

materia

Deseño e Construción de Obras Lineais

unidade didáctica 5

Firmes e conservación de vías

Alberte Castro Ponte

Departamento de Enxeñaría Agroforestal
Escola Politécnica Superior

titulación

Grao en Enxeñaría Civil



VICERREITORÍA DE EXTENSIÓN
UNIVERSITARIA, CULTURA E SOCIEDADE



unidade didáctica 5

Firmes e conservación de vías

Alberte Castro Ponte
Departamento de Enxeñaría Agroforestal
Escola Politécnica Superior



© Universidade de Santiago de Compostela, 2011

Deseño

Unidixital

Edita

Vicerreitoría de Extensión Universitaria,
Cultura e Sociedade da
Universidade de Santiago de Compostela
Servizo de Publicacións
da Universidade de Santiago de Compostela

Imprime

Unidixital

Servizo de Edición Dixital da
Universidade de Santiago de Compostela

Dep. Legal: C 260-2011

ISBN 978-84-9887-558-4

ADVERTENCIA LEGAL: reservados todos os dereitos.
Queda prohibida a duplicación, total ou parcial desta
obra, en calquera forma ou por calquera medio (elec-
trónico, mecánico, gravación, fotocopia ou outros) sen
consentimento expreso por escrito dos editores.

MATERIA: Deseño e Construción de Obras Lineais
TITULACIÓN: Grao en Enxeñaría Civil
PROGRAMA XERAL DO CURSO
Localización da presente unidade didáctica

MÓDULO I: Enxeñaría de estradas

Unidade 1. Enxeñaría do tráfico

Introdución
Elementos da circulación
Variables características do tráfico por estrada
Estudos de tráfico
Capacidade e niveis de servizo en circulación continua

Unidade 2. Trazado de estradas

Introdución
Parámetros básicos: velocidade e visibilidade
A traxectoria dos vehículos. Interacción roda - pavimento
Trazado en planta
Trazado en alzado
Sección transversal

Unidade 3. Explanacións

Introdución
Estudos xeolóxicos e xeotécnicos
Compactación
Capacidade de soporte
Construción de explanacións
Formación das explanadas. Estabilización

Unidade 4. Drenaxe

Introdución
Drenaxe superficial
Drenaxe subterránea

Unidade 5. Firmes e conservación de vías

Descrición e funcións dos firmes
Características funcionais e estruturais
Constitución do firme e funcións das súas capas
Materiais empregados na formación dos firmes
Tipoloxías de firmes
Factores de deseño
Conservación de vías

MÓDULO II: Enxeñaría de ferrocarrís

Unidade 6. O Ferrocarril

Unidade 7. Estrutura da vía

Unidade 8. Deseño xeométrico da vía

Unidade 9. Mecánica da vía

Unidade 10. Conservación e reparación da vía

ÍNDICE

Presentación.....	7
Obxectivos	8
Os principios metodolóxicos.....	8
Actividades propostas	8
Os contidos básicos	9
1. Descrición e funcións dos firmes.....	9
1.1. Descrición	9
1.2. Funcións dos firmes.....	10
2. Características funcionais e estruturais dos firmes.....	10
3. Constitución do firme e funcións das súas capas	11
3.1. Subbase.....	12
3.2. Base.....	12
3.3. Pavimento	12
4. Materiais empregados na formación dos firmes	13
5. Tipoloxías de firmes.....	14
5.1. Firmes flexibles.....	14
5.2. Firmes ríxidos	16
5.3. Outros firmes	18
6. Factores de deseño	18
6.1. Tráfico	18
6.2. Explanada	19
6.3. Materiais dispoñibles	19
6.4. Custos.....	20
6.5. Clima.....	20
6.6. Outros	20
7. Conservación de vías	21
7.1. Introducción	21
7.2. Tipos de conservación.....	21
7.3. Conservación de firmes	22
Avaliación da unidade didáctica	23
Índice de figuras	24
Bibliografía.....	25

PRESENTACIÓN

Esta unidade didáctica serve de peche ao primeiro módulo da programación da materia “Deseño e Construción de Obras Lineais” do segundo curso do Grao en Enxeñaría Civil, que se dedica a sentar as bases da enxeñaría de estradas.

No primeiro tema do módulo (UD1) preséntanse os conceptos básicos da enxeñaría do tráfico necesarios para poder abordar o deseño xeométrico, a construción e a conservación dunha estrada.

A continuación, no segundo tema (UD2), estúdanse os conceptos fundamentais, as bases teóricas e os condicionantes normativos do deseño xeométrico ou trazado dunha estrada. Analízanse, un por un, os diversos aspectos do proceso de deseño: trazado en planta, trazado en alzado, coordinación entre planta e alzado, e sección transversal.

Os seguintes dous temas dedícanse ao estudo da infraestrutura dunha estrada. En primeiro lugar, preséntanse as obras de explanacións (UD3). Neste tema trabállanse, entre outros, os conceptos fundamentais relativos a formación e estabilización de explanadas, que terán unha gran importancia na presente unidade didáctica. En segundo lugar, explícanse os fundamentos do deseño e construción das outras grandes obras de infraestrutura, as obras de drenaxe (UD4).

O módulo péchase con esta unidade didáctica, na que se presentan os conceptos fundamentais relacionados cos firmes, que constitúen a superestrutura dunha estrada, e a conservación de vías. Na primeira parte, faise unha descrición dos firmes coas súas principais funcións e características, estúdanse as tipoloxías existentes, e móstranse os factores a considerar no seu deseño. A continuación, para rematar, realízase unha breve introdución á conservación de estradas, facendo fincapé na súa importancia.

No segundo módulo da materia estúdase o deseño, construción e conservación doutra tipoloxía de obra lineal, os ferrocarrís. Estas dúas tipoloxías, estradas e ferrocarrís, teñen moitas cousas en común, polo que unha gran cantidade dos contidos traballados no primeiro módulo serán de gran utilidade, senón directamente mediante certas adaptacións, na segunda parte da materia.

O alumnado ten a posibilidade de ampliar os coñecementos de firmes e conservación de vías adquiridos nesta unidade didáctica cursando a materia optativa “Firmes e Conservación de Vías” que se imparte no 4º curso da titulación.

A unidade didáctica ten asignadas dúas horas de clase de carácter expositivo nas que se desenvolverán os seus contidos.

Ademais de aos alumnos de 2º curso do Grao en Enxeñaría Civil, os contidos presentados nesta unidade didáctica poden serlle de utilidade a outros docentes ou profesionais do sector que desenvolvan a súa actividade no ámbito do deseño, construción ou conservación de estradas.

OS OBXECTIVOS

- Coñecer os conceptos fundamentais de firmes: descrición, funcións, constitución, materiais, factores de deseño, etc.
- Identificar as diferentes tipoloxías de firmes que se poden empregar na construción dunha estrada.
- Ser consciente da importancia que ten a conservación ao longo da fase de explotación dunha estrada.
- Coñecer as normativas que se aplican no deseño e rehabilitación dos firmes.

OS PRINCIPIOS METODOLÓXICOS

- Os principios teóricos e os contidos fundamentais presentaranse nas clases expositivas. Para iso, o profesor empregará os medios audiovisuais da aula para a realización de presentacións.
- O alumno elaborará ao finalizar cada sesión un resumo dos contidos traballados, no que se recollan as súas reflexións sobre a temática abordada.
- Propóñense casos prácticos nos que o alumnado, mediante debate, debe identificar a tipoloxía empregada na construción do firme dunha determinada estrada, e analizar o seu estado de conservación actual.
- Para un mellor coñecemento dos firmes, propóñense visitas a obras, fóra do horario contemplado para a unidade didáctica, nas que se estean realizando labores de construción ou de conservación de firmes.

ACTIVIDADES PROPOSTAS

Como ampliación e aplicación dos contidos teóricos traballados nas sesións expositivas, propónse a realización das seguintes actividades:

- casos prácticos de identificación de tipoloxías de firme e de análise do seu estado de conservación;
- traballos voluntarios nos que o alumnado seleccionará un tramo de estrada, analizará a tipoloxía de firme empregada na súa construción e o seu estado de conservación;
- visitas a obra para ilustrar os coñecementos traballados nas sesións expositivas relativos a construción e conservación de firmes.

OS CONTIDOS BÁSICOS

1. Descrición e funcións dos firmes

1.1. Descrición

O firme dunha estrada é un conxunto de capas superpostas de diferentes materiais seleccionados e axeitadamente compactados, sobre o que circulan os vehículos (figura 1.1).

A norma española relativa ás seccións de firme (6.1-IC) defíneo do seguinte xeito: «Conxunto de capas executadas con materiais seleccionados e, xeralmente tratados, que constitúe a superestrutura da plataforma, resiste as cargas de tráfico e permite que a circulación teña lugar con seguridade e comodidade»

O firme constitúe a superestrutura da estrada e apóiase sobre a explanada, que pertence á súa vez á infraestrutura (figura 1.2). Outro concepto importante, que xa se mencionou na parte da materia dedicada ás obras de explanacións, é o de cimento do firme, constituído polas capas de solo inmediatamente inferiores á explanada.

A explanada dunha estrada sería capaz de resistir as cargas provocadas por un tráfico lixeiro e pouco intenso, pero non as correspondentes a tráfico pesado. Ademais, a acción directa das cargas provocaría rapidamente importantes deformacións. As tensións tanxenciais inducidas polo movemento dos vehículos contribuirían á degradación da superficie, e aínda se podería agravar a situación en función da meteoroloxía da zona.



Figura 1.1: Firme dunha estrada



Figura 1.2: Esquema conceptual dunha sección de estrada co firme, a explanada e o cemento do firme

1.2. Funcións do firme

Dado que as explanadas, incluso as de maior capacidade de soporte, son incapaces de proporcionar unha superficie adecuada para o paso continuo de vehículos, colócase sobre elas o firme, que se encarga de cumprir as seguintes funcións:

- proporcionar unha superficie de rodaxe cómoda e segura;
- resistir as cargas correspondentes ao tráfico pesado, con deformacións admisibles, e distribuílas cara á explanada (figura 1.3);
- protexer a explanada da intemperie, principalmente da auga.

O deseño do firme debe garantir o cumprimento destas funcións durante un período de tempo considerablemente longo, a vida útil da obra.

Con todo, a pesar de contar cun bo deseño, xeralmente é necesario realizar, cada certo tempo, actuacións puntuais de conservación a nivel local, e mesmo algunha campaña de rehabilitación preto do final da súa vida útil.

2. Características funcionais e estruturais dos firmes

Para que o firme permita a circulación dos vehículos dun xeito seguro e cómodo, é preciso que teña unhas determinadas características funcionais ou superficiais relacionadas coa súa superficie:

- resistencia ao escorregamento adecuada para as velocidades previstas;
- regularidade superficial suficiente para unha conducción cómoda;
- ruído de rodaxe por baixo dos niveis admisibles;
- reflexión luminosa apropiada para facilitar a conducción nocturna;
- drenaxe superficial rápido para diminuír o risco de hidropneumático e as salpicaduras de auga aos vehículos próximos ou peóns en zona urbana.

Ademais destas características relacionadas coa superficie do firme existen outras características estruturais que dependen por unha banda, das propiedades mecánicas dos materiais empregados na formación das súas capas e, por outra, dos espesores de cada capa.

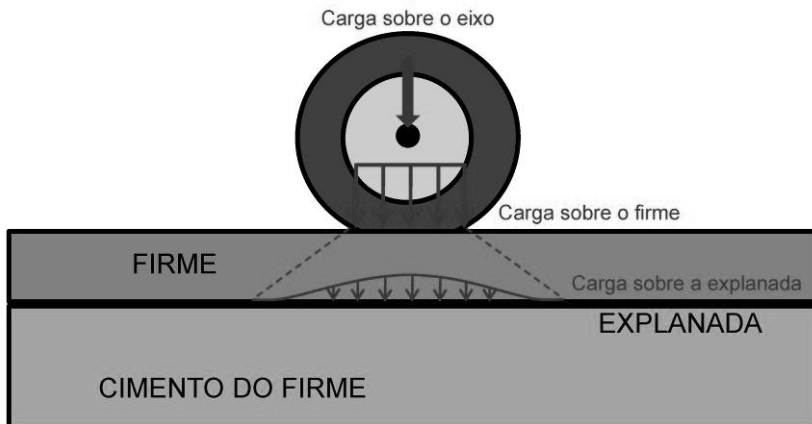


Figura 1.3: Distribución das cargas do tráfico dende un eixo do vehículo ata a explanada

É fundamental estudar correctamente a deformabilidade dos materiais que compoñen cada capa do firme co fin de evitar discontinuidades ou movementos relativos entre elas. Velaí, a necesidade de deseñar cada capa tendo en conta que vai ter que interactuar de forma adecuada coas demais capas, para conseguir un óptimo comportamento conxunto a nivel estrutural.

A resposta estrutural dos firmes pódese avaliar mediante a aplicación de modelos de cálculo que determinan as tensións, deformacións e desprazamentos das súas capas, en función das cargas de tráfico consideradas. Para iso, é necesario seleccionar adecuadamente unha serie de parámetros, relacionados por exemplo cos modelos de fatiga dos materiais, para poder determinar con éxito a durabilidade individual das capas e do firme en conxunto.

3. Constitución do firme e funcións das súas capas

O firme dunha estrada está constituído por unha serie de capas. O seu número varía dunhas estradas a outras, en función de diversos factores, sendo os máis importantes o tráfico e a calidade da explanada.

Unha sección de firme pode chegar a ter ata tres capas: a subbase, a base e o pavimento, colocadas en orde ascendente desde a explanada (figura 3.1). A medida que se vai ascendendo dunha capa a outra desde a explanada, a calidade dos materiais empregados aumenta e tamén o seu custo económico.

A capa máis superficial, o pavimento, sempre está presente nun firme, mentres que as capas de base e subbase poden non ser necesarias. En certos casos, o pavimento adóitase executar en dúas fases, denominadas capa de rodaxe e capa intermedia.

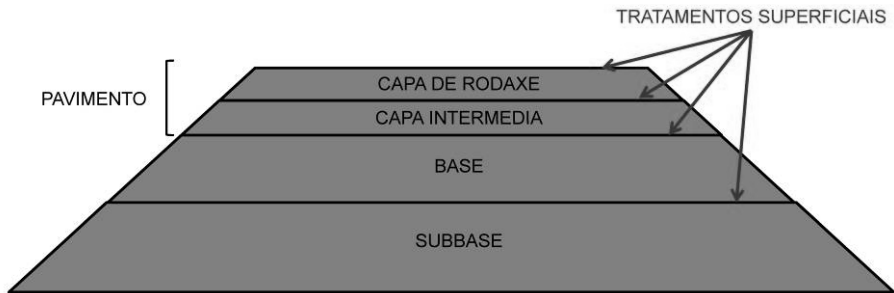


Figura 3.1: Esquema conceptual das capas dunha sección de firme

3.1. Subbase

A subbase é unha capa que se sitúa directamente sobre a explanada. A súa misión principal é mellorar as súas características resistentes, de forma que se poida reducir o espesor da capa de base, formada por materiais de maior calidade. Deste xeito, conséguese unha redución no custo total do firme.

Ademais, a subbase ten as seguintes funcións:

- protexer a base illándoa da explanada;
- proporcionar un cimento uniforme para a base;
- proporcionar unha adecuada plataforma de traballo para a construción da base;
- nalgúns casos, actuar a modo de capa drenante.

Se a capacidade de soporte da explanada é elevada, pode non ser necesaria a construción da capa de subbase.

3.2. Base

A continuación da subbase e inmediatamente antes do pavimento colócase a capa de base. A súa función principal é resistir os esforzos verticais provocados polas cargas de tráfico que se transmiten desde o pavimento. Debido a iso, a capa de base debe ter unha deformabilidade axeitada para o valor previsto de intensidade de tráfico.

A capa de base absorbe a maior parte dos esforzos verticais. Deste xeito, atenuáanse considerablemente os esforzos que se transmiten á capa de subbase, formada por materiais de menor calidade e, polo tanto, de menor resistencia estrutural.

É fundamental para garantir un correcto funcionamento do firme que a capa de base, encargada de proporcionar resistencia estrutural ao conxunto, sexa xeometricamente estable. A aparición de cambios de volume, debido a variacións de humidade, podería ser moi prexudicial para a integridade do firme.

3.3. Pavimento

A capa superior do firme que se coloca despois da capa de base denomínase pavimento. A súa misión é proporcionar as características

funcionais que debe ter o firme e, a nivel estrutural, absorber os esforzos horizontais e unha parte dos verticais.

Ademais, o pavimento debe evitar infiltracións de auga cara a capas inferiores, e resistir o desgaste provocado polo paso continuo de vehículos e os axentes atmosféricos.

4. Materiais empregados na formación dos firmes

Os materiais básicos que se empregan na formación das diferentes capas dun firme son os que se enumeran a continuación:

- solos granulares de suficiente calidade;
- áridos naturais ou artificiais;
- subprodutos industriais e refugallos de diverso tipo;
- ligantes e conglomerantes;
- auga;
- outros materiais: aceiro, aditivos, etc.

Estes materiais combínanse de varias formas para obter os materiais compostos que constitúen as capas de firme. Xeralmente, créanse a partir de solos e áridos que se mesturan con ligantes ou conglomerantes. Os principais materiais compostos son os seguintes

- capas granulares (figura 4.1) de granulometría continua (balastro) ou uniforme (macádam);
- materiais granulares estabilizados ou tratados: solos estabilizados con cal ou cemento, gravacemento, gravaescoria, etc;
- tratamentos superficiais: regas de diverso tipo: con grava miúda, imprimación, adherencia (figura 4.2) e curado; e leitadas bituminosas;
- mesturas bituminosas (figura 4.2);
- formigóns.



Figura 4.1: Capas granulares: balastro (esquerda) e macádam (dereita)



Figura 4.2: Rego de adherencia (esquerda) e mestura bituminosa (dereita)

5. Tipoloxías de firmes

Actualmente, existe unha gran variedade de tipoloxías de firme que se agrupan tradicionalmente en dous grandes grupos: firmes flexibles e firmes ríxidos. Ademais, existen tamén outros tipos de firme, entre os que destacan os denominados firmes compostos ou mixtos, que xorden da combinación dos anteriores.

5.1. Firmes flexibles

Os firmes flexibles (figura 5.1) caracterízanse por admitir un certo nivel de deformación baixo a acción das cargas de tráfico e pola presenza dunha capa de rodaxe de natureza bituminosa. Usualmente, a resistencia á deformación dos materiais que forman as súas capas vai diminuindo a medida que se descende, para acomodarse á atenuación de esforzos que se produce ao pasar dunha capa a outra.



Figura 5.1: Firme flexible

Un firme deste tipo debe deseñarse de modo que non se orixinen deformacións permanentes, nin gretas internas na súa estrutura interior.

A continuación enuméranse os materiais máis comunmente empregados na formación de cada unha das súas capas.

Pavimento:

- tratamentos superficiais: regas con grava miúda (firmes de nova construción e intensidades baixas).

- leitadas bituminosas (rehabilitación e impermeabilización de firmes existentes).

- mesturas bituminosas (intensidades medias e altas, vías urbanas).

Base:

- capas granulares (intensidades baixas e medias)

- capas tratadas e mesturas bituminosas (intensidades altas)

Subbase:

- capas granulares (intensidades baixas e medias)

- capas tratadas (intensidades altas)

Para intensidades de tráfico baixas (figura 5.2) empréganse xeralmente capas granulares para a formación da base e da subbase.

Pola contra, para intensidades de tráfico medias e altas, as capas granulares non teñen suficiente resistencia á deformación. Para superar esta limitación incrementouse o espesor do pavimento, ou substituíronse as bases e subbases granulares por capas tratadas ou estabilizadas. Xorden deste xeito os firmes semiflexibles (figura 5.3) e os firmes semirrígidos (figura 5.4).

A pesar de presentar un comportamento estrutural diferente, estes firmes adóitanse incluír no grupo dos firmes flexibles, debido ao emprego de mesturas bituminosas na constitución do pavimento. A norma española relativa ás seccións de firmes (6.3-IC) defíneos do seguinte xeito:

- firme flexible: firme constituído por capas granulares non tratadas e pavimento de natureza bituminosa dun espesor < 15 cm;

- firme semiflexible: firme constituído por capas granulares non tratadas e pavimento de natureza bituminosa dun espesor ≥ 15 cm;

- firme semirrígido: firme constituído por capas tratadas de espesor $V \geq 20$ cm e pavimento de natureza bituminosa sen limitación de espesor.



Figura 5.2: Exemplo de sección de firme flexible para intensidade baixa de tráfico pesado

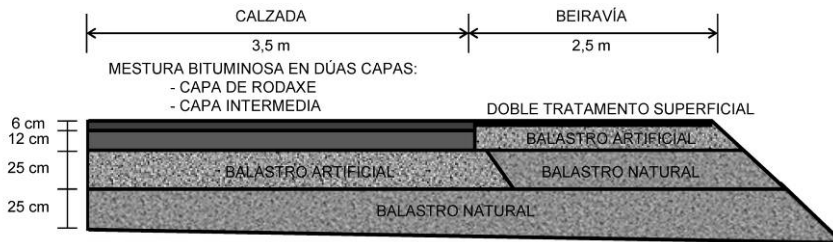


Figura 5.3: Exemplo de sección de firme semiflexible para intensidade media de tráfico pesado

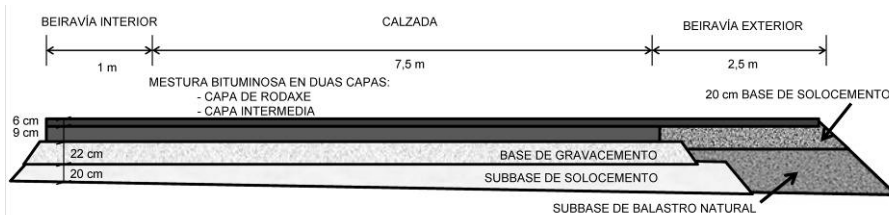


Figura 5.4: Exemplo de sección de firme semirrígido para intensidade elevada de tráfico pesado

5.2. Firmes ríxidos

A principal característica dos firmes ríxidos (figura 5.5) é a súa elevada resistencia á deformación, provocada pola presenza dunha capa de formigón que actúa, ao mesmo tempo, de pavimento e de elemento resistente.

O pavimento máis empregado é o de formigón vibrado en masa. A súa superficie divídese en lousas mediante xuntas transversais que evitan as posibles gretas derivadas da retracción do formigón, e xuntas lonxitudinais que facilitan o empenamento das lousas. As xuntas transversais poden levar ás veces pasadores de aceiro para transmitir as cargas dunha lousa á seguinte.



Figura 5.5: Firme ríxido con pavimento de formigón

Ademais de proporcionar resistencia estrutural de forma duradeira, os pavimentos de formigón deben ter as características superficiais mencionadas anteriormente, que caracterizan a todo firme de estradas.

Tamén se poden utilizar outro tipo de pavimentos, sempre baseados no formigón: pavimentos de formigón armado, formigón armado con fibras de aceiro, formigón pretensado, etc. En xeral, caracterízanse por ter un elevado custo económico, e algún deles, por exemplo o formigón pretensado, polo seu carácter experimental.

En xeral, os firmes ríxidos precisan menos capas cós firmes flexibles. Se a intensidade de tráfico é baixa e a explanada de boa calidade, o firme pode consistir unicamente dunha capa de pavimento de formigón (figura 5.6).

A medida que a intensidade de tráfico aumenta ou a calidade da explanada diminúe, é preciso aumentar o número de capas. O pavimento de formigón pódese situar sobre unha capa de base de material granular (balastro artificial) ou dun material tratado (solocemento, gravacemento ou a solución empregada actualmente, formigón magro).

En certas situacións, para intensidades de tráfico altas e explanadas de baixa calidade, pode ser preciso estender tamén unha capa de subbase de material granular que sirva de apoio a unha capa de base tratada.

Nas figuras 5.7 e 5.8 preséntanse, respectivamente, exemplos de firmes ríxidos para os casos de intensidade media e alta de tráfico pesado

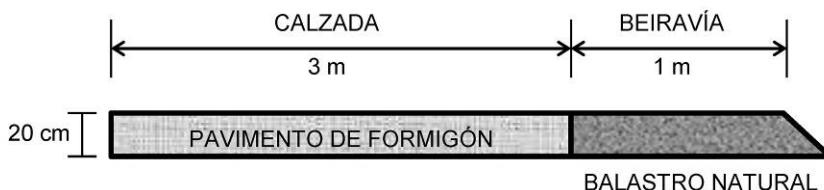


Figura 5.6: Exemplo de sección de firme ríxido para intensidade baixa de tráfico pesado

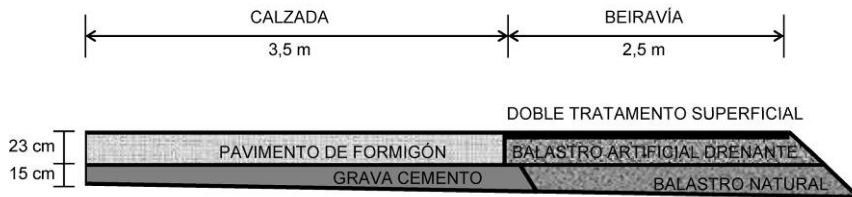


Figura 5.7: Exemplo de sección de firme rígido para intensidade media de tráfico pesado



Figura 5.8: Exemplo de sección de firme rígido para intensidade elevada de tráfico pesado

5.3 Outros firmes

Ademais dos firmes flexibles e ríxidos, existen outro tipo de firmes que se empregan en certos casos.

En vías urbanas, son moi empregados os denominados firmes compostos ou mixtos, constituídos por unha base de formigón cuberta dun pavimento bituminoso.

Existen tamén os tradicionais firmes de pedra, como o lastrado ou o mosaico. Unha variedade destes firmes tradicionais que se está a empregar na actualidade, tanto para tráfico moi pesado como moi lixeiro, son os pavimentos feitos de lastras de formigón asentadas sobre unha estreita capa de nivelación e unha capa de base.

6. Factores de deseño

6.1. Tráfico

A composición e a intensidade do tráfico no carril de proxecto determinan a magnitude das cargas e o número de veces que as debe soportar o firme.

Ademais das cargas, é preciso ter en conta no deseño do firme: os efectos acumulados (fatiga), as máximas presións de contacto, os esforzos tanxenciais, etc.

Convén ter especial coidado co tráfico de obra durante a execución das diversas capas do firme para evitar na medida do posible a súa deterioración.

A norma 6.1-IC establece unha serie de categorías de tráfico (táboa 6.1) en función da intensidade media diaria de vehículos pesados (IMD_p), prevista para o carril de proxecto no ano de posta en servizo da estrada.

En función da categoría de tráfico pesado considerada e a categoría da explanada sobre a que se sitúa o firme, a norma recomenda o emprego dunha serie de materiais para o pavimento, a base e a subbase, cuns espesores mínimos.

Táboa 6.1: Categorías de tráfico pesado (Norma 6.1-IC).

Categoría de tráfico pesado	T00	T0	T1	T2	T31	T32	T41	T42
IMD _p (vehículos pesados/día)	≥4000	< 4000 ≥ 2000	< 2000 ≥ 800	< 800 ≥ 200	< 200 ≥ 100	< 100 ≥ 50	< 50 ≥ 25	< 25

6.2. Explanada

A norma 6.1-IC clasifica as explanadas en tres categorías (táboa 6.2) en función da súa capacidade de soporte, expresada a través do módulo de compresibilidade (E_{v2}) obtido no segundo ciclo do ensaio de carga con placa (figura 6.1).

Táboa 6.2: Categorías de explanada (Norma 6.1-IC).

Categoría da explanada	E1	E2	E3
E_{v2} (MPa)	≥ 60	≥ 120	≥ 300

Os materiais e os espesores a empregar na construción das diversas capas de firme dependen en gran medida da capacidade de soporte da explanada. En xeral, para unha categoría de tráfico determinada, explanadas de maior calidade precisarán un menor número de capas de firme, con materiais de menor calidade e menores espesores.

Tamén pode suceder que, en función da categoría do tráfico, se esixa unha determinada categoría de explanada, como é o caso das categorías de tráfico T00 e T0 para as cales se esixe unha explanada de categoría E3.

6.3. Materiais dispoñibles

Para seleccionar, entre as posibles estruturas de firme que se vai empregar, a solución máis axeitada, tanto a nivel técnico como a nivel económico, é imprescindible levar a cabo un estudo dos materiais dispoñibles. Neste estudo deberase ter en conta a calidade dos materiais, as cantidades dispoñibles, a subministración e, por suposto, o seu prezo. Convén analizar a dispoñibilidade dos materiais básicos (áridos, ligantes, conglomerantes) e a posibilidade de empregar subprodutos industriais ou refugallos doutro tipo.



Figura 6.1: Execución dun ensaio de carga con placa

6.4. Custos

Na valoración económica das diferentes opcións consideradas é preciso ter en conta, ademais do custo derivado da propia construción, os custos futuros relacionados coas actividades previstas de conservación e rehabilitación do firme. Por outra banda, tamén é conveniente valorar os custos que repercuten nos usuarios da vía, debidos a demoras ou accidentes relacionados coas obras de conservación.

6.5. Clima

En xeral, as condicións climáticas da zona onde se sitúa a obra téñense en conta para seleccionar os materiais máis axeitados e certos elementos construtivos, principalmente os relacionados coas obras de drenaxe. As principais variables que soen ser obxecto de consideración son as relacionadas coa temperatura e a pluviometría:

- temperaturas extremas diarias e estacionais;
- radiación solar;
- réxime e contía das precipitacións;
- presenza de xeo ou neve.

Aínda que estas variables non se consideren implicitamente no deseño da estrutura do firme, terán unha elevada importancia durante a fase de explotación e conservación da estrada.

6.6. Outros factores

Os factores de deseño enumerados anteriormente son, en xeral, os máis importantes para a selección dun firme. Non obstante, en ocasións existen tamén outros factores que se deben ter en consideración: a contorna e as dimensións da obra, o equipamento da empresa construtora, a experiencia, etc.

7. Conservación de vías

7.1. Introducción

Despois da fase de construción dunha estrada, e unha vez realizada a súa posta en servizo, iníciase a fase de explotación e conservación.

A finalidade da explotación é xestionar a estrada de forma que a circulación se realice con seguridade, comodidade e fluidez, minimizando o custo global do transporte.

Dentro da explotación, aínda que con identidade propia e diferenciada, atópase a conservación. O seu obxectivo é manter as características iniciais dunha estrada, garantindo o cumprimento da súa función de xeito eficiente durante a súa vida útil, e preservando o seu valor patrimonial.

Existe unha estreita relación entre a calidade da explotación, que reflicte á súa vez a calidade do servizo prestado, e os recursos destinados a conservación das estradas. Se os investimentos en conservación son insuficientes, o estado das estradas vaise deteriorando, provocando unha serie de custos engadidos: aumento no custo de operación dos vehículos, nos tempos de percorrido, no número de accidentes, etc.

Os custos de conservación dunha estrada están moi relacionados coa súa construción. Unha estrada cun deseño sobredimensionado para o tráfico previsto terá elevados custos de construción e baixos custos de conservación. Pola contra, nunha estrada cun deseño moi axustado ás condicións de tráfico, pasará o contrario. En todo caso, é preciso chegar a unha solución de compromiso entrámbolos dous custos.

7.2. Tipos de conservación

A medida que pasa o tempo, o estado inicial das estradas vaise degradando polo paso continuo dos vehículos e a acción dos axentes atmosféricos. A conservación engloba un conxunto de actuacións que teñen por finalidade a restitución das características iniciais dunha estrada.

Pódense diferenciar diferentes niveis ou graos de conservación:

-conservación ordinaria: comprende actividades periódicas moi variadas de carácter preventivo que se inician pouco despois do momento de posta en servizo. A súa finalidade é atrasar o proceso de degradación das características da vía. Teñen un custo asociado reducido en comparación coas actuacións de construción da vía.

-rehabilitación: comprende actividades de carácter extraordinario que é preciso realizar en momentos puntuais, unha vez transcorridos un certo número de anos desde a posta en servizo da vía. A súa finalidade é recuperar os seus niveis de calidade inicial ou incluso melloralos. Teñen un custo asociado comparable o das actuacións de construción da vía.

7.3. Conservación de firmes

Dentro das actividades de conservación, as destinadas a preservar ou restaurar as características funcionais ou estruturais dos firmes son as que consumen maiores recursos.

As actividades de conservación ordinaria de firmes inclúen unha gran variedade de tarefas: reparación de fochas e saneamento de falsas, reparación de mordentes, eliminación de exsudacións, selado de gretas, etc.

No caso de rehabilitacións de firmes, a norma española correspondente (6.3-IC) distingue dous tipos:

- rehabilitación superficial, que persegue unha mellora ou restauración das características funcionais do firme (seguridade, comodidade) e da protección do conxunto do firme (impermeabilidade, durabilidade, uniformidade);

- rehabilitación estrutural, que ten como obxectivo o aumento da capacidade estrutural do firme existente, adecuando esta capacidade ás condicións de tráfico previsibles durante a súa vida útil. Esta rehabilitación comporta tamén unha rehabilitación superficial.

A rehabilitación superficial dun firme debe realizarse, cando non sendo precisa a súa rehabilitación estrutural, se detecten no pavimento deficiencias que afectan á seguridade e á comodidade da circulación, e á durabilidade do firme.

Estas deficiencias poden ser:

- pavimento escorregadizo por pulido ou falta de macrotextura;
- perda de regularidade superficial;
- aparición de deformacións lonxitudinais ou transversais;
- aparición de fisuras e/ou descarnaduras no pavimento.

Pola súa banda, as causas polas que é precisa unha rehabilitación estrutural son as seguintes:

- esgotamento estrutural do firme;
- previsión dun importante aumento da intensidade de tráfico pesado;
- gastos excesivos de conservación ordinaria.
- afección significativa á viabilidade das tarefas de conservación ordinaria.

AVALIACIÓN DA UNIDADE DIDÁCTICA

- Na avaliación da aprendizaxe dos conceptos teóricos traballados na unidade didáctica terase en conta a resposta correcta das cuestións tipo test e as cuestións curtas formuladas nas probas de avaliación da materia: probas curtas de control feitas durante o curso e exames parciais.
- Nos casos prácticos de debate presentados nas clases, valorarase a calidade e a precisión na exposición das opinións. Esta información recollerase a través dunha folla de rexistro ou anecdotario.
- Nos traballos voluntarios, valoraranse os contidos, a estrutura e a súa claridade e precisión expositiva.
- Terase en conta a atención prestada durante as clases e o interese amosado pola materia a través dos resumos entregados despois de cada sesión.

ÍNDICE DE FIGURAS

- 1.1: Firme dunha estrada [9]
- 1.2: Esquema conceptual dunha sección de estrada co firme, a explanada e o cimento del firme [10]
- 1.3: Distribución das cargas do tráfico dende un eixo do vehículo ata a explanada [11]

- 3.1: Esquema conceptual das capas dunha sección de firme [12]

- 4.1: Capas granulares: balastro (esquerda) e macádám (dereita) [13]
- 4.2: Rego de adherencia (esquerda) e mestura bituminosa (dereita) [14]

- 5.1: Exemplo de firme flexible [14]
- 5.2: Exemplo de sección de firme flexible para intensidade baixa de tráfico pesado [16]
- 5.3: Exemplo de sección de firme flexible para intensidade media de tráfico pesado [16]
- 5.4: Exemplo de sección de firme flexible para intensidade elevada de tráfico pesado [16]
- 5.5: Exemplo de firme ríxido con pavimento de formigón [17]
- 5.6: Exemplo de sección de firme ríxido para intensidade baixa de tráfico pesado [17]
- 5.7: Exemplo de sección de firme ríxido para intensidade media de tráfico pesado [18]
- 5.8: Exemplo de sección de firme ríxido para intensidade elevada de tráfico pesado [18]

- 6.1: Execución dun ensaio de carga con placa [20]

BIBLIOGRAFÍA

- [1] ACHÚTEGUI VIADA, F. (2005): *Características superficiales de los firmes de carreteras*, Madrid: Centro de Publicaciones del CEDEX.
- [2] AENOR (1999): *Geotecnia: ensayos de campo y de laboratorio*, Madrid.
- [3] CRONEY, D. e CRONEY, P. (1991): *The design and performance of road pavements*, Editorial McGraw-Hill.
- [4] KRAEMER, C. *et al* (2004): *Ingeniería de carreteras. Volumen II*, Madrid: Ed. McGraw-Hill.
- [5] MINISTERIO DE FOMENTO (2003): *Norma 6.1-IC «Secciones de firme» de la Instrucción de Carreteras*, Madrid: Orden FOM/3460/2003 publicada no BOE nº297 do 12 de decembro de 2003.
- [6] MINISTERIO DE FOMENTO (2003): *Norma 6.3-IC «Rehabilitación de firmes» de la Instrucción de Carreteras*, Madrid: Orden FOM/3459/2003 publicada no BOE nº297 do 12 de decembro de 2003.
- [7] MINISTERIO DE FOMENTO (1998): *Normas NLT-I. Ensayos de carreteras*, Madrid: Dirección General de Carreteras.
- [8] MINISTERIO DE FOMENTO (2004): *Pliego de prescripciones técnicas generales para obras de carreteras y puentes (PG-3)*, Madrid: Dirección General de Carreteras.
- [9] WRIGHT, P. H. e DIXON, K. (2004): *Highway engineering*. USA: John Wiley & Sons, Inc.

Citas de recursos en internet

- [10] AEC - Asociación Española de la Carretera
<http://www.aecarretera.com/> [citado 10 ene 2011]
- [11] Carreteras - Ministerio de Fomento
http://www.fomento.es/mfom/lang_castellano/direcciones_generales/carreteras/ [citado 10 ene 2011]
- [12] Carreteras y alguna cosa más
<http://www.carreteros.org/> [citado 10 ene 2011]
- [13] "Materiales marginales en el PG-3".
Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos.
Dirección General de Carreteras - Ministerio de Fomento.
A. Parrilla Alcaide.
<http://www.ciccp.es/ImgWeb/Castilla%20y%20Leon/Art%EDculos%20T%E9cnicos/Materiales%20marginales%20PG3.pdf>
[citado 10 ene 2011]
- [14] Normativa técnica - Carreteras - Ministerio de Fomento
http://www.fomento.es/mfom/lang_castellano/direcciones_generales/%20%20carreteras/normativa_tecnica/ [citado 10 ene 2011]
- [15] Recursos docentes da materia de Camiños e Aeroportos da
Universidade da Coruña
ftp://ceres.udc.es/asignaturas/ITS%20Caminos/2_Ciclo/Caminos_y_Aeropuertos/ [citado 10 ene 2011]
- [16] Wikivia - La enciclopedia de la Carretera
<http://www.wikivia.org/> [citado 10 ene 2011]



Unha colección orientada a editar materiais docentes de calidade e pensada para apoiar o traballo de profesores e alumnos de todas as materias e titulacións da universidade



SERVIZO DE NORMALIZACIÓN
LINGÜÍSTICA

