

Algunas observaciones generales sobre recubrimiento de grava en la zona austral

En experiencia recogida de estudios de canales hice mención en una ocasión de una fórmula empírica para determinar la capacidad de arrastre del agua (1).

Esta fórmula, más bien una expresión gráfica de otra conocida, que el infrascrito divulgó algunos años atrás para destacar la influencia del arrastre del sedimento en los ríos de Chile (2), generalmente desestimada por los proyectistas de canales y tranques, tiene para las observaciones sobre depósitos de lastre que me ha cabido conocer en el Sur una aplicación bastante apropiada al caso. En efecto, puede expresarse esta condición bajo cierto aspectos si se quiere científicos, con que cabe considerar el material empleado en la construcción de caminos en la región austral del país.

Si se echa una ojeada al mapa de Norte y Sud-América se observa en el gran cordón cordillerano, Rocky Mountain, que desciende desde el Este de Norte América y continúa como Cordillera de Los Andes en Sud América hasta el Cabo de Hornos, dos o tres circunstancias especiales. La mayoría de los ríos del Norte y Centro América nacen con una cota media de 3,500 a 4,500 mts. sobre el nivel del mar, con un desarrollo desde este cordón de montañas al océano que fluctúa entre 400 y 800 Kms., para el caso, digamos recorren este espacio con una pendiente media de 0.001, (uno por mil).

En Colombia, Ecuador, Perú y sectores de la región Norte de Chile, estas condiciones son relativamente análogas. En el norte, centro y parte del sur del país, la faja entre mar y cordillera se estrecha bastante y se mantiene no obstante esta misma altura media del cordón cordillerano. Desde Biobío hacia la zona central la faja se ensancha y en cambio se reduce considerablemente la cota media hasta desaparecer en Magallanes.

Esta pequeña exposición y el desarrollo de la fórmula que se cita precisa hasta qué punto influye la conformación geográfica de una región en los depósitos de grava, vale decir, sobre la condición de la materia prima con que se construyen las calzadas de ripio.

(1) Anales del Instituto de Ingenieros, año 1932, número 8. «Perjuicios producidos en canales por exceso de velocidad» por Julio Jul.

(2) Anales del Instituto de Ingenieros, año 1926, número 3 y 4. «Selección de Velocidades y el factor Sedimentación en los Canales» por Julio Jul.

Al expresar la capacidad de transporte, de tracción o de arrastre en términos más gráficos de volumen o diámetro, se llega a esta simplificación de la fórmula:

$P \propto V^6$ (1) donde P es la fuerza de arrastre.
 V velocidad de transporte.

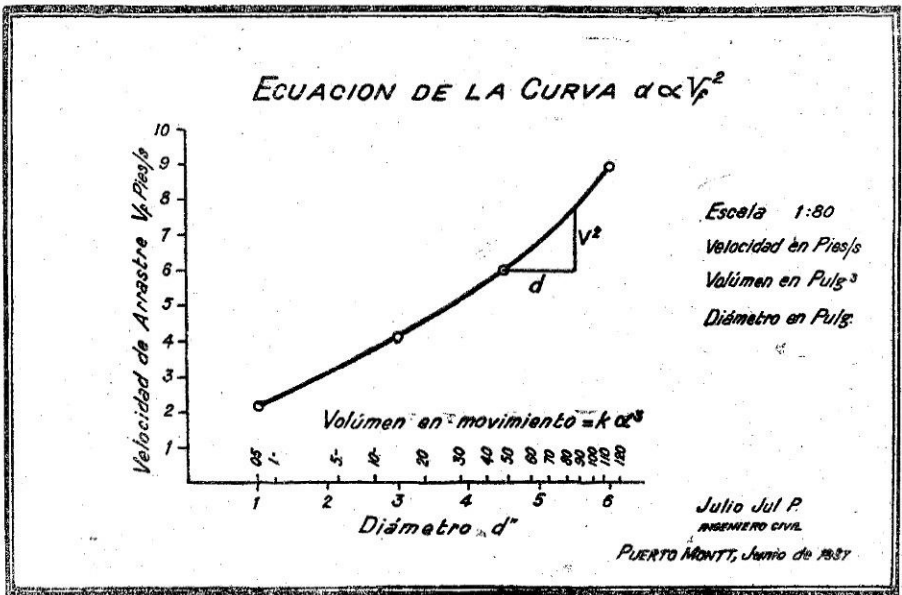
$Kd^3 \propto KV^6$

$d \propto V^2$ (2) d es el diámetro en pulgadas.
 V la velocidad en pies por segundo.

Esta proporción sugiere que una piedra de forma redonda, de diámetro *d* empezará a rodar a lo largo de la base de un río ante la acción de una velocidad de fondo V^2 .

Si esta velocidad se duplica por una mayor altura de agua o pendiente más fuerte, su capacidad de arrastre se cuadruplica; es decir, la dimensión de la piedra en movimiento alcanzaría a un diámetro de 4 *d*.

Una velocidad triple impulsa un volumen de diámetro igual a 6 *d* etc. Cabe entonces establecer una ley de carácter empírico que relacione esta fuerza, capacidad o velocidad de transporte, como desee llamársele, con el volumen movilizado, según se ilustra por el gráfico que se acompaña.



Si se toman cifras de Login, Dubuat, Sainjoin y otros que fijan una velocidad media de fondo de 0.70 ms/segundo para hacer gravitar una esfera de 3/4" de diámetro, puede pensarse en la magnitud de este poder de arrastre cuando de un río de régimen normal se pasa a un torrente.

Este último caso más común desde Biobío al Norte proporciona pozos de lastre regulares, mientras los ríos de regímenes normales, en cambio, con características casi

y 200 kms. La pendiente fuerte de estos últimos, que determina esta velocidad superior multiplica su capacidad de arrastre.

Bajo esta circunstancia el arrastre superior representa un proceso de acarreo de material de grava que se refleja con frecuencia en la conformación de embanques, compactos y homogéneos de material lavado, libre de arcilla; condición esta última cuya explicación reside en una diferencia de gravedad específica.

La velocidad superior no deja lugar a un depósito de grava y arcilla en una misma proporción; la primera siendo más pesada, se precipita luego, y la segunda, por flotación, continúa su curso hasta encontrar un remanso donde reposa.

Es esta condición anormal de régimen de los ríos del centro y norte del país que brinda sobre todo a la ciudad de Santiago, un material de construcción excelente que se emplea con éxito, tanto en sus modernos edificios de concreto armado, como en la red de sus caminos de asfalto, grava y obras de arte.

Este material de primera clase por su homogeneidad y de fácil extracción, representa a través de los años una economía de algunos cientos de millones de pesos, si se considera que su uso no sólo se extiende a la Provincia de Santiago, sino que abarca gran parte de la República bajo similares condiciones de pureza.

El caso totalmente inverso ocurre en la zona austral, podría decirse, desde Cautín a Chiloé. El río similar al de Norte América, guardando las debidas proporciones, puede clasificarse como de régimen normal. Su poder de arrastre, inferior proporciona embanques escasos de material, con un porcentaje bastante pobre de grava y desde luego con un excedente de arcilla.

De allí proviene el origen del poco éxito de nuestro obligado sistema de construcción del camino de grava en el Sur, siendo este material de la región el que puede emplearse en un plan de trabajo de gran aliento y el que debe financiarse con un presupuesto exiguo.

Luego, el motivo directo entonces del problema caminero en el Sur no es otro que esta escasez manifiesta de ripio de buena calidad y que conjuntamente con la dificultad de transporte y pocos fondos de que dispone la Dirección General de Obras Públicas para la vialidad, acrecienta un malestar que la prensa se encarga de difundir no siempre con conocimiento de causa y en general por ignorancia del origen básico del problema.

Para disminuir este mal y llegar a un mejoramiento del mismo, se acompañan estas observaciones de orden práctico, que quizás sirvan de base al Departamento de Caminos para algunas disposiciones afectas al Reglamento y cuya aplicación podría ser de positivo provecho para la construcción o mejoramiento de los caminos de esta zona.

Parte de las observaciones que a continuación se presentan en este trabajo, pertenece a los conductores de obras, don José del Carmen Lorca y don Carlos E. Oyarzún como resultado del tema elegido por el infrascrito para su estudio.

El ripio es un material de construcción compuesto de piedra redondeada (bolón) y gravilla o pequeños cantos rodados unidos por un cemento o aglomerante arcilloso, en algunas ocasiones y en la mayoría con arena, tierra y bastante arcilla. Es este compuesto de color azul claro o ceniza intenso, el ripio que se encuentra en la zona austral y el que se emplea, tanto en obras definitivas como en faenas de emergencia que han de ejecutarse en el menor tiempo.

Puede dividirse la zona austral del país por una línea que corre junto a los ríos Calle-Calle, Collilelfu, Llollelhue, Río Bueno, Rahue, Río López, Colegual y Maullín, en dos zonas principales, a saber: la oriental que quedará comprendida entre la Cordillera y la línea de estos ríos en su nacimiento y la occidental que comprenderá el resto, es decir, desde este frente fluvial hasta el Océano Pacífico.

La primera de estas zonas es, si se quiere, abundante en material adecuado para la construcción de caminos, tanto en el sentido longitudinal como transversal, pero el ripio, en la forma que se necesita científicamente para su uso, es difícil de encontrar. Sin embargo, los pozos y minas de la zona según se ha visto en la práctica, en sectores contados de caminos, donde se ha llegado a experimentar su calidad, contienen un material con el que es posible alcanzar una dosificación convenientemente regular para las necesidades del tráfico.

Para ello es suficiente tomar conocimiento de los resultados obtenidos antes en obras similares y de la proporción y clase de aglomerante con que esté ligado. Restará sólo apreciar la malla del harnero que ha de usarse para extraerle el exceso de arena o material extraño que contenga, si así se estima conveniente.

Así como puede decirse que la primera zona es rica en ripio de buena calidad, puede también afirmarse que la segunda es bastante pobre. En esta zona contrasta la calidad de sus suelos con la calidad de su ripio para sus obras camineras.

La escasez de material adecuado para caminos se advierte prácticamente hoy mismo, tanto para la conservación de los existentes como para los que se construyen. Pueden nombrarse como ejemplos de actualidad los caminos de Valdivia a La Unión, Osorno a San Juan de la Costa, Santa María a Riofrío, Las Quemadas a Los Muermos, Tegualda a Pampa Bonita, etc. Esta falta de ripio no sólo encarece las obras propiamente camineras, sino que también se deja sentir en forma onerosa en las obras ferroviarias. La Empresa debe consultar ingentes sumas para llegar a obtener un regular afirmado de plataforma.

El ancho y espesor de la capa de ripio, sea cual fuere la calidad del material que ha de emplearse, merece un comentario aparte por las siguientes razones: la tierra en la zona austral, por naturaleza permeable, absorbe en corto tiempo una parte considerable de las abundantes lluvias que caracterizan al Sur del país; es por lo tanto esponjosa y blanda en su primera capa.

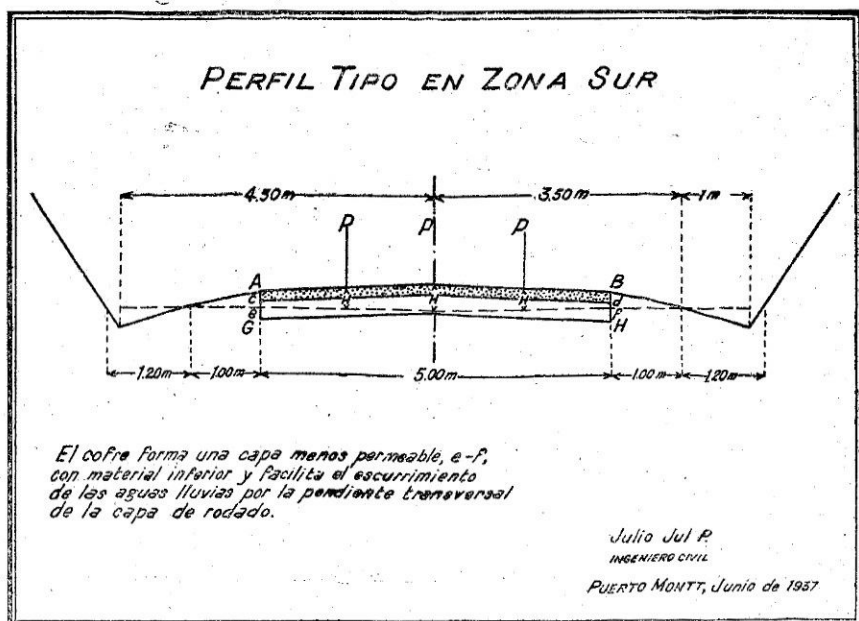
El perfil tipo A de la Dirección General de Obras Públicas, que es el más indicado para la zona, por tratarse de terrenos accidentados, y por ser además el más económico en volumen de cortes y terraplenes, consulta una calzada ripiada de cuatro metros de ancho, un espesor de 0.20 m. al centro y 0.14 m. a los costados. Por otra parte es característica especial de esta provincia el tipo de carreta de cuatro ruedas, cuyos ejes tienen 1.95 m. de largo. Es fácil entonces suponer que una calzada de 4 mts. no responde a un tráfico en que los vehículos al cruzarse topan sus ejes para no tomar las bermas. Y aun cuando así sucediere, el peso del vehículo produciría dos efectos desastrosos para el camino: el primero es que las ruedas rebanan los costados de la ripiadura y el segundo, que siendo de tierra la berma, ésta se hundirá al peso del vehículo, produciéndose la falta de simetría en el perfil.

Ahora luego, siendo la zona austral escasa de material de grava y en ocasiones este material de dudosa resistencia, pobre en calidad porque contiene abundancia de

arcilla, no siempre admite harneos de acuerdo a los Reglamentos para Recubrimientos como se acostumbra en el centro del país.

Más bien, parece que toda experiencia económica aconseja trasladar parte de este material en su mismo estado natural y colocarlo como afirmado de base con un espesor de 0.30 m. en vez de 0.10 m. o 0.15 como se establece en las especificaciones técnicas de cada contrato. En el proceso de selección conforme al Reglamento, el material pierde en parte sus condiciones de consistencia y resistencia, de modo que el principio económico por el cual parece regirse todo presupuesto elaborado por la Sección Estudios para los caminos del Sur y que prima a la larga, conduce a semejante resultado.

También, al omitir parcialmente faenas de harneo para la capa de base se suprime una labor que en la región es sumamente pesada de ejecutar. Las condiciones de



clima en Llanquihue, la misma falta de sendas de acceso a los pozos de lastre, carencia a veces hasta de elementos de transporte apropiado para estas sendas, como el buey, y la carreta desde el momento que en la mayor parte del año no puede pensarse en el camión, agregado a otro factor no menos importante como el mayor peso del material, húmedo en invierno, peso que supone un esfuerzo proporcionalmente superior del obrero al pasarlo por las cribas para la completa selección de un metro cúbico y que se traduce seguramente en un 20% más de capacidad de trabajo efectivo, son factores que suman al final un aporte de energía, un exceso de labor humana que no siempre se considera en todo su valor intrínseco en el análisis de precios que se hace al confeccionar un estudio. Si se añade a esto la absoluta dificultad para proceder a las faenas de harneo, por lo menos en pozos de lastre paralelos al camino en construcción, donde el material se encuentra en bloques que es preciso triturar, lavar luego repetidas veces para desprender después de 4 a 5 operaciones de harneo un metro

cúbico de ripio que dista todavía de alcanzar las exigencias de limpieza y pureza establecidas en el Reglamento, se llegará a la conclusión práctica que el material cuidadosamente seleccionado para el afirmado de base, ha quedado en condiciones inferiores de resistencia al que contenía en su amalgama natural.

Conviene destacar una circunstancia que en el Sur representa caracteres de singular importancia. Todo material, aun colocado dentro de las exactas disposiciones del Reglamento, se lava intermitentemente durante 8 meses del año y puede decirse bajo experiencia directa, que el afirmado de rodado tiene en esta región vida limitada, aun cuando sea repasado constantemente por conservación.

En efecto, a medida que se lava la capa de rodado, el tráfico desplaza a la piedra limpia que ha perdido todas sus condiciones de consistencia desde el momento que le falta el conglomerante.

Aflora luego el material inferior de base, se empieza a socavar la fundación y el resultado es un desgaste prematuro de la calzada que no tiene conservación duradera posible.

En cambio, un mayor espesor para la capa de base, con material reglamentariamente inferior aduce ventajas que se ilustran en el croquis que se acompaña.

El mayor peso del material comprendido en la Sección A B-e f, comprime el cofre seguramente en la proporción H de la fórmula generadora. Esta mayor presión supone una capacidad superior de consistencia y permeabilidad de fundación.

En esta forma, el material elegido para la capa de rodadura seleccionada reposa sobre una fundación más compacta, facilitándose a la vez el escurrimiento de las aguas lluvias ante un coeficiente de filtración, indudablemente inferior, formado por la sección comprimida e f-G H.

Algún material que se encuentra en los pozos del Km. 4,7 en el camino de Las Quemadas a Los Muermos lleva como componente lo que los vecinos de la región denominan fierrillo; un compuesto de bastante arcilla, cierta proporción de arena y poca piedra. La arcilla en el estado que se le encuentra dificulta enormemente la separación de la grava, quizás por su amalgama particular con la arena acompañada de ciertas condiciones de humedad hasta el extremo que aun sometido el material a varios lavados siempre queda parte de esta pasta adherida a la grava. En una zona húmeda y lluviosa como ésta, resulta paradójico hablar de escasez de agua, sin embargo el caso es circunstancialmente verídico; para lavar en forma el material y dejarlo en condiciones sólo aproximadas a las establecidas en el Reglamento, sería preciso preparar canales como medio de conseguir el agua para estas faenas, lo cual también representa una labor que no se consulta en el análisis de precios. Aparte de estas dificultades, tendríamos que la desintegración de la grava del fierrillo, proceso de rigor para llegar en forma artificial a la dosificación reglamentaria, tiende más bien a un desmejoramiento total del material al ser colocado en calzada, por lo que se ha podido verificar en el Km. 4,7 del camino de Las Quemadas a Los Muermos.

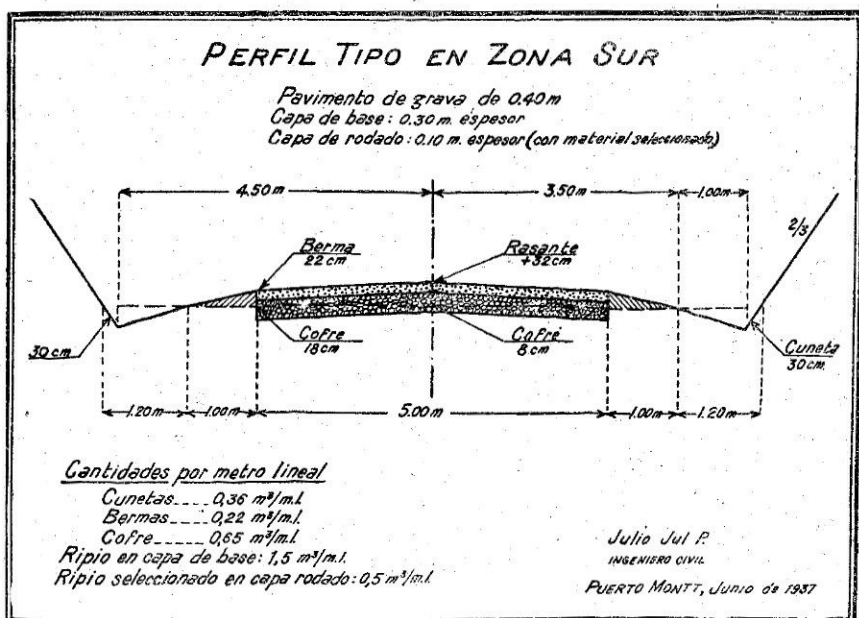
Esta grava desprendida de su conglomerante natural no ofrece la misma consistencia de su estado primitivo de amalgama.

Por otra parte, se ha visto en la práctica que la colocación de este material a que me refiero, sin harnear, en primavera, cuando la atmósfera está aún húmeda, llega en calzada a adquirir una consistencia normal después de ligeras lluvias y bastante satisfactoria para el tráfico de la región, la carreta de cuatro ruedas.

Este sistema de tráfico regular en la región (se hace hincapié en ello, porque no existe la carreta de dos ruedas que se estila en el centro) que si por un lado exige como necesaria la calzada de 5 mts. de ancho, en cambio el peso que se distribuye en cuatro ruedas reduce en un 10% el factor determinante del espesor de la calzada en cuanto a resistencia.

En verano el caso es distinto; esta amalgama perdería sus condiciones de solidez, porque expuesta a una atmósfera violenta concluye por disgregarse rápidamente. Quizá sea este un proceso de cambio brusco de presión atmosférica entre la larga estación de invierno y el corto verano sobre un material de tal composición, que se le encuentra en condiciones casi permanente de humedad.

Se deduce luego de las experiencias recogidas al aplicar el Reglamento para Recubrimientos de grava en calzadas en el Sur, las siguientes sugerencias que podrían interesar al Departamento de Caminos para contemplar alguna modificación substancial en las especificaciones generales de los contratos. Ellas pueden resumirse así:



1.º Ampliar ante todo la calzada de grava de 3 y 4 mts. como se acostumbra hacerla a 5 mts. de ancho, con espesor medio de 0.40 m.

2.º Especificar en las bases técnicas que la primera capa de base debe ser de un espesor medio de 0.30 m. con 1.50 m³/ml. y mantener la capa de rodadura con espesor medio de 0.10 m. y 0.50 m³/ml. Esta última capa debe ser harneada dentro de las disposiciones que ordena el Reglamento.

3.º Escoger el material de rodadura con preferencia de pozos limpios, exento de exceso de arcilla, que los suele haber no siempre a distancias ventajosas y someter este material al examen previo de laboratorio para su resistencia. Indicar la ubicación de estos pozos en la memoria de los estudios. Estas disposiciones corresponden

a todo proyecto de estudio de manera que se evite en lo posible conflicto ulterior durante la construcción.

Las ventajas de orden económico son fáciles de suponer. Salvo excepciones se encuentran, por lo general, pozos regulares próximos a la faja del camino en construcción. El costo de transporte aun cuando la senda sólo sea apropiada para un tráfico de carreta resulta a un precio discreto en relación a su menor distancia, de modo que el costo por mayor espesor de base se ajusta con el menor gasto de transporte.

El precio de conjunto para las capas de rodado y de base no varía en forma apreciable, facilitándose en cambio una labor de trabajo que suprime el harneo para la capa de base, cuyo rendimiento en la práctica es problemático en el Sur.

4.º Fijar en todo presupuesto un precio unitario especificado para el material de base y otro para el material de rodadura.

La facilidad que se desprende de esta división consiste en que al hacerse un estado de pago que engloba el ítem «afirmado» en una sola partida, el inspector con mayor claridad puede proceder al pago directo de la obra hecha o sea la capa de base, que es la primera que se hace, en lugar de expresar su equivalente en la capa de afirmado total que incluye en la partida del presupuesto ambas capas.

5.º Otra condición primordial es la que concierne a los plazos que rigen para los contratos de caminos y la fecha de apertura de propuestas para el Sur.

Las faenas de ripiadura pueden efectuarse durante los meses de septiembre a marzo. Conviene entonces fijar la fecha de apertura de propuestas en los meses de agosto y septiembre.

El plazo para las obras va relacionado directamente con la fecha oficial en que deben iniciarse los trabajos. Es indudable que una obra contratada en mayo poco avanzará en su desarrollo normal, perdiendo el contratista tres meses por lo menos del tiempo estipulado en su contrato.

Ningún camino inferior a 5 Kms. de longitud, máxime si éste comprende terraplenes de altura superior a 2 mts. debe contar con un plazo de 8 meses como es norma del Departamento fijar en sus contratos. Las razones obvias pueden resumirse así: los terraplenes requieren para su asentamiento normal un plazo mínimo de un año; después de este tiempo el material de grava podrá quedar en condiciones de estabilidad longitudinal. El material colocado sobre un terraplén fresco pierde su perfil longitudinal, y transversal mientras se opera este proceso de asentamiento. Por lo demás, la tarea de harneo, selección y transporte del material en invierno, como se ha explicado en este trabajo, es sencillamente una faena cara y demorosa de efectuar.

Luego podría proponerse como fecha de apertura de propuestas el mes de agosto y considerando el exceso de lluvia en esta región desde que la temporada de trabajo efectivo es de 4 a 5 meses, tomar únicamente este tiempo como plazo hábil durante el año para un contrato.

Para neutralizar las deficiencias granulométricas del ripio de la región podrían fijarse algunas normas de trabajo y preconizar la dosificación reglamentaria de acuerdo a la última circular del Departamento sobre el asunto durante los meses de primavera y verano.

Por ejemplo, cuando se encuentra en los pozos material con excedente de arcilla y siempre que las condiciones económicas del proyecto no recomienden todos los harneos del reglamento general podría mejorarse el material natural para la capa de

base con una mezcla de arena. Viceversa cuando el material contiene abundancia de arena es de rigor entonces llegar a una dosificación reglamentaria granulométrica con una mezcla de arcilla. Como casos típicos podrían citarse los siguientes caminos de Llanquihue, donde cabe un mejoramiento como el indicado:

Camino de Puerto Montt a Puerto Toledo, Puerto Montt a Puerto Varas y gran parte del Longitudinal, sectores de Línea Balmaceda y del Camino de Puerto Varas a Riofrío.

La capa de rodado existente contiene alrededor de un 40% de grava y el resto de arena. Este último componente que se lava todos los inviernos ha dejado en muchas partes la piedra limpia. La conservación que se hace, en parte debido a falta de fondos, se reduce a una simple tapadura de hoyos con el mismo material de los pozos paralelos al camino y con las consecuencias inherentes a toda solución pasajera. El procedimiento más eficaz sería hacer en primavera una ligera excarificación, colocar luego una mezcla de arcilla, una capa delgada de grava fina y rodillar la faja. Este procedimiento que envuelve un costo fuera del alcance del presupuesto ordinario de conservación, es sin embargo, el más indicado para traducir las calzadas existentes en caminos de primera clase. En el camino de Fresia a Totoral, Fresia a Ñapeco, Tegalda a Pampa Bonita, puede seguirse un método similar empleando esta vez una mezcla de arena en lugar de arcilla.