gallo, de 3—2 rondanas de 0.º15.....		10.00
<i>Cables diversos</i> 175 kil. a \$ 1.....		175.00
<i>Cadenas.</i> —En todo.....		88.50
<i>Fierro para gauchos.</i> —150 kil. a \$ 0.19.....		28.50
Tiempo pasado, 10 días a \$ 2.50.....		25.00
<i>Madera</i> para cuñas, 8 vigas roble de 0.15 \times 0.10 a \$ 1.30.....		10.40
<i>Palancas</i> hechas en la maestranza de la línea 20 vigas pino de 0.15 \times 0.10 \times 6.º Sea 760 piés a \$ 0.14.....		106.40
Fierro 550 kil. a 0.19.....		104.50
Tiempo pasado 60 días a \$ 2.50.....		150.00
<i>Piso superior.</i> —Tablones 300 a \$ 1.50.....		450.00
Tablas 200 a \$ 0.665.....		133.00
Clavos 161 kil. a \$ 0.33.....		53.13
<i>Al frente</i>		

<i>Del frente</i>		
<i>Herramientas.</i> —Palas 20 a \$1.20.....	24.00	
Picotas 8 a \$ 2.08.....	16.64	
Chusos 8 a \$ 4.....	32.00	
<i>Diversos</i> , en cortafrios, barrenos, martillos, azuelas, etc. etc., solo por pérdida de valor.....	50.00	
		\$ 4,528.66
<i>A deducir</i> , el valor de los materiales devueltos en Almacen.....		
<i>Andamios.</i> —Servirán para enmaderar las casas de cuadrillas, avaluado.....	468.00	
<i>Fierros diversos.</i> —La tercera parte de su valor...	20.40	
<i>Cabrestantes.</i> —Los 2 de fierro. Los 9 décimos de su valor primitivo.....	945.00	
<i>Tedes grandes i chicos</i>	58.00	
<i>Pié de Gallo.</i> —La madera queda utilizable como viga.....	18.34	
<i>Palas, picotas i chusos.</i> —Los dos tercios de su valor.....	48.42	
<i>Palancas de pino.</i> —Quedan 16 avaluadas a \$ 8 cada una.....	128.00	
<i>Cables.</i> —La décima parte.....	17.50	
<i>Cadenas.</i> —Su valor entero.....	88.50	
Total por reducir.....	\$ 1,792.16	
Sobra por contar \$ 4,528.66—1,792.16.....		\$ 2,736.50
2.º JORNALES DE PEONES, COMIDA, MAYORDOMOS, ETC.		
Segun las planillas pagadas.....	\$ 7,068.46	
Sueldo del mayordomo.....	340.00	7,408.46
TOTAL GASTADO.....		\$ 10,144.96

Repartidos entre los 108 tubos, los gastos generales efectivos representan para cada uno

$$\frac{\$ 2,736.50}{108} = \$ 25.34$$

i, por méτρο corrido atornillado

$$\frac{\$ 2,736.50}{489.52} = \$ 5.59$$

pero notaré que en éste caso todos los gastos jenerales están soportados únicamente por los 80 tubos atornillados. —La reparticion de los gastos jenerales entre ellos segun el tipo de colocacion, daría para los atornillados \$ 2,027.20, lo que reduce el méτρο corrido atornillado a \$ 4.14.

Los gastos de instalacion, de materiales, etc., son mui variables, puesto que todos los dias pueden variar los precios de las maderas, de los fierros, etc, así como el jornal de los carpinteros i herreros. Tambien es variable el estado en que éstos materiales se devuelven, despues de concluir los trabajos.

Por otra parte, los gastos jenerales van disminuyendo si crece el número de los tubos o si se atornillan a mas hondura.

Los gastos de atornillamiento, por el contrario, son casi fijos, puesto que, fuera del jornal del peon, que es constante o poco variable el conjunto del trabajo efectuado dá una cuenta exacta de lo que, en circunstancias análogas, puede producir una cuadrilla.

Estos gastos, de \$ 7,408.46, repartidos entre los 108 tubos, dan \$ 68.59 por tubo, en término medio.

Se subdividen así:

Tubos atornillados.....	\$ 5,698.84
» colocados en pozo abierto.....»	1,709.62

i el precio unitario por tubo, en cada caso, será

para los tubos atornillados $\frac{\$ 5,698.84}{80} = 71.23$

» los tubos a aire libre $\frac{\$ 1,709.62}{28} = 61.06$

i; por metro corrido de atornillamiento el precio será de

$$\frac{5,698,84}{489,52} = \$ 11.64$$

Los gastos jenerales, repartidos entre los 108 tubos, hemos visto que dan \$ 25.34 por tubo, o por metro corrido, \$ 5.59, lo que dá un total para todo el trabajo de

Por tubo atornillado.....	\$ 96.57
» » en pozo abierto.....	86.40
» metro lineal atornillado.....	17.23

Dije al principio que la colocacion al aire libre podia salir mucho mas barata que el atornillamiento, lo que parece en desacuerdo con los resultados que acabo de mencionar, puesto que la diferencia de \$ 10.17 no es enorme.

La causa está en que, en el caso actual, la colocacion al aire libre, en pozo abierto, se hizo, por decirlo así, de un modo excepcional i eventual. No siendo ello el modo previsto de colocacion, no se pudo, para usar momentaneamente éste sistema reducir las cuadrillas ni los gastos jenerales, que correspondian a instalaciones ya hechas i necesarias para el atornillamiento.

Pero, sí desde el principio se hubiese consultado la colocacion en pozo abierto para todos los machones, lo que podría suceder, en el porvenir, para viaductos ejecutados en verano, en partes fuera de las aguas, se podía reducir los gastos jenerales de las siguientes manera:

1.º Los 9/10 del valor de los andamios....	\$ 1,128.60
2.º La confeccion de los andamios.....	701.25
3.º Los cabrestantes.....	1,050.00
4.º Los tecles, cables, cadenas.....	1,244.30
	<hr/>
	\$ 4,124.15

i los gastos jenerales habrían sido solo de \$ 404.51, suponiendo en este caso, que nada se pueda devolver al Almacen.

Los gastos jenerales se habrían recargado, en el valor de 12 palas mas, 6 picotas i 6 chuzos, que habría sido menester emplear en las escavaciones, con un valor de \$ 40.88, lo que dá un total para los gastos jenerales de \$ 445.39, o sea por tubo \$ 4.12.

Los gastos de colocacion se habrían reducido en la relacion de 25 a 42.

A ésto, habría que agregar el valor del concreto, que se subdivide así

Lastre 20.m ³ a.....	\$ 0.30	\$ 6.00	
Cemento, 8 barriles a...	10.00	80.00	
Cal 16 quintales a....	1.20	19.20	
Total		\$ 105.20	

para un machon de 6 tubos, o sea \$ 17.53 por tubo.

En la actualidad, el precio de un tubo colocado en pozo abierto es de

$$\text{\$ } 86.40 \times 17.53 = 103.93$$

i podría ser solo de

$$\frac{\text{\$ } 61.06}{42} \times 25 \times 4.12 \times 17.53 = 57.99 \text{ sea } \text{\$ } 58$$

es decir mas o ménos la mitad de lo que costó en el caso actual.

A esta diferencia de precio habria que agregar la economía que resultaria de la adopción de un casquete inferior en lugar de tornillo, economía que no seria inferior a 150 kilos de fundicion a \$ 0.30, es decir mas o ménos \$ 45.00.

X.—ARMADURA DEL MACHON DESPUES DE ATORNILLAR LOS TUBOS.

Una vez atornillados los tubos, se procedió al armamento definitivo o montaje del machon.

Esta operacion presentó algunas dificultades que han sido subsanadas en lo que se refiere a la firmeza, pero que con vendría evitar en otras construcciones análogas, por ser incompatibles con las reglas del arte.

La vista longitudinal i transversal de un machon está representada por la figura esquemática núm. 19, en la cual aparece tambien el cabezal. Este se colocó de una sola pieza sin dificultad.

Antes de proceder al atornillamiento de los tubos, hice notar (paj. 1216) que las abrazaderas no consultában ni remachaduras ni apernaduras con los tubos, i que, ademas, siendo los diversos anillos de los tubos cónicos i no cilíndricos, dichas abrazaderas no podian tener contacto con cualquier parte del anillo.

La solidariedad de las abrazaderas con los tubos se consiguió fácilmente con un perno pasador. Pero la forma cónica de las diversas secciones o anillos de los tubos, tuvo otra consecuencia de mayor importancia que es la siguiente:

Los casquetes habian sido hechos para entrar ajustados en la parte superior de la última seccion, la cual era cilíndrica, (fig. 20),

Pero se comprende fácilmente que habria sido casualidad que los tubos se atornillasen al justo para que su nivel superior estuviese a la cota definitiva. Aun mas. Si hubiese sucedido así, no teniendo confianza en un atornillamiento tan extraordinario, habria hecho los esfuerzos posibles para hacer entrar el tubo mas todavia en el terreno; puesto que un tubo

dejado intencionalmente a una cota determinada de antemano, no presenta seguridad ninguna de firmeza para el porvenir.

Era preciso cortar los tubos; i todos ellos, salvo los de Titinvilo IV i V i núm. 1 Coipo II i III, se cortaron fuera de la última seccion, es decir que la cortadura cayó en una parte cónica.

La diferencia de diámetro, 4 a 6 centímetros, entre las dos bases de éstas secciones cónicas, el casquete, era tal que no podía entrar en ninguna parte.

Se presentában entónces dos soluciones.

1.^a Sacar la última seccion cilíndrica; sacar las secciones siguientes, inclusive aquella en la cual debía hacerse la cortadura; cortar la seccion cilíndrica por su parte inferior, de tal modo que el pedazo restante, remachado con la parte sobrante enterrada del tubo, diera la cota definitiva: Con todo, fuera de la colocacion del casquete, de dos desremachaduras de tubos, una cortadura, once hoyos por abrir, i remachadura con once remaches, con la dificultad de hacer la cortadura i la taladradura bien a escuadra, para que la última seccion esté exactamente en la misma línea recta con la parte inferior del tubo.

2.^a Cortar el tubo al nivel definitivo de una sola vez, sin inquietarse a donde caiga la cortadura. Pero, como entónces no entraba el casquete, habia que rajarlo segun una jeneratriz para ancharlo, hasta que entrara, lo que fué fácil.

Entónces, en lugar de remachar el casquete mas alto que el tubo, como lo indicaba el proyecto (fig. 20), se entró el casquete hasta que su nivel superior estuvo al mismo nivel que el tubo, i se remachó con solo cuatro remaches, puesto que por esta disposicion el casquete no soporta peso ninguno, sino que hace papel de fierro ángulo para juntar el cabezal con el tubo (fig. 21).

Esta última solucion se adoptó por ser mas barata, i ahorrar mucho tiempo.

Una solución mejor habría sido, por cierto, hacer casquetes de fundición, con un diámetro interior tal, que pudieran entrar en cualquier parte del tubo, juntarlos a los tubos con dos pasadores i llenar después con plomo derretido el vacío entre el tubo i el casquete, lo que habría imposibilitado todo movimiento.

Como a estos casquetes se les podría dar una forma un poco elegante se habría conseguido, con la misma firmeza, un aspecto menos desagradable, a un precio menor, lo que se debe tratar siempre de realizar, principalmente en las construcciones de ferretería cuyo aspecto deja generalmente que desear.

Creo inútil entrar aquí en los detalles de la colocación de los cabezales i de las cruces de San Andrés con tornillo de doble tuerca, por ser un trabajo ordinario de ferretería fuera de la cuestión.

Solo diré, como recuerdo, que la colocación de los cabezales de los 19 machones (comprendiendo el de Taqueral núm. 2) levantados arriba, i tirados bien al centro, sin remachadura, costó, según las planillas pagadas, entre jornales i raciones \$ 990.10, lo que dá un precio medio de \$ 52.11 para cada uno, comprendiendo la confección de concreto dentro de los tubos.

La armadura del machon, (cortadura de los tubos, colocación de los casquetes, abrazaderas, cruces de San Andrés), se pagó por contrato a \$ 100 por machon, i la remachadura del cabezal, con enderezamiento de los tubos, \$ 50.00.

Si a ésto agregamos \$ 6, precio calculado en maestranza para rajar los casquetes, i \$ 14 para confeccionar i colocar los tirantes horizontales inferiores que no venian con los tubos (vino solo el fierro en bruto, cuyo precio está comprendido en el de la ferretería), alcanzamos, por machon, a un precio de

$$\$ 52.11 + 100 + 50 + 6 + 14 = \$ 222.11$$

En el concreto para los 6 tubos, entró:

Lastre.....	3. ^m 200 a \$ 0.30 =	\$ 0.96
Cal.....	3 quintos. a » 1.20 =»	3.60
		\$ 4.56
Total.....		\$ 4.50

lo que da en todo

$$\text{\$ } 222.11 + 4.56 = \underline{\underline{\text{\$ } 226.17}}$$

El precio total de un machon (sin contar el valor de la ferreteria) ha sido entonces el siguiente:

1.º Tubos atornillados

6 tubos a \$ 96.57 cada uno.....	\$ 579.42
Amarradura, cabezal, lastre.....	» 226.67
	\$ 806.09
Total.....	<u><u>\$ 806.09</u></u>

2.º Tubos en pozo abierto

6 tubos a \$ 103.93.....	\$ 623.58
Armadura, cabezal, lastre.....	» 226.67
	\$ 850.25
Total.....	<u><u>\$ 850.25</u></u>

lo que, segun lo espuesto anteriormente podria reducirse a

6 tubos a \$ 58.....	\$ 348.00
Armadura, etc.....	» 226.67
	\$ 574.67
Total.....	<u><u>\$ 574.67</u></u>

Para los tubos atornillados, el presupuesto de la Direccion Jeneral de Obras Públicas ascendía a \$ 748 por machon.

La diferencia de \$ 58.09 debe atribuirse a la inesperienza de las cuadrillas al principio, para mover estas piezas i la disposicion defectuosa de los mismos tubos, que llevó complicaciones en el conjunto del trabajo. Ademas, tuvo que darse mayor importancia a la cuestion del andamio.

XI.—PRECIO COMPARADO DE LOS MACHONES CON TUBOS ATORNILLADOS I DE LOS MACHONES DE ALBAÑILERÍAS.

En todo lo que va a seguir, no tomaré en cuenta la cuestion de los trasportes de materiales; no porque deje de tener importancia; sino porque es un factor sumamente variable, i lo que podria aplicarse a un puente de esta línea, en un momento determinado, dejaria de ser cierto para otro puente i otro momento. Mejor es entónces considerar solo el precio de las obras con los materiales al pié del trabajo.

El precio total de un machon con tubos metálicos, se subdivide así, tomando en cuenta todos los materiales i mano de obra:

Ferretería (segun factura).....	\$ 2,218.35
Fundicion	387.00
Colocacion (segun lo anterior).....	806,09
Pintura 44 ^{m²} 71 a 120.....	53.65
Total.....	<u>\$ 3,465.09</u>

¿Cuál habria sido el precio de un machon de albañilería?

Suponiendo, como término medio, la escavacion de 6^m de hondura, con agotamiento a vapor, i 5.^m00 de albañilería fuera del terreno, i reduciendo las dimensiones a lo estrictamente necesario (el cálculo está hecho para los puentes con vigas esparcidas de 2.00 i no con las vigas espaceadas de 3.40) i aplicando los precios de los contratos celebrados en esta línea para varias otras obras, el detalle será el siguiente:

Escavaciones con agotamiento a vapor.	404. ^{m³} 460	\$ 3.50	\$ 1,415.61
Albañilería: cimientos.....	120. 060	4.00	480.24
Albañilería: piedra desbastada.....	30. 000	18.00	540.00
» ordinaria.....	16. 650	4.00	66.60
Cornisa.....	17. ^{m¹} 000	17.00	289.00
Emboquillados.....	52. ^{m²} 000	0.30	15.60
Rellenos de escavaciones.....	280. ^{m³} 000	0.30	84.00
Materiales.—Piedra.....	176. 650	4.00	706.60
» Arena.....	44. 000	1.00	44.00
» Cemento, barriles.....	48. 000	11.00	528.00
» Cal, quintales.....	96. 000	1.20	115.20
Total.....			\$ 4,284.85

Sea, en el caso que se hubiera hecho lo mas chico i lo mas barato posible, i aun sin contar imprevistos de ninguna clase, como ser derrumbes, colocacion del apoyo de fundicion dentro de la cornisa, enlucidos superiores, etc., etc, \$ 819.76 mas subido que el precio de un machon con tubos atornillados. La ventaja queda siempre a éstos últimos sin contar la cuestion del tiempo que tiene ménos imprevistos con los tubos que con las escavaciones, cuando se puede trabajar solo con mui pocos elementos de motores i bombas.

Aun mas; para puentes de poca altura sobre el terreno, i cuando no hai peligro por la corriente de las aguas, se podrían hacer los estribos con tubos atornillados. Por una disposicion injeniosa de tubos, de abrazaderas, fierros en planchas arqueadas como bóvedas, i cóncavas, cuyo empleo se jeneraliza todos los dias, se puede conseguir construcciones baratas, de ejecucion lijera, que convendría para línea de poco tráfico.

XII.—DE LA CONVENENCIA DE HACER LOS TRAMOS MAS LARGOS.

Acabamos de ver que el precio de un machon con tubo era de \$ 3,465.09, inferior de \$ 274.21 al precio establecido por la Direccion Jeneral de Obras Públicas, si a éste último se agrega el valor de las pinturas.

Este precio de \$ 3,739.30 me sirvió de base (páj. 1,223) para mostrar la conveniencia que habría en aumentar el largo de los tramos hasta 24.^m en lugar de 12 que tienen ahora.

El resultado actual deja vigente todo lo que dije a éste respecto.

De lo establecido en aquel tiempo i de los precios efectivos de ahora resulta que, con tramos de 12.^m el total de los puentes alcanzaría a \$ 137,614.91, i, con tramos de 24.^m suponiendo que la economía en la ejecucion hubiera sido siempre proporcional, alcanzaría a \$ 134,696.43, dando una diferencia de \$ 2,918.48 a favor de los tramos largos.

Bajando el precio de colocacion, i admitiendo lo que es natural, una economía proporcional en los puentes con tramos largos, la diferencia aumentaría a favor de éstos últimos, sin contar la cuestion de tiempo que es un factor de primera importancia.

XIII.—APRECIACIONES SOBRE EL TRABAJO.

Resumiré aquí todos los datos característicos del trabajo.

Hemos visto que el precio por machon con tubos atornillados asciende a \$ 786.03 (colocacion sola). En otros trabajos, éste precio podría reducirse todavía, i bajar a \$ 650 o talvez a \$ 600 aprovechando la esperiencia ya adquirida, dando así una diferencia mayor con los machones de albañilería por mas sencillos que sean. En ésta línea, los dos tipos no admiten comparacion por la falta de piedra en cantidad suficiente en los alrededores de la línea.

¿Podría éste trabajo hacerse más barato todavía dándolo á contrata?

Cierto que sí. Pero, por otra parte, opino que en ésta clase de trabajos, obrando por decirlo así «a ciegas» los trabajos a contrata no pueden dar buenos resultados. Un contratista tiene

interés demasiado evidente en no clavar los pilotes con toda la fuerza requerida, i el contrato no es fácil. Para evitar el fraude, habría que aumentar el número de los inspectores, perdiendo así toda la ganancia que podría dar el contrato. Sin embargo, en algunos casos especiales, i con un Inspector en cada obra, se podría contratar el trabajo.

En cuanto a las observaciones técnicas que me sugieren las dificultades encontradas, diré lo siguiente:

1.º Bueno sería aumentar la superficie del andamio hasta 11.^m00 o 12.^m00 en cuadro, sin pasar ésta dimensión, por ser un andamio mas grande de difícil transporte, i armadura. Además, cuesta mas caro, i despues queda la madera inutilizable, precisamente por las dificultades inherentes a su tamaño.

2.º Se debe, en terrenos de tosca, modificar los tornillos, haciéndoles con un ángulo que no pase de 25º con punta afilada, i la rosca mas delgada i cortante. Los tornillos actuales son buenos para terrenos muy arenosos, en el mar, atornillando hasta mucha hondura. El paso de la rosca, para la tosca, no debe pasar de 0.^m10 a 0.^m12.

3.º Los cabrestantes debían reponerse, siempre haciéndose en dos secciones, pero tales que admitan palancas de 0,12 x 0,12 forradas en fierro.

4.º Los tubos deben ser cilíndricos, i, si se puede, con remaches a cabeza perdida. Los casquetes, que deben permitir el apoyo derecho del cabezal sobre el tubo, i hacer solo el papel de fierro ángulo que realice la junción, deben poder colocarse en cualquiera parte del tubo. Con la fundición, se puede conseguir éste objeto dando así a la vista un aspecto mas agradable sin ser mas caros que los de fierro.

5.º Las abrazaderas deben consultar todos los pasadores para ser solidarias de los tubos.

6.º Se debe aumentar el largo de los tramos hasta 24 o 25 metros, realizando así una real economía de plata i una mayor

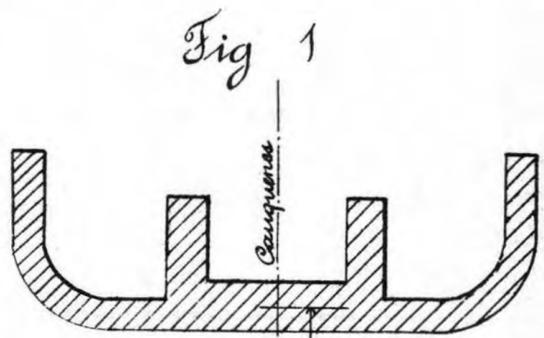
todavía de tiempo, i consiguiendo, a la vez un aspecto mas agradable, que siempre se debe buscar en las obras que por éste motivo se llaman obras de arte.

Estas son las conclusiones que deduzco de la primera experiencia hecha.—Queda siempre reservada la cuestion de la forma de las vigas de los puentes, de las cuales mucho tendría que decir, pero que no trataré aquí, por estar fuera del cuadro de éstos breves apuntes.

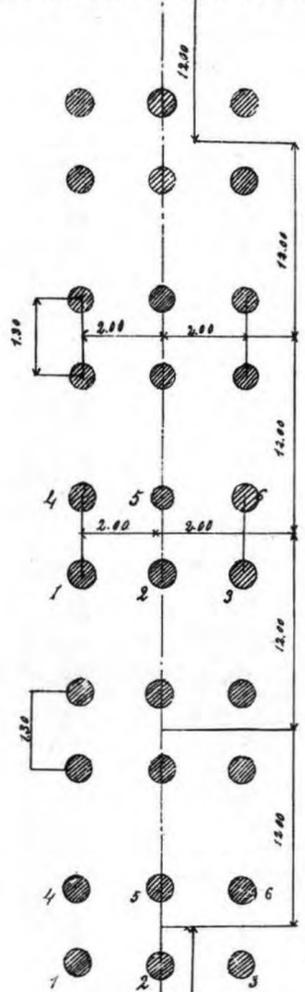
Parral, Marzo 25 de 1885.

M. DORLHIAC.





Machon V



" IV

" III

" II

" I

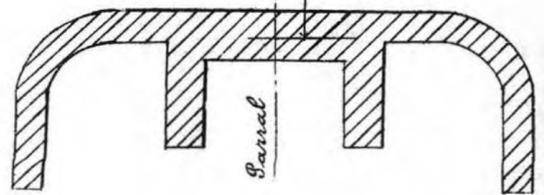


Fig. 2

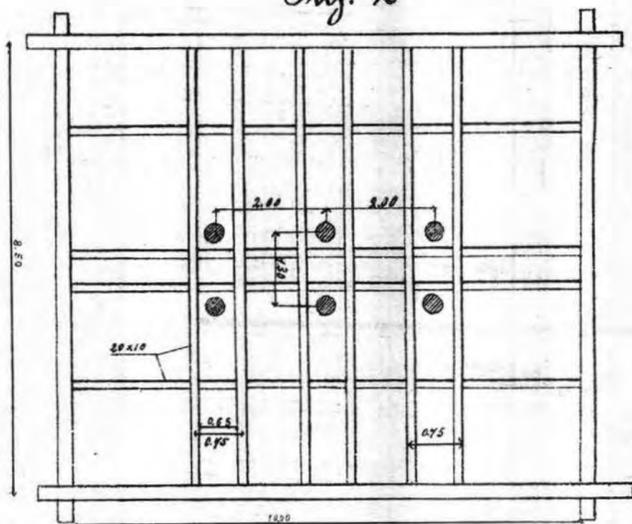


Fig. 3

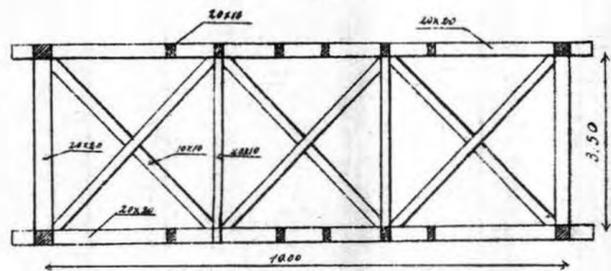


Fig. 5.

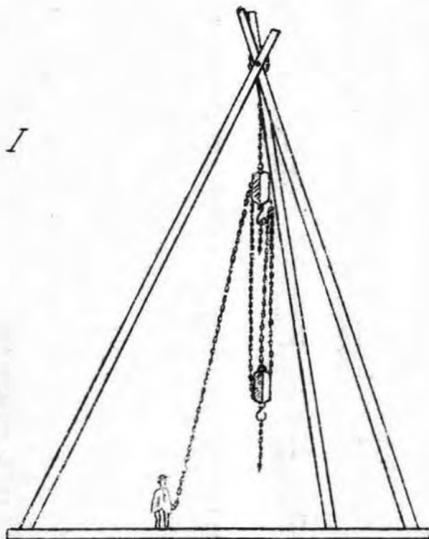


Fig. 6

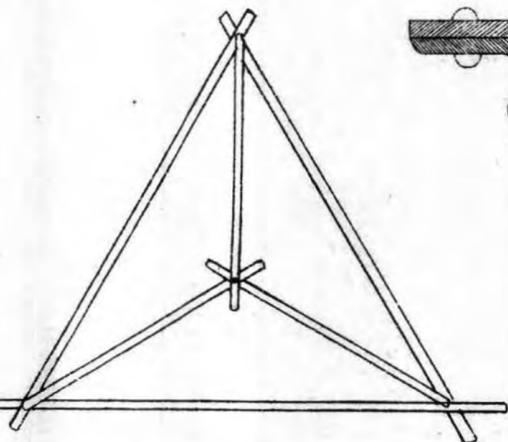


Fig. 20.

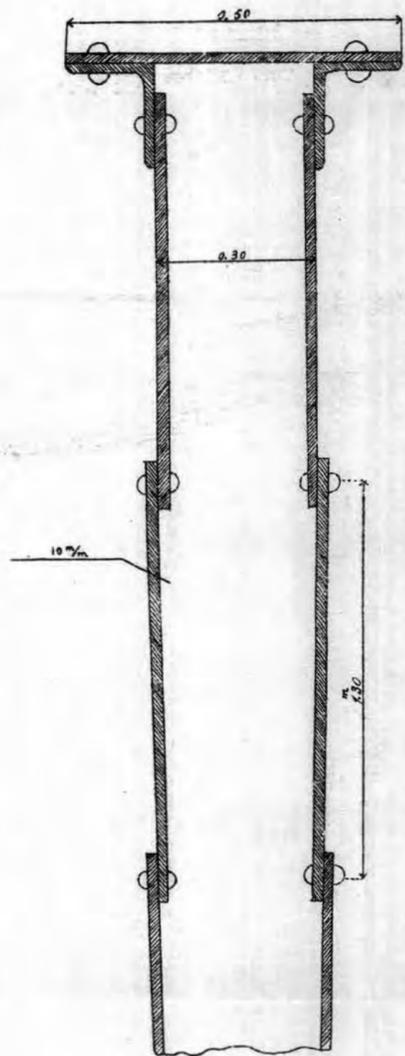


Fig. 4

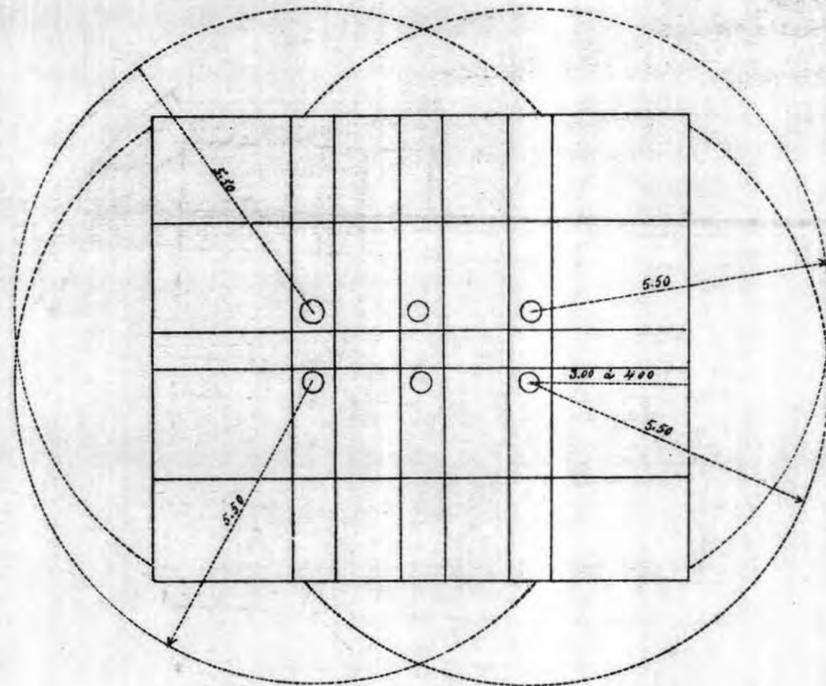
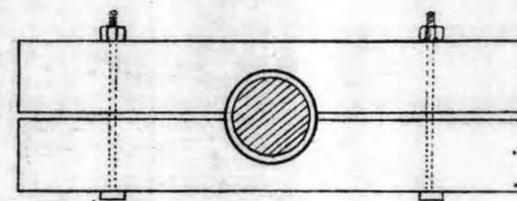


Fig. 7

Plans.



Elevation lateral

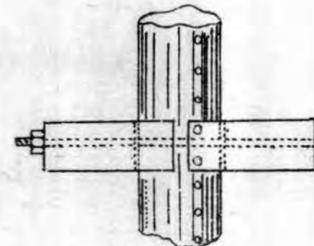


Fig. 21

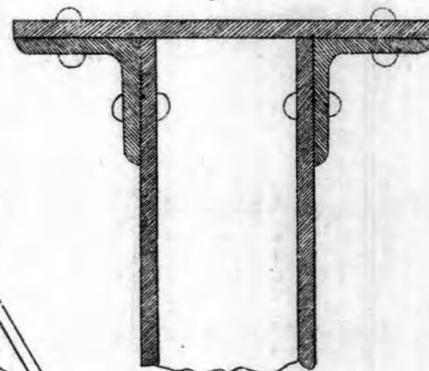


Fig. 8.

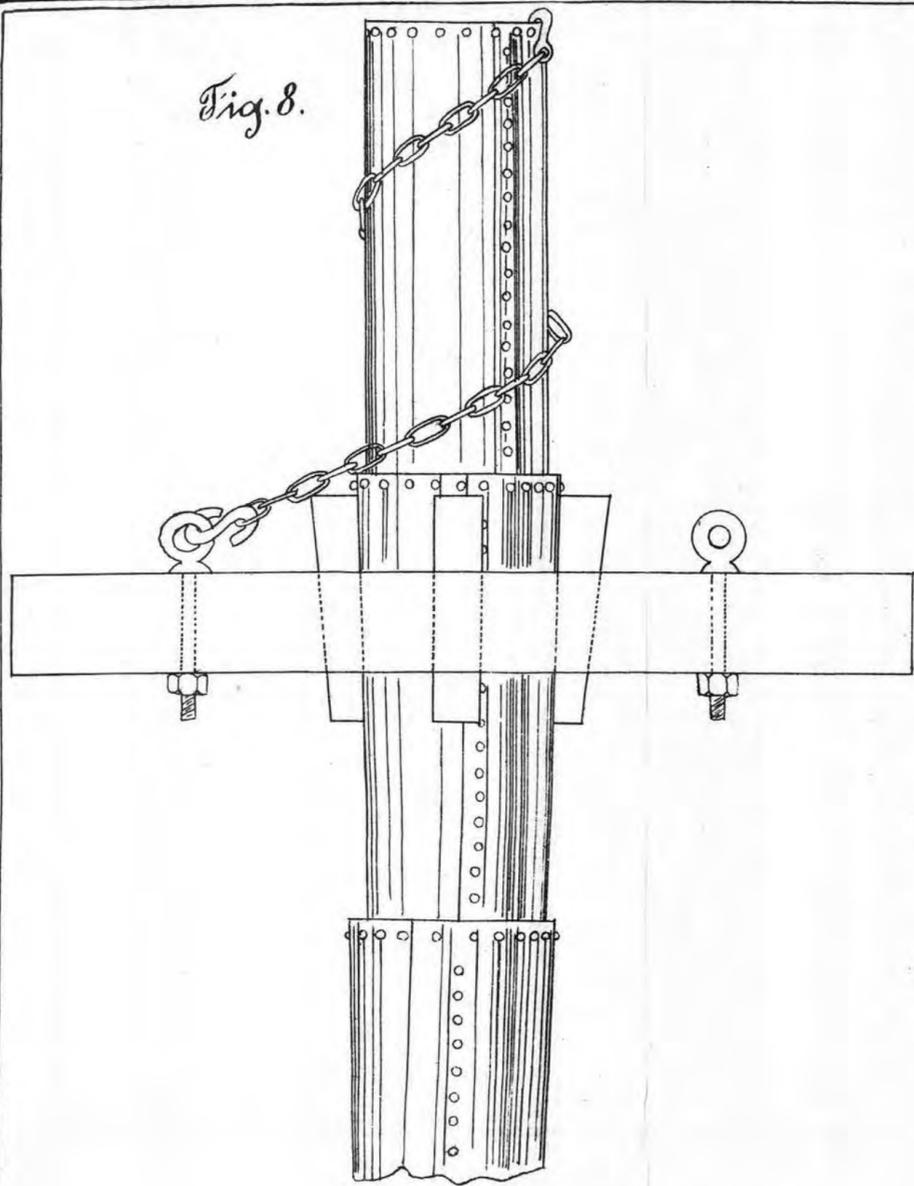


Fig 9 y 10

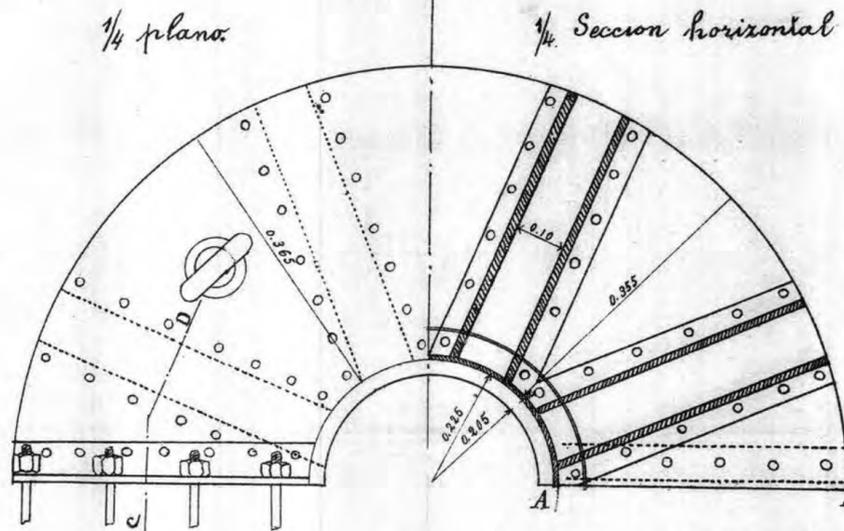


Fig 12.

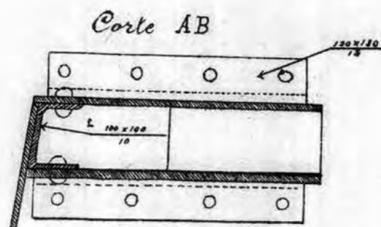
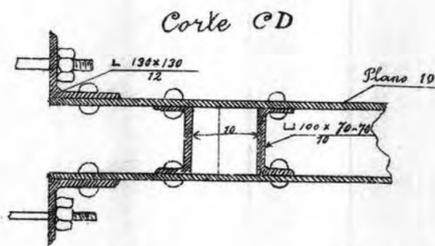
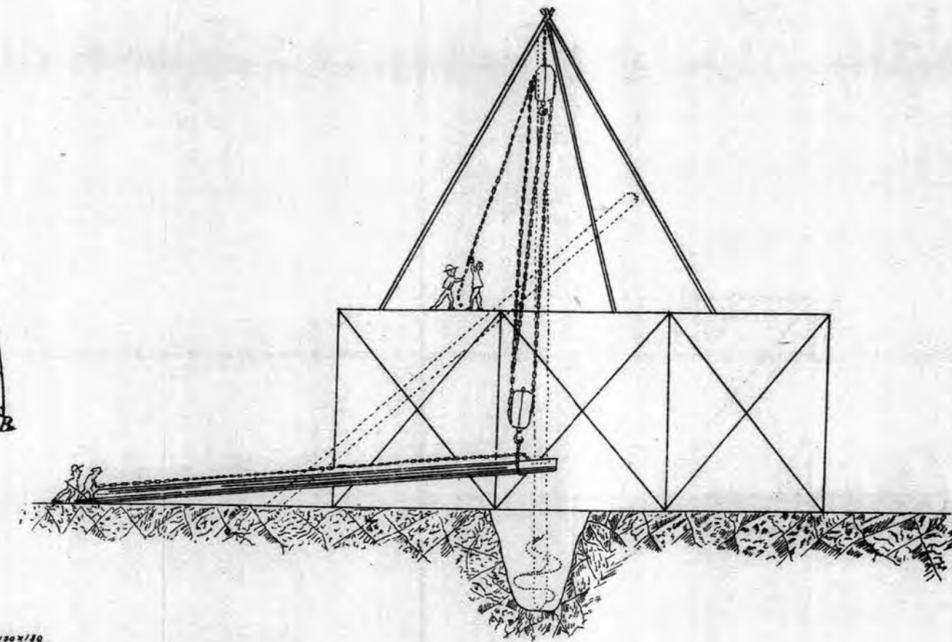


Fig 12^A

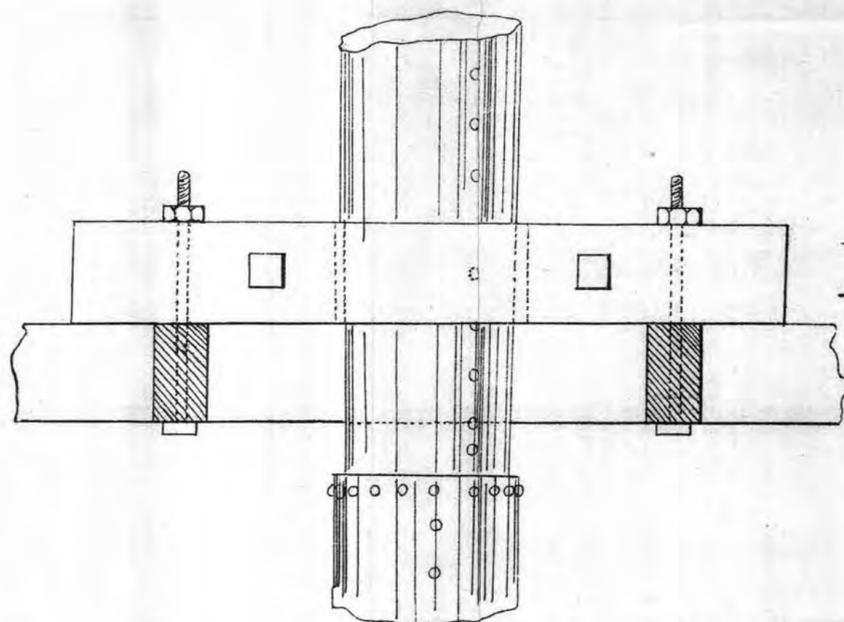


Fig 13.

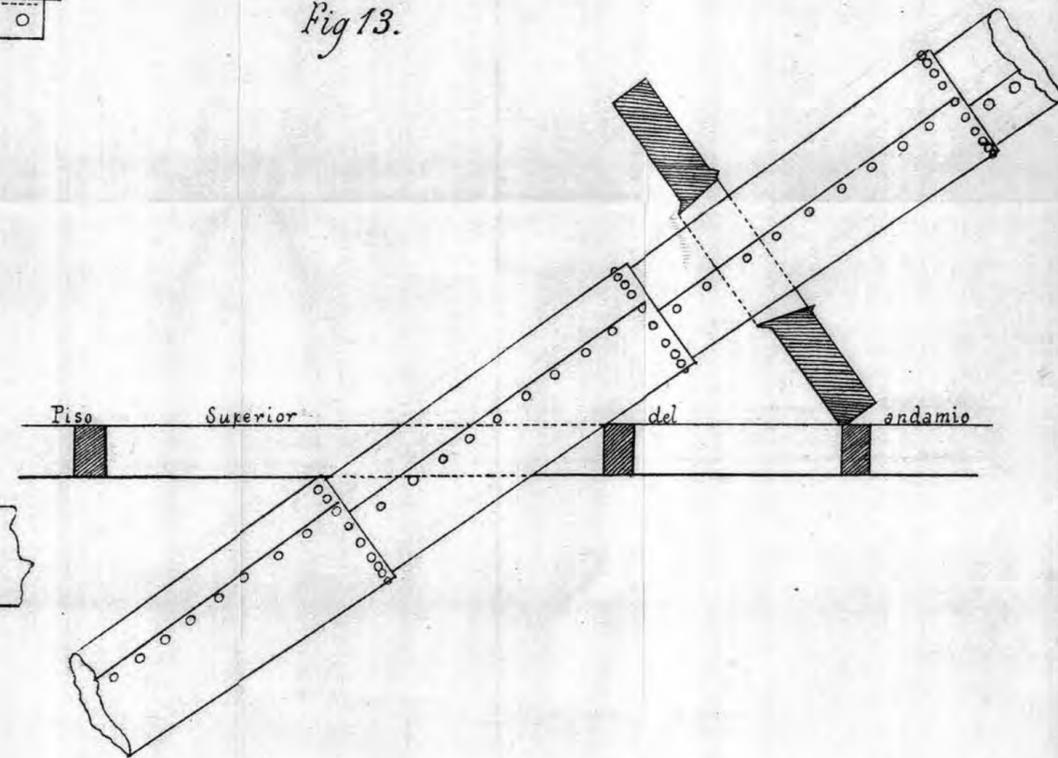


Fig 11

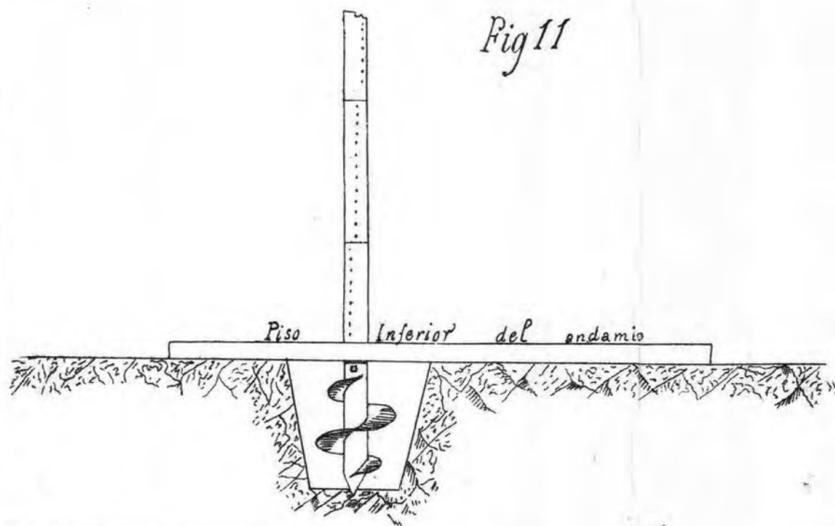


Fig 14.

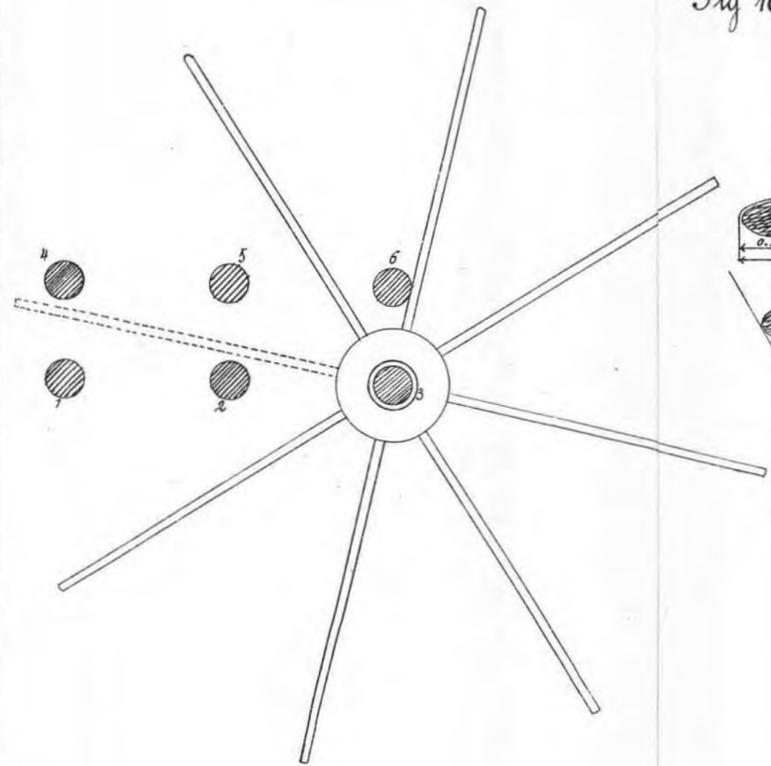


Fig 18.

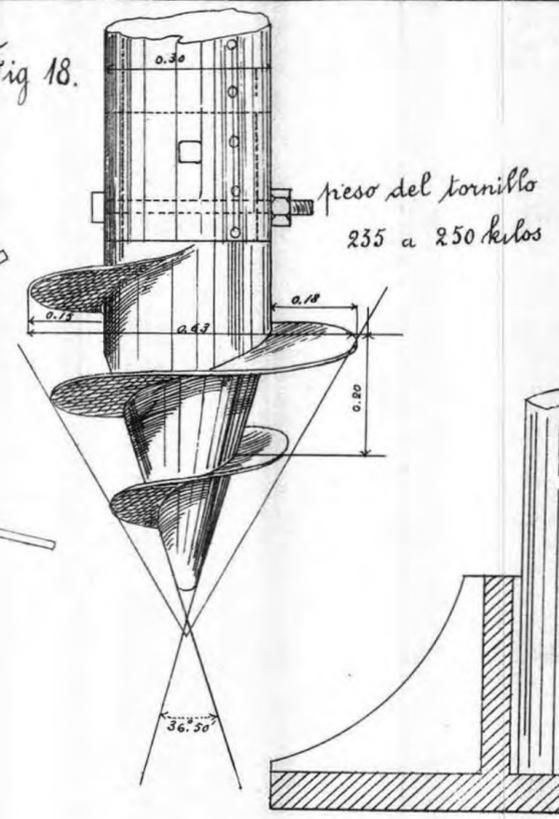


Fig 16.

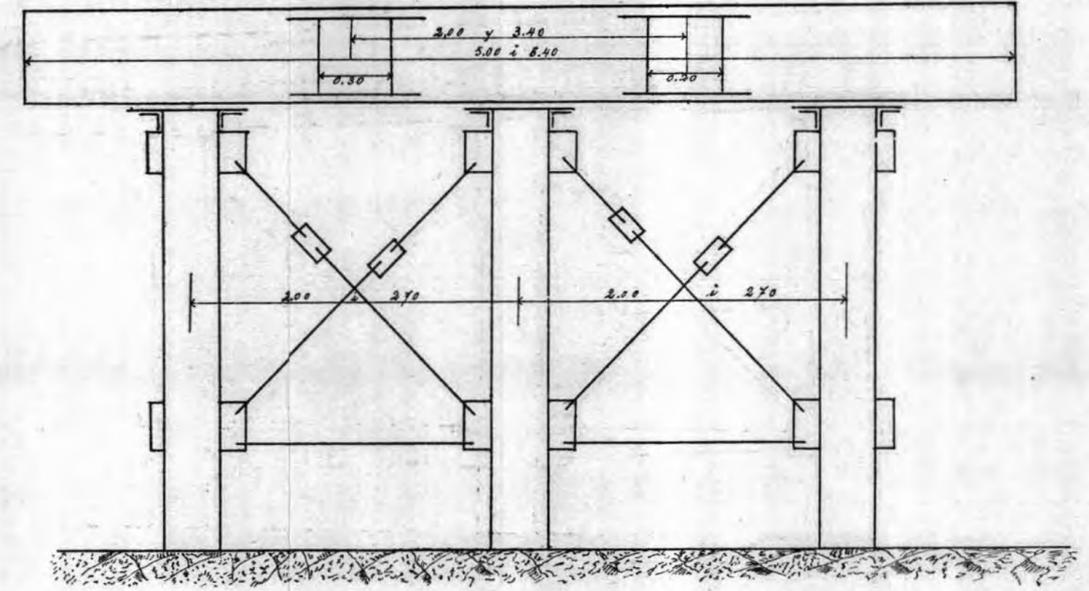


Fig. 19.
Vista trasversal

Fig 15.

(Corte longitudinal)

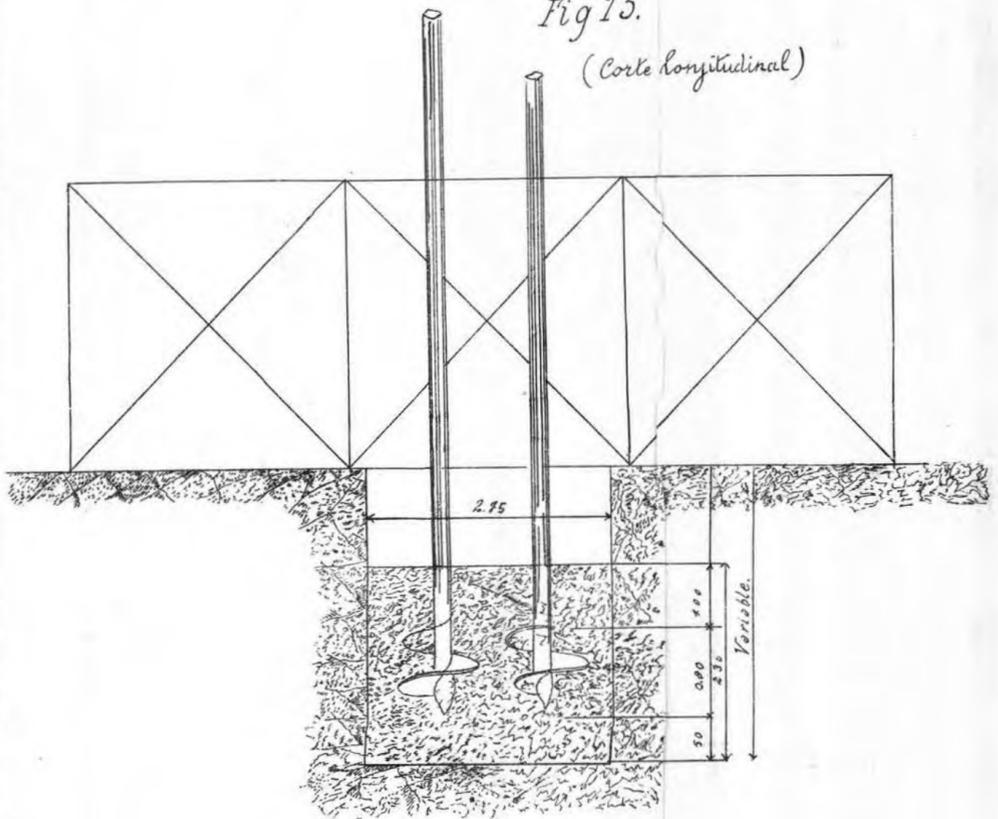
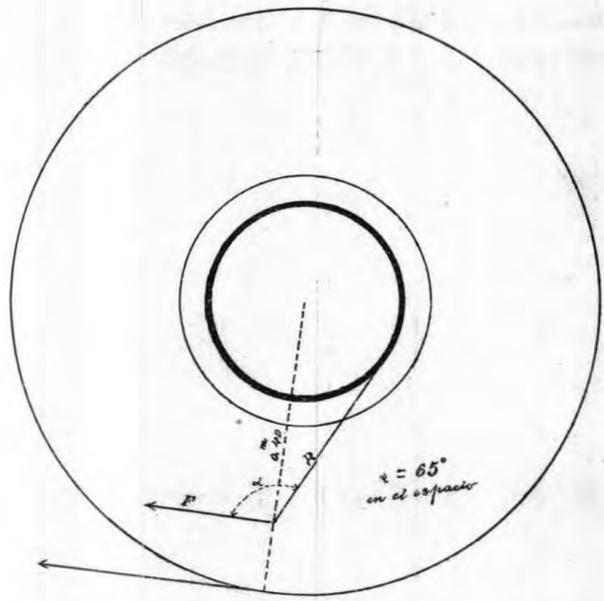


Fig 17.



Vista longitudinal

