

RECOMENDACIONES PARA EL CALCULO DEL ESPESOR DE FIRMES FLEXIBLES

LABORATORIO DEL TRANSPORTE

RLT-102/57

1. Objeto de estas recomendaciones.

El objeto de estas recomendaciones es la determinación del espesor total y del de cada una de las capas de que consta un firme flexible.

Se excluye de estas recomendaciones el caso de firmes construídos en zonas afectadas por la helada.

2. Constitución de un firme flexible.

2.1. CAPAS DE QUE CONSTA.

Un firme flexible consta de tres capas: capa de rodadura, base y subbase.

2.1.1. La capa de rodadura es la situada en la superficie del firme, generalmente de sólo unos centímetros de espesor, y tiene como fin primordial resistir los esfuerzos tangenciales y de impacto originados directamente por el tráfico, además de la eliminación del polvo, mejora de la adherencia del neumático, disminución del desgaste del mismo y comodidad de la rodadura. Contribuye también al reparto de las cargas del tráfico, aunque generalmente en pequeña proporción. Suele estar constituida por un material asfáltico, bien sea una capa de riego superficial, aglomerado, hormigón asfáltico, etc.

2.1.2. Base es la capa situada inmediatamente debajo de la capa de rodadura, y tiene por fin esencial transmitir, repartiéndolas, las cargas del tráfico a la subbase. Debe estar constituida por materiales suficientemente resistentes para poder soportar las cargas del tráfico que sobre ella actúan casi directamente. Estos materiales suelen consistir en un macadam, a veces impregnado por un riego asfáltico profundo, y, más raramente, aglomerado con asfalto o alquitrán. También puede constituirse por un material pétreo de granulometría continua debidamente escogida.

2.1.3. Subbase es la capa situada entre la base y la rasante de la explanación, y tiene como fines: 2.1.3.1. Repartir las cargas de modo que las tensiones y deformaciones originadas en la explanación no sean excesivas. 2.1.3.2. Evitar la contaminación de los materiales que componen el firme, por infiltración del suelo que forma la explanación.

2.1.4. Cada una de estas capas puede estar formada por otras varias de distinta naturaleza, pero es más frecuente el caso de que dos de estas capas se reúnan en una que cumple los requisitos de las dos, o incluso todas ellas se reúnan en una sola. Así, pues, la capa de rodadura se suprime con frecuencia en casos de tráfico ligero, teniendo en cuenta también el

clima de la región, trazado en planta y perfil y características del material pétreo que constituye la base.

La existencia de la subbase viene muchas veces impuesta por las características del terreno de la plataforma, para evitar la contaminación del material que constituye la base. En los casos en que no es así, la existencia de una subbase diferenciada o su incorporación a la base es problema primordialmente económico y constructivo.

2.2. PRECAUCIONES DE DRENAJE.

El conjunto del firme deberá estar constituido de modo que encuentre fácil salida el agua que pueda llegar a infiltrarse a través de la superficie, aun cuando ésta sea de tipo impermeable.

2.2.1. Si el suelo que constituye la explanación es francamente permeable, tal como las gravas o las arenas limpias, la subbase, si es que existe, deberá ser también permeable.

2.2.2. Si el suelo que constituye la explanación es impermeable, son posibles dos casos: 2.2.2.1. Subbase con una permeabilidad superior a la capa de base. en cuyo caso deberá proyectarse el firme de modo que el agua infiltrada en la subbase tenga rápida y total salida al exterior de la carretera, incluso proyectando drenes si fuera necesario. 2.2.2.2. Subbase impermeable, en cuyo caso las precauciones de drenaje indicadas en 2.2.2.1 deben referirse a la base. 2.2.2.3. La solución de subbase de escasa permeabilidad, inferior a la de la base, no es conveniente, pero puede emplearse en algún caso en que las circunstancias locales lo hagan necesario, extremando las precauciones de drenaje.

3. Determinación del espesor necesario para el firme.

3.1. MÉTODO DEL ÍNDICE DE GRUPO.

En principio, el espesor total del firme y de sus capas de base y subbase se fijará con arreglo al método del "índice de grupo", empleando para ello los datos obtenidos según las "Recomendaciones para el estudio del terreno y localización de canteras de materiales para una carretera".

3.1.1. En los terraplenes en los que, de acuerdo con dichas Recomendaciones, se haya efectuado la determinación de la densidad *in situ*, se comprobará si dicha densidad es igual o superior a los valores dados en la siguiente tabla. En caso contrario, se prescribirá un apisonado con rodillo neumático muy

pesado, sin perjuicio de otras medidas que, como drenajes, recrecimiento de los taludes, etc., puedan ser necesarias para remediar la inestabilidad del terraplén.

Tierras con densidad Proctor	Por 100 mínimo de la densidad Proctor
Menor de	1,65 102
Entre 1,65 y	1,75 100
» 1,75 y	1,90 98
Mayor de	1,90 95

3.2. OTROS MÉTODOS DE DETERMINACIÓN DEL ESPESOR DEL FIRME.

El empleo del método del índice de grupo representa tan sólo una exigencia mínima. Siempre que sea posible, se harán como complemento ensayos de California, bien sea en laboratorio o bien *in situ*.

3.2.1. *Determinación del espesor del firme cuando se efectúen ensayos de California en laboratorio.* — En este caso, el firme se proyectará de acuerdo con los resultados de estos ensayos.

3.2.2. *Determinación del espesor del firme cuando se efectúen ensayos de California "in situ".* — Estos ensayos pueden ser útiles solamente sobre una carretera construída y pavimentada con un pavimento de tipo impermeable, al menos tres años antes del momento del ensayo y si la densidad del terreno debajo del firme es la debida de acuerdo con el párrafo 3.1.1.

Si la densidad fuera baja, con poca diferencia respecto a los porcentajes indicados en el párrafo 3.1.1, los resultados de este ensayo pueden también emplearse, aunque llevarán implícito un coeficiente de seguridad suplementario desconocido, que puede llegar a ser muy grande.

3.2.2.1. Es muy importante, para que los resultados de este ensayo tengan validez, que se efectúe en la época en que, de acuerdo con las características de la carretera y el clima de la región, la humedad del terreno bajo el firme sea la máxima que alcanza a lo largo del año.

3.2.2.2. Por otra parte, no deberá emplearse este ensayo más que en suelos secos o húmedos, así denominados de acuerdo con el párrafo 3.2.1.3 de las "Recomendaciones para el estudio del terreno y localización de canteras de materiales para una carretera". Tampoco es aconsejable este ensayo en zonas inundables.

3.2.2.3. El ensayo se efectuará en calas abiertas en el firme, a distancia variable según la heterogeneidad y disposición de los terrenos y de las unidades geomorfológicas atravesadas, pero, en general, se partirá de una proporción media de tres calas por kilómetro.

3.2.2.4. Con las limitaciones indicadas en los anteriores párrafos, el firme se proyectará, en general, de acuerdo con los resultados del ensayo, pero se calculará también el espesor necesario por el método del índice de grupo.

3.2.2.5. Si el espesor correspondiente al índice de California fuera igual o mayor que el 75 por 100 del valor correspondiente al índice de grupo, se aplicará el valor correspondiente al índice de California.

Si éste fuera inferior al 75 por 100 del valor del índice de grupo, se hará un examen especial para comprobar que la humedad del terreno no podrá ser mayor realmente en ninguna época del año de la que tenía en el momento de determinarse el índice de California.

Si este examen diera un resultado favorable, se fijará un espesor del firme igual al menor de los dos siguientes valores:

75 por 100 del espesor correspondiente al índice de grupo.

125 por 100 del espesor correspondiente al índice de California.

Si el resultado del examen fuera desfavorable, se fijará el espesor correspondiente al índice de grupo.

Si no existiera posibilidad de efectuar dicho examen, se fijará un espesor igual al 75 por 100 del espesor correspondiente al índice de grupo.

4. Observaciones.

En el capítulo primero se establece que de estas Recomendaciones se excluyen los pavimentos construídos en zonas afectadas por la helada. Se entienden por tales aquellas en las que la permanencia de las bajas temperaturas durante muchos días conduce a la congelación del agua contenida en el suelo, produciéndose, según la calidad de éste, lentejones de hielo. Estos se funden al llegar el buen tiempo, reblandeciendo el terreno de tal modo que puede llegarse a la destrucción total del firme.

En general, si se trata de una carretera construída, el peligro se anuncia por un levantamiento del firme durante el invierno, que puede llegar a ser del orden de decímetros.

En nuestro país, estas circunstancias no se dan más que en carreteras de montaña, y aun en éstas, pocas veces en los trayectos soleados, pero sí en los lugares umbríos.

Las limitaciones incluídas en el párrafo 3.2.2.2. se deben, en primer lugar, a que, lógicamente, en el plan de mejora o reparación de una carretera, se incluirá la ejecución de drenajes para disminuir el grado de humedad en los tramos en los que el suelo, bajo el firme, se encuentre "muy húmedo", por lo cual los resultados del ensayo *in situ* serían, en el futuro, muy pesimistas.

En los suelos "muy secos", los resultados podrían ser en exceso optimistas, pues el estado de equilibrio de un suelo en nuestros climas corresponde a grados de humedad superiores, a los cuales tenderá el suelo, aun con el más perfecto de los drenajes.

Por último, para las zonas inundables es más práctico y seguro el ensayo en laboratorio, en el que la muestra se conserva bajo agua con tiempo suficiente para su saturación.