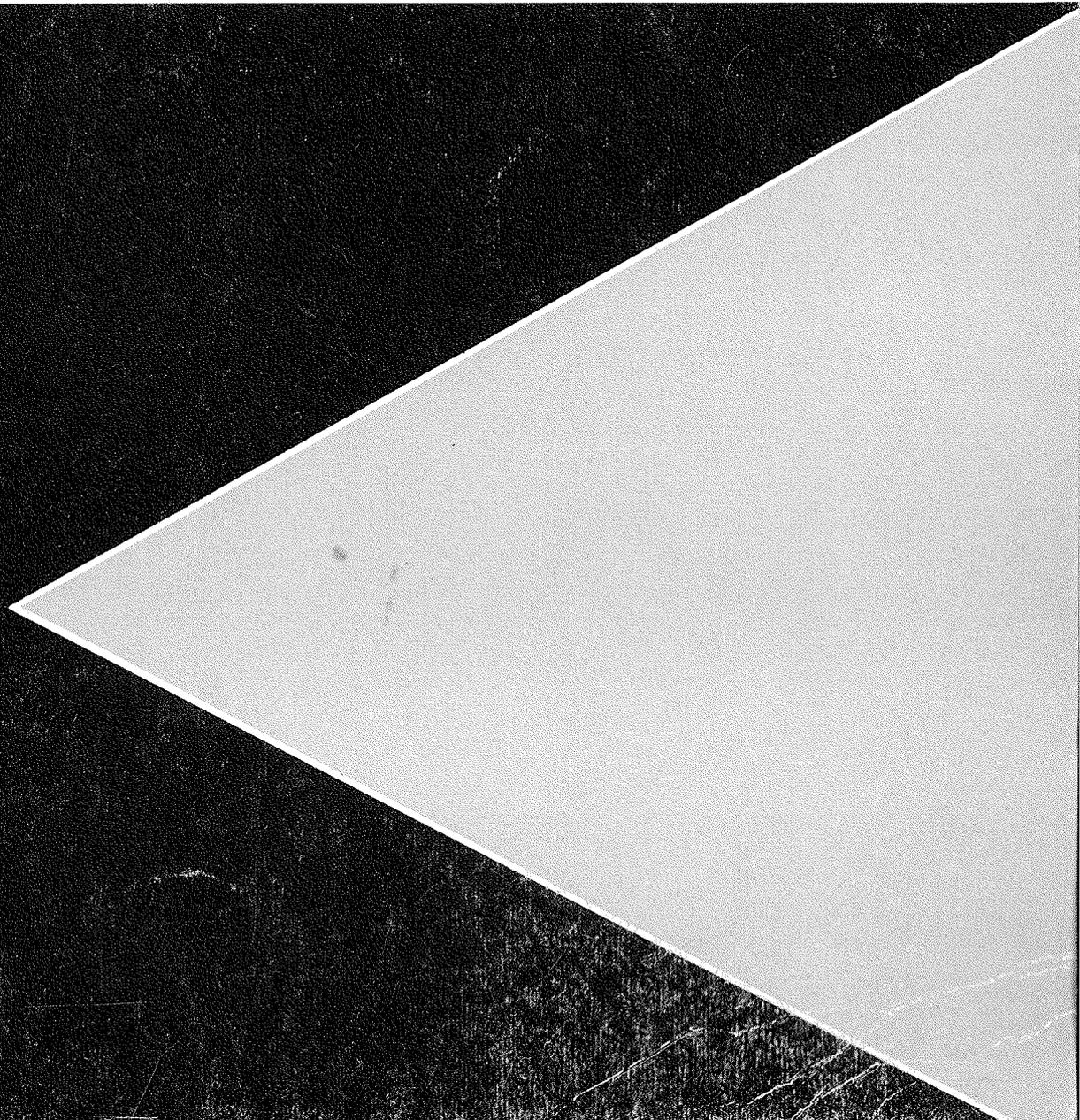


MOPU

DIRECCION GENERAL DE CARRETERAS

DEROGADA

Instrucción de carreteras Norma 6.2 IC FIRMES RIGIDOS





DIRECCION GENERAL DE CARRETERAS

FIRMES RIGIDOS

Instrucción de carreteras

Norma 6.2 IC

Se agradece el envío de observaciones y sugerencias sobre esta publicación a:

**DIRECCION GENERAL DE CARRETERAS
SECCION DE NÓRMAS Y NUEVAS TECNICAS**

TERCERA EDICION

NIPO: 151-87-062-7

Depósito Legal: M-17309-1987

I.S.B.N.: 84-7433-235-4

Orden Ministerial de 12 de Marzo de 1976, por la que se aprueban las Instrucciones 6.1.IC 1975 y 6.2.IC 1975 de "Firmes Flexibles" y "Firmes Rígidos".

La Orden Ministerial de 27 de Junio de 1961 que derogó la Instrucción de Carreteras vigente en aquella fecha, autorizó a la Dirección General de Carreteras y Caminos Vecinales para dictar, por Ordenes Circulares, las normas necesarias para la redacción de proyectos de carreteras. Dichas normas habrían de sustituir a la Instrucción derogada hasta que por Orden Ministerial se aprobaran las Instrucciones correspondientes a las distintas cuestiones que se mencionaban. Entre ellas figuraban las de "firmes y pavimentos".

Por Orden Ministerial de 21 de Marzo de 1963 se aprobó la Instrucción 6.1.IC sobre firmes flexibles, y por Orden Ministerial de 23 de Abril de 1964, la 6.2.IC sobre firmes rígidos.

La experiencia recogida en el tiempo de aplicación de las referidas Ordenes Ministeriales y las innovaciones técnicas surgidas durante el mismo aconsejan su actualización, y en su virtud,

Este Ministerio ha tenido a bien disponer:

1º.- Se aprueban las Instrucciones de la Dirección General de Carreteras y Caminos Vecinales 6.1.IC 1975 y 6.2.IC 1975 de "Firmes flexibles" y "Firmes rígidos", que figuran como anejos a esta Orden.

2º.- En la redacción de los proyectos de firmes flexibles y rígidos de carreteras, se tendrán en cuenta las normas y recomendaciones que figuran en las Instrucciones que se aprueban, facultativamente, a partir de su publicación en el Boletín Oficial del Estado y en forma obligatoria a partir de la vigencia del Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para obras de carreteras y puentes de la Dirección General de Carreteras y Caminos Vecinales PG 3/1975.

3º.- Quedan derogadas las Ordenes Ministeriales de 21 de Marzo de 1963 y de 23 de Abril de 1964 por las que se aprobaron, respectivamente, las Instrucciones 6.1.IC sobre firmes flexibles y 6.2.IC sobre firmes rígidos.

Lo que se comunica a V.I. para su conocimiento y efectos.

Dios guarde a V.I.

Madrid, 12 de Marzo de 1.976.

ILMOS. SRES. DIRECTORES GENERALES DE ESTE MINISTERIO.

INDICE

| | Pág. |
|---|------|
| 1. Objeto | 7 |
| 2. Ambito de aplicación | 7 |
| 3. Factores de dimensionamiento | 7 |
| 3.1. Tráfico | 7 |
| 3.2. Explanada | 9 |
| 3.3. Materiales del firme | 11 |
| 4. Catalogo de estructuras de firme | 15 |
| 5. Juntas | 17 |
| 5.1. Juntas longitudinales | 17 |
| 5.2. Juntas transversales | 17 |
| 6. Arcenes | 20 |
| 7. Pendientes transversales de la explanada y de las capas del firme | 21 |
| ANEJO | 23 |

1. OBJETO

El objeto de este documento es facilitar la labor del Ingeniero que ha de proyectar firmes rígidos. Se pone a su disposición una gama de posibles soluciones, entre las que elegirá la más adecuada, en base a consideraciones técnicas y económicas sobre el caso concreto a resolver. Se pretende asimismo unificar algunos criterios utilizados en estudios y proyectos de la competencia de la Dirección General de Carreteras y Caminos Vecinales, dando, cuando proceda, reglas concretas para su inclusión en los Pliegos de Prescripciones Técnicas Particulares.

2. AMBITO DE APLICACION

Esta Norma se aplicará en los estudios y proyectos de nuevas carreteras estatales.

No será aplicable, en cambio, al caso de refuerzos de firme, acondicionamiento de carreteras existentes, ni a pavimentos sobre obras de paso.

Esta Norma sólo será de aplicación a los firmes que se proyecten con los materiales considerados en el artículo 3.3. Cuando los materiales o unidades de obra sean diferentes de los considerados en 3.3, deberán justificarse las soluciones adoptadas, manteniendo en lo posible las reglas de esta Norma.

No se ha considerado la adopción de medidas especiales para evitar la formación de lentejones de hielo debajo del firme por la acción de heladas prolongadas. En el territorio nacional y en altitudes no superiores a 1.500 m, podrá admitirse que, aun en las condiciones climáticas más severas, no se presentará el "efecto helada". En los estudios y proyectos de carreteras situadas a una altitud superior a 1.500 m. se asegurará, mediante un estudio especial, que la explanada y las características de drenaje sean las adecuadas para evitar este fenómeno, ajustándose en lo demás a la presente Norma.

3. FACTORES DE DIMENSIONAMIENTO

3.1. TRAFICO

La estructura del firme será función del número y características de los vehículos pesados que se prevea vayan a circular por el carril de proyecto durante el período de proyecto. Este período será de 30 años, salvo indicación en contrario de la Orden de Estudio.

Se partirá de los estudios de tráfico, con aforos de intensidades y cargas por eje, y de los datos de que se disponga para la previsión de tráfico.

Siempre que sea posible, se estimará la distribución probable de cargas por eje y el número de ejes equivalentes de 13 t (130 kN) que utilizarán el carril de proyecto en el período de proyecto. A estos efectos, se utilizará la siguiente relación de equivalencias, desarrollada en la Tabla 1:

$$n = \left(\frac{P}{13} \right)^4$$

o bien

$$n = \left(\frac{P'}{130} \right)^4$$

siendo n el número de ejes de 13 t equivalentes a un eje de peso P (toneladas) o P' (kN).

Se despreciarán las solicitudes debidas a los vehículos no definidos como pesados.

Cada eje tándem de peso P se considerará como equivalente a 2,5 ejes simples de peso P/2.

TABLA 1

| Número de ejes equivalentes de 13 t(130 kN) correspondiente a un eje simple | | |
|--|--|--|
| Carga por eje P(t) P'(kN) | Número de ejes equivalentes de 13 t(130 kN) | |
| 1 10 | 0,00004 | |
| 2 20 | 0,00055 | |
| 3 30 | 0,003 | |
| 4 40 | 0,009 | |
| 5 50 | 0,02 | |
| 6 60 | 0,04 | |
| 7 70 | 0,08 | |
| 8 80 | 0,14 | |
| 9 90 | 0,22 | |
| 10 100 | 0,35 | |
| 11 110 | 0,51 | |
| 12 120 | 0,73 | |
| 13 130 | 1,0 | |
| 14 140 | 1,3 | |
| 15 150 | 1,8 | |
| 16 160 | 2,3 | |
| 17 170 | 2,9 | |
| 18 180 | 3,7 | |
| 19 190 | 4,6 | |
| 20 200 | 5,6 | |

Cuando no se pueda disponer de los datos concretos sobre evolución, asignación por carriles y distribución de cargas por eje, se admitirá lo siguiente:

1. La tasa de crecimiento anual del tráfico pesado durante el periodo de proyecto es del 4%.
2. En calzadas de dos carriles y doble sentido de circulación incide sobre el carril de proyecto el 50% del total de vehículos pesados.
3. En calzadas de dos carriles por sentido de circulación incide sobre el carril de proyecto el 100% de los vehículos pesados que circulan en el sentido considerado.
4. En calzadas de tres o más carriles por sentido de circulación incide sobre el carril de proyecto el 85% de los vehículos pesados que circulan en el sentido considerado.
5. La equivalencia de cada vehículo pesado en ejes de 13 t (130 kN) es de 0,5.

A efectos de utilización del catálogo de estructuras de firme (artículo 4), en la Tabla 2 se definen 5 categorías de tráfico en función del número acumulado de ejes equivalentes de 13 t (130 kN) previstos en el carril y periodo de proyecto.

TABLA 2

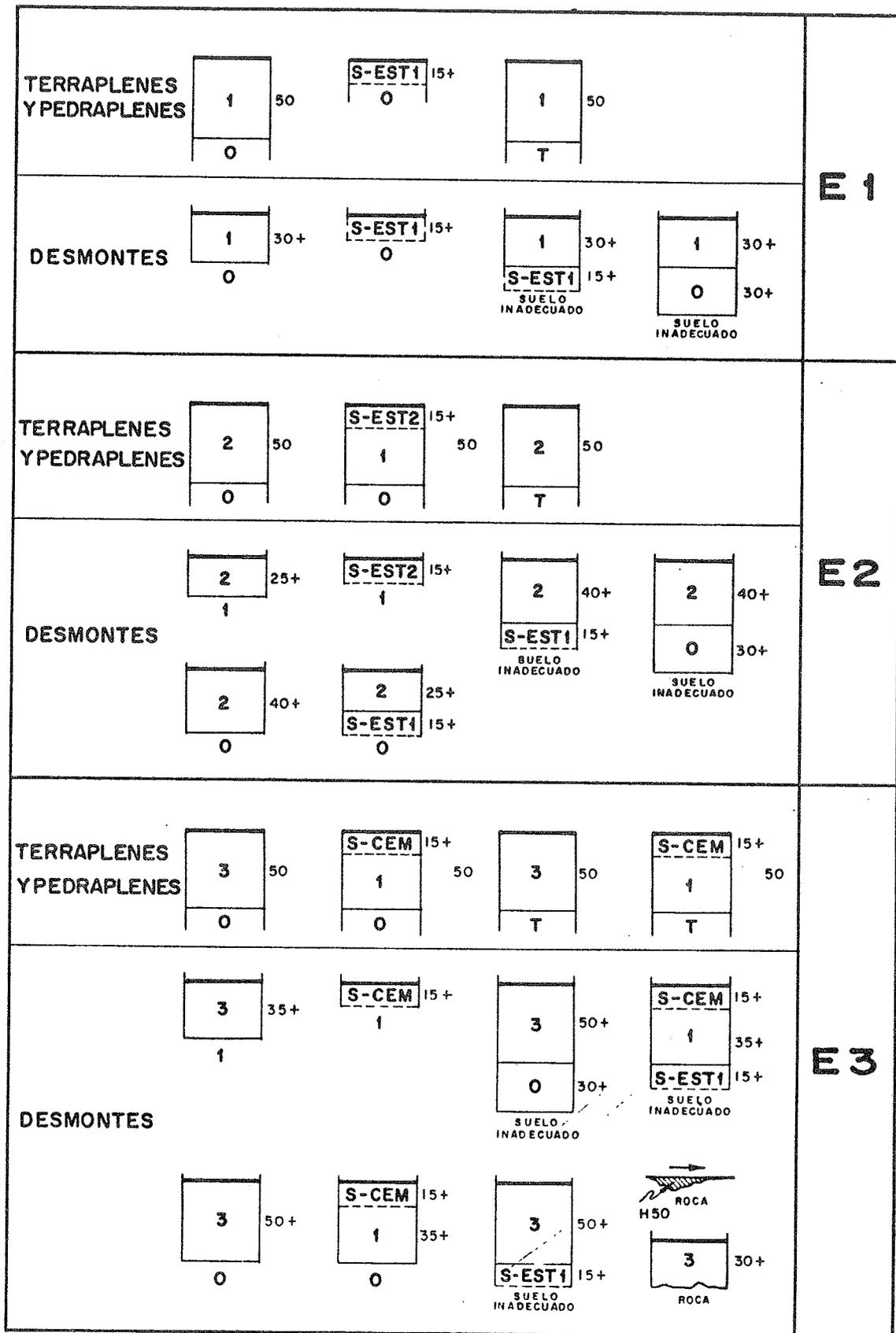
| <u>Categorías de tráfico</u> | | |
|------------------------------|--------------------|--|
| Categorías de tráfico | Designación | Número acumulado de ejes equivalentes de 13 t (130 kN) en el carril y periodo de proyecto |
| T0 | Muy pesado | superior a 10^7 |
| T1 | Pesado | $4 \cdot 10^6 - 10^7$ |
| T2 | Medio alto | $8 \cdot 10^5 - 4 \cdot 10^6$ |
| T3 | Medio bajo | $8 \cdot 10^4 - 8 \cdot 10^5$ |
| T4 | Ligero | inferior a $8 \cdot 10^4$ |

3.2. EXPLANADA

Para el dimensionamiento del firme se considerarán 3 categorías de explanada, de capacidad de soporte creciente:

- E1 CBR = 5 - 10
- E2 CBR = 10-20
- E3 CBR = 20 +

Los criterios a seguir para su clasificación se definen en la Figura 1.



Simbología: ver Tabla 3

Espesores en centímetros

FIG. 1 CLASIFICACION DE LA EXPLANADA

En terraplenes y pedraplenes, la categoría de la explanada dependerá de las características del material utilizado en la coronación. De acuerdo con el vigente Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para Obras de Carreteras y Puentes (PPTG), se considerarán como materiales aptos para la coronación los suelos adecuados y seleccionados, así como la estabilización in situ con cemento o con cal de suelos tolerables o adecuados, en una profundidad mínima de 15 cm.

En desmontes, la categoría de la explanada será función de las características del terreno natural en una profundidad mínima de 50 cm, y de las características y espesor del material utilizado, cuando se proceda a sustituir o estabilizar in situ el terreno natural. Se contempla el uso de los materiales antes indicados para terraplenes y pedraplenes, fijándose unos espesores mínimos. También se dan reglas para la clasificación de desmontes en suelos inadecuados y en roca.

En las secciones en terraplén de poca altura podrá ser necesaria una excavación adicional para la construcción de la explanada. Si el terraplén se cimenta sobre suelo inadecuado, el espesor mínimo del mismo será de 1 m.

En las secciones mixtas en terraplen y desmonte, se podrá adoptar la sección en terraplén cuando exigencias de uniformidad, facilidad de construcción o drenaje así lo aconsejen.

En la Tabla 3 se relacionan los materiales considerados, que cumplirán las exigencias del PPTG y las prescripciones complementarias que se expresan.

En los desmontes en los que el terreno natural esté constituido por suelo inadecuado en profundidad tal que haga inviable económicamente su sustitución, se comprobará que no son de temer cambios de volumen o asentamientos que afecten a la explanada. En otro caso será necesario un estudio especial.

En los desmontes en roca se recomienda el relleno de las depresiones que retengan agua con hormigón de cemento tipo H 50 (PPTG-Art. 610).

La superficie de la explanada debe quedar, en todos los casos, al menos a 60 cm por encima del nivel más alto previsible de la capa freática. A este fin y cuando sea necesario, se adoptarán medidas tales como la elevación de la rasante de la explanada, la profundización de cunetas, la colocación de drenes subterráneos, etc.

Se asegurará siempre la evacuación del agua infiltrada a través de las capas del firme de la calzada y arcenes. En los desmontes en roca, la explanada tendrá también a estos efectos la regularidad e inclinación necesarias.

Cuando se proyecten explanadas con materiales no incluidos entre los considerados en la Tabla 3 (escorias, cenizas volantes, etc.), serán clasificadas cuando sea posible por analogía, y en otro caso mediante un estudio especial.

3.3. MATERIALES DEL FIRME

3.3.1. Generalidades.

Sólo se han considerado las unidades de obra más usuales en el momento de la redacción de esta Norma, y de comportamiento conocido en servicio.

TABLA 3

| Materiales utilizados en explanadas | | | |
|--|---|---|--|
| Símbolo | Definición del material | Artículo correspondiente del PPTG | Prescripciones complementarias |
| 0 | Suelo tolerable | 330 Terraplenes | |
| 1 | Suelo adecuado(*) | 330 Terraplenes | |
| 2 | Suelo seleccionado(**) | 330 Terraplenes | |
| 3 | Suelo seleccionado | 330 Terraplenes | CBR mínimo: 20 |
| T | Material de la zona de transición en pedraplenes | 331 Pedraplenes | |
| S-EST 1 | Suelo estabilizado in situ con cemento o con cal(***) | 512 Suelos estabilizados con cemento 510 Suelos estabilizados con cal | CBR mínimo de la mezcla a los 7 días: 5 Mín. 2% de cemento o cal. |
| S-EST 2 | Suelo adecuado estabilizado in situ con cemento o con cal | 330 Terraplenes 512 Suelos estabilizados con cemento 510 Suelos estabilizados con cal | CBR mínimo de la mezcla a los 7 días: 10 Mín. 3% de cemento o cal |
| S-CEM | Suelo adecuado estabilizado in situ con cemento | 330 Terraplenes 512 Suelos estabilizados con cemento | Resistencia mínima a compresión simple a los 7 días: 15 kp/cm ² . |

(*) Únicamente a los efectos de clasificación de las explanadas en desmonte de la categoría E1, podrán incluirse también en este grupo los suelos tolerables (PPTG-Art. 330) cuyo CBR sea superior a 5, siempre que no sean de temer contaminaciones en las capas inferiores del firme.

(**) Únicamente a los efectos de clasificación de las explanadas, podrán incluirse también en este grupo los suelos adecuados (PPTG-Art. 330) cuyo CBR sea superior a 10.

(***) Se recomienda estabilizar con cal los suelos tolerables o inadecuados cohesivos (PPTG-Art. 330).

Las características generales de los materiales y la ejecución de las unidades de obra están definidas en los artículos respectivos del Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para Obras de Carreteras y Puentes - Dirección General de Carreteras y Caminos Vecinales - Ministerio de Obras Públicas (1975).

En el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares del Proyecto, además de citar los artículos correspondientes del PPTG, se incluirán las prescripciones adicionales que se indican a continuación.

3.3.2. Pavimento de hormigón

Según el artículo 550 del PPTG.

En pavimentos para las categorías de tráfico TO, T1 y T2 podrán emplearse los tipos de hormigón HP-45 ó HP-40.

En pavimentos para las categorías de tráfico T3 y T4 podrán emplearse los tipos de hormigón HP-40 ó HP-35.

Respecto a las juntas se atenderá, además, a lo prescrito en el artículo 5.

En general el pavimento será de hormigón en masa. Sin embargo, en determinados casos y siempre que se justifique la conveniencia por razones técnicas y económicas, podrán proyectarse pavimentos de hormigón armado con juntas o pavimentos continuos de hormigón armado, atendiendo las siguientes reglas:

a) Pavimentos de hormigón armado con juntas.

Sólo entrarán en consideración para las categorías de tráfico TO, T1 y T2.

El peso total mínimo de acero por metro cuadrado de pavimento será el indicado en la Tabla 4.

TABLA 4

| Peso total mínimo de acero por metro cuadrado de pavimento de hormigón armado con juntas (kg/m ²) | | |
|---|---|----------------|
| Categoría de tráfico | Distancia entre juntas de contracción (L) | |
| | L ≤ 8 m. | 8 m < L ≤ 12 m |
| T0 | 2,5 | 3 |
| T1 y T2 | 2,0 | 2,5 |

b) Pavimentos contínuos de hormigón armado.

En general, sólo entrarán en consideración para la categoría de tráfico TO.

La cuantía geométrica mínima de armaduras longitudinales en una sección transversal de la calzada será la indicada en la Tabla 5.

TABLA 5

| Cuantía geométrica mínima de armaduras longitudinales en los pavimentos continuos de hormigón armado | |
|--|-------------------------------|
| Tipo de hormigón | Cuantía geométrica mínima (%) |
| HP-45 | 0,7 |
| HP-40 | 0,6 |

En las extremidades del pavimento y en las secciones especiales que lo requieran, se dispondrán los anclajes al terreno necesarios.

3.3.3. Grava-cemento.

Según el artículo 513 del PPTG.

En capas de firme de calzada se utilizarán granulometrías del tipo GC1, que podrán no cumplir la prescripción relativa a caras de fractura. En arcenes y capas de subbase podrán emplearse también granulometrías del tipo GC2.

3.3.4. Suelo-cemento.

Según el artículo 512 "Suelos estabilizados con cemento" del PPTG con las siguientes prescripciones adicionales:

Salvo justificación en contrario, en capas de firme de calzada se empleará el método de mezcla en central.

La resistencia mínima a compresión simple de la mezcla a los 7 días será de 20 kp/cm².

3.3.5. Subbase granular.

Según el artículo 500 del PPTG.

3.3.6. Mezclas bituminosas.

Las mezclas bituminosas a utilizar en pavimentos de arcenes están definidas en los artículos del PPTG:

Art. 541.- Mezclas bituminosas en frío.

Art. 542.- Mezclas bituminosas en caliente.

y en el artículo 3.3.2. de la Norma 6.1 IC "Firmes flexibles" de la Instrucción de Carreteras.

Salvo justificación en contrario, se utilizarán las mezclas de los tipos D, S, G ó GF, prescritas para la categoría de tráfico T4.

3.3.7. Tratamientos superficiales.

Según el artículo 532 del PPTG.

3.3.8. Lechadas bituminosas.

Según el artículo 540 del PPTG.

3.3.9. Base granular.

Según el artículo 501 "Zahorra artificial" o según el artículo 502 "Macadam" del PPTG.

4. CATALOGO DE ESTRUCTURAS DE FIRME

En la Fig. 2 se definen las secciones estructurales de firmes rígidos a emplear en función de la explanada y del tráfico.

El espesor del pavimento depende del tipo de hormigón especificado. En algunos casos aparecen también soluciones alternativas en función del tipo de las capas inferiores del firme.

Para la misma categoría de tráfico y de la explanada, los pavimentos de hormigón en masa y de hormigón armado con juntas tendrán el mismo espesor.

En cada caso particular el Ingeniero proyectista seleccionará, entre las secciones estructurales del catálogo, la solución técnica y económicamente más adecuada, teniendo en cuenta su relación con el proyecto de la explanada, las disponibilidades de materiales para las capas del firme, el coste de las unidades de obra, los volúmenes de obra, etc.

En general, las capas tendrán transversalmente el espesor uniforme indicado en la Fig. 2, salvo que se proyecten con un espesor variable atendiendo a las reglas del artículo 7.

La capa de base situada bajo el pavimento de hormigón deberá rebasar a éste en anchura un mínimo de 30 cm por cada lado. Cuando exista una capa de subbase, ésta tendrá una anchura superior al menos en 20 cm por cada lado respecto a la capa de base.

Sobre las capas de grava-cemento o suelo-cemento deberá ejecutarse un riego de curado. Por razones de simplicidad, se han omitido estos riegos en la Fig. 2.

Fig. 2 SECCIONES ESTRUCTURALES DE FIRMES RIGIDOS

6.2 IC

| T0 | T1 | T2 | T3 | T4 |
|---------------------------|----------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|
| <p>R-011</p> <p>R-012</p> | <p>R-III</p> <p>R-III2</p> | <p>R-211</p> <p>R-212</p> | <p>R-311</p> <p>R-312</p> | <p>R-411</p> <p>R-412</p> |
| <p>R-021</p> | <p>R-121</p> | <p>R-221</p> | <p>R-321</p> | <p>R-421</p> |

* 21 para RAC

Espesores en centímetros

SIMBOLOGIA

- PAVIMENTO DE HORMIGON (3.3.2)
- GRAVA - CEMENTO (3.3.3)
- SUELO - CEMENTO (3.3.4)
- SUBBASE GRANULAR (3.3.5)

NOTA SOBRE LOS PAVIMENTOS DE HORMIGON

Se utilizarán los espesores indicados cuando el tipo de hormigón sea HP-45 para T0, T1 y T2 y HP-40 para T3 y T4.

En el caso de utilizar respectivamente HP-40 y HP-35, se aumentará el espesor del pavimento en 2 cm.

Las secciones con pavimento de hormigón en masa se designarán con la letra R, tal como aparece en el cuadro. Si el pavimento es de hormigón armado con juntas o continuo de hormigón armado se designarán respectivamente con las siglas RA y RAC, manteniéndose la numeración.

La nomenclatura de las secciones se completará con letras a, b ó c, según que el tipo de hormigón sea respectivamente HP-45, HP-40 ó HP-35.

5. JUNTAS

5.1. JUNTAS LONGITUDINALES

Se dispondrán, en general, entre carriles de circulación.

Las juntas longitudinales pueden ser de alabeo y de hormigonado.

Las juntas longitudinales de alabeo se dispondrán cuando la anchura de hormigonado sea superior a 5 m. Podrán realizarse en fresco o por serrado del hormigón endurecido. En pavimentos para las categorías de tráfico TO, T1 y T2, se recomienda su ejecución por serrado y su sellado posterior. Salvo justificación en contrario, la profundidad mínima de corte será la indicada en la Tabla 6. Posteriormente se efectuará un cajeadado de la parte superior de la ranura serrada para alojamiento del producto de sellado, cuya anchura inicial no será inferior a 6 mm ni superior a 8 mm.

TABLA 6

| Profundidad mínima de corte de las juntas | |
|---|----------------------------------|
| Espesor del pavimento (cm) | Profundidad mínima de corte (cm) |
| 27 | 6,0 |
| 25 | 5,5 |
| 23 - 22 | 5,0 |
| 21 - 20 | 4,5 |
| 18 | 4,0 |

Las juntas longitudinales de hormigonado se dispondrán entre dos bandas contiguas cuando el hormigonado se realice por bandas. Podrán ser a tope o de ranura y lengüeta, recomendándose este último tipo en los pavimentos para las categorías de tráfico TO, T1 y T2.

En pavimentos para las categorías de tráfico TO, T1 y T2, se recomienda la ejecución de un cajeadado superior con las características indicadas para las juntas de alabeo y su posterior sellado.

A lo largo de las juntas longitudinales se recomienda disponer barras de unión transversales de 12 mm de diámetro, 0,80 m de longitud y separadas entre si 1 m.

5.2. JUNTAS TRANSVERSALES

Las juntas transversales pueden ser de contracción, de dilatación de hormigonado.

Las juntas transversales de contracción podrán realizarse en fresco o por serrado del hormigón endurecido, recomendándose este último procedimiento para las categorías de tráfico TO, T1 y T2. Salvo justificación en contrario, la profundidad mínima de corte será la indicada en la Tabla 6. Respecto al ancho y al eventual sellado de la ranura

superior serrada, en función de la pluviometría en el emplazamiento de la carretera (Fig. 3), se recomienda lo siguiente:

- a) zona lluviosa: el cajeadado tendrá una anchura inicial no inferior a 6 mm y será sellada.
- b) zona poco lluviosa: la ranura podrá sellarse o dejarse sin sellar. En el primer caso será válido lo indicado para las juntas en zona lluviosa. Si se deja sin sellar, la ranura tendrá la menor anchura inicial posible, y en todo caso no superior a 3,5 mm. Antes de abrir al tráfico la carretera se comprobará su limpieza.

Para evitar la desnivelación del pavimento de hormigón en masa en las juntas, en zona lluviosa (fig. 3) y con tráfico de categoría T0, T1 ó T2, se elegirán, salvo justificación en contrario, una de las tres soluciones siguientes:

- a) se dispondrán pasadores a medio espesor del pavimento y simétricos respecto a la junta, de 25 mm de diámetro, 0,50 m de longitud y separados entre sí 0,30 m.
- b) se dará al pavimento de la calzada un sobreancho en su borde derecho, o de contacto con el arcén, de 0,75 m. Este sobreancho comprenderá la marca vial y estará eventualmente tratado en superficie para que tenga un aspecto diferente al de la calzada y similar al del arcén.
- c) se dispondrán arcenes con bases de grava-cemento.

Salvo justificación en contrario, las juntas transversales de contracción **sin pasadores** serán sesgadas, con una inclinación respecto al eje de la calzada de 6:1, de forma que las ruedas de la izquierda de cada eje atraviesen las juntas antes que las ruedas de la derecha. La separación de las juntas será variable y comprendida entre 4 y 6 m, con una secuencia del tipo 4 - 5 - 4,5 - 6 - 5,5 - 4 - 6 - 5,5 - 4,5.

Salvo justificación en contrario, las juntas transversales de contracción **con pasadores** en pavimentos de hormigón en masa se dispondrán cada 5 m, en dirección normal al eje de la calzada.

En las juntas transversales de contracción de los pavimentos de hormigón armado se dispondrán siempre pasadores con las características antes indicadas. Se recomienda que la distancia entre ellas no sea superior a 8 m, siendo 12 m el valor máximo admisible.

Las juntas transversales de dilatación sólo se dispondrán en los tramos en curva de radio inferior a 200 m. Se recomienda establecer una junta de dilatación en cada extremo del tramo y, si la longitud de la alineación curva es superior a 100 m, otra intermedia. En general, las juntas de dilatación se dispondrán en dirección normal al eje de la calzada y estarán dotadas de pasadores a medio espesor del pavimento y simétricos respecto a la junta, de 25 mm de diámetro, 0,50 m de longitud y separados entre sí 0,30 m. En su parte superior se establecerá una ranura de un ancho de 20 mm y una profundidad mínima de 30 mm que se sellará posteriormente.

También se dispondrán juntas de dilatación ante obras de paso que no puedan soportar empujes apreciables y en zonas especiales en que pueda estar impedido el

movimiento de las losas del pavimento. En estos casos se definirán en el proyecto los detalles de dichas juntas.

Las juntas transversales de hormigonado en los pavimentos de hormigón en masa o armado con juntas serán del tipo de ranura y lengüeta.

En los pavimentos contínuos de hormigón armado se dispondrán unas armaduras adicionales del mismo diámetro y separación de las longitudinales, colocadas paralelamente a éstas en el tercio inferior del pavimento, simétricas respecto a la junta y con una longitud de 1,50 m. En la zona de la junta, las armaduras longitudinales estarán atadas a dos barras transversales de 12 mm de diámetro, situadas a 0,30 y 0,60 m de la junta.

6. ARCENES

Por razones constructivas, el firme de los arcenes de anchura inferior a 1,25 m. podrá ser el mismo de la calzada adyacente. En este caso su ejecución será simultánea, sin junta longitudinal entre la calzada y el arcén.

En los arcenes de anchura superior a 1,25 m, el firme de los mismos dependerá de la categoría de tráfico prevista para la calzada (artículo 3.1) y, salvo justificación en contrario, se adoptará una de las soluciones que se indican a continuación:

- TO:
- a) un pavimento de 5 cm de espesor de mezcla bituminosa (artículo 3.3.6) y una base de grava-cemento (artículo 3.3.3), suelo-cemento (artículo 3.3.4) o base granular (artículo 3.3.9). La suma de espesores de pavimento y base será igual al espesor del pavimento de hormigón de la calzada.
 - b) un pavimento constituido por un simple tratamiento superficial (artículo 3.3.7) y/o una lechada bituminosa (artículo 3.3.8) sobre una capa de base de grava-cemento, con el mismo espesor total del pavimento de hormigón de la calzada.
 - c) un pavimento constituido por un doble tratamiento superficial (artículo 3.3.7) y una base granular (artículo 3.3.9) con un espesor mínimo de 15 cm. Esta solución está especialmente indicada para el caso de que se prevea un ensanchamiento de la calzada a plazo relativamente corto.
 - d) el mismo de la calzada. Esta solución puede tener en algunos casos ventajas constructivas y permite utilizar el arcén como carril de circulación en caso necesario. En el caso de que el pavimento de la calzada sea de hormigón armado, podrá proyectarse para el arcén un pavimento de hormigón en masa.
- T1 y T2:
- a) un pavimento constituido por un simple tratamiento superficial (artículo 3.3.7) y/o una lechada bituminosa (artículo 3.3.8) sobre una capa de base de grava-cemento, con el mismo espesor total del pavimento de hormigón de la calzada.

b) un pavimento constituido por un doble tratamiento superficial (artículo 3.3.7) sobre una capa de base granular (artículo 3.3.9), con el mismo espesor total del pavimento de hormigón de la calzada. Esta solución está especialmente indicada para el caso de que se prevea un ensanchamiento de la calzada a plazo relativamente corto.

T0, T1 y T2: En el resto del espesor y hasta llegar a la explanada se podrá emplear subbase granular (artículo 3.3.5) o suelo seleccionado (artículo 330 del PPTG) con las limitaciones constructivas que se indican más adelante.

T3 y T4: El espesor correspondiente al firme de la calzada se completará con subbase granular (artículo 3.3.5) o con suelo seleccionado (artículo 330 del PPTG). El arcén no estará pavimentado.

En el caso de que se proyecte para el firme de la calzada una subbase granular drenante, ésta se prolongará en todos los casos bajo el arcén hasta la cuneta, talud del terraplén o dispositivo de drenaje, asegurando su desagüe en toda circunstancia.

Para fijar los espesores de las capas o tongadas del firme del arcén, se tendrá en cuenta la distribución de capas del firme de la calzada, a fin de coordinar debidamente la construcción de las distintas capas de calzada y arcén. Se procurará asimismo adoptar una solución compatible con un futuro ensanche de la calzada.

La superficie del arcén terminado deberá quedar de forma que se garantice la rápida evacuación de las aguas.

7. PENDIENTES TRANSVERSALES DE LA EXPLANADA Y DE LAS CAPAS DEL FIRME

La pendiente transversal p de la explanada en una zona de la sección transversal estará determinada por la pendiente transversal p' de la superficie del firme en dicha zona.

$$\text{Si } |p'| \geq 4\%, \quad p = p'$$

$$\text{Si } |p'| < 4\%, \quad \text{será } 2\% \leq |p| \leq 4\%$$

En calzadas de dos carriles con doble sentido de circulación, el pavimento tendrá un espesor constante. Cuando existan en este caso diferencias de valor entre p y p' , la capa inferior de firme tendrá el espesor variable necesario, igual o superior al fijado en el artículo 4.

Cuando existan dos o más carriles para un sentido de circulación, el pavimento de hormigón podrá tener un espesor uniformemente variable en sentido transversal. El espesor del pavimento en cualquier punto del carril de proyecto será siempre igual o superior al establecido en el artículo 4 para el tráfico previsto en dicho carril. En los restantes carriles el espesor mínimo del pavimento en cualquier punto no será inferior

al establecido para la categoría de tráfico inmediatamente inferior a la del carril de proyecto. Las capas inferiores del firme tendrán en este caso el espesor variable necesario, igual o superior en cualquier punto al fijado en el artículo 4.

La explanada podrá presentar una limatesa no centrada, cuya ubicación se estudiará con el propósito de disminuir el volúmen total de la capa o capas de espesor variable.

Si la sección incluye una capa drenante (subbase granular) será obligatoriamente $|p| = 4\%$ aunque $|p'| < 4\%$.

ANEJO

DEFINICIONES

BASE: Capa del firme situada inmediatamente debajo del pavimento. Puede no existir si éste se apoya directamente sobre la explanada.

CARRIL DE PROYECTO: Carril por el que circula el mayor número de vehículos pesados y para el cual se dimensiona el firme.

DOBLE TRATAMIENTO SUPERFICIAL (DTS): Aplicación consecutiva de dos simples tratamientos superficiales, en general de distintas características.

EJE SIMPLE: Cada uno de los ejes de un vehículo, que forman un solo apoyo del chasis.

EJE TANDEM: Conjunto de dos ejes de un vehículo, que constituyen un solo apoyo del chasis.

ESTABILIZACION IN SITU: Tratamiento in situ de suelos para mejorar duraderamente algunas de sus propiedades mediante la adición y mezcla homogénea de un conglomerante.

EXPLANADA: Superficie de terreno allanado sobre la que asienta el firme.

FIRME: Superestructura de una carretera. Conjunto de capas ejecutadas con materiales seleccionados, colocados sobre la explanada para permitir la circulación en las debidas condiciones de seguridad y comodidad.

Consta de pavimento, base y subbase, pudiendo no existir una o las dos últimas capas.

FIRME RIGIDO: Firme con pavimento de hormigón.

JUNTA: Disposición adoptada entre losas contiguas en pavimentos de hormigón. Las juntas pueden ser longitudinales o transversales.

LINEA DE TERRENO NATURAL: En una sección, línea que diferencia al terreno natural de la capa vegetal.

MEZCLA BITUMINOSA EN CALIENTE: Combinación de áridos y un ligante bituminoso, para realizar la cual se precisa calentar previamente los áridos.

MEZCLA BITUMINOSA EN FRIO: Combinación de áridos y un ligante bituminoso, para realizar la cual no se precisa calentar previamente los áridos.

NUMERO DE EJES EQUIVALENTE: Número de pasadas de un eje tipo que producirían en un firme el mismo grado de fallas que el ocasionado por el conjunto de los ejes del tráfico pesado real que circule por el mismo.

PAVIMENTO: En un firme rígido, capa de hormigón de cemento que debe resistir los esfuerzos producidos por el tráfico, proporcionando a éste una superficie de rodadura adecuada. En arcenes sin firme rígido, conjunto de capas bituminosas superficiales.

PERIODO DE PROYECTO: Periodo durante el cual se espera que las fallas producidas por el tráfico en el firme que se proyecta no alcancen un grado incompatible con la comodidad del usuario.

SECCION EN DESMONTE: La que corresponde a una explanada situada en su totalidad en o bajo la línea de terreno natural.

SECCION EN TERRAPLEN O PEDRAPLEN: La que corresponde a una explanada situada en su totalidad sobre la línea de terreno natural.

SECCION MIXTA: Aquella en que la explanada corta a la línea de terreno natural.

SIMPLE TRATAMIENTO SUPERFICIAL: Aplicación de un ligante bituminoso sobre una superficie que se cubre con una capa de árido apisonado.

SUBBASE: Eventual capa inferior del firme, situada debajo de la base.

SUBBASE DRENANTE: Subbase que permite la evacuación de las aguas procedentes de la superficie de la carretera.

TERRENO NATURAL: El existente bajo la capa vegetal.

TIPOS DE HORMIGON PARA PAVIMENTOS: Se establecen en función de la resistencia característica especificada a flexotracción del hormigón a 28 días.

VEHICULO PESADO: Se incluye en esta denominación los camiones de carga útil superior a 3 t, de más de 4 ruedas y sin remolque; los camiones con uno o varios remolques; los vehículos articulados y los vehículos especiales; y los vehículos dedicados al transporte de personas con más de 9 plazas.