

8.—TELÉGRAFO

Por 83,400 m de telégrafo con sus baterías el kiló- metro a \$ 150.....	12,510.00
--	-----------

9.—EQUIPO

Por 4 locomotoras para trenes de carga c/u a \$ 31,200.....	124,800.00
Por 2 locomotoras para pasajeros c/u a \$ 30,000.....	60,000.00
Por 2 coches pasajeros 1.ª clase a \$ 12,000.....	24,000.00
Por 2 id. id. 3.ª clase a \$ 8,000.....	16,000.00
Por 25 carros de carga (bodegas) a \$ 4,000.....	100,000.00
Por 12 id. planos a \$ 3,000.....	36,000.00
Total para equipo.....	<u>360,800.00</u>
Suma total.....	\$ 4.652,275.88
Imprevisto 5%.....	232,603.80
Valor total del presupuesto.....	<u>\$ 4.884,889.68</u>

Santiago, Setiembre de 1896.

E. BOBILLIER,

CONSIDERACIONES SOBRE LA INSTALACION

DE UN SERVICIO DE CREMALLERA EN LA LÍNEA DE
SAUCES A CAÑETE

Se ha indicado como que seria mui conveniente instalar una seccion de cremallera en la línea de Sauces a Cañete en la cordillera de Nahuelbuta. Por mas que he tratado de encontrar una razon fundada para justificar esta idea, he tenido que reconocer que es completamente inadmisibile para esta línea la seccion de cremallera.

La cremallera, que ha sido aplicada hasta la fecha en muchos casos, ha sido empleada solo en aquellos puntos en que no ha sido posible emplear otro sistema sin grandes costos, que el porvenir futuro de la línea no compensaría i solamente en aquellos lugares de interes local i de tráfico mui reducido. Se impone en líneas de interes secundario e industrial i donde no ha sido posible construir líneas de simple adherencia sin tener que efectuar un desarrollo considerable de línea, grandes obras de arte, i donde por sus condiciones locales se está obligado a salvar grandes alturas con distancias horizontales relativamente pequeñas.

La eleccion entre una línea de cremallera con otra de simple adherencia, no es por lo jeneral dudosa i siempre se impone claro i patente uno de los dos sistemas.

El hecho de ser la línea a Lebu una línea de interes jeneral, destinada principalmente a trasportar productos agrícolas i cuyos fletes tienen que reducirse a un mínimum, llamada a tener un desarrollo e incremento considerable, teniendo un tonelaje de tráfico conocido i que irá progresivamente en aumento, tiene que adoptársele el sistema de explotacion barato, lo que se obtiene con un máximo de carga i de velocidad para los trenes que tienen que recorrer la línea; un trozo de cremallera intercalado en esta línea vendria a entorpecer la explotacion i su accion se haria sentir mas i mas a medida del aumento del tráfico hasta convertirse en una verdadera demora para el desarrollo de la rejion atravesada.

El sistema de cremallera quedaria justificado en caso de que por el sistema ordinario se hubiera tenido que recurrir a gradientes fuertes i a un desarrollo bastante considerable; pero hemos visto en la descripcion jeneral del trazado que no tenemos gradientes tan fuertes que sean motivo de temor para la explotacion futura i en longitud está reducida a un mínimum. Su única obra de arte costosa es el túnel de Nahuelbuta, i esto no es motivo, como

no lo ha sido en ninguna parte, para evitarlo por medio de una seccion de cremallera, cualquiera que sea la economía del primer establecimiento que se obtuviese, economía que puede ser muy ilusoria si se toman en cuenta las condiciones excepcionales en que tendria que ser establecida.

Examinando el trazado de la línea a Lebu en la parte de la Cordillera de Nahuelbuta, se ve que la entrada del túnel está en el punto mas avanzado de penetracion en la cordillera i que de ahí ésta se eleva rapidamente con una inclinacion media de 30%; lo mismo pasa por el otro lado. La altura de la cumbre de la cordillera sobre el punto de entrada del túnel es de 300m.

Estableciendo aquí la cremallera para evitar el túnel vemos que la distancia no se reduce, alargándose, al contrario, de 3350 metros que tiene la línea por el túnel, a 4000 m. mas o ménos que tendria el largo de la seccion de cremallera.

Vemos pues que, léjos de disminuir la distancia la alargamos i que el único objeto que tendria la cremallera seria disminuir el gasto de primera instalacion, disminuyendo o evitando en totalidad el túnel.

Sin entrar en consideraciones jenerales sobre el costo que demandaria la cremallera, lo que podríamos hacer por comparacion con otras líneas establecidas en las mismas condiciones i explotadas en Europa, trataré únicamente la cuestion bajo el punto de vista de las necesidades del tráfico.

Poniéndonos en el caso de suprimir el túnel tendremos que la seccion de cremallera tiene un largo de 4 klms., mas o ménos, 2 de subida i 2 de bajada, con un descanso en la cumbre.

Como la gradiente máxima que puede tenerse es de 30% tendremos que adoptar locomotoras especiales, de disposicion tal, que permitan evitar el efecto de las diferencias de nivel que varían de 0 a 30%; por lo tanto la explotacion tendria forzosamente que dividirse en 3 secciones:

Seccion de Sauces, al pie de la cremallera.

Seccion de cremallera i

Seccion del fin de la cremallera a Lebu.

El efecto útil de una locomotora en la seccion de cremallera seria insignificante. En efecto, se considera i es fácil comprobarlo por medio de la fórmula que hemos explicado en el informe jeneral, que una locomotora en línea de cremallera no puede arrastrar un peso de mas de la mitad de su peso propio en gradiente que pase de 25%.

En el ferrocarril del Harz, por ejemplo, las máquinas que pesan 57 ton. no arrastran mas de 2.2 veces su peso en rampa de 6%.

El Vitznau-Rigi donde las rampas llegan a 25% las locomotoras no arrastran sino los 0.6 de su peso.

Vemos pues que la razon entre el peso del tren remolcado i el peso de la máquina disminuye rápidamente a medida que la gradiente aumenta.

En el caso que tratamos i poniéndonos en la circunstancia especial de máquinas de 50 ton. es exajerado calcular un esfuerzo útil de 20 ton.

Sin embargo, poniéndonos en este caso, la carga útil remolcada seria de 10 ton. suponiendo carros de 10 ton. de peso, i como la velocidad de marcha seria mui reducida, 5 kl. por hora, supondremos que un tren demora una hora en recorrer la seccion de cremallera en un sentido, tomando en cuenta el tiempo empleado en formar el convoi. Tendríamos que en una hora se ha trasportado de un lado a otro de la Cordillera 10 ton. de carga i suponiendo esta operacion constante durante las 24 horas del día, tendríamos 240 ton. diarias o sea 72,000 ton. de carga al año, como transporte máximo que se podrá efectuar en 300 dias útiles.

Hemos visto que el tráfico probable de la línea de Lebu es de 322,000 ton. sin tomar en cuenta el tráfico de pasajeros. Esta carga es en un sentido u otro; luego en un solo sentido,

tendremos que la carga sería 160,000 ton. en números redondos, mas del doble de la que puede ser trasportada por la seccion de cremallera, poniéndonos en casos mui favorables.

Este solo hecho bastaria para rechazar la idea de la cremallera cualquiera que fuese la economia que se realizase.

El costo del túnel en el caso mas desfavorable no pasaria de \$ 2.000,000 i el costo suplementario de los cuatro klms de cremallera seria mui poco inferior a esta suma. La gradiente de 30% exige locomotoras especiales i de gran poder. La línea misma no puede establecerse en condiciones iguales a la de cremallera en gradientes menores. Con una gradiente de mas de 25% necesita un mecanismo mucho mas delicado i complicado; la barra de la cremallera colocada verticalmente no es suficiente, habria que adoptar el sistema Locher usado en el Monte Pilatos que consiste en usar cremalleras con dientes horizontales i que son de gran costo. Los gastos de explotacion son mui elevados, los gastos de reparacion del material rodante son costosos a causa de la distancia a que se encuentran de las maestranzas.

Se podria pensar en disminuir la longitud del túnel colocándolo a mayor altura por medio de dos trozos con cremallera a ámbos lados con gradientes de 10% a lo mas; pero ademas de que la pendiente natural del terreno en esas partes no es inferior a 30%, la economia realizada no sería compensada con los gastos que demandaria la explotacion del sistema.

En la parte donde parece que podria emplearse la cremallera, con el objeto de disminuir la longitud de la línea, sería al otro lado del túnel en la bajada de la Cordillera.

En esta parte hemos indicado dos direcciones para la línea. Una que partiendo del klm 35 entra por el cajon de la izquierda del Manzanar, pasa la Cordillera con un túnel de 3,350^m, sale al cajon del Peral para desarrollarse por estas faldas i las de Licahue con una gradiente de 2% hasta el lago de Lanalhue:

línea trazada a pesar de su mayor largo por la facilidad con que se puede desarrollar para salvar la diferencia de altura.

La otra en la cual se puede aplicar la cremallera sería: arrancando del klm. 35 i entrando por el cajon de la derecha del Manzanar tomar el túnel a la altura de 200^m mas o ménos, trazar el túnel con pendiente de 1%, o ménos si se quiere, en una longitud de 3,200^m para salir al valle de Licahue a la altura de 168^m; principiar aquí la seccion de cremallera bajando por el cajon de Licahue i juntarse con la línea anterior en el klm. 46.5

La seccion de cremallera estaría dividida en dos partes: un klm. con pendiente de 60% i 1,350 metros con pendiente de 4%, lo que da un total 2,350^m de cremallera.

Con este trazado la longitud de la línea se reduciría de 4 kms., distancia ya sensible i que podría justificar el empleo de la cremallera.

Apliquemos a este caso la fórmula dada por Levy Lambert en la cual se espresa la relacion que hai entre el largo de la línea de cremallera i el largo a que equivaldría con línea de simple adherencia.

Esta fórmula es:

$$(1) \quad L = L' \frac{A'}{A+a+20b} \text{ en la cual}$$

L largo de la seccion de cremallera

L' largo de la línea de simple adherencia a que equivaldría el largo L bajo el punto de vista del costo i suplemento de gastos de explotacion.

A costo kilométrico de una línea a cremallera que en jeneral será igual a

A' costo kilométrico de una línea de simple adherencia.

a suplemento de costo kilométrico causado por la cremallera.

a' » » » » para la explotacion por año de la línea en cremallera.

De la fórmula (1) tendremos el valor de L' que expresa el largo de línea de simple adherencia que quedaría compensada con los 2,350^m de cremallera, tendremos:

$$(2) \quad L' = L \frac{A + a + 20b}{A'}$$

El valor de L es 2,350^m.

A costo de un klm. de línea lista para poner la cremallera que en la jeneralidad de los casos cuando la pendiente no es mayor de 10% puede considerarse igual a A' .

A' costo del klm. de línea comun que en la parte de que se trata no subiera de \$ 5 a 7000 precio medio por klm. que cuesta la línea a Lebu.

a este valor en gradientes que no pasen de 10% que corresponde al gasto de la cremallera, cojinetes i seguridad de línea, lo mismo que el costo del mecanismo especial para la locomotora, puede estimarse en un valor de \$ 20,000.

b este gasto es mui variable i no podemos dar sino cifras mui jenerales; éstos gastos pueden variar de un caso a otro, i es mui difícil precisarlos; depende en jeneral del tráfico i de las condiciones de la línea en cada caso particular. Podemos tomar como término medio para b un valor igual \$ 3,000 por klm.

Este valor de gastos suplementario de explotacion representa un capital al año que será $\frac{100b}{5}$ suponiendo el interes de 5% o sea $20b = \$ 60,000$ poniendo estos valores en la fórmula 5 tenemos que:

$$L' = 6058^m$$

lo que quiere decir que para que haya compensacion en establecer la seccion de cremallera de 2,350^m, es necesario reducir la lonjitud de la línea de 6058^m o sea de cerca de tres veces el largo de la cremallera.

Esta proporcion, como se comprende, puede variar conside-

rablemente, puesto que según la fórmula 2 este valor depende de los valores de a i b que van aumentando a medida que la gradiente es mas i mas fuerte; el valor de a puede llegar a ser el doble cuando la gradiente llega a 25% i el valor de b puede llegar hasta 5 i 6 veces el valor anotado.

En el ferrocarril de Vuge Zermatt, por ejemplo, cuya gradiente máxima es de 12% llega el valor de b a 5.000 f.

Para la línea de Arth Rigi con 21% alcanza a 15.000 f i para Virnan Rigi, en gradiente máxima de 25% llega a 28.000 fr.

Vemos, pues, que para que compense la instalacion de una seccion de cremallera, es necesario tener en vista ante todo, la longitud de la línea que se ahorraria con este sistema.

En el caso de que tratamos, la distancia se reduciria de 4 kilómetros solamente i la cremallera no quedaria justificada.

Por otra parte, no hai imposibilidad para trazar la misma línea con simple adherencia teniendo aun la misma longitud, con poca diferencia, que la línea de cremallera. Para ésto bastará, despues de salir con el túnel por el cajon de Licahue a la altura de 168^m, como hemos dicho, bajar por la falda norte del cajon de Licahue con pendiente de 2%, siguiendo una línea mas o ménos paralela a la anterior hasta caer a la cota 7 cerca del valle de Ilicura; necesitamos recorrer una distancia de 8 kilómetros para salvar esta altura, desarrollándolos por el alto i siguiendo una direccion mas o ménos paralela a la que tendria la línea de cremallera. Este trazado nos daria indudablemente un movimiento de trenes considerable, pero de ninguna manera seria superior al costo que demandaria la cremallera i accesorios de los 2.200 metros que tendria, obteniendo, en cambio, una explotacion fácil, económica i suficiente para hacer frente al aumento de carga que tendria el ferrocarril, una vez que la rejion abrazada adquiera el desarrollo industrial i agrícola a que está llamado, como lo hemos indicado en nuestro informe jeneral.

E. BOBILLIER.