
ANALES DEL INSTITUTO DE INGENIEROS

SUMARIO.—Ferrocarril de Pedegua á Choapa. Reconocimientos instrumentales para su ubicacion jeneral, por Enrique Vergara Montt.—Beirut-Damasco. Ferrocarril combinado de adherencia i cremallera (Traduccion), por Arnoldo Ried.

FERROCARRIL DE PEDEGUA A CHOAPA

RECONOCIMIENTOS INSTRUMENTALES PARA SU UBICACION JENERAL (1)

El contrafuerte de la cordillera de los Andes que separa los cajones o valles de Petorca i de Choapa, presenta para la construccion del ferrocarril que debe unir al Centro de la República la rica provincia de Coquimbo, dificultades de consideracion, como quizas no las ha habido, i es posible no las haya, en los demas trozos que deben componer la red lonjitudinal de los ferrocarriles chilenos.

Como es sabido, en la cuesta de Chacabuco desaparece el llano lonjitudinal de Chile, para dar lugar a cajones trasversales sepa-

(1) Facultado por el señor Director de Obras Públicas para publicar este informe haciendo en él la correccion de los datos i números que aparecieron en el orijinal presentado a la direccion de Obras Públicas, debo declarar que los resultados a que hoi se llega son diferentes de los que sirvieron de base a las decisiones del Consejo de Obras Públicas para definir la ubicacion jeneral de este ferrocarril, resultados que pueden dar mui bien lugar a una reconsideracion del acuerdo hasta llegar a adoptar la cremallera para la pasada de los macizos que separan los valles i cajones que forman la parte poniente del Departamento de Petorca.—En el curso de este trabajo señalo con notas las diferencias sustanciales que existen con el orijinal presentado a la Direccion explicando la razon de ellas.

rados por macizos mas o ménos altos que dificultan las comunicaciones.

Los valles del Aconcagua, de Ligua i de Petorca, situados a continuacion, estan divididos unos de otros por cadenas de cerros que presentan depresiones bajas que han permitido la construccion de caminos carreteros, en faldeos mas o ménos suaves i con algunos zig-zags en las partes accidentadas, que han facilitado el desarrollo de la agricultura i de la mineria acercándolos del centro de la República. Las mismas condiciones locales han permitido, mas al norte, construir caminos carreteros que unen a Vilos con Salamanca e Illapel i a éstos con Combarbalá i Ovalle. Es solo entre los cajones de Petorca i de Choapa donde la naturaleza ha puesto tales dificultades que hasta hoi no se ha pensado en construir un camino carretero por el interior, contentándose con el que vá de Ligua a Vilos, i de aquí a Choapa por la cuesta de Cabilolen, rodeo inmenso que obliga a los habitantes de Salamanca a viajar a caballo por la cuesta de Pedernal, 1,804 metros sobre el nivel del mar, para ir a Petorca, San Felipe o Santiago, o a esperar un tardio vapor en Vilos para ir a Valparaiso.

Detalle curioso e interesante en estos tiempos, i que refleja las condiciones de viabilidad en que existen estos lugares, es que en Tilama viven numerosísimas personas que no han visto jamas ni un coche ni una carreta i que llegan a preguntar si *eso de los ferrocarriles se parece a eso de las carretas*, frase testual que produjo sensacion entre los alarifes que me acompañaban.

Esto indica la pobreza i atraso de aquella zona, lo que produce inmediatamente la observacion de cómo se piensa en llevar un ferrocarril por esos lugares.

De aquí nace una de las primeras cuestiones que se presentan en el estudio de este ferrocarril, cuestion importante que debe ser ventilada previamente para dar una solucion que satisfaga los intereses jenerales i locales que está llamado a servir.

Comprendo que a primera vista aparece ajena a mi comision la dilucidacion de este asunto, puesto que siendo ella únicamente para estudiar el ferrocarril de Cabildo a Choapa nada en aparien-

cia me obliga a discurrir sobre la mejor ubicacion del ferrocarril que debe unir a la provincia de Coquimbo con el centro: pero, en el fondo, las mismas consideraciones que obligan a ubicarlo atravesando las cordilleras de Petorca con preferencia a la costa, obrarán poderosamente en las condiciones primordiales con que debe proyectarse, por lo que me ocuparé de ella.

Para muchos es tentadora la idea de llenar las necesidades que piden la construccion de este ferrocarril uniendo a la Ligua con los Vilos por una línea férrea, que continuaria al norte por la de los Vilos a Illapel; pero se olvidan de los intereses locales, de que esta última ha sido costruida en condiciones para servir un movimiento de carga de bajada i de la cuestion estratéjica, que necesariamente debe ser considerada.

La zona comprendida entre los rios Petorca i Choapa es cierto que como agricola poco o nada ofrece, pero, como minera encierra numerosísimos minerales que aun en las condiciones angustiadas en que se encuentra son explotados, sosteniendo en actividad algunos hornos. Es difícil calcular cuánto representaria para la industria minera la construccion del ferrocarril, pero todo cajon o quebrada contiene minas en explotacion o abandonadas por la carestia de los fletes i las dificultades para establecer hornos de soplete, todas las que podrian dar mayor o nuevos productos que sumados llegarian a una fuerte cantidad.

Que el ferrocarril de los Vilos a Illapel no puede ser aceptado como trozo de la línea central es incuestionable. Su trazado entre la estacion de las Vacas i el túnel de Cabilolen con su gradiente de 3 por ciento i sus numerosas curvas de 80 de radio, i aun creo que ménos, es sumamente espuesto para trenés pesados i rápidos como deben ser los que trajinen entre Calera i Coquimbo; i, por último, el desarrollo al pié del túnel, reconcentrado en una pequeña superficie, alarga sensiblemente la distancia, lo que es inaceptable para una línea que llegará a tener cerca de los 600 kilómetros.

Bajo el punto de vista de las pendientes no creo tampoco que el trazado por la costa ofrezca ventajas sobre él por el interior. To-

mando por Las Palmas, Tilama, Tipai i Limáhuida hai las siguientes subidas:

De Ligua a Las Palmas.....	907 ms.
De Tilama al portezuelo de los Cristales.....	266 »
De Estero de Pupio a Estacion de Limáhuida..	328 »
Total.....	1,501 ms.

Por la costa hai que subir de Vilos a Cabilolen 520 metros, i las numerosas diferencias de alturas que existen entre los bajos del rio de la Ligua i del de Pctorca, de los esteros de Quilimari, Huaquen, Palo Colorado i de las numerosas quebradas que caen al mar, con las lomas o cordones de cerros que los separan, sumadas pueden subir facilmente a ese mismo número.

Tomando en cuenta los movimientos de tierra es mui posible que tampoco haya ventaja en la adopcion del trazado por la costa, pues en el interior, siguiendo el talweg de los cajones i valles, es natural esperar un movimiento mucho menor que por la costa donde debe atravesar trasversalmente numerosísimas quebradas.

En materia de obras de arte tambien es posible no encontrar economia, porque los rios i esteros tienen caja mucho mayor al salir al mar, por cuanto recojen mas agua i tienen menor gradiente, i sus fundaciones son mas difíciles por ser el subsuelo jeneralmente arenoso.

En cuanto a la lonjitud de la línea presumo que haya tanta distan de Ligua a Vilos como de Cabilo a Limáhuida sin tomar en cuenta que la pasada de cada uno de los bajos, de que he hablado anteriormente, obligará a desarrollar la línea hácia el interior alargándola sensiblemente.

Por los recuerdos que tengo me parece que hai en la costa arenales que salvar o que considerar seriamente para la esplotacion; i, por último, hai que tomar en cuenta la constante accion del aire húmedo del mar en la conservacion de los rieles.

Considerada bajo el punto de vista estratéjico, no es de dudar sobre la ubicacion mas conveniente; siendo necesario para esta circunstancia tener presente la capacidad de la línea que depende

de la longitud, de las gradientes, de las curvas i de la calidad i condiciones de la via permanente i del material rodante.

Creo que por el interior es posible, sin gran costo, construir una línea que no tenga ni las curvas ni las gradientes que tiene la línea de los Vilos a Illapel, i que siéndolo con el mismo material i equipo, de una misma longitud i con una suma mas o ménos igual de gradientes i contragradientes, es de presumir no sea de una capacidad inferior a la línea ubicada en la costa.

Lo que puede aumentar el costo de la línea por el interior son los túneles, que para el trazado por las Palmas suman 3,650 metros de longitud con un precio aproximado de 1.766,000 pesos, calculado como sigue:

Túnel de la Grupa.....	1,300 ^m a	560 ^m	756,000 \$
Id. de las Palmas...	1,600 a	500	800,000
Id. de las Astas.....	700 a	300	210,000
(2) Total.....	3,650		1.766,000

Pero este mayor gasto quedaria compensado con la economia en las obras de arte i, sobre todo, con los mayores beneficios que prestaria a la industria local i con la seguridad, en caso de que hubiera necesidad de poner en práctica las leyes de la estrategia.

II

Estas lijeras observaciones son las que, sin duda, han influido para que siempre se pensara en prolongar la línea de Calera a Cabildo hasta unirla con la de Ovalle a San Marcos i formar la arteria principal de los ferrocarriles entre Calera i Ovalle.

Situado Cabildo en el Valle de la Ligua, a 20 kilómetros al interior de esta ciudad, queda frente a la cuesta de la Grupa, construida para pasar al valle de Petorca por el portezuelo mas bajo

(2) En el informe original aparece un total de 3,130 metros de túneles con un precio de 1.327,000 pesos. Existiendo un error de 75 metros en la altura del Portezuelo de las Palmas hubo de proyectarse un túnel de 1,600 metros en lugar del de 980 metros, diferencia que aumenta el precio por unidad. También han sido modificados los precios de los otros en vista de estudios posteriores.

sobre el plan del rio que hai desde Longotoma hasta la República Argentina. Antes de él existe el de la cuesta de los Carneros en Valle-Hermoso, frente a Ligua, i despúes el de los Gonzalez, frente a las casas de Pedegua, i el de Sobrante, entre la hacienda de este nombre i la de Alicahue, por donde pasa la cuesta de Chincolco del Camino carretero de Petorca a San Felipe.

Se ha publicado en la prensa la idea de llevar el ferrocarril al norte por este último portezuelo, pero para hacer ver lo inaceptable de ella basta solo con señalar que la altura del portezuelo de la Grupa sobre el nivel del mar, es de 606 metros (3) i que las casas del Sobrante situadas al pié de la cuesta de Chincolco están a mas de 830 metros.

El portezuelo de los Carneros es tambien inaceptable, i el de los Gonzalez no presenta las ventajas del de la Grupa, por lo que es esplicable que en 1883 la Comision Golzborough i en 1887 la Comision Gabler lo adoptaran, una, como punto obligado de la línea de Calera a Ovalle i otra, de la línea de Papudo a Petorca.

Pasado esta cadena de cerros, que es delgada, se entra al *Artificio*, i despues a la hacienda de Pedegua, de la que forma parte el Cajon denominado de las Palmas, cuya quebrada cae al rio de Petorca; siendo este punto de union obligado para todos los trazados que se han proyectado como la prolongacion del ferrocarril de Cabildo al norte.

Para comprender mejor la topografia local i poder formarse juicio sobre los diversos proyectos formados para atravesar el contrafuerte de la Cordillera de los Andes que separa los valles de Petorca i Choapa conviene dar una idea detallada de este contrafuerte tomándolo desde su formacion.

Principia al poniente del Valle de los Piuquenes, en el que tienen nacimiento los rios de Leiva i del Sobrante que mas abajo forman los de Choapa i Petorca, continúa al mar en un solo cordón hasta enfrenar la ciudad de este nombre donde se subdivide en tres: el del mas al norte, que separa el valle del Choapa del Cajon de los Vilos, Las Vacas, Pupio i Mauro; el del centro,

(3) 740 metros en el original.—Se confundió con la altura del de los González.

que divide a éste del que contiene a Quilimari i Tilama; i el de mas al sur que separa a este cajon del valle del Rio Petorca.

Diversos ramales salen a uno i otro lado del cordon único, formando diversas cuencas cuyas aguas caen al Choapa o al rio de Petorca, i los principales son: al norte el que divide las haciendas de la Tranquilla i Coiron de Quelen, el que divide a Quelen del Tambo i Tahuinco i el que separa a éstos de Limáhuida; al sur, el que deslinda a Sobrante del Pedernal i que termina en Chincolco i el que separa al Cajon del Frutillar del Pedernal i del rio Petorca, que subdividido forma diversos cajones, de los que el mas importante es el del Cobre que sale a Petorca.

Para pasar del Sobrante a la Tranquilla hai la depresion llamada *Portezuelo del Encañado* a 2,900 metros sobre el nivel del mar; para lo mismo de Pedernal a Quelen está el *Portezuelo bonito* como a 2,100 metros; entre Pedernal i el Cajon que cae al Tambo el *Portezuelo de Panquecillo* a 1,804 metros segun Pissis i a 1,766 segun otros estudios en mi poder; i entre el Cajon del Frutillar i el mismo que cae al Tambo los planeos denominados *Llanos de Camisas* cuya parte culminante está a 1,940 metros próximamente.

Los cordones que se desprenden del cordon único que concluye en esta última depresion tienen la peculiaridad de presentar cada uno un portezuelo, el mas bajo, en una misma línea nortesur habiendo de cada lado quebradas que llevan la misma direccion i que van a juntarse en el fondo de los cajones intermedios de Tilama i Pupio.

Asi están el de las Astas entre Limáhuida i Pupio a 1,013 metros, el de los Cristales entre Pupio i Tilama a 869 metros i el de Las Palmas entre Tilama i Pedegua a 1,221 metros (4), con las quebradas de Limáhuida i del Llano a cada lado del primero, de Aranda i del Naranjo del segundo i del Quelon i de las Palmas del tercero.

El fondo del Cajon de Pupio en el lugar denominado El Romero está a 515 metros i el de Tilama, en la direccion de los portezuelos, a 500 metros.

(4) 1,145 en el original.—Error producido por una mala lectura en el aneroide.

Los caminos de mula que ha establecido el tráfico para pasar del rio Petorca al Choapa son: uno de Salamanca a Petorca siguiendo el rio Choapa adentro para tomar el cajon de Quelen i pasar por el portezuelo del Almendro a lo que se llama Tanquillai i de aqui por el portezuelo Bonito a la Holla, cabeceras ámbas del Estero de Camisas, que recoje las aguas que caen a la hacienda del Tambo i que se junta con el rio Choapa 12 kilómetros al poniente de Salamanca; otro que va tambien de Salamanca a Petorca siguiendo este estero hasta enfrentar los Llanos de Camisas, al que sube por la *Cuesta del Trébol* para bajar del otro lado por la quebrada de las Raices, atravesar la de Cantarito, cabecera del Estero del Frutillar, i pasando un portezuelo caer al Cajon del Bronce que, como he espresado, termina en Petorca: un desvio que se desprende de él en la quebrada de las Raices lleva a las Palmas i a Pedegua por el Cajon del Frutillar; i un tercer camino sale de Limáhuida i por los portezuelos de las Astas, los Cristales i Las Palmas se junta con el anterior en frente de los hornos del establecimiento de este nombre.

Estas corrientes han indicado los diversos trazados que es posible hacer i que sintetizados son los siguientes:

1.º Cayendo a Choapa por el estero de Camisas i subiendo al cordon único que termina en los llanos de Camisas por el cajon de Pedernal para pasar por el portezuelo de Panguecillo, o subiendo por el del Bronce o por el Frutillar para pasar por los llanos de Camisas i caer a Camisas por la quebrada de la Compañía, que se junta con aquél en el mineral de Huallongo;

2.º Cayendo a Choapa por Limáhuida, atravesando los tres cordones por las cuestas de las Astas, los Cristales i las Palmas; i

3.º Desviándose en Pupio del anterior trazado para irse a juntar en las Vacas o el Túnel de Cabilolén con el ferrocarril de Vinos a Illapel.

III

Antes de entrar a analizar las condiciones topográficas de estos diversos trayectos debo dar a conocer los antecedentes que hai para conocerlas.

En 1883 el Supremo Gobierno encargó a los señores Ricardo Golzbourough i Santiago Sotomayor i al que suscribe el estudio preliminar del Ferrocarril de Calera a Ovalle, comision que se llevó a cabo despues de estar un año en el terreno i cuatro meses en la oficina. Se han perdido los planos i perfiles que presentamos i estraviado los registros de trazado i topografía de la parte comprendida entre Cabildo i la cuesta de los Cristales, pero conservó en mi poder los registros de la nivelacion de todo el estudio, los que considero suficientes para entrar en apreciaciones i fundar proyectos que creo conveniente presentar.

El trabajo hecho por nosotros no merece mas elogio que el de la paciencia por haber estado un año en el terreno para estudiar 420 kilómetros de línea de un modo preliminar. El procedimiento adoptado fué el poligonal por avance, midiendo las distancias con cadena i estacando cada 200 metros; una nivelacion sin comprobacion completaba los datos, i los túneles, fuera del de los Palos Quemados, eran medidos a huincha i nivelados por inclinaciones tomadas con teodolito de estaca a estaca, basándose en estas medidas horizontales.

Como se ve, el procedimiento era excesivamente rutinario i en sustancia se tomaban muchos datos inútiles i se dejaban otros útiles. En resúmen, no hubo concepcion clara de lo que se queria i convenia hacer, por lo que reduzco la importancia de los documentos en este caso a la que tiene el saber qué distancias debe recorrerse para salvar los bajos de Tilana i Pupio i la gradiente media que se puede obtener para subir en Pedegua i bajar en Limáhuida al adoptar el trazado por estos lugares.

Otro de los antecedentes que puedo aprovechar son los estudios hechos en el mismo año 1883 por los señores don Agustín Espinosa i don Eduardo Barriga, por encargo de los señores Tomas i Vicente Echeverria, de la línea de Pctorca a la cuesta del Pedemal para dar a conocer la posibilidad de llevar por esa parte la línea al norte.

Para completar los que son necesarios para juzgar de la mejor ubicacion que puede darse al ferrocarril entre Pedegua i Choapa faltaba un levantamiento jeneral del trayecto de Pedegua a Limá-

huida i un reconocimiento de los Cajones de Camisas i del Frutillar i la determinacion de las alturas a que debia llegarse para unir estos cajones por una linea férrea.

Para llenar estas necesidades y cumplir con lo estipulado en el contrato por la cláusula 12, se procedió a hacer una triangulacion que partiendo de Cabildo pasara a Pedegua por dos puntos situados en la proximidad de la cuesta de la Grupa, siguiera por el Cajon de las Palmas, atravesara los valles de Tilama i Pupio, pasara a Limáhuida para fijar la salida del Cajon i continuara por Tambo i Tahuinco para llegar a Salamanca.

El contrato deja un vacio en esta materia porque la triangulacion debe hacerse junto con los estudios del contrafuerte de los Andes, cláusula 12, i en el inciso e de la cláusula 4.^a se dice que el poligono de base deberá relacionarse con la triangulacion jeneral, lo que será difícil hacer si la triangulacion i el proyecto van por cajones distintos.

Por esta razon, por las dificultades que presenta una triangulacion cuyo sentido longitudinal es de sur a norte, el mismo del viento a las horas en que se puede llegar a las altas cimas, que coloca las banderas en la misma direccion haciéndose difícil verlas, i por la poca esperiencia que tengo en estas largas triangulaciones he obtenido resultados que no me satisfacen, por lo que considero la que coloco en el plano simplemente como provisoria.

Basada en una linea de 1531.624 metros, medida con un alambre de acero de $\frac{3}{4}$ milimitros de 97.874 metros a la tension de 15 kilogramos, en el camino del Tambo a Salamanca obtuve una diferencia de 32 metros para otra de 1,522.442 metros medida en el camino de Pedegua a Las Palmas en las mismas condiciones de las anteriores, lo que viene a representar una diferencia media de un 1% que en 70 kilómetros que distará Pedegua de Limáhuida, significará una menor distancia de 700 metros, que para el objeto de definir la ubicacion jeneral de la linea nada significa (5).

En la plaza de Salamanca i en la Estacion de Cabildo se han dejado dos hitos de cal i ladrillo de 0.60/0.60/1.00 que han servi-

(5) Encontrada la causa de este error se reduce la diferencia a 3.90 metros.

do de puntos de iniciacion i término para la triangulacion jeneral, i los que servirán para colocar los instrumentos para determinar las coordenadas jeográficas i los azimutes de las líneas estremas. Se ha tomado la plaza de Salamanca como punto término por la proximidad de la oficina telegráfica i poder así facilmente determinar con exactitud la diferencia de lonjitud con el Observatorio astronómico de Santiago, lo mismo que se desea hacer desde Cabildo, aprovechando del telégrafo.

En el plano jeneral está indicada la triangulacion efectuada i por hoi no entro en los pormenores esperando rectificar algunos triángulos, hasta encontrar la causa de la diferencia que existe entre la segunda base medida i la lonjitud que resulta de la triangulacion.

La nivelacion jeneral debe estar tambien afectada por este error, i por los errores naturales del teodolito, pero los datos calculados han sido corregidos con las alturas que he obtenido de las nivelaciones hechas para los estudios de los ferrocarriles de Vilos a Salamanca i de Papudo a Petorca i por los registros que conservo de los estudios del de Calera a Ovalle (6).

Se ha tomado los ángulos de inclinacion de los lados de la triangulacion con lo que se determinaron las alturas de los vértices, las que tambien serán rectificadas mas tarde a medida que la nivelacion del estudio avance. Entre los puntos culminantes que han servido de vértice son conocidos: el Hueso, en Pedegua, a 1,745 metros, el Marai, entre Tilama i Pedegua, a 1,799.60 i el cerro de Lincalmáhuida, entre el Llano i Limáhuida a 1,567.50; habiéndose dirigido visuales a los altos morros de Las Viscachas, Gonzaló i Morro Bayo situados en el cordón que separa Tilama del Cajon de Pupio los dos primeros i entre la cuesta del Pederal i los Llanos de Camisas el tercero.

El estudio del Cajon de Camisas se hizo por medio de una poligonal, medida y nivelada trigonométricamente con la misma base de 97^m974 que sirvió para medir las de Tambo i Pedegua, reiterando el ángulo en los vértices.

(6) La nivelacion hecha en 1883 i 1884 de Calera a Ovalle, para el estudio de este ferrocarril, aunque efectuada sin comprobacion, tiene, sin embargo, una aproxima-

Este sistema de levantamiento ofrece para los reconocimientos ventajas inapreciables. En los cajones más estrechos es siempre posible encontrar puntos a uno i otro lado que disten entre sí la longitud del alambre, i así se tiene en toda circunstancia una base de 100 metros, mas o ménos, aproximada a un milímetro. Tres veces que medi el alambre a la tension de 15 kilogramos, las tres veces obtuve 97^m974 ; esta aproximacion i seguridad de la medida es tranquilidad en el trabajo i mayor probabilidad de éxito en las operaciones.

Con dos bases i un personal experimentado es posible reconocer diariamente hasta 12 kilómetros.

IV

La comparacion de los diversos trayectos que se puede tomar para pasar de Pedegua a Choapa, tiene que estar relacionada principalmente con el carácter jeneral de la línea desde que será un trozo de la línea longitudinal; i, por otra parte, los intereses locales no son de consideracion para que influyan considerable-

cion relativa que habria servido para basarse en ella en el presente trabajo; pero desorientado por una altura de aneroides mal tomada en la cima de la cuesta de Las Palmas, en donde mismo estaba el error de la triangulacion, creí que era errónea.

El siguiente cuadro da a conocer el grado de aproximacion que tiene:

LUGARES NIVELADOS	ALTURAS OBTENIDAS		DIFERENCIAS	INDICACIONES
	Por la nivelacion del F. C. de C. a O.	Por otras nivelaciones		
Calera	270	210	60	F. C. del Estado
Estacion de Ligua.....		58		F. C. de Calera a Cabildo.
Id. de Cabildo....	245	177	68	" "
Id. de Pedegua....	347	273	75	F. C. de Cabildo a Choapa.
Túnel de 1,600 ms. en el Por. de las P.....	1,010	935	75	" "
Port. de los Cristales..	947	869	78	" "
Id. de las Astas.....	1,088	1,013	75	" "
San Marcos.....	615	550	65	F. C. de Ovalle a S. Marcos.
Ovalle.....	281	207	74	Estudio Guido de Vigneaux.

mente, mucho mas cuando el ferrocarril de Vilos a Salamanca i el probable de Ligua a Papudo o Quintero llevaran la carga a la costa.

Bajo el punto de vista de las alturas por salvar se presentan de este modo:

A) Trazado: Pedegua—Petorca—Pedernal—Camisas—Tambo—Limáhuida.

Altura de la cuesta de Pedernal.....	1,766	metros.
Deducido corte de 15 ^m	1,751	»
Altura de Pedegua.....	303	»
Id. por salvar.....	1,448	»

Construyendo un túnel de 3,500 metros se reduce esta diferencia a 1,200 metros.

B) Trazado: Pedegua—Palmas—Frutillar—Llanos de Camisas—Camisas—Tambo—Limáhuida.

Altura del portezuelo en Llano de Camisas...	1,940	metros.
Deducido corte de 15 metros.....	1,925	»
Altura de Pedegua.....	303	»
Id. por salvar.....	1,622	»

No hai túnel posible menor de 10 kilómetros.

C) Trazado: Pedegua—Las Palmas—Tilama—El Romero—Limáhuida.

Para este trazado tomo las alturas pasando por el fondo de los cajones bajo la base de adoptar la cremallera, pero si no se aceptara serian menores las diferencias de alturas.

Altura túnel Las Palmas.....	935	Mtros.
Id. Pedegua.....	303	»

Diferencia..... 632 Mtros.

Altura portezuelo Los Cristales.....	869	Mtrs.	
Deducido corte de 15 metros.....	854	»	
Altura Tilama con terraplen.....	500	»	
			Diferencia..... 354 Mtrs.
Altura túnel Las Astas.....	849	»	
Id. El Romero con terraplen.....	520	»	
			Diferencia..... 328 »
			Total..... 1,314 Mtrs.

Pasando las quebradas de Tilama i del Cajon de Pupio mas al interior, en los mismos puntos por donde pasó el estudio Golzbourngh, esta diferencia se reduce a 1,000 metros.

D) Trazado: Pedegua—Tilama—Portezuelo de los Cristales—Pupio—Las Vacas—Cabilolen—Las Cañas..

Diferencia de Pedegua al túnel de las Palmas.....	632	Mtrs.	
Diferencia de Tilama al portezuelo de los Cristales.	354	»	
Diferencia de las Vacas al túnel de Cabilolen (200 metros a 526)	326	»	
			Total..... 1,312

La misma observacion hecha al trazado C reduciria la diferencia a 1,070.

Las distancias por recorrer se establecen de la manera siguiente:

TRAZADO A.—*Por la cuesta del Pedernal.*

I. Sin cremallera i sin túnel.

Distancia de Pedegua a la entrada del Cajon de Pedernal, segun planos de los señores Espinosa i Barriga, a la altura de 760 metros..... 30 Kms.

Desarrollo para subir a 1751 metros con gradiente de $2\frac{1}{2}\%$	40	Kms.
Desarrollo con $2\frac{1}{2}\%$ para bajar al Tambo a 460 metros.....	51 $\frac{1}{2}$	id.
Distancia de Tambo a Limáhuida.....	15	id.
Total.....	136$\frac{1}{2}$	Kms.

II. Sin cremallera i con túnel de 3,500 metros.

Distancia de Pedegua al Chalaco a 826 metros.....	33	Kms.
Desarrollo para subir a 1,500 metros con $2\frac{1}{2}\%$ de gradiente.....	25	id.
Túnel de Panguecillo.....	3 $\frac{1}{2}$	id.
Desarrollo para bajar al Tambo a 460 metros.....	41 $\frac{1}{2}$	id.
Distancia de Tambo a Limáhuida.....	15	id.
Total.....	118	Kms.

III. Con cremallera i sin túnel.

Distancia de Pedegua a Chalaco.....	33	Kms.
Desarrollo para subir con 6% a 1,751 metros.....	13,2	id.
Desarrollo para bajar con 6% a tomar el Cajon de Camisas poco mas abajo del mineral de Huallongo a 800 metros.....	16	id.
Distancia de Camisas a Limáhuida.....	39	id.
Total.....	101,2	id.

TRAZADO B.—*Por los llanos de Camisas.*

Con cremallera i sin túnel.

Distancia de Pedegua a Las Palmas.....	15	Kms.
Desarrollo para subir de Las Palmas a los llanos de Camisas.....		

{ Línea de 2% de adherencia.....	3½	Kms.
{ Línea de 6% de cremallera.....	22½	id.
Desarrollo para bajar de los llanos de Camisas a Camisas—1940 a 800—con cremallera i el 6%.....	19	id.
Distancia de Camisas a Limáhuida.....	39	id.
	<hr/>	
Total.....	99	id.

TRAZADO C.—*Por las Palmas i Limáhuida* (7)

I. Con cremallera i dos tuneles de 1,600 i 700 metros en las cuestras de Las Palmas i Las Astas.

Desarrollo para subir de Pedegua al túnel de Las Palmas.—Gradiente 2½%.—Subida total 632 metros.	25½	Kms.
Del túnel de Las Palmas al de Las Astas, segun el trazado Golzbrough.....	59	id.
Túneles.....	2½	id.
Desarrollo para bajar del túnel de Las Astas a Limáhuida.—Gradiente 2½%.—Bajada.....	20½	id.
	<hr/>	
Total.....	107	Kms.

II. Con cremallera i dos túneles de 1,600 i 700 metros en las cuestras de Las Palmas i Las Astas

Distancia de Pedegua a Las Palmas.....	15	Kms.
Desarrollo para subir de Las Palmas al túnel de Las Palmas.—Gradiente de 6% i 420 metros de subida.	7	id.
Túnel de Las Palmas.....	1½	id.
Bajada al valle de Tilama.—6% de gradiente i 420 de bajada.....	7	id.
Atravesada del valle de Tilama.....	7	id.
Subida al port. de los Cristales, 6% de gradiente i 240 metros de subida.....	4	id.

(7) El túnel de Las Palmas aparece de 980 metros en el orijinal.

Bajada a Tipai, 6°/o de gradiente i 300 metros de bajada.....	5	Kms.
Atravesada del Romero.....	5	id.
Subida al Túnel de Las Astas, 6°/o de gradiente i 300 metros de subida.....	5	id.
Túnel de Las Astas.....	$\frac{2}{3}$	id.
Bajada a Limáhuida 6°/o de gradiente i 180 de bajada.	$3\frac{1}{2}$	id.
Trayecto de Limáhuida a juntarse con la línea de Vi- los a Salamanca.....	14	id.
Total.....	74 $\frac{2}{3}$	Kms.

TRAZADO D.—*Por Las Palmas a Las Vacas; un túnel de 1,600 metros en la cuesta de Las Palmas*

I. Sin cremallera.

Distancia de Pedegua al portezuelo de Los Cristales.	49	Kms.
Desarrollo para bajar del portezuelo de los Cristales a Las Vacas, a la cota de 200 metros.....	30	id.
Total.....	79	Kms.

II. Con cremallera.

Distancia de Pedegua al portezuelo de Los Cristales.	41 $\frac{1}{2}$	Kms.
Bajada de los Cristales a Aranda, 6°/o de gradiente 420 metros con.....	7	id.
Distancia de Lo Aranda a Las Vacas.....	22	id.
Total.....	70 $\frac{1}{2}$	id.

Para estudiar los diversos trazados bajo el punto de vista de la explotación principiaré por sentar los siguientes hechos:

1.° La capacidad de arrastre en una línea de adherencia de 2 $\frac{1}{2}$ % es la misma que en la de cremadera del 6%;

2.° La velocidad económica industrial en los ferrocarriles de

cremallera es de 14 kilómetros por hora, tanto de subida como de bajada;

3.º El radio mínimo en las líneas de cremallera de tres barras es de 200 metros, mientras que en las de adherencia se acepta hasta 80 metros (8);

4.º La velocidad máxima en una línea de 1 metro de trocha es de 45 kilómetros por hora, no siendo prudente desarrollarla en la bajada de pendientes fuertes.

Por estas razones fijo las velocidades siguientes para arrastrar un tren de 120 toneladas comprendiendo máquina i tender, que puede ser uno misto.

<u>Gradiente</u>	<u>Velocidad</u>
Subida 2½ ‰.....	18 Klms. (9)
Id. 2 ‰.....	23 ‰
Id. 1½ ‰.....	30 ‰
Id. 1 ‰.....	38 ‰
Horizontal.....	45 ‰
Bajada 1 ‰.....	45 ‰
Id. 2 ‰.....	40 ‰
Id. 2½ ‰.....	38 ‰

Bajo estas bases el viaje de Pedegua a Limahuida seria, sin contar las paradillas:

Trazado A.—Sin cremallera ni túnel	5 ^h 28'
Sin id. con id.	4 27
Con id. sin id.	4 40
Trazado B.—Con id. id. id.	4 40
Trazado C.—Sin id.	3 47
Con id.	3 45
Trazado D.—Hasta las Vacas	3 25

De las Vacas a la estación de Pintacura, por la línea de Vilos a Illapel, no se puede demorar ménos de una i media hora, de mo-

(8) Estudios i observaciones posteriores nos han hecho llegar a la conclusion de que el radio de 80 metros es inaceptable para la línea central, habiendo adoptado hasta 125 en los trabajos que han seguido.

(9) Estas velocidades suponen radios mayores de 125 metros.

do que el viaje de Pedregua a Pintacura sería de 4 horas 55 minutos, a lo que descontando 20 minutos por el trayecto de Limáhuída a esta última, se tiene 4 horas i 35 minutos para el tiempo con que debe aparecer el trazado D en el cuadro comparativo

Para comparar los diversos trazados posibles voi a entrar a hacer un presupuesto aproximado del costo, para via de un metro, basándome en datos kilométricos i sin tomar en cuenta el material rodante i las obras de arte de consideracion.

1) *Costo de un kilómetro de línea de cremallera.*

Por seguir el talweg de los valles o cajones tiene reducido movimiento de tierra i las obras de arte son de menores dimensiones.

(a) Precio del engranaje i durmientes de acero 30,000 fr. por kms. o sea \$ 16,000 (colocado).....	\$ 16,000
(b) Rieles, 44 Tons. a \$ 80 c/u.....	3,520
(c) Movimiento de tierra, 15,000 m ³ . a 0.30.....	4,500 (10) ^a
(d) Lastre, 1,500 m ³ . a \$ 1.....	1,500
(e) Cierro.....	1,000
(f) Alcantarillas, 4 a \$ 300.....	1,200
	<hr/>
Precio del km. de via de engranaje...	27,720

2) *Costo de un kilómetro de via en desarrollo.*

Como línea de desarrollo tiene que subir a los faldeos i laderas habiendo un fuerte movimiento de tierra i siendo las obras de arte de mayores dimensiones.

a) Durmientes i enricladura.....	\$ 1,400
b) Rieles, 44 Tns. a \$ 80 c/u.....	3,520
c) Movimiento de tierra, 51,700 m ³ . a 0.43.....	22,200 (10) ^b

(10) Los números correspondientes a estas partidas aparecen en el orijinal con alguna diferencia que es necesario explicar.

a) El movimiento de tierra por kilómetro para la cremallera es de 10,000 metros en el orijinal.

b) El movimiento medio de tierra es de 30,000 metros cúbicos. Es posible obtenerlo

d) Lastre, 1,500 m ³ . a \$ 1.....	\$ 1,500
e) Cierro.....	1,000
f) Alcantarillas, 3,2 a \$ 2,000.....	6,400 (10) ^c
Precio del km. de via en desarrollo...	36,020 (10) ^d

3) Costo de una línea en el fondo del valle:

a) Durmientes i colocacion	1,300	\$
b) Rieles, 44 toneladas a 80 \$ ton.....	3,520	»
c) Movimiento de tierra, 10,000 m ³ a 0,30.....	3,000	»
d) Lastre, 1,500 m ³ a,80.....	1,200	»
e) Cierro.....	1,000	»
f) Alcantarillas, 4 a 250 \$.....	1,000	»
Precio de un Km. de via en terreno plano.	11,020	»

4) Costo de los túneles: (11)

Para 700 metros por metro corrido.....	300	\$
» 1,600 » » » »	500	» (12)
» 3,500 » » » »	800	»

5) Estaciones:

Supongo un costo medio de 25,000 \$ c/u .

Precio estimado de cada uno de los trazados

TRAZADO A.—Cuesta del Pedernal.

Sin cremallera i sin túnel:

45 Km. línea en el fondo del valle, 11,020 \$ c/u.....	495,900	»
91½ Km. de línea de desarrollo a 36,020 \$ c/u.....	3,295,830	»
7 Estaciones 25,000 \$.....	175,000	»
Total.....	3,966,730	»

adoptando el radio de 80 metros pero quedando la línea en condiciones desfavorables para desarrollar las velocidades máximas i ofreciendo mayor resistencia.

El precio del metro cúbico de cortes i terraplenes es de 40 centavos i el obtenido estudiando la escavacion i el trasporree es de 43.

c) Las alcantarillas aparecen con 2,800 pesos, suma escasa para las que deban construirse segun lo estudiado hasta Tilama.

d) El precio total primitivo es de 22,220 pesos.

(11) Bajo la base de un trabajo a mano en los dos primeros.

(12) Túnel de 920 metros i 350 pesos p. m. c. en el original.

Sin cremallera i con túnel de 3,500 metros:

48 Kms. línea en el fondo del valle a \$ 11,020 c/u.	\$ 528,960
62½ » » de desarrollo a \$ 36,020 c/u..... »	2.395,330
7 estaciones a \$ 2,500..... »	175,000
3,500 metros túnel a \$ 800..... »	2.800.000
	<hr/>
Total.....	\$ 5.899,290

Con cremallera i sin túnel:

72 Kms. línea en el fondo del valle a \$ 11,020 c/n.	\$ 793,440
29.2 » » de cremallera a \$ 27,720..... »	809,424
7 estaciones a \$ 25,000..... »	175,000
	<hr/>
Total.....	\$ 1.777,864 (13)
	<hr/>
Mayores cortes.....	\$ 1.000,000
	<hr/>
	\$ 2.777,864

TRAZADO B.—*Llanos de Camisas*

Con cremallera i sin túnel:

54 Kms. línea en el fondo del valle a \$ 11,020 c/u.	\$ 596,080
3½ » » en desarrollo a \$ 36,020 c/u..... »	126,070
41½ » » de cremallera a \$ 27,720 c/u (13).. »	1.150,380
7 estaciones a \$ 25,000 c/u..... »	175,000
Mayores cortes i terraplenes..... »	1.000,000
	<hr/>
Total.....	\$ 3.047,530

(13) Esta suma debe ser aumentada notablemente, porque en realidad no hai valles sino cajones accidentados.

TRAZADO C.—*Cuesta de Las Palmas—Limahuida*

Sin cremallera i con túneles.

104 Kms. línea de desarrollo a \$ 36,020 c/u.....	\$ 3.746,080
1,600 metros túnel a \$ 500 c/u.....	* 800,000
700 metros túnel a \$ 300 c/u.....	* 210,000
6 estaciones a \$ 25,000 c/u.....	* 150,000
Total.....	\$ 4.906,080

Con cremallera i túneles (14).

41 Kms. línea al fondo del valle a \$ 11,020 c/u...	\$ 462,926
31½ Kms. línea de cremallera a \$ 27,720 c/u.....	* 873,880
6 estaciones a \$ 25,000 c/u.....	* 150,000
1,600 metros túnel a \$ 500 c/u.....	* 800,000
700 metros túnel a \$ 300 c/u.....	* 210,000
Total.....	\$ 2,496.106

TRAZADO D.—*Cuesta de Las Palmas a Las Vacas*

Sin cremallera.

78 Kms. línea de desarrollo a \$ 36,020 c/u.....	\$ 2.809,560
1,600 metros túnel a \$ 500 c/u.....	* 800,000
4 estaciones a \$ 25,000 c/u.....	* 100,000
Total.....	\$ 3.709,560

Con cremallera.

45 Kms. de línea al fondo del valle a \$ 11,020 c/u. \$	495,900
24½ Kms. de línea de cremallera a \$ 27,700 c/u. *	678,650
1,600 metros túnel a \$ 500 c/u.....	* 800,000
4 estaciones a \$ 25,000 c/u.....	* 100,000
Total.....	\$ 2.074,550

(14) Con la adopción de la cremallera puede disminuirse la longitud del túnel de 1,600 metros.

El gasto aproximado de combustible por tonelada de tren es para cada uno de los trazados: (15)

Trazado A.—Sin cremallera ni túnel.....				Kgms. 48
Id. id. i id.....				id. 42
Con id. sin id.....				id. 42
Id. B.—Con id. sin id.....				id. 45
Id. C.—Sin id. i id.....				id. 37
Con id. i id.....				id. 35
Id. D.—Sin id. i id.....				id. 39
Con id. i id.....				id. 41

Con estos datos, suponiendo seis trenes de 120 toneladas al día i agregando un 25% por aceite, estopa, etc., se tiene el siguiente gasto anual por estas partidas (16):

Trazado A.—I.....	\$ 315,000
II.....	» 276,000
III.....	» 276,000
Id. B.....	» 296,000
Id. C.—I.....	» 243,000
II.....	» 230,000
Id. D.—I.....	» 256,000
II.....	» 269,000

Los gastos anuales de conservación de la vía pueden estimarse

(15) Este cuadro ha sido hecho bajo las siguientes bases, corrigiendo deficiencias que existían en el que aparece en el orijinal:

1.° Se supone en los diversos trazados la siguiente relación de rectas i curvas:

A.	I.—35% con radio medio de 150 metros
	II.—35 » » » » »
	III.—30 » » » » 250 »
B.	—35 » » » » »
C.	I.—45 » » » » 150 »
	II.—32 » » » » 250 »
D.	I.—45 » » » » 150 »
	II.—40 » » » » 250 »

2.° Se ha fijado en 4 Kgr. el consumo de carbon por caballo hora i una velocidad media determinada por el tiempo empleado en recorrer el trayecto.

(16) Los resultados son muy diferentes de los que aparecen en el orijinal. Parece que se tomó solo tres trenes, fuera de que no se consideró la resistencia de las curvas,

en 300 pesos por kilómetro de adherencia i en 700 pesos por el de cremallera. Para cada trazado serian entónces:

Trazado A.—I.....	\$ 40,950
II.....	» 35,400
III.....	» 43,840
Id. B.....	» 39,950
Id. C.—I.....	» 31,800
II.....	» 35,050
Id. D.—I.....	» 23,700
II.....	» 29,750

El valor de la amortizacion anual por el desgaste de los materiales, estimado al 4% de su valor, seria:

Trazado A.—I.....	\$ 40,760
II.....	» 34,480
III.....	» 48,224
Id. B.....	» 55,600
Id. C.—I.....	» 30,960
II.....	» 38,060
Id. D.—I.....	» 22,960
II.....	» 34,650

El interes anual del capital invertido en las obras calculadas es el siguiente, estimado al 5%:

Trazado A.—I.....	\$ 198,336
II.....	» 291,964
III.....	» 138,893
Id. B.....	» 152,376
Id. C.—I.....	» 245,304
II.....	» 123,807
Id. D.—I.....	» 185,478
II.....	» 103,727

Con estos datos se ha formado el siguiente CUADRO COMPARATIVO DE LOS TRAZADOS:

	Por la cuesta del Pedernal			Por los Llanos de Camisas.	Por las Palmas a Lima-huida.		Por las Palmas a las Vacas.	
	I	II	III		I	II	I	II
Lonj. línea adherencia.	136½ k ^m	114½ K ^m	72 K ^m	57½ K ^m	104 K ^m	41 K ^m	78 K ^m	45 K ^m
Id. id. cremallera.			29½ »	41½ »		31½ »		24½ »
Id. túneles.		3½			2½ »	2½ »	1½ »	1½ »
Id. Total.	136½ k ^m	118 K ^m	101½ K ^m	99 k ^m	106½ »	74 5/6 »	79½ k ^m	71 k ^m
Estaciones.	7	7	7	7	6	6	4	4
Tiempo de viaje— Total.	5 h 53'	4 h 52'	5 h 05'	5 h 05'	4 h 07'	4 h 05'	4 h 55'	4 h 55'
Combustible por tonelada.	48 Kgs.	42 Kgs.	42 Kgs.	45 Kgs.	37 Kgs.	35 Kgs.	39 Kgs.	41 Kgs.
Capital compara- tivo.	\$ 3.966,730	\$ 3.899,290	\$ 2.777,864	\$ 3.047,530	\$ 4.906,080	\$ 2.496,106	\$ 3.709,560	\$ 2.074,550
Gasto por combus- tible.	315,000	276,000	276,000	296,000	243,000	230,000	256,000	269,000
Id. Id, conserva- cion.	40,950	35,400	43,840	39,950	31,800	35,050	23,700	29,750
Amortizacion.	40,760	34,480	48,224	55,600	30,960	38,060	22,960	34,650
5 % del capital.	198,336	294,964	138,893	152,376	245,304	124,807	185,478	103,727
Gasto total compa- tivo.	595,046	540,844	506,957	543,926	551,064	427,917	488,138	437,127
Alturas por salvar.	1,448	1,200	1,448	1,622	1,314	1,000	1,070	1,312

NOTA. Las partidas de conservación i amortización en los trazados por Las Palmas a las Vacas deben ser aumentadas con las cantidades que corresponden a la línea de Las Vacas a Choapa.

La observacion del cuadro anterior hace ver que los trazados mas económicos son los que van a las Vacas a juntarse con el ferrocarril de Vilos a Illapel, i que en todos es mas barato el de cremallera que el de adherencia simple.

Por el servicio de esplotacion, etc., deben desecharse los que van por la cuesta del Pedernal i por el Llano de Camisas, advirtiéndose que, por la altura a que suben, en invierno se cubrirán de nieve, en parte, que debe ser sacada; lo que constituye un inconveniente de consideracion.

Por la rapidez de viaje son preferibles los de Las Palmas a Limáhuida, i de ellos el de cremallera por necesitar un capital menor de 2.410,000 pesos que el de adherencia i representar un servicio anual menor de 123000 pesos, o sea el interes de ese capital, sin alargar el tiempo de viaje.

Los trazados por Las Palmas a las Vacas presentan el grave inconveniente de que por las pendientes i curvas de la subida al túnel de Cabilolen se dificultaria la esplotacion jeneral, pero tienen la importante ventaja de facilitar el movimiento de los productos del Valle de Petorca i de los cajones del Frutillar, de Las Palmas, de Tilama i de Pupio al puerto de los Vilos, que con los que llegarán de Salamanca, Illapel i Combarbalá tomaria una importancia tal, por la concentracion de carga i pasajeros, que aceptaria un mejoramiento para que está preparado.

La diferencia de 422,000 pesos entre los trazados con cremallera i de 1.200,000 entre los de adherencia que van a Las Vacas i a Limáhuida justificaria por hoy la adopcion del primero como término del ferrocarril, pero es necesario considerar esta medida como provisoria i preparar las cosas para mas tarde llegar a Limáhuida, por cuyo motivo i las consideraciones ántes espuestas me creo en el deber de recomendar a la Direccion Jeneral el siguiente trayecto para la ubicacion jeneral del ferrocarril que debe unir a Pedegua con el de los Vilos a Illapel:

Tomar el fondo del Cajon de Las Palmas hasta cruzar el Estero del Frutillar; desde este punto subir con línea de 6% i de cremallera a un túnel en el cerro de las Palmas para bajar en seguida con 6% i cremallera por la Quebrada del Quelon al Valle de Tilama; subir al Portezuelo de los

Cristales con 6% i cremallera i bajar al Romero en la misma forma; i, de este punto, siguiendo el cajon de Pupio ir a las Vacas a empalmar con la línea de Vilos a Ilapel. Un estudio complementario se hará subiendo del Romero, con 6% i cremallera, a un túnel en la cuesta de las Astas para bajar en las mismas condiciones al cajon de Limáhuida i empalmar a la salida de éste con la línea de Vilos a Salamanca.

La longitud de estos estudios agregados a los de Cabillo a Pedegua seria:

De Cabillo a Pedegua	15 Kms.
De Pedegua a Limáhuida	74 »
De Romero a Las Vacas.....	23 »
	—
Total.....	112 »

Habiendo así una diferencia de 21 kilómetros con lo contratado, lo que por de pronto produciría una economía de 4,000 pesos en los estudios en virtud del contrato suplementario con la Dirección Jeneral.

Santiago, Abril 6 de 1896 (17).

ENRIQUE VERGARA MONTT

(17) Ha sido revisado en Noviembre 4 de 1896.

F. C. DE CABILDO A CHOAPA

PROYECTOS DE UBICACION

