

# El encauzamiento de los rios por medio de enrejados de alambre

POR

*FRANCIS PHILIP ANDERSON*

(Traducido de las «Minutes of Proceedings of The Institution of Civil Engineers», Vol. CLXII)

POR D. C. O.

El ferrocarril Bengala Dooars se principi6 en 1891 quedando terminado en 1903. Desde el empalme en Lalmanir Hat con el ferrocarril del Estado de Bengala, el trazado sigue la orilla izquierda del rio Tista hasta Mal Bazar, casi 92 millas al norte del empalme. En Mal se bifurca, teniendo el ramal del oeste 11 millas de largo i el del este 44 millas; ademias hai otro pequeno ramal que empalma 10 millas al sur de Mal, que conduce a Ramsai Hat. Los dos primeros ramales mencionados sirven la rejion llamada Bengala Dooars, de la cual el ferrocarril ha tomado el nombre; es notable por la cantidad i calidad del t6 que produce por acre, habi6ndose construido el ferrocarril para servir los intereses de esta industria. Los ramales que parten desde Mal reunen varias particularidades de gran interes como trabajos de ingenieria, aunque la longitud total de 6mbos no pasa de 60 millas. Las particularidades resultan de la ubicacion del trazado a lo largo del glacis del Himalaya Bhutan, entre el nivel de la llanura formada por los aluviones i los cerros empinados, a una distancia de 6stos variable entre una i diez millas; los ramales cruzan varios grandes rios, que recojen las aguas de serranias cuya altura llega hasta 15 000 pies, no pasando la altura de la l6nea misma mas arriba de 700 pies.

La proximidad del ferrocarril a los puntos donde los rios desembocan de la cordillera es causa del hecho curioso que los rios i puentes mas grandes de la l6nea se encuentren en la c6spide de las gradientes mas fuertes i mas largas. La explicacion de esta paradoja es la siguiente: estos rios han arrastrado una enorme cantidad de

materiales, que consisten en arcilla, arena, cascajo i rodados, los que se han esparcido en forma de cono de deyeccion sobre la llanura, quedando el vértice del cono en el punto donde las aguas desembocan de la cordillera. Los rios ocupan jeneralmente una pequeña depresion en la parte superior del cono i recojen las aguas de los valles del Himalaya, miéntas que otras corrientes de menor importancia recojen las aguas lluvias locales de los valles que separan los conos. El ferrocarril, cuyo rumbo es paralelo a la cordillera, tiene que subir cada uno de los montones de materiales acarreados.

Se percibe que hai que hacer dos estudios prévios, que son: uno para conocer la lluvia local, que se junta en los pequeños rios que ocupan los valles entre los conos de deyeccion, i otro para conocer las lluvias de la cordillera, que se juntan en los rios que ocupan las crestas de los conos de deyeccion. La lluvia local en los alrededores de la línea, puede estimarse, como máximo, en 210 pulgadas por año, cifra que arrojan los pluviómetros de muchas plantaciones de té a lo largo de la rejion. De las lluvias de la cordillera no se tienen observaciones, por lo cual se da la siguiente estimacion con desconfianza, calculándola por la semejanza de condiciones con el distrito de Sylhet. Sylhet queda a 150 millas al este, i tiene, del mismo modo que Dooars, una hilera de montañas hácia el norte. Ahí el terreno, aunque no en escala tan grande, como en Dooars, se le asemeja, habiéndose hecho observaciones meteorológicas durante muchos años. En ámbos casos el distrito yace bajo una hilera de montañas, a un nivel de pocos cientos de pies sobre el mar, i en ámbos el monson del suroeste sopla contra los cerros con fuerza. La única diferencia consiste en la magnitud de las serranías, teniendo los cerros de Khasi, situados detras de Sylhet, sólo 4 000 pies de altura con una cordillera mas atrás, que en ninguna parte alcanza a 6 000 pies, miéntas que cerca del ferrocarril de Dooars los cerros tienen una altura de 6 000 pies, espaldeados por una cordillera que sube hasta 29 000 pies.

La lluvia máxima anotada en Sylhet, durante los últimos diez años, fué de 183 pulgadas; en Cherra Punji, inmediatamente al norte, fué de 642 pulgadas durante el mismo período, o sea, cerca de tres i media veces mas. La lluvia máxima anual anotada en Dooars fué de 210 pulgadas ¿no se podria deducir que la lluvia máxima en los cerros al norte es de 735 pulgadas por año?

Ademas de la lluvia, la otra circunstancia anormal del ferrocarril consiste en la fuerte gradiente de las vaguadas de los rios. En algunos casos llega hasta 50 pies por milla, aun cerca de la línea; el gran volúmen de materiales arrastrados por las corrientes se debe: a las lluvias torrenciales, a lo empinado de las vaguadas, i a la blandura del terreno del Himalaya. La cantidad de sedimentos es tan considerable que en un solo dia puede desviar de su lecho un gran rio, habiendo tenido lugar dos desviaciones de esta especie en los últimos tres años. Esto se debe talvez a la gran cantidad de materiales que arrastran las avenidas de mucha velocidad; cuando la lluvia se modera, la avenida tambien disminuye en volúmen i velocidad, dejando en depósitos una cantidad de materiales sólidos, tras de los cuales el agua se represa dando tiempo para que se ensanche una brecha ya comenzada durante la fuerza de la riada,

en las márgenes poco acentuadas. A través de tal brecha el río puede seguir su curso los años siguientes hasta que una acumulación suficiente de sedimentos provoca un nuevo cambio de cauce. El arrastre de materiales por los ríos ocasiona en la actualidad la principal dificultad para mantener esa parte del ferrocarril.

Los nombres de los principales ríos que atraviesan los dos ramales, enumerados de poniente al oriente, son: Ghish, Chel, Neora, Jaldhaca, Daina i Rehti. Además hai otros dos grandes ríos, el Lish i el Torsha, cuyas márgenes izquierda i derecha, son respectivamente los puntos términos del ramal occidental i del oriental del ferrocarril.

Cuando se construyó el ferrocarril, parece que se supuso que la cantidad de lluvias en las montañas era la misma que en la región inferior. Como esta suposición no es exacta, ha sido necesario alargar algunos puentes, de tiempo en tiempo. Así el puente del Neora, que consiste en cinco tramos de 60 pies, se construyó con cuatro tramos. El Jaldhaca, que contaba primitivamente con tres tramos de 150 pies, ha sido alargado con tres tramos de 150 pies i dos de 80 pies. Pero estas precauciones se juzgaron insuficientes, por lo cual todos los puentes, con excepción del Jaldhaca, han recibido un zampeado, i absolutamente todos tienen sus accesos protegidos por espigones en los estribos i otras defensas subsidiarias.

Ordinariamente, la defensa de los estribos de un puente consiste en un terraplen, cubierto por enrocados, que parte del estribo i termina amonte en la barranca del cauce. Esa clase de espigones no resistiría el choque de los ríos del Doóars durante una sola temporada lluviosa, por lo cual se recurrió al empleo de bolones encerrados en mallas de alambres, procedimiento que se usó por primera vez en los ferrocarriles de Harnai i de Assam-Bengala.

Consiste el procedimiento, en hacer un enrejado de alambre de 50 por 16 pies, colocándolo en la posición necesaria, con la curva que el caso requiera; entonces se juntan i amarran los bordes largos, se colocan dentro los bolones i finalmente se cierran los extremos. La forma que resulta se asemeja a un salchichon, con cuyo nombre se conocen. Los enrejados se tejen del modo siguiente: se afirman en el terreno dos rieles colocados paralelamente a la distancia de 75 pies, para tomar en cuenta lo que se affoja al amarrar los extremos; se tienden de riel a riel alambres galvanizados de acero, N.º 6 B. W. G., cada 6 pulgadas, poniendo hebra doble cada seis alambres. Se entrelazan los alambres en cruz a las mismas distancias, con hebras dobles en idénticos intervalos, i en cada intersección los alambres se amarran con alambre N.º 10 B. W. G.; las amarras tienen cerca de 6 pulgadas de largo i se enrollan tres vueltas en las intersecciones, no siendo necesario hacer nudos, pues basta el frotamiento para impedir que se corran las hebras del enrejado.

Después que el terreno se ha preparado de modo que adapte la forma del salchichon, las orillas se reúnen i amarran, quedando constituida una jaula de 50 pies de largo por 5 pies de diámetro. El relleno consiste en bolones pequeños, con tal de que no pasen por entre las mallas, pues los pequeños bolones llenan mejor la jaula i son más fáciles de manejar. Las piedras se pasan por las puntas de la jaula a los hom-

bres que están dentro, amarrándoselos extremos del enrejado cuando queda lleno el salchichon.

El costo de cada salchichon se detalla así:

Alambre de acero galvanizado, N.º 6, 6 cwt i 1 cwt del N.º 10 a 13s 3d por cwt.....	93s
Carga, descarga i conduccion.....	7
Hechura del enrejado.....	13
Mano de obra para el relleno (1 000 pies cúbicos, a 4s 8d por 100 pies cúbicos): .....	47
Suma.....	160

Luego, por la pequeña suma de £ 8, se tiene una masa de enrocados de 50 pies de largo por 5 pies de diámetro. Esa masa toma todas las desigualdades del terreno sin inconvenientes, i aun si es socavada i se hunde no pierde su integridad, pudiendo asegurarse el efecto deseado por medio de otro salchichon superpuesto. El autor, segun la esperiencia adquirida en el ferrocarril de Harnai, cree que uno de esos salchichones resiste 15 años si no es atacado por esfuerzos anormales de una avenida, es decir, que la oxidacion de los alambres no ocasionará su destruccion antes de ese plazo. En el ferrocarril de Dooars, aunque muchos han sido destruidos por la furia de las corrientes, ninguno ha desaparecido por la accion del tiempo, pero aquí su empleo data de solo 6 años. Los salchichones se han usado con varios fines, a veces para guiar la corriente a una línea normal a la seccion longitudinal del puente, otras para la construccion de tajamares destinados a resistir el choque de las correntadas, pudiendo emplearse tambien como murallas protectoras. Cuando se usan con el último objeto, se les sitúa a lo largo del talud del terraplen, superponiéndolos unos sobre otros hasta la altura necesaria (fig. 1-a). Cuando se emplean como tajamares, se los coloca en forma de prisma, en grupos de tres, de seis o aun mas (fig. 1-b).

En algunos casos se ha colocado un salchichon adicional a una distancia de 15 pies, de la hilada del fondo, rellinando el espacio que resulta, con bolones cubiertos por un enrejado de alambres, (fig. 1-c).

Queda por describir el uso que se ha hecho de estas construcciones de enrejado para dominar las corrientes que el ferrocarril atraviesa. Antes de detallar un caso especial, es conveniente dar a conocer algunas características de los lechos de los rios mayores. Se ha dicho ya que los rios, despues de reunir las aguas de los valles de cordillera, desembocan en el vértice de un cono de deyeccion, i se escurren por canales mal definidos, a lo largo de la parte superior hasta llegar a la gran llanura del Ganges. Pero el punto de desembocadura es a menudo el lugar de reunion de dos o tres valles, i las aguas de cada uno se mantienen separadas durante varias millas, a causa del ancho excesivo de las corrientes que es a veces de una milla en aguas bajas.



Durante una riada las corrientes de los diversos valles mezclan sus cursos muy arriba, pudiendo así verse a menudo cómo las aguas que bajan de tres valles diferentes, con sus tres diversos tintes, claro, blanquizo i rosado, se mezclan un poco amonte del puente de Ghish. El puente del Daina del mismo modo, da paso a dos grandes corrientes, el Daina i el Rangati. En casi todos los casos, esas corrientes tienen una orilla muy mal definida, mientras la otra es formada por una barranca baja que no es mas que el borde de un espolon prolongado de la montaña; pero, en algunos casos, ambas orillas son mal definidas. Esta separacion de dos corrientes en un mismo lecho, tiene bastante importancia en la cuestion del encauzamiento de los rios. Ya se ha dicho que las corrientes tienen a veces una milla de ancho i mas. El lecho se compone de arena, cascajo i rodados, estando ademas ocupado en gran parte por vegetacion, que consiste en yerbas altas i árboles hasta de 60 pies de altura. Con un canal tan ancho, las aguas tienen amplio espacio donde discurrir, siendo las islas sumerjidas sólo en las grandes riadas.

Como ejemplo de uno de estos rios cuyas corrientes han sido mas o menos dominadas por los medios ya descritos, ninguno se presta mejor que el Daina. Este rio, figs. 2 a 5, se compone en realidad de dos corrientes: el Daina propiamente tal i el Rangati; i ambos, despues de reunir las aguas de muchos valles del Himalaya Bhutan, desembocan por una garganta sobre su comun cono de deyeccion. Las serranías entre las cuales yacen dichos valles, son altas, llegando algunas hasta 12 000 pies. El ferrocarril, a traves de este rio, se construyó en 1901-1902, siendo el ancho total del lecho de mas o menos 75 cadenas (5 000 pies). El nivel de la rasante es de 677 pies en el puente. La hoya hidrográfica tiene una superficie de 97,6 millas cuadradas, i la gradiente de la vaguada amonte del puente, es de 50 pies por milla, la que aumenta rápidamente a medida que el rio se aproxima a los cerros, que distan cerca de siete millas.

El caudal del rio, aceptando una altura de aguas lluvias de 210 pulgadas (altura de las aguas lluvias a lo largo del ferrocarril), es de 69 000 pies cúbicos por segundo (1). Esta cifra debe estar muy por debajo de la realidad. Con ese caudal, el área de la seccion mojada en el puente, da una velocidad de 10,1 pies por segundo, que será proporcionalmente mayor para el caudal mas probable.

Se creyó que 10 tramos de 60 pies bastarian para cruzar este rio. El puente se situó en el punto mas bajo de la seccion del lecho, cerrándose el resto con un terraplen de tierra. Los detalles de este puente se dan en el Apéndice I.

(1) Esta cifra se ha obtenido aplicando la conocida fórmula del coronel Dickens:

$$D = c M^3$$

en la cual D significa el caudal máximo de la riada en pies cúbicos por segundo.

M    >    la superficie drenada, en millas cuadradas.

c    >    una constante = 825 para una altura de lluvia comprendida entre 30 i 40 pulgadas.

Durante la primera temporada lluviosa, la de 1903, el terraplen que cerraba el lecho fué roto a intervalos, de punta a punta, siendo las brechas mas importantes las de los estribos i las que se formaron en la parte del lecho correspondiente a los canales del Rangati (fig. 2).

El nivel mas alto de la línea (691 pies) está en la estacion de Chengmari, media milla al oeste del rio Daina, siendo 677 pies sobre el mar el nivel de la rasante en el puente. Cuando se construyó la línea en 1903, este nivel se prolongó 600 pies hacia el este, desde donde bajaba 6 pies en 4 500 pies, dando un movimiento mínimo de tierras en el lecho del rio. Para remediar a la debilidad probada por las estensas brechas en la línea al cruzar el cauce, se decidió levantar la rasante por parejo hasta el nivel del puente, i reforzar el terraplen con obras de proteccion formadas por enrejados de alambre. Esto se ejecutó del modo siguiente (fig. 3). Entre la orilla poniente del rio i el extremo occidental del puente se colocó un espigon de salchichones de cerca de 200 pies de largo, i al oeste del estribo se puso un espigon especialmente ancho de 250 pies de largo; estos espigones tienen cabezas semi-circulares, hechas con salchichones i rellenos con piedras. En el estribo del este se construyó una amplia proteccion de salchichone en forma de trapecio, cuyo lado largo lo forma el terraplen de la línea, en una longitud de 600 pies. Entre el trapecio i la orilla oriental se ubicaron cuatro espigones de salchichones, provisto cada uno con una cabeza en forma de T; tambien se hicieron tentativas para ponerle un zampeado al puente. Estas reparaciones se hicieron durante la temporada de 1903-1904.

Las lluvias de 1904 fueron relativamente moderadas; sin embargo, el Rangati consiguió romper otra vez el acceso oriental en dos partes, una de 210 pies i la otra de 330 pies de largo. Otro defecto se debió a la isla que estaba inmediatamente amonte del puente. Esta isla era de antigua data, puesto que los árboles que habia en ella tenian mas de 50 pies de alto; su efecto, con los canales del Rangati cerrados por el terraplen del ferrocarril, consistió en desviar las aguas de ese rio de modo que llegaban oblicuamente al puente, aumentando los esfuerzos que éste tenia que resistir. En la temporada de 1904-1905 se resolvió, en consecuencia, remover la isla e inducir a la corriente a seguir una línea precisamente normal al puente. Esto se consiguió añadiendo al trapecio ya aludido, una porcion triangular, de modo que el conjunto se asemeja en plano, a la letra A, lijeramente deformada e inclinada hacia la izquierda. La distancia desde el vértice de la defensa al ferrocarril era de 630 pies mas o ménos. Esta defensa se ha señalado con las líneas cortadas en la fig. 4. Al mismo tiempo, el espigon del estribo occidental se prolongó en 107 pies, recibiendo el puente un zampeado jeneral de 3 pies de espesor por 50 pies de ancho, ademas de un plano inclinado delantero del mismo espesor por 30 pies de ancho en toda la longitud del zampeado. Los espigones del acceso occidental tambien se prolongaron. El lado amonte del terraplen se tendió hasta 3 por 1 de inclinacion, recibiendo una capa de bolones desde la cresta hasta el pie, que fué protegido con salchichones sencillos colocados a lo largo.

La temporada lluviosa de 1905 no pasó sin avenidas. En cierta ocasion cayeron 11 pulgadas en 24 horas, pero aunque hicieron algunos perjuicios en el zampeado, llevándose el de dos o tres tramos, el resto de las obras de proteccion resistió admirablemente. La isla amonte del puente fué llevada, segun se habia previsto, por la corriente desviada por la prolongacion del trapecio, de modo que las aguas no llegaban oblicuamente al puente. Los terraplenes de acceso tampoco sufrieron; pero ocurrió una circunstancia a la cual no se le prestó entónces la atencion que merecia: nos referimos al embanque tan considerable del lado amonte del terraplen, que los espigones casi quedaron cegados. El terraplen, que ántes tenia una altura de 15 pies libres, pasó a tener sólo 8 pies. En aquella fecha, esta particularidad se estimó favorable, pues la vejetacion cundió rápidamente en los nuevos depósitos, pareciendo que el conjunto aseguraba la estabilidad del terraplen.

En Agosto de 1906 la estructura total tuvo que resistir a una ruda prueba, de la cual resultó no sin perjuicios, pero aun con buen crédito. El mes de Julio habia sido mui lluvioso; 45 pulgadas de agua, mas o ménos, cayeron durante dicho mes, 30 pulgadas en los primeros tres dias de Agosto, i entre las 10 A. M. del dia 4 i la misma hora del 5 se anotó una lluvia de 18 pulgadas. Estas observaciones se han tomado de los pluviómetros instalados en las plantaciones de té próximas a la línea. No se sabe cuánto llovió mas cerca de la base de los cerros por cuanto todos los pluviómetros se llenaron i desbordaron; tampoco se puede saber cuánto llovió en los cerros. Una lluvia de 26 pulgadas en las 24 horas se habia observado en Cherra Punji, pudiendo haber llovido otro tanto, o talvez mas, ese dia o noche en las montañas de Bhutan. El efecto de esta lluvia prodijiosa en los dos ramales del ferrocarril del Dooars, fué mui fatal, quedando la línea cortada en numerosos puntos con grandes brechas en los terraplenes, una de las cuales media 800 pies de largo. En cuanto a los puentes, algunos de los cuales habian resistido las avenidas durante 15 años, fueron demolidos.

En el Daina el efecto del choque de este enorme volúmen de agua fué mui interesante; el puente sobrevivió, pero las obras de proteccion con enrejados sufrieron perjuicios, como se ve en la fig. 4: el extremo del espolon del estribo poniente fué destruido, como tambien la porcion superior de la defensa en forma de A del estribo oriental. La cabeza en forma de T del espolon mas oriental de todos, tambien fué arrastrada i mas allá de ese punto, el rio despues de romper la orilla del este hizo una brecha de cerca de 600 pies de ancho. El autor visitó el terreno el 3 de Agosto, es decir; en la tarde que antecedió a la noche en que ocurrió la lluvia máxima. Amonte del ferrocarril, el rio que tenia de ancho una milla, corria con una gran velocidad i arrastraba árboles grandes i otros materiales, escurriéndose todo bajo las vigas i a traves de la brecha. A valle del puente se veian 4 o 5 olas inmóviles a lo ménos tan altas como el nivel de los rieles. Segun se ha dicho, el terraplen, ademas de estar protegido con espigones, estaba cubierto por bolones, habiéndose prolongado este enrocado a lo ménos  $\frac{1}{2}$  milla al oriente de la brecha. Entre el puente i la brecha, pero especialmente cerca de esta última, el lastre habia sido barrido debajo de los dur-

mientes i el talud de avalle del terraplen quedó lleno de zanjas, en tanto que el de amonte, protegido por los salchichones i el enrocado, quedó intacto. Es claro que el agua se elevó mas arriba que la cresta del terraplen i despues de remover el lastre acanaló el talud de avalle hasta que un gran volúmen de la corriente pasó a través de la brecha que habia formado. El paso del agua sobre la cresta del terraplen se debió evidentemente al embanque del costado de amonte. Si no hubiera habido allí sedimentos depositados, el agua habria sido desviada hácia el puente segun una línea mas o ménos paralela al terraplen; pero tal como estaba, el agua impelida por su enorme velocidad e incapaz de romper a través del enrocado, saltó por sobre la cresta, removiendo el lastre i barriendo el chafan de avalle. En vista de que cayeron 18 pulgadas de lluvia en 24 horas, despues que esa brecha tan grande estaba abierta, es dudoso que el puente hubiese resistido sin esa válvula para aliviarlo de la presión ejercida en él. Por lo demas, los salchichones protectores cumplieron bien con su misión, defendiendo efectivamente el terraplen del ferrocarril. La brecha abierta por la riada quedaba al oriente de esta protección i resultó del ataque i arrastre de la ribera del rio. El puente mismo no experimentó ningun daño, pero el zampeado de tres tramos fué socavado, lo que se notó sólo despues que pasaron las lluvias.

Para remediar los perjuicios i para proveer contra futuras contingencias, se emprendieron i completaron las siguientes obras durante la temporada de trabajo que se siguió. El zampeado del puente se renovó, elevándose 5 pies el terraplen oriental de acceso, que se cubrió con enrocados. Así la línea se eleva ahora a partir del puente hasta la cumbre del terraplen. Los espigones fueron reparados i en parte levantados, prolongándose el espigon de mas al este en dirección noreste hasta apoyarlo en la barranca del rio (Fig. 5). Estos remedios parecieron eficaces durante las lluvias de 1907, pero la prueba no es suficiente por cuanto las lluvias de ese año no fueron continuadas i fuertes.

De los otros rios atravesados por el ferrocarril, que están protegidos o contenidos con enrejados de alambres, el Ghish i el Chel deben mencionarse. En ámbos casos la protección fué tan eficaz que, aunque experimentaron perjuicios, los terraplenes no fueron cortados enteramente, a pesar de que el agua socavó i removió los chafanes de amonte. Durante la gran avenida de 1906, los espolones sufrieron sólo pequeñas averías que se repararon durante la temporada de trabajo siguiente.

El Jaldhaca queda comprendido en una categoría diferente, i es una prueba de los perjuicios ocasionados por la falta de una protección suficiente. La razón por qué no se habian hecho defensas consiste en que la corriente tiene amplias luces en los puentes por donde pasar, por lo cual no se creyeron necesarias. El Jaldhaca es un torrente de montaña, muy grande, con una hoya hidrográfica de 263 millas cuadradas, que comprende elevadas montañas, dos de las cuales alcanzan 15 000 pies. Se diferencia de los otros rios en que tiene barrancas bien definidas. La ribera oriental consiste en escarpes de talvez 200 pies de elevación, que terminan justamente al norte del ferrocarril, que se separa de ellos jirando rápidamente al sur, despues de

cruzar el puente. La barranca del poniente dista cerca de 2 500 pies de la oriental, i aunque no es tan marcada como la orilla del naciente, es tambien mui acentuada. El rio Jaldhaca faldea los escarpes de mui cerca i pasa bajo el ferrocarril por un puente de tres tramos de 150 pies, con dos tramos de acceso de 80 pies.

A 1 500 pies al poniente hai otro puente sobre el Hathinulla, que consta tambien de tres tramos de 150 pies, pero sin tramos de acceso. El último rio no es mas que un brazo del Jaldhaca que se separa de éste cerca de una milla amonte de los puentes, para juntarse otra vez en un punto a tres cuartos de milla avalle del ferrocarril.

Los dos puentes están reunidos por un terraplen de 24 pies de altura a traves de una isla que emerge unos 6 a 8 pies sobre el nivel ordinario de las aguas, la que está cubierta por grandes árboles de una vejez manifiesta. La existencia de estos dos grandes puentes tan próximos se debe a que orijinalmente el terraplen se estendia a traves del cauce hasta el puente del Jaldhaca, pero fué cortado en 1902 por el Hathinulla. Entónces se trató de echar el brazo por unos pozos de lastre, en el rio principal, pero la tentativa falló i el terraplen fué cortado nuevamente. Se construyó pues el puente del Hathinulla en 1904-5, protejiéndose los estribos de ámbos puentes con espigones de 250 pies de largo, quedando el terraplen intermedio sin enrocar (Véase el Apéndice II).

En la tarde del 3 de Agosto de 1906, aunque las aguas del rio estaban mui crecidas i llegaban mui arriba del terraplen, cubriendo talvez un cuarto de su altura, nada habia de alarmante; muchas socavaciones pequeñas habian ocurrido ya en otras partes de la línea, pero en todo el trazado ningun terraplen parecia tan seguro como éste. Esa noche, sin embargo, durante la enorme lluvia, el rio continuó creciendo hasta que se llevó una gran porcion de la isla, atacando entónces el terraplen, del que arrastró mas de 800 pies, escurriéndose así por la brecha. En la semana siguiente, cuando las aguas estaban mermando, el rio se desvió contra el terraplen occidental de acceso al puente del Hathinulla i barrió casi 100 pies de él en 4 o 5 dias. Otra circunstancia curiosa de este desastre, que se descubrió cuando las aguas bajaron, fué que el rio Hathinulla, que anteriormente se escurria entre el segundo i tercer tramo del puente, corria despues bajo el primero, aunque ántes de esta riada el cauce bajo el primer tramo estaba ocupado por una masa de rodados de todo tamaño hasta cinco pies de diámetro. La esplicacion dada a estas oscilaciones del rio es que se deben a la velocidad variable de la corriente, que si es mui grande, arrastra el material pesado depositándolo cuando la velocidad disminuye. Esto basta para desviar la corriente contra una u otra orilla, que la velocidad es todavia capaz de socavar i arrastrar.

Los procedimientos que se acordó emplear contra estos males, fueron: reconstruir el terraplen i disminuir el chaffan de amonte desde 2 por 1 a 3 por 1, cubriéndolo con enrocados i colocando salchichones a lo largo del pié del talud. Finalmente se le adjuntaron ámplios espigones de salchichones con el objeto de reducir la corriente a aguas muertas; prolongándose ademas los cuatro espigones de los estribos. Estos trabajos se llevaron a cabo durante la temporada de 1906-1907,

APÉNDICE I

Paso del rio Daina

MÉTODO EMPLEADO EN LA ESTIMACION	Longitud en millas	Hoya hidrográfica, en millas <sup>2</sup>	Elevacion de las avenidas ordinarias sobre aguas bajas, en pies	Pend. del cauce por milla, en pies	Caudal estimado, en pies cúbicos	Superficie de la seccion transversal durante una avenida, en pies cuadrados	Estimacion de la velocidad media de una avenida, en pies por segundo	TRAMOS		ALTURA DE LA PARTE INFERIOR DE LAS VIGAS		Profundidad media de las fundaciones
								Pies	N.º	Sobre aguas bajas	Sobre una avenida	
Segun el proyecto primitivo.....	111	97,5	5,7	45,2	42 529	3 764	11,3	60	6	30,1	22,3	6,9
Segun la fórmula de Dickens: 2 185 M <sup>3</sup> . Lluvia de 220 pulgadas}	111	100	9,3	45	69 089	{ segun medida brecha en el puente 6 854 }	10,1	60	10	{ tal como 11,98	{ hoy está 2,68 }	18
Segun la misma, para lluvia de 730 pulgadas: 4 000 M <sup>3</sup>					126 480	{ 6 854 i si se añade la superficie de la brecha 12 800 }	18,45					

La hoya de este rio está rodeada por un muro de serranías de 12 000 pies de altura. El terraplen fué roto cerca de 1 500 pies al oriente del estribo del Este dos dias antes del máximum de la avenida. Ancho de la brecha = 500 pies.



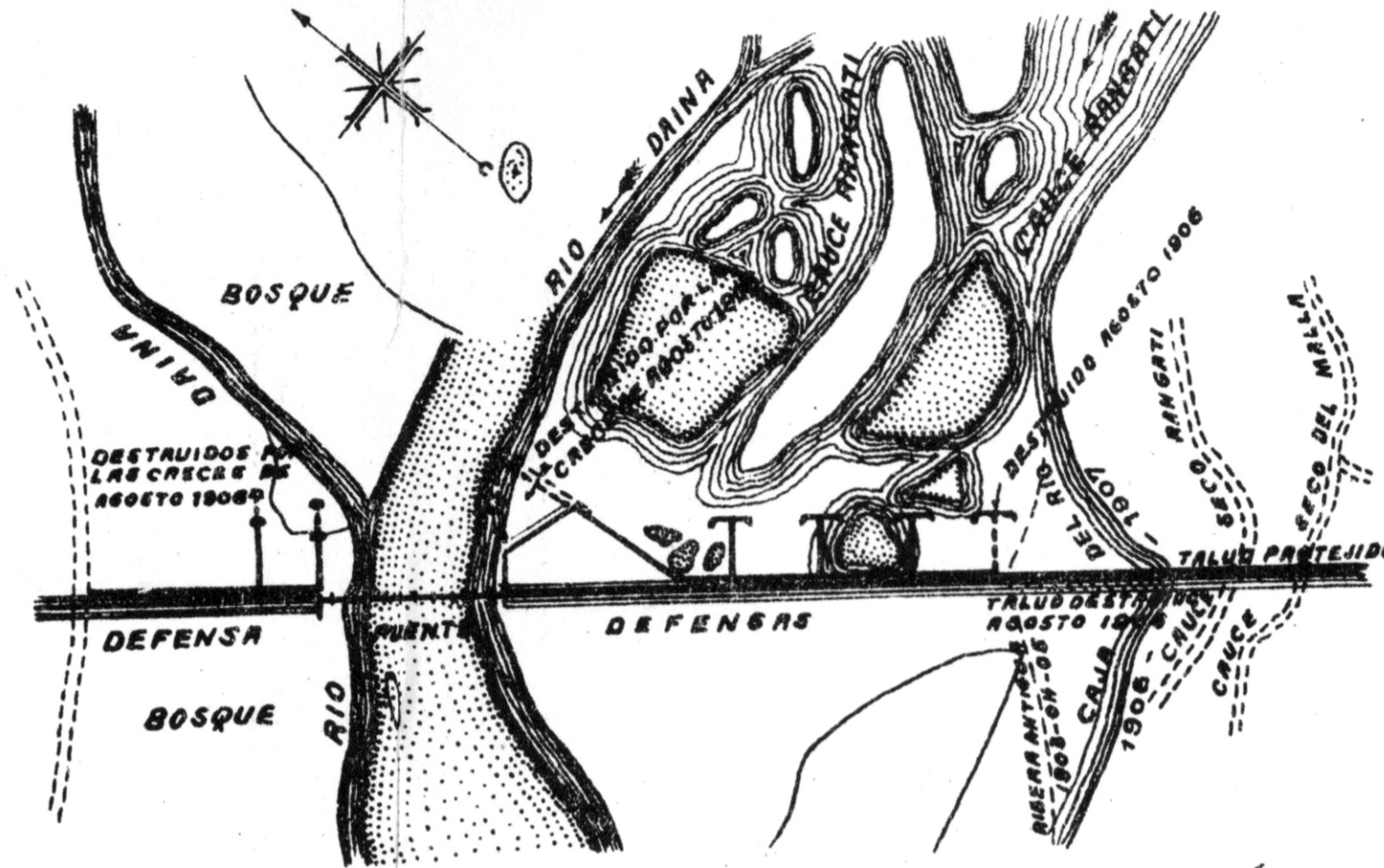
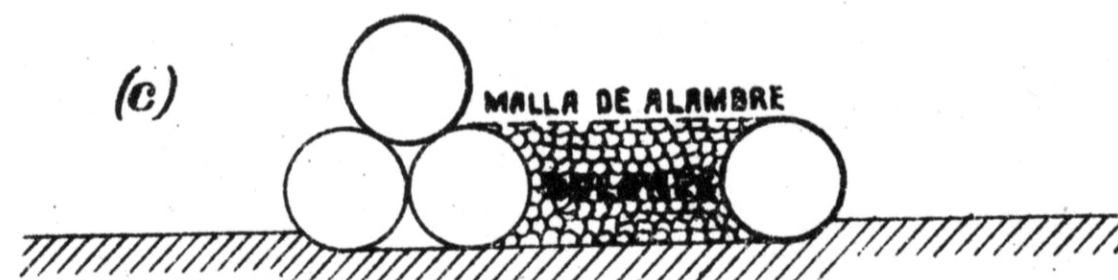
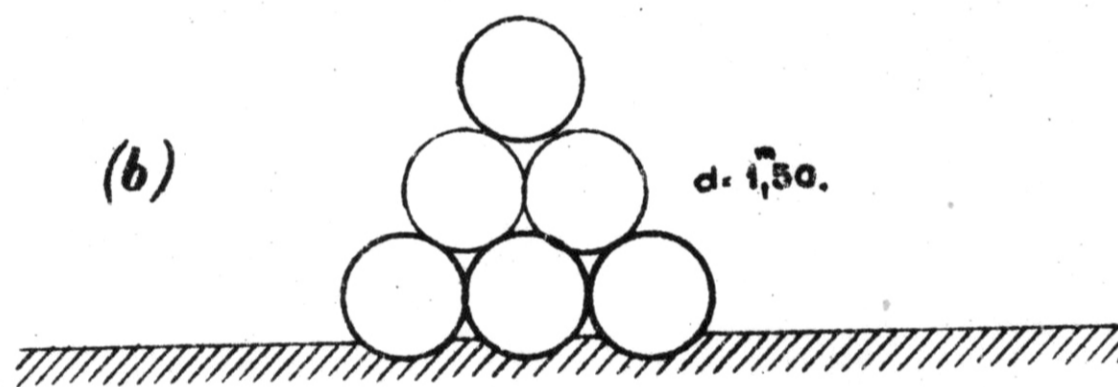
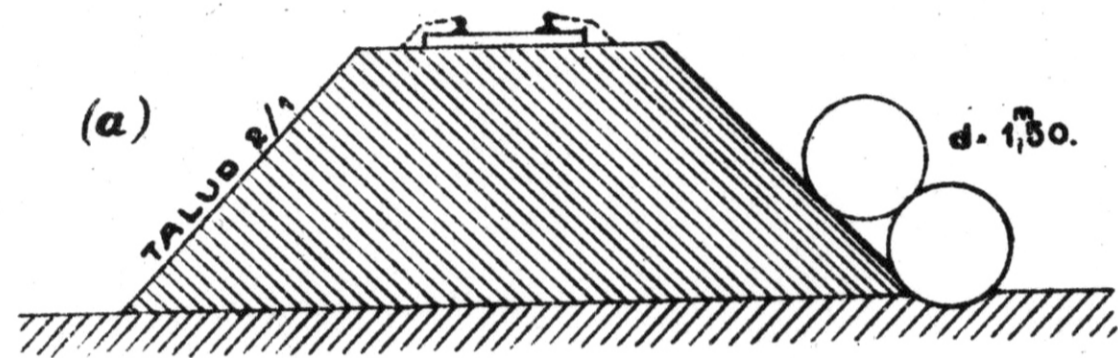
APENDICE II

Paso del rio Jaldhaca

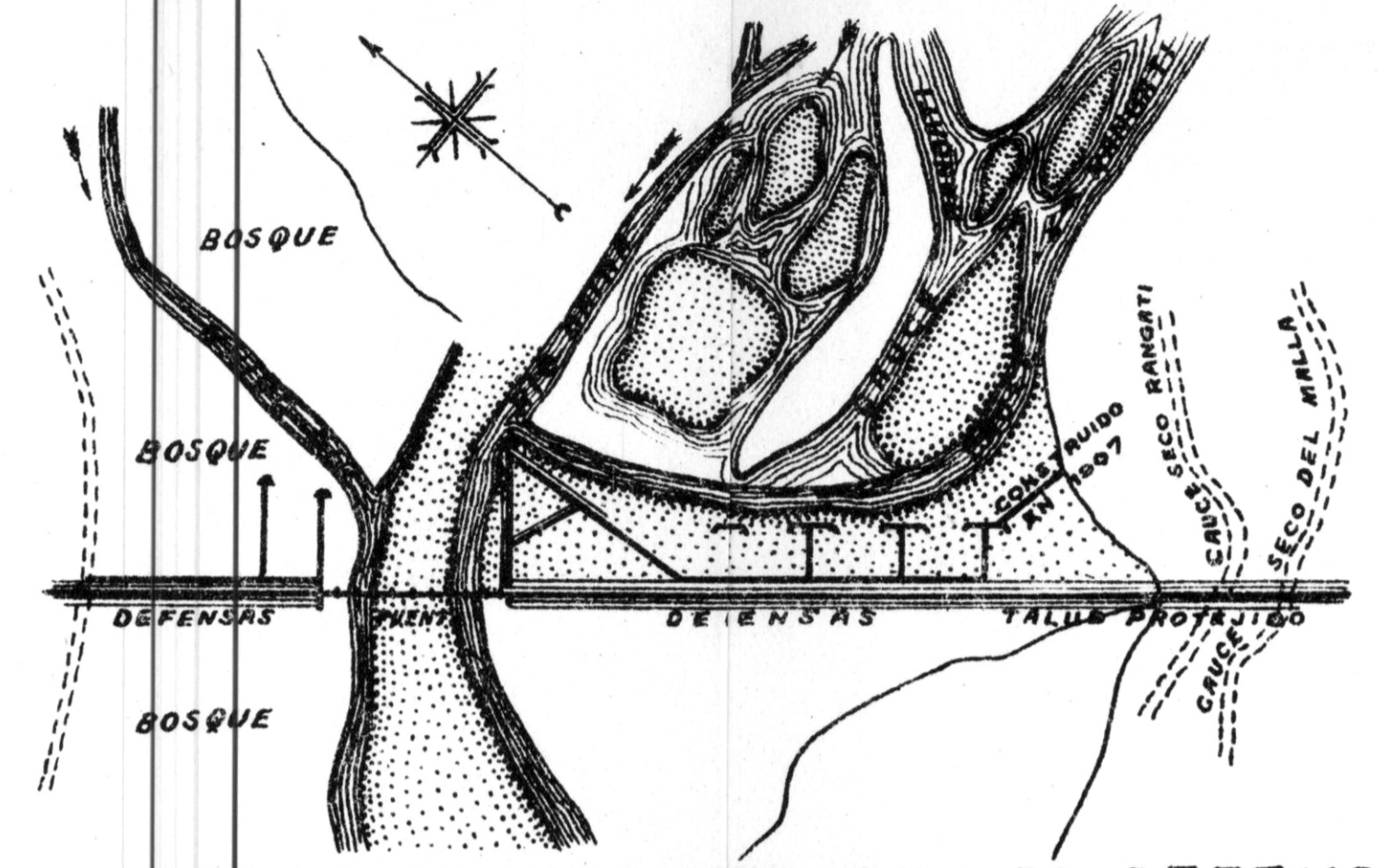
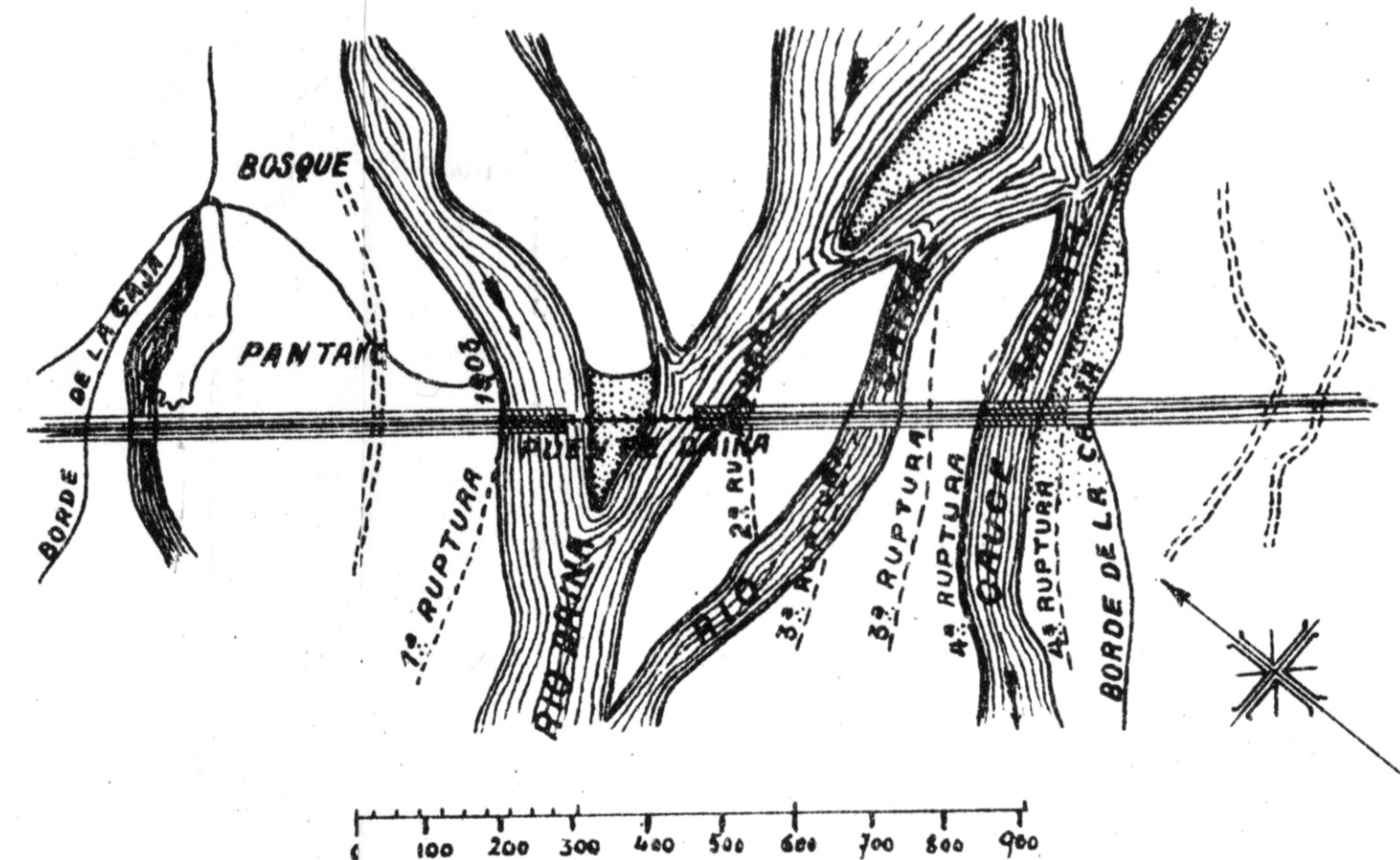
MÉTODO EMPLEADO EN LA ESTIMACION	Longitud en millas	Hoya hidrográfica, en millas <sup>2</sup>	Elevacion de las avenidas ordinarias sobre aguas bajas, en pies	Pend. del cauer por milla, en pies	Caudal estimado, en pies cúbicos	Superficie de la seccion transversal durante una avenida, en pies cuadrados	Estimacion de la velocidad media de una avenida, en pies por segundo	TRAMOS		ALTURA DE LA PARTE INFERIOR DE LAS VIGAS		Profundidad media de las fundaciones
								Pies	N.º	Sobre aguas bajas	Sobre una avenida	
Segun el proyecto primitivo.....	103	102	10,2	35,5	39 348	2 551	15,4	150	1	33,08	24,48	26,7
								60	4	33,3	24,70	8,0
Hathinulla	103	263	15,0	38,0	260 520	8 620	18,34	150	3	Tal como 26,70	noí está 11,70	13,0
Jaldhaca								150	3	29,70	14,76	25,0
								80	2	25,25	10,25	

La hoya de este rio comprende varios picos elevados hasta de 15 000 pies. El terraplen entre los puentes se mantuvo bien hasta la noche del 3 de Agosto, cuando fueron barridos 800 pies, pasando el rio por la brecha. Los espigones tambien fueron destruidos, pero los puentes resultaron ilesos.

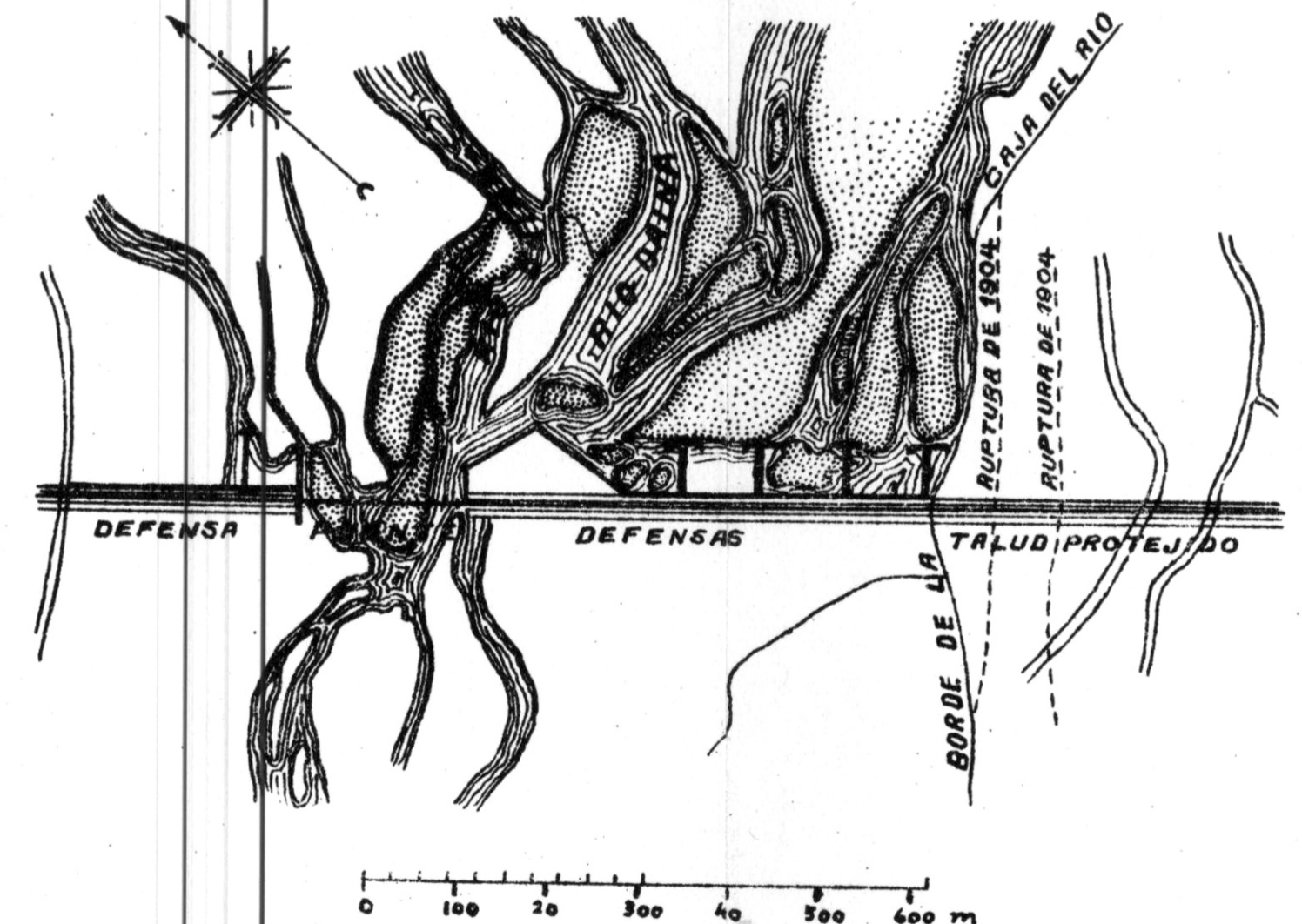
# ENCAUZAMIENTO DE RIOS.



RUPTURAS HECHAS EN 1903.  
ESC. 1/19.200.



DEFENSAS HECHAS EN 1903-904.  
ESC. 1/14400.





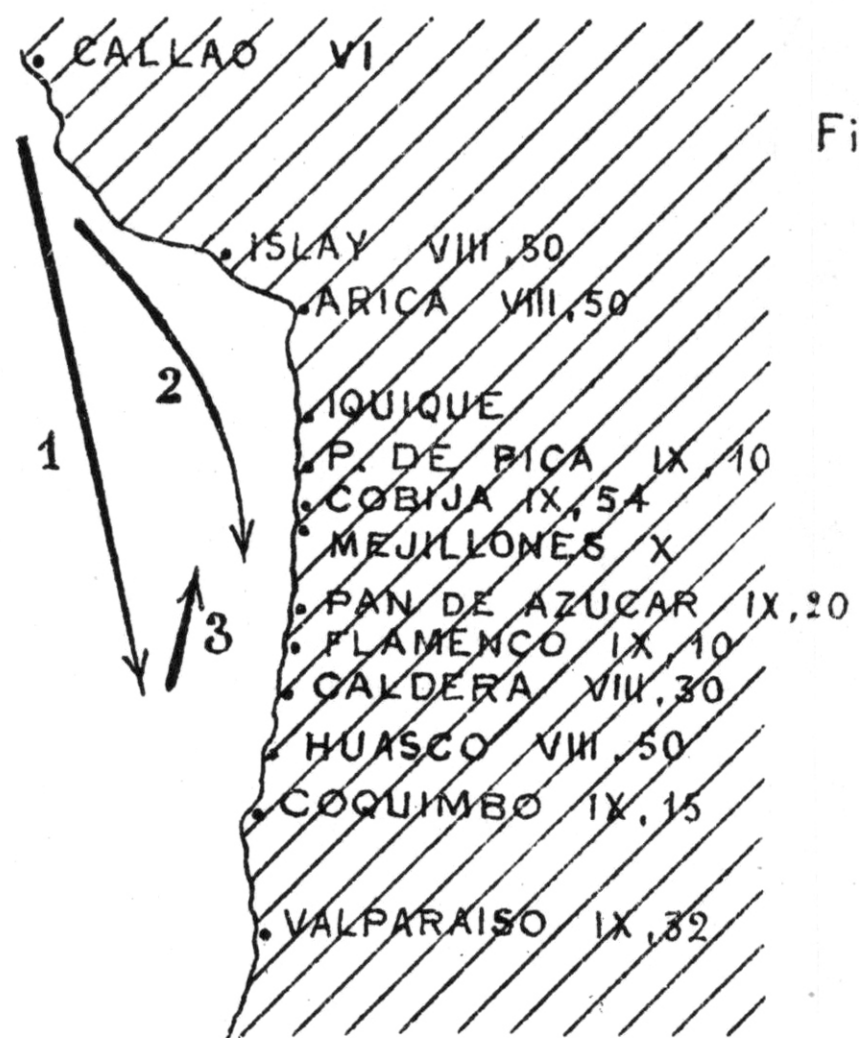


Fig. 2

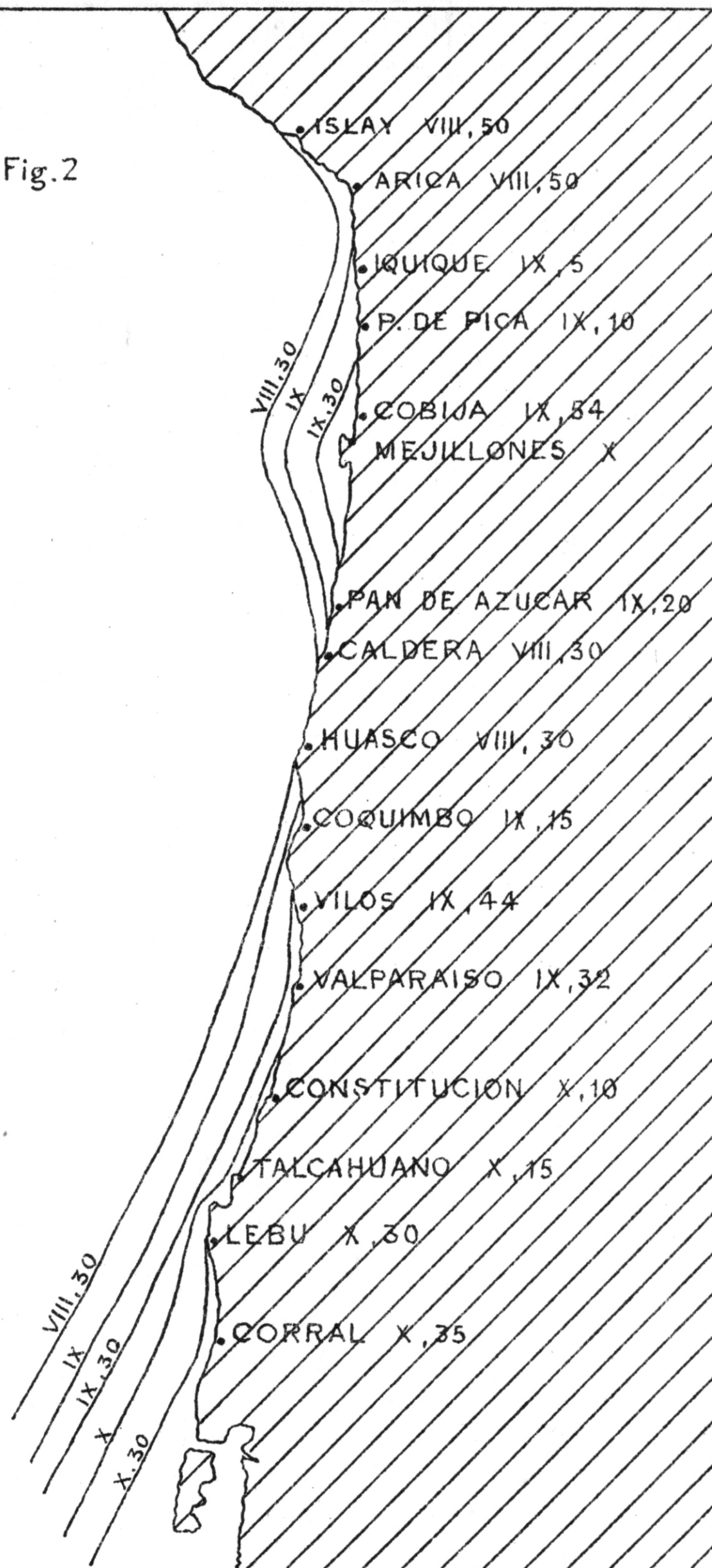


Fig. 3

