

# RECOMENDACIONES PARA EL DISEÑO DE FIRMES DE VÍAS CICLISTAS



EUSKO JAURLARITZA



GOBIERNO VASCO

EKONOMIAREN GARAPEN  
ETA AZPIEGITURA SAILA

DEPARTAMENTO DE DESARROLLO  
ECONÓMICO E INFRAESTRUCTURAS





# RECOMENDACIONES PARA EL DISEÑO DE FIRMES DE VÍAS CICLISTAS

EUSKO JAURLARITZA



GOBIERNO VASCO

EKONOMIAREN GARAPEN  
ETA AZPIEGITURA SAILA

DEPARTAMENTO DE DESARROLLO  
ECONÓMICO E INFRAESTRUCTURAS

**Eusko Jaurlaritzaren Argitalpen Zerbitzu Nagusia**

Servicio Central de Publicaciones del Gobierno Vasco

Vitoria-Gasteiz, 2017

Un registro bibliográfico de esta obra puede consultarse en el catálogo de la red *Bibliotekak* del Gobierno Vasco: <http://www.bibliotekak.euskadi.eus/WebOpac>

#### **Edición**

1.ª octubre de 2017

#### **Tirada**

200 ejemplares



Administración de la Comunidad Autónoma del País Vasco  
Departamento de Desarrollo Económico e Infraestructuras

#### **Internet**

[www.euskadi.eus](http://www.euskadi.eus)

#### **Edita**

Eusko Jaurlaritzaren Argitalpen Zerbitzu Nagusia  
Servicio Central de Publicaciones del Gobierno Vasco  
Donostia-San Sebastián, 1 • 01010 - Vitoria-Gasteiz

#### **Diseño y maquetación**

ekipoPO

#### **Depósito Legal**

VI 610-2017

# ÍNDICE

1. Introducción .....	7
2. Consideraciones generales .....	9
3. Tipos de vías ciclistas .....	11
4. Proceso de dimensionamiento de firmes .....	13
5. Tráfico .....	17
6. Explanada mejorada .....	19
7. Materiales para el firme .....	25
8. Secciones de firme .....	33
9. Otros aspectos constructivos .....	35
Comisión del Plan General de Carreteras del País Vasco .....	37



## 1. INTRODUCCIÓN

El incremento continuado en el tiempo de la cuota de movilidad en automóvil ha generado en muchos espacios situaciones difícilmente sostenibles asociadas a problemas como la congestión, la contaminación, el consumo de energía y el consumo del suelo, entre otros, con efectos y consecuencias negativos para el territorio y la economía. Conscientes de ello, las instituciones competentes en materia de ordenación territorial y transportes intentan cambiar esta tendencia tanto en el ámbito urbano como en el interurbano, buscando la contención de la necesidad de movilidad y trasladando ésta a modos de transporte más sostenibles.

En este sentido, son numerosas las iniciativas que las instituciones de la CAPV han desarrollado en materia de planificación, construcción y actuaciones complementarias para el fomento del uso de la bicicleta como modo de transporte sostenible, para atender tanto a la movilidad cotidiana como al acceso al ocio y al turismo, además de facilitar el ejercicio de un deporte saludable.

En virtud de lo dispuesto en el artículo 7 a) punto 8 de la Ley 27/1983, de 25 de noviembre, de Relaciones entre las Instituciones Comunes de la Comunidad Autónoma y los Órganos Forales de sus Territorios Históricos, estos ostentan la competencia en “planificación, proyecto, construcción, conservación, modificación, financiación, uso y explotación de carreteras y caminos”. En el mismo apartado la Ley establece que “cuando en los planes de la Comunidad Autónoma del Estado, de otros Entes Públicos extracomunitarios o de los Territorios Históricos, se contemple el establecimiento de nuevas vías de comunicación cuyo trazado incida, respectivamente, en los Territorios Históricos o en los limítrofes a éstos, se procederá a coordinar dichos planes sobre la base de las facultades y atribuciones respectivas”.

Estas consideraciones han llevado a las instituciones vascas competentes a establecer los mecanismos necesarios para coordinar, a nivel territorial, la planificación de las vías ciclistas, definir los itinerarios principales y avanzar en una política de actuaciones complementarias para la consecución de una red homogénea y coherente en el conjunto del territorio de esta Comunidad Autónoma.

Por su parte, en materia de normativa técnica, la Comisión del Plan General de Carreteras ha desarrollado, y mantiene actualizada, la Norma para el dimensionamiento de firmes de la Red de Carreteras del País Vasco. Dado el reconocimiento de la vía ciclista como un nuevo tipo de camino o infraestructura viaria, con características propias para el desarrollo de la movilidad no motorizada, predominantemente ciclista, tal y como se establece en las Normas Forales de Vías Ciclistas de cada uno de los Territorios Históricos<sup>1</sup>, se ha querido aprovechar la presencia en la Comisión del Plan de las administraciones

---

<sup>1</sup>Norma Foral 1/2007, de 24 de enero, de vías ciclistas del Territorio Histórico de Gipuzkoa (BOG nº 22, de 31 de enero de 2007), Norma Foral 4/2010, de 24 de enero, de Vías Ciclistas del Territorio Histórico de Álava (BOTH A nº 31, de 17 de marzo de 2010) y NORMA FORAL 10/2014, de 27 de junio, de vías ciclistas forales de Bizkaia (BOB nº 129, de 8 de julio de 2014).



interesadas, donde concurren tanto las competentes en materia de carreteras como las de las vías ciclistas, para la redacción de unas recomendaciones para el diseño y el dimensionamiento de las vías ciclistas, que, a la vez, permita la homogeneización de las soluciones, con el objetivo de facilitar el seguimiento del comportamiento de estos firmes, y una mejora continua en su diseño y construcción.

Estas recomendaciones mantienen la coherencia en cuanto a su estructura con el documento de la Norma de firmes y están adaptadas a las particulares características de este tipo de vías. Además se persigue que el diseño sea consecuente con la Norma para el dimensionamiento de firmes de la Red de Carreteras del País Vasco en aquellos casos en que las vías por las que circulen los ciclistas tengan tráfico mixtos.

## 2. CONSIDERACIONES GENERALES

El firme de las vías ciclistas debe permitir una circulación rápida, segura, cómoda y agradable para los usuarios siendo a la vez duradero, de fácil mantenimiento y respetuoso con el medio ambiente.

La construcción de firmes para vías ciclistas responde a los mismos principios que las carreteras o calles urbanas, aunque, cuando son utilizadas exclusivamente por ciclistas (y peatones según los regímenes de circulación habilitados), no soportan cargas elevadas y, por tanto, necesitan firmes de menor espesor que los usuales para el tráfico motorizado.

Aparte de esta diferencia principal, en el diseño de firmes para vías ciclistas se debe tener en cuenta una serie de singularidades:

- Las vías ciclistas son utilizadas por personas usuarias muy vulnerables y susceptibles de sufrir accidentes graves por cualquier elemento que ponga en riesgo la circulación. Estos elementos de riesgo incluyen algunos que en carreteras convencionales no se consideran como tales o no suponen un riesgo excesivo. Así, por ejemplo, se pueden producir accidentes por sumideros con barras paralelas al movimiento, obstáculos debidos a resaltos por tapas de registros mal enrasadas o cambios de firme con transiciones inadecuadas, accesos no pavimentados que puedan aportar materiales sueltos, cunetones próximos o desniveles de pequeña o mediana altura, zonas en las que se pueda acumular algo de agua y barro o bordillos laterales elevados.
- La comodidad de rodadura es muy importante para quienes circulan en bicicleta, por lo que se deben facilitar superficies muy regulares, sin discontinuidades. Esto hace que se deba evitar en lo posible (salvo que sea necesario por otros condicionantes) los pavimentos de hormigón con juntas, firmes de adoquines o materiales tratados con cemento en los que se puedan reflejar fisuras en la superficie que formen protuberancias.
- En algunos casos es necesario resaltar la vía para mejorar su visibilidad para otras personas usuarias, lo que se consigue, además de con la debida señalización, con superficies coloreadas. Estas situaciones se producen principalmente en aquellas bandas para ciclistas que circulan adyacentes a las vías peatonales o a las plataformas para vehículos motorizados en carreteras o calles, o en las zonas que puedan ser atravesadas por éstas.
- Cuando estas vías circulan por espacios protegidos o zonas urbanas que estén sometidas a alguna regulación dictada para una integración armoniosa en el entorno ambiental, urbanístico o patrimonial, puede haber condiciones impuestas sobre la apariencia de las capas de rodadura.



### 3. TIPOS DE VÍAS CICLISTAS

En las Vías Ciclistas cabe distinguir entre las situaciones descritas a continuación:

#### 1. Vías segregadas físicamente del tráfico motorizado

##### *Pista-Bici:*

Infraestructura reservada para los ciclistas con trazado independiente de las carreteras y, por tanto, segregada del tráfico motorizado.

##### *Carril-Bici protegido:*

Vía de uso exclusivo para ciclistas que discurre adosada a la calzada y provista de elementos laterales que la separan físicamente del resto de ella así como de la acera, como bolardos, bordillos, barreras o algún otro medio de segregación o protección.

##### *Acera-Bici:*

Vía ciclista unidireccional o bidireccional dispuesta sobre la acera. El tránsito ciclista se puede disponer en coexistencia con el tránsito peatonal, con señalización de indicación de ambos modos (Acera-bici compartida), o estar claramente diferenciado de éste mediante señalización, marcas en el pavimento o cualquier otro elemento de diferenciación (Senda Acera-bici), e incluso pudiendo llegar hasta la segregación física (Pista Acera-bici).

##### *Senda ciclable:*

Vía para ciclos y peatones, con indicación de usos compartidos o diferenciados, y segregada del tráfico motorizado, que discurre por espacios abiertos, parques, jardines o bosques.

#### 2. Vías no segregadas o integradas

##### *Carril-Bici:*

Vía ciclista que discurre adosada a la calzada, en un solo sentido o en doble sentido, y que se halla diferenciada del tráfico motorizado, que no segregado físicamente, tendiendo no obstante, de forma preferente y en función del régimen circulatorio existente, a que la bicicleta discorra en el mismo sentido de la circulación.

#### *Arcén-Bici:*

Vía ciclista que ocupa el arcén de la carretera, que discurre en el mismo sentido de la circulación y que no está segregada físicamente pero sí diferenciada mediante marcas viales, cambios de color y/o textura, ligeros cambios de rasante u otros métodos.

### **3. Vía señalizada compartida o mixta**

#### *Vía compartida con el tráfico motorizado:*

Vía urbana o interurbana en la que el diseño y la regulación del tráfico inducen comportamientos y velocidades de los vehículos motorizados más compatibles con el uso ciclista en régimen de coexistencia, donde además se subraya dicha convivencia mediante una marcación específica y la incorporación, en ocasiones, de medidas en la calzada que garanticen dicho régimen de circulación preferente ciclista.

#### *Carril bici-bus:*

Carril o tramo de calle o carretera reservado, debidamente señalizado, compartido por autobuses y ciclistas y, a veces, por otros servicios públicos (municipales, taxis, etc.), e incluso por tráfico privado autorizado muy restringido (carga-descarga, residentes en determinadas circunstancias...).

## 4. PROCESO DE DIMENSIONAMIENTO DE FIRMES

Los elementos a considerar en el diseño de firmes para vías ciclistas son el tráfico que vaya a soportar la vía y la explanada sobre la que se apoya. Una vez definidos estos parámetros el proyectista debe seleccionar los materiales y espesores que consigan un firme cómodo, económico y duradero y ambientalmente sostenible. Factores todos ellos determinantes a la hora de garantizar la funcionalidad de la vía, y que condicionarán tanto los costes de construcción como los nada desdeñables costes de mantenimiento. En algunos casos se deben elegir capas de rodadura que destaquen la vía con respecto a aquellas que sirvan a otros usos. Hay situaciones en las que la vía circula por zonas ambientales protegidas o zonas urbanas con un patrimonio histórico, en cuyo caso se habrá de prestar especial atención a su integración paisajística o estética, etc.

Las etapas a seguir para el diseño de un firme para vías ciclistas, y los estudios a incluir en el proyecto, son las siguientes:

### 1. Estimación del tráfico

El Apartado 5 “Tráfico” de este documento establece los criterios a seguir en el análisis del tráfico. En el caso de que la vía vaya a ser utilizada únicamente por ciclistas y peatones y ocasionalmente por vehículos no muy pesados de limpieza y mantenimiento (carga por eje inferior o igual a 3,5 t) no es necesario considerar un tráfico de proyecto y el diseño del firme puede hacerse según las directrices incluidas en este documento.

Si por el contrario, sobre la vía van a circular vehículos pesados de carga por eje superior a 3,5 t, el dimensionamiento debe seguir la Norma para el dimensionamiento de firmes de la Red de Carreteras del País Vasco<sup>2</sup>, definiendo la IMD inicial de vehículos pesados y haciendo una estimación de la acumulación de estos vehículos a lo largo de la vida de servicio, que con arreglo a la citada Norma será de 20 años.

### 2. Caracterización geotécnica de los terrenos atravesados e identificación de suelos y materiales disponibles

Los criterios a seguir para la caracterización geotécnica de los terrenos se presentan en el Apartado 6 “Explanada Mejorada” de este documento. El procedimiento y los ensayos para la caracterización de suelos, así como su clasificación en grupos tipificados son análogos a los expuestos en la Norma para el dimensionamiento de firmes de la Red de Carreteras del País Vasco, que debe utilizarse como documento complementario a éste.

---

<sup>2</sup>BOPV nº 235, de 5 de diciembre de 2012.

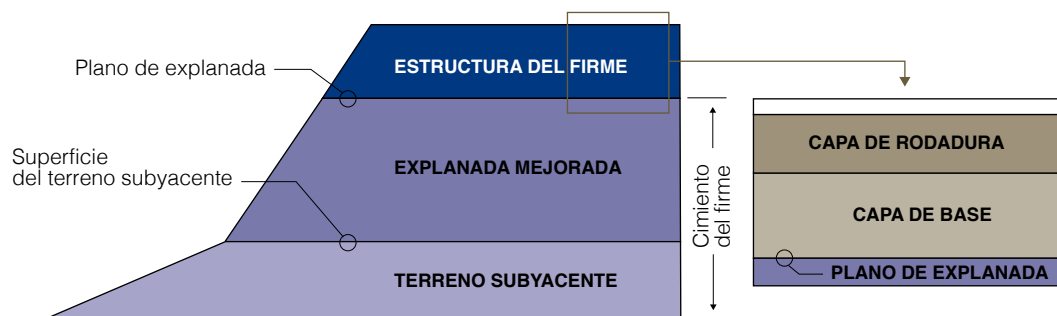
Se realizará también un inventario de suelos y áridos disponibles en la zona que puedan ser de utilización para los terraplenes, explanada mejorada o capas granulares, acompañando su caracterización y el volumen utilizable, y realizando una valoración del precio de adquisición, transporte y puesta en obra.

Se incluirán en el inventario los residuos o subproductos cuyas características permitan, técnica, económica y ambientalmente, su utilización en la obra. Se deben estudiar, entre otros, las escorias de acería, los estériles de mina, los materiales reciclados de firme y los materiales procedentes de residuos de construcción y demolición.

### 3. Selección de la explanada mejorada

La explanada mejorada se seleccionará de entre las predefinidas en el Apartado 7 “Materiales para el firme” de este documento, en función del terreno subyacente, el tráfico esperado, la experiencia existente y los suelos presentes en la zona, buscando en cualquier caso el diseño que asegure una durabilidad adecuada con una mayor economía y el necesario respeto al medio ambiente.

**Figura 4.1. Esquema de composición de las estructuras de firme y explanada**



Además de las explanadas definidas en la Norma de Firmes en función de su capacidad de soporte (EX1, EX2 y EX3), para las vías ciclistas específicas para la bicicleta se admite una categoría de explanada EX0, de capacidad de soporte inferior a las otras.

El diseño de la explanada se hará de tal manera que se consigan tramos de proyecto con una longitud de al menos 1 km que mantengan la misma categoría de explanada, y por tanto la misma sección de firme, salvo casos específicos debidamente justificados en los que sean aconsejables tramos menores. La categoría de explanada se podrá obtener a partir de varias

secciones diferentes de Explanada Mejorada si el Terreno Subyacente no fuera homogéneo en todo el tramo.

#### **4. Selección de los materiales de firme**

En el Apartado 7 “Materiales para el firme” de este documento se incluyen los materiales a utilizar en la capa de rodadura e inferiores, junto a los criterios para su selección. Para los materiales granulares hay que considerar, junto a los criterios de calidad y durabilidad, los de aprovechamiento de residuos y empleo de materiales locales. Para la elección de la capa de rodadura se deberán tener en consideración, entre otros, los criterios ya destacados de durabilidad, comodidad y seguridad y, en su caso, integración paisajística, patrimonial o medioambiental.

#### **5. Dimensionamiento del firme**

El firme se seleccionará entre las soluciones predefinidas incluidas en el Apartado 8 “Secciones de firme” de este documento, en función de la explanada definida y las características del proyecto. En el catálogo de secciones de firme se ha considerado una sección básica, pero se presentan también otras alternativas para situaciones específicas. Si se precisara adoptar una sección alternativa se tendrán en cuenta los materiales disponibles, la experiencia en la zona, las exigencias estéticas, medioambientales o de seguridad vial, así como los costes de construcción y conservación; y el anejo de firmes del proyecto deberá incluir una propuesta justificada del firme seleccionado que contemple al menos los elementos señalados.

Los espesores indicados en el catálogo son espesores mínimos de proyecto, y se deberán exigir en los Pliegos de Prescripciones Técnicas Particulares para cada una de las unidades de obra.

En el Apartado 9 “Aspectos constructivos” de este documento se recogen diversas consideraciones constructivas. También se dan directrices para el drenaje del firme.





## 5. TRÁFICO

Las vías ciclistas pueden dar servicio exclusivamente a ciclistas o pueden soportar tráficos mixtos ocasionales o continuos.

Las secciones propuestas en este documento se refieren a vías de uso exclusivo de ciclistas o peatones en las que las cargas más pesadas proceden de los vehículos de limpieza o mantenimiento con cargas por eje no superiores a las 3,5 toneladas. En aquellos casos en los que se considere la circulación de vehículos pesados el dimensionamiento del firme se debe hacer, tal y como se ha apuntado, de acuerdo con la Norma para el dimensionamiento de firmes de la Red de Carreteras del País Vasco, definiendo la IMD inicial de vehículos pesados y haciendo una estimación de la acumulación de estos vehículos a lo largo de la vida de servicio.

En el catálogo se han tenido en cuenta las cargas debidas a la maquinaria de construcción durante la ejecución de la obra. Estas cargas obligan a mantener unos espesores mínimos de firme.

Las posteriores cargas de uso, relativamente ligeras, no deben deteriorar las estructuras predefinidas en este documento, que se consideran por tanto con una vida estructural superior a los 20 años que señala la Norma de Firmes como período de proyecto a considerar para el dimensionamiento de las estructuras del afirmado. En consecuencia, las únicas actuaciones previstas en los firmes de vías ciclistas, aparte de las debidas al mantenimiento rutinario y las necesarias reparaciones puntuales a lo largo de la vida de servicio, son las de las reposiciones de rodadura por envejecimiento de las rodaduras iniciales.

Cuando las vías ciclistas se crucen con otras vías por las que circule tráfico pesado, la banda de intersección por la que vayan a circular ambos tráficos debe corresponder a las características de estas últimas.



## 6. EXPLANADA MEJORADA

El comportamiento de un firme está condicionado en gran medida por las características de los suelos sobre los que se apoya. En las vías ciclistas las cargas del tráfico son muy inferiores a las de las carreteras y por tanto la influencia del apoyo debería ser menor, pero este efecto se contrarresta por el escaso espesor del firme, de manera que las características del apoyo siguen siendo fundamentales, así como la posición del nivel freático.

Es conveniente que los firmes dispongan de apoyos homogéneos y de suficiente capacidad de soporte. Además, sobre suelos arcillosos interesan terminaciones que eviten la contaminación de las capas de firme. Por ello, sobre el terreno natural en desmonte o sobre las coronaciones de los terraplenes se dispone una o varias capas de suelos de calidad. El conjunto de capas de suelo de aportación diseñadas para conseguir los objetivos señalados se definen como explanada mejorada.

El diseño de la explanada mejorada se basa en las características de los suelos de apoyo y en la de los posibles suelos de aportación disponibles en la zona. Por tanto la primera fase del diseño es la caracterización y tramificación de los suelos de apoyo, entendiendo como tales los terrenos naturales en los desmontes y los que se vayan a utilizar en los terraplenes o sobre los que se apoyen estos.

Se deben realizar catas y sondeos para determinar con detalle suficiente las características del terreno subyacente en aquellas zonas afectadas por la traza. Antes de llevar a cabo el reconocimiento geotécnico del terreno es necesaria una definición previa de las zonas de desmonte y terraplén.

En los tramos que vayan a discurrir en terraplén se efectuarán calicatas de las que se tomarán muestras del terreno para su análisis en laboratorio y se determinará la humedad a diferentes profundidades. En estas vías los desmontes suelen ser de pequeña altura y en general es posible reconocer el terreno mediante calicatas. En caso contrario se efectuarán sondeos mecánicos.

La profundidad de la exploración en catas y sondeos dependerá de las condiciones del terreno y de las características de la obra de tierra. En zonas de pequeños desmontes, o terraplén de pequeña altura, será suficiente alcanzar una profundidad mínima de 1 m en catas y sondeos bajo las capas de asiento previstas. La frecuencia mínima del reconocimiento será de una calicata cada 500 m en terraplén y una calicata o sondeo por desmonte.

En el reconocimiento del terreno se deben identificar los materiales que se encuentren saturados y la profundidad del nivel freático. Se debe analizar especialmente la presencia de agua en desmontes y en zonas de transición de desmonte a terraplén.

Las muestras del terreno deben permitir la caracterización y clasificación de los materiales mediante los ensayos de identificación y los ensayos químicos exigidos en el PG-3<sup>3</sup>.

Una vez caracterizados y tramificados los suelos de la traza y definidos los de los terraplenes, el diseño de la explanada mejorada se hará de acuerdo con los criterios establecidos en la Norma para el dimensionamiento de firmes de la Red de Carreteras del País Vasco, teniendo en cuenta que para vías ciclistas se ha definido, además, específicamente una explanada EX0 de categoría inferior a las que se utilizan para carreteras (EX1, EX2 y EX3).

Si se consiguiera, no obstante, una explanada de categoría superior (EX1), porque los suelos existentes o aportados son de la calidad y espesor suficiente, puede haber algunas reducciones de espesor en el firme como se expone en el Apartado 8 “Secciones de firme”. En el caso de que la explanada sea de características superiores a la EX1, se considerará, a los efectos del dimensionamiento del firme, como una explanada EX1.

En el siguiente cuadro se dan disposiciones de suelos con los que se puede alcanzar dicha categoría de explanada EX0, junto a las características de la categoría EX1 que figura en la Norma de Firmes y que puede ser de interés utilizar en algunos casos. En el cuadro figuran las soluciones organizadas en función del terreno natural subyacente, considerado como aquel cuyas características están aseguradas en un espesor de 1 m por debajo del plano de explanada. Para cada caso de terreno natural subyacente, se indica el tipo de suelo a utilizar para la explanada mejorada y su espesor mínimo. Las mejoras del suelo utilizado en la explanada mejorada no justificarán reducciones de espesor sobre lo señalado en la figura 6.1.

---

<sup>3</sup>“Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para Obras de Carreteras y Puentes (PG-3)” del Ministerio de Fomento.

Figura 6.1 Secciones de Explanada Mejorada para Vías Ciclistas

T.S.	INADECUADO IN	TOLERABLE 0	ADECUADO 1
EX 0			
EX 1			

IN	Suelo inadecuado o marginal	3	Suelo seleccionado tipo 3
0	Suelo tolerable	4	Suelo seleccionado tipo 4
1	Suelo adecuado		

3	50	Espesor mínimo en cm
0	>100	

Tipo de material (pointing to 3 and 0)  
 Terreno subyacente (pointing to the diagram)

La EX1 definida en esta tabla es una simplificación de la que figura en la Norma para el dimensionamiento de firmes de la Red de Carreteras del País Vasco, ya que no incluye las soluciones con suelos estabilizados. Si se desea se puede utilizar la tabla original de la Norma (Figura 6.2 del citado documento) con todas las soluciones.

Para la correcta aplicación del cuadro se tendrá en cuenta lo siguiente:

- Los espesores que se indican son mínimos en cualquier punto de la sección transversal, y en ningún caso se podrán reducir mediante un eventual empleo de materiales de calidad superior a la especificada en cada una de las secciones.
- Se considera que el Terreno Subyacente puede estar constituido por los siguientes tipos de suelos, según el artículo 320 del PG-3: inadecuados o marginales (IN), tolerables (0) y adecuados (1). Si se encuentra cualquier tipo de suelo de características superiores a las del adecuado el diseño seguirá las directrices establecidas para suelos adecuados.

- Cuando las características del suelo del Terreno Subyacente no se mantengan en una profundidad mínima de 1 m, se considerará que el suelo del apoyo tiene la clasificación del suelo de peor calidad encontrado.
- Además de los tipos de Terreno Subyacente indicados en la figura, podrán existir apoyos en pedraplenes (P), según el artículo 331 del PG-3, y en rellenos todo-uno (TU), según el artículo 333 del PG-3. Salvo que se realicen con suelos marginales, en cuyo caso se habrá de realizar un estudio especial, estos dos tipos de apoyo se asimilarán a uno de suelo adecuado.
- El espesor total de los materiales incluidos dentro de las secciones de Explanada Mejorada se dividirá en tongadas de espesor comprendido entre 15 y 30 cm.
- Se podrán utilizar como Suelos Seleccionados los áridos reciclados de RCD (Residuo de Construcción y Demolición) siempre que cumplan las especificaciones que figuran en la Norma para el dimensionamiento de firmes de la Red de Carreteras del País Vasco.
- Los suelos de la Explanada Mejorada se compactarán en obra con una densidad igual o superior a la utilizada para su caracterización.

**Tabla 6.1 Materiales para la Explanada Mejorada**

SÍMBOLO	MATERIAL	CARACTERÍSTICAS	PRESCRIPCIONES COMPLEMENTARIAS
3	Suelo Seleccionado Tipo 3	Según prescripciones del art. 330 del PG-3	CBR <sup>(1)</sup> ≥ 20
4	Suelo Seleccionado Tipo 4		CBR <sup>(1)</sup> ≥ 40 IP < 6 y LL < 25

<sup>(1)</sup>A efectos de determinación del CBR de los suelos para la Explanada Mejorada. Se compactarán las probetas con el 98% de la densidad Proctor Modificado.

La capacidad de soporte de la explanada vendrá definida por el módulo de compresibilidad<sup>4</sup>,  $E_{v2}$ , obtenido en el segundo ciclo del ensayo de carga con placa según la norma NLT-357/98, y la relación K entre los módulos de compresibilidad del segundo y primer ciclos de carga. Los valores mínimos de  $E_{v2}$  y máximos de K sobre Plano de Explanada serán los indicados en la siguiente tabla. En todo caso, se admitirán valores de k superiores a los máximos señalados si el valor del módulo de compresibilidad del primer ciclo de carga,  $E_{v1}$ , es al menos el 70% del exigido en el segundo.

<sup>4</sup>Valores que se deben considerar únicamente a efectos de control de obra, y en ningún caso como parámetro de entrada en métodos analíticos de cálculo.

Tabla 6.2 Capacidad de soporte mínima del Plano de Explanada

CATEGORÍA DE EXPLANADA MEJORADA	E <sub>v2</sub> SEGÚN NORMA NLT-357/98	K (E <sub>v2</sub> /E <sub>v1</sub> ) SEGÚN NORMA NLT-357/98	
		DENSIDAD EXIGIDA ≥ 103% PM	DENSIDAD EXIGIDA < 103% PM
EX0	≥ 60 MPa	≤ 2,2	≤ 2,5
EX1	≥ 120 MPa		

El sistema de drenaje se diseñará de forma que se garantice que la superficie del Plano de Explanada queda por encima del nivel de la capa freática. La profundidad mínima del nivel freático respecto al Plano de Explanada será la definida en la tabla siguiente, en función del tipo de suelo del terreno subyacente.

Tabla 6.3 Profundidad mínima del nivel freático respecto al Plano de Explanada

TERRENO SUBYACENTE	PROFUNDIDAD MÍNIMA DEL NIVEL FREÁTICO (cm)
INADECUADO O MARGINAL	120
TOLERABLE	100
ADECUADO	80

A tal fin, se adoptarán medidas tales como la elevación de la rasante del Plano de Explanada, la colocación de drenes subterráneos, la interposición de una capa drenante, etc. Por otro lado, se asegurará la evacuación del agua infiltrada a través del firme de la calzada y arcones, y de la que provenga de los terrenos próximos.

La evacuación de agua se debe prever también durante la fase de construcción del cimiento del firme, proyectando la red provisional correspondiente de cunetas y bajantes, y disponiendo las pendientes transversales adecuadas. En este sentido, durante las fases constructivas la pendiente transversal de la coronación del terraplén o fondo de desmonte será al menos del 4%, excepto si están formadas por suelos estabilizados, en cuyo caso la mínima pendiente transversal será del 2%. En rampas se admitirá que esta pendiente se obtenga hasta con un ángulo de 60 grados respecto al eje. La pendiente transversal final del Plano de Explanada será igual a la de la superficie del pavimento.





## 7. MATERIALES PARA EL FIRME

Los materiales a contemplar en las secciones de firme de las vías ciclistas son los que figuran a continuación:

- Mezclas bituminosas en caliente
- Mezclas bituminosas en frío
- Rodaduras en color
- Rodaduras para zonas en las que se busque reducir la intrusión visual de la vía
- Zahorra artificial
- Riegos de adherencia e imprimación.

Algunas de las especificaciones referidas a este grupo de materiales para el tratamiento de firmes se hayan igualmente recogidas en los artículos correspondientes del Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para Obras de Carreteras y Puentes (PG-3) del Ministerio de Fomento y en la Norma para el dimensionamiento de firmes de la Red de Carreteras del País Vasco. Además, el proyecto de cada obra deberá tener en cuenta las prescripciones que se incluyen en los siguientes epígrafes, que junto a los de la Norma de Firmes, prevalecerán sobre las del PG-3 en caso de discrepancia.

### 7.1. MEZCLAS BITUMINOSAS EN CALIENTE

Las mezclas bituminosas en caliente están formadas por áridos, filler y ligante (puro o modificado) y eventualmente aditivos (pigmentos, fibras, etc.). Se fabrican a temperaturas comprendidas entre 150 y 180 °C en centrales de fabricación fijas específicas para esta función y se ponen en obra con extendedora. Se compactan mientras se encuentran a temperatura elevada.

Las mezclas bituminosas en caliente que se pueden utilizar en las vías ciclistas son:

- Las mezclas bituminosas de granulometría continua tipo aglomerado asfáltico, denominadas AC en la nomenclatura europea, e incluidas en el PG-3 vigente.
- De las mezclas incluidas en el artículo 542 del PG-3 se podrán utilizar, tanto en rodadura como, en su caso, en capas inferiores, las denominadas densas y semidensas AC-D ó AC-S, teniendo en cuenta que, para capas de rodadura, las mezclas de tipo denso tienen una superficie algo más cómoda pero con menos textura, y necesitan un contenido de betún ligeramente superior a las semidensas.

- Para capas de rodadura las mezclas incluidas en el PG-3 se diseñarán en espesores de 4 ó 5 cm y con tamaño máximo de árido de 16 mm.
- Con espesores de 3 ó 4 cm se pueden utilizar las mezclas bituminosas de granulometría continua tipo AC surf denso de tamaño máximo de árido 8 mm (AC8 surf D), no incluidas en el PG-3 vigente.

Las especificaciones de las mezclas AC seguirán las prescripciones del PG-3, artículo 542, para una categoría de tráfico pesado T4, con las siguientes excepciones:

- Tanto en capas de rodadura como en capas inferiores se admitirán áridos gruesos con una resistencia a la fragmentación de categoría  $LA_{30}$ .
- No serán de aplicación las especificaciones referentes a Macrotextura Superficial (MTD) y Resistencia al Deslizamiento Transversal (CRT) del citado artículo, pero sí las relativas al Coeficiente de Pulimento acelerado (CPA ó PSV) de los áridos.
- Las mezclas bituminosas AC8 surf D se definirán con las características indicadas en la tabla siguiente a las que se añadirán el resto de especificaciones del artículo 542 que sean de aplicación.

**Tabla 7.1 Especificaciones para las mezclas AC8 Surf D**

<b>MEZCLAS AC8 Surf D</b>	
<b>TAMICES UNE</b>	<b>HUSO AC8 Surf D</b>
16	100
8	90 – 100
4	60 – 83
2	40 – 65
0,5	15 – 30
0,250	10 – 22
0,063	4 – 8
% Mínimo de betún sobre mezcla*	4,75 %
Contenido de huecos en mezcla	4 – 6 %
Resistencia conservada (UNE-EN 12697-12)	> 80 %

\*A corregir por peso específico de los áridos, en su caso, según el criterio del PG-3.

## 7.2. MEZCLAS BITUMINOSAS EN FRÍO

Están formadas por una combinación de áridos, emulsión bituminosa y eventualmente aditivos. Se fabrican en instalaciones fijas a temperatura ambiente aunque es posible acelerar su curado final incrementando ligeramente su temperatura de fabricación, que en cualquier caso es siempre inferior a 100 °C. Se ponen en obra con extendedora y se compactan a temperatura ambiente. Tienen las ventajas de soportar mejor que las mezclas en caliente largas distancias de transporte y una mayor flexibilidad en la puesta en obra. No están definidas en el PG-3 pero a efectos de este documento son de aplicación las especificaciones propuestas por ATEB (Asociación Técnica de Emulsiones Bituminosas).

### Mezclas abiertas en frío (AF)

Se pueden utilizar en capas de rodadura en espesores de 3 a 5 cm. Son capas de granulometría abierta, muy flexibles, que se adaptan bien a los posibles movimientos del soporte. Generalmente se aplica un enarenado inicial y posteriormente, tras el correspondiente período de curado, una capa de lechada bituminosa fina de sellado.

En capas de rodadura se utilizarán las mezclas tipo AF8 para capas de espesor igual o inferior a 4 cm o las AF12 para las de espesor superior a 4 cm.

### Mezclas gruesas en frío (GF)

Al igual que las AF se pueden utilizar en capas de rodadura en espesores de 4 a 5 cm. Son mezclas bituminosas con una granulometría intermedia entre las AF y las mezclas semidensas, de modo que manteniendo una cierta flexibilidad son más impermeables y no necesitan actuaciones de sellado.

Las especificaciones de las mezclas en frío seguirán el documento de ATEB (Asociación Técnica de Emulsiones) "Pliego de Mezclas Bituminosas Abiertas en Frío", para una categoría de tráfico pesado T4, con las siguientes excepciones:

- Tanto en capas de rodadura como en capas inferiores se admitirán áridos gruesos con una resistencia a la fragmentación de categoría  $LA_{30}$
- El PSV de los áridos gruesos será de la categoría  $PSV_{44}$
- No serán de aplicación las especificaciones referentes a Macrotextura Superficial (MTD) y Resistencia al Deslizamiento Transversal (CRT) del citado artículo.
- Las mezclas bituminosas GF-12 se definirán con las características indicadas en la tabla siguiente a las que se añadirán el resto de especificaciones del pliego de mezclas bituminosas abiertas en frío de ATEB que sean de aplicación.

Tabla 7.2 Especificaciones para las mezclas GF-12

MEZCLAS GF	
TAMICES UNE	HUSO GF-12
10	100
8	75 – 97
4	14 – 27
2	11 – 22
0,5	8 – 16
0,063	5 – 7
% Mínimo de betún residual sobre mezcla*	4,0 %
Contenido de huecos en mezcla	5 – 10 %
Resistencia conservada (NLT - 162)	> 75 %

\*A corregir por peso específico de los áridos, en su caso, según el criterio del PG-3.

### 7.3. RODADURAS EN COLOR

Las rodaduras coloreadas son de gran ayuda para distinguir las zonas exclusivas de ciclistas cuando la vía se encuentra adyacente a un carril de vehículos motorizados, sin segregación física, aunque igualmente lo es cuando se habilitan sobre la plataforma peatonal bandas específicas para la movilidad en bicicleta, al efecto de subrayar las diferentes secciones de circulación (ciclista y peatonal) y reforzar así las medidas de seguridad. El elevado coste de instalación y conservación de estas rodaduras deberá ser un elemento a considerar por lo que en aquellas situaciones en las que no hay posibilidad de equivocar la función de la vía es preferible no utilizar rodaduras coloreadas.

Aunque en la vía no se aplique de manera general el color, éste tiene utilidad en zonas de conflictos potenciales, como en las proximidades de las señales de stop, intersecciones, zonas especiales de tráfico combinado, zonas de entrada o fin de vía ciclista, etc. En cualquier caso, la aplicación de colores en las rodaduras ciclistas debe analizarse cuidadosamente, y en especial en las zonas de conflicto con otros tráficos, de manera que queden claras las prioridades de los ciclistas. No se debe hacer un uso innecesario o excesivo de zonas en color para no aumentar el efecto de impacto visual, como tampoco el uso del color debe sustituir a la señalización vertical y marcas viales establecidas, en su caso, para la circulación ciclista.

Cuando se aplica un determinado color en una vía ciclista, no debe utilizarse el mismo color para otras funciones en las vías del entorno.

En el País Vasco se ha venido utilizando como color preferente el rojo, pero pueden utilizarse otros si se considera conveniente. Los colores más usuales, además del rojo, son el verde, amarillo y azul.

Hay varios sistemas para obtener superficies coloreadas:

- Mezclas bituminosas en caliente con ligantes convencionales y pigmentos de color (3 a 4% sobre masa de áridos) en capas de 3 a 5 cm de espesor. Con este tipo de mezclas bituminosas únicamente se consigue el color rojo y azul, en tonos apagados. Las mezclas bituminosas son materiales duraderos pero el color reduce su intensidad con el paso del tiempo y del tráfico.
- Mezclas con ligantes sintéticos o resinas y pigmentos de distintos colores o incoloros. Se consigue todo tipo de colores con dotaciones de pigmento del 1 al 2% sobre masa de áridos. Se pueden utilizar granulometrías con tamaños máximos de árido de 12 a 20 mm para espesores de capa de 3 a 5 cm, o con tamaños inferiores a 12 mm para capas delgadas (entre 2 y 10 mm). La fabricación de estas mezclas puede ser en caliente o en frío, aunque con las más finas se suelen fabricar en frío (lechadas). Se obtienen coloraciones intensas y duraderas.
- Pinturas mono o bicomponentes o morteros a base de resinas, en capas de aproximadamente unos pocos milímetros de espesor. Se aplican generalmente en una, dos o tres capas. Las pinturas tienen una duración limitada y necesitan una ejecución muy cuidadosa.

Las lechadas y pinturas son válidas para vías de tráfico exclusivamente ciclista mientras que las mezclas bituminosas en caliente y las mezclas gruesas con ligantes sintéticos se pueden proyectar para tráfico mixto.

Actualmente las soluciones más utilizadas para vías ciclistas con tráfico exclusivamente ciclista son las lechadas en frío coloreadas y las mezclas bituminosas en caliente.

En vías de uso exclusivo para ciclistas, tanto en la solución con mezclas como con lechadas, se pueden utilizar áridos de color claro, que tienen las ventajas sobre el árido oscuro de mantener mejor el color original a lo largo del tiempo y conseguir superficies visualmente más claras que facilitan la circulación nocturna.

#### 7.4. RODADURAS PARA ZONAS EN LAS QUE SE BUSQUE REDUCIR LA INTRUSIÓN VISUAL DE LA VÍA

En determinadas zonas como parajes protegidos, parques o jardines puede ser de interés buscar rodaduras que tengan un impacto visual menor que el que se da con rodaduras negras o en color.

En estos casos pueden utilizarse terminaciones en materiales granulares como zahorras o arenas naturales. Las zahorras deben tener una cierta plasticidad para conseguir una cierta cohesión superficial.

Hay otras soluciones más duraderas, a base de materiales tratados con conglomerantes hidráulicos o puzolánicos o con ligantes sintéticos, como las que se indican a continuación:

- Suelos estabilizados con cemento o cal, o suelocemento. Permiten la utilización de terrenos marginales localizados en el propio emplazamiento de la obra. Los suelos han de contar con una adecuada plasticidad para el conglomerante que se vaya a utilizar (cemento si es de baja plasticidad y cal si es de plasticidad elevada) y las especificaciones son las señaladas en el PG-3 para estas unidades de obra.
- Zahorras tratadas con cemento blanco, con características similares a las de la gravacemento.
- Zahorras tratadas con conglomerantes incoloros puzolánicos a base de vidrio reciclado, con las características de un gravacemento del PG-3, pero exigiendo las resistencias a 28 días en vez de a 7 días.
- Mezclas con resinas sintéticas incoloras, de características similares a las indicadas en el apartado anterior.

Las rodaduras no pavimentadas del tipo zahorra suelen ser incómodos y necesitan una conservación frecuente y si pasa algún tráfico motorizado pueden deteriorarse con facilidad. La circulación sobre este tipo de superficies puede entrañar ciertos riesgos para la circulación de los ciclistas por la presencia de materiales sueltos en la superficie.

Los suelos con cal o con cemento pueden ofrecer mayor comodidad que las capas granulares pero también se erosionan fácilmente con el tráfico motorizado, especialmente en las fases iniciales de servicio.

Las zahorras tratadas con conglomerantes hidráulicos o puzolánicos son más duraderos que los tratamientos anteriores, pero pueden ser incómodos por las grietas de retracción, especialmente en el caso de conglomerantes hidráulicos.

Las mezclas a base de resinas suponen un tratamiento eficaz y duradero.

## 7.5. ZAHORRA ARTIFICIAL

Se utilizarán zahorras de los tipos ZA25 ó ZA20, de acuerdo con el artículo 510 del PG-3. Las zahorras pueden ser de áridos naturales, áridos reciclados de Residuos de Construcción y Demolición (RCD) o áridos siderúrgicos, reciclados de escorias de acería de horno eléctrico, que cumplan las especificaciones

para estos materiales incluidas en la Norma para el dimensionamiento de firmes de la Red de Carreteras del País Vasco.

## 7.6. RIEGOS

Se deberá cuidar especialmente la correcta ejecución y el empleo de las dotaciones adecuadas ya que los riegos juegan un papel decisivo en el comportamiento del firme.

### Riegos de imprimación

Se efectuará un riego de imprimación según lo indicado en el art. 530 del PG-3, sobre las zahorras artificiales que vayan a recibir una capa de mezcla bituminosa.

### Riegos de adherencia

Sobre las capas de zahorra que vayan a recibir sobre ellas una capa de mezcla bituminosa, una vez realizado el riego de imprimación, se efectuará un riego de adherencia según lo indicado en el art. 531 del PG-3.

### Riegos de curado

Se efectuará un riego de curado, según lo indicado en el art. 532 del PG-3, sobre todos los materiales tratados con conglomerantes hidráulicos o puzolánicos. El riego de curado se deberá barrer de forma enérgica previamente a la colocación de una capa superior o la extensión de un riego de adherencia.





## 8. SECCIONES DE FIRME

### 8.1. VÍAS DE PLATAFORMA INDEPENDIENTE DE USO EXCLUSIVO CICLISTA

La vía está segregada de manera que cuenta con una plataforma independiente, construida en su totalidad específicamente para el uso ciclista (pista-bici) o transformada de otro uso (Pista-Bici o Senda ciclable). El único uso de tráfico motorizado es debido a los vehículos de limpieza o mantenimiento con una carga por eje menor o igual a 3,5 t.

En estos casos, las secciones de firme recomendadas (considerando una explanada tipo EX0) son las expuestas en la tabla 8.1.

Tabla 8.1 Secciones de firme

SECCIÓN BÁSICA			
SECCIÓN	RODADURA	CAPA INTERMEDIA	CAPA DE BASE
1	3 A 5 cm de MB*	-	25 cm de ZA**
SECCIONES ALTERNATIVAS PARA VÍAS CON REDUCIDA INTRUSIÓN VISUAL			
SECCIÓN	RODADURA	CAPA INTERMEDIA	CAPA DE BASE
2	15 cm de MTC	-	25 de ZA

\*Pueden ir terminadas con una lechada bituminosa, coloreada o no, o con pinturas.

\*\*Con explanadas tipo EX1, EX2 Ó EX3 el espesor de la capa de base puede reducirse a 15 cm.

MB = Mezcla bituminosa o con ligantes sintéticos; MTC = Material tratado con conglomerante hidráulico o puzolánico.

### 8.2. VÍAS DE PLATAFORMA COMPARTIDA, SEGREGADAS O INTEGRADAS

En el caso de que la vía ciclista comparta plataforma con una carretera o vía urbana y esté adosada o integrada en ella, aun siendo el tráfico exclusivamente ciclista, el diseño suele estar obligado por la vía colindante. Así en el uso de arcones de carretera como vías ciclistas el Arcén-bici resultante suele tener una estructura compatible con los carriles adyacentes de tráfico motorizado (podría ser utilizada por los vehículos automóviles en circunstancias excepcionales, tal y como contempla la Ley de Tráfico para el caso de los arcones). De tal forma que éstos, aunque no correspondan a lo indicado en la tabla anterior de secciones recomendadas, tienen una capacidad de soporte que es superior a la requerida

por el tráfico ciclista, por lo que la única actuación necesaria suele ser dotar a la superficie de color (a excepción de las obras precisas necesarias, llegado el caso, que garanticen la obtención de los anchos requeridos en el dimensionamiento para este tipo de vías ciclistas). En calles o aceras se suele dar la misma situación.

En las vías de tráfico compartido con vehículos motorizados se debe utilizar la Norma para el dimensionamiento de firmes de la Red de Carreteras del País Vasco, seleccionando el firme necesario en función del tráfico pesado y la explanada que se vaya a utilizar.

## 9. OTROS ASPECTOS CONSTRUCTIVOS

Cuando las vías tienen una anchura inferior o igual a 3 m se debe facilitar una contención lateral adecuada para minimizar la deformación y erosión de la vía, especialmente cuando se espera la circulación de vehículos de un cierto peso (equipos de limpieza o mantenimiento de peso superior a 3,5 t).

La contención puede formarse con encintados de piedra u hormigón. Una solución alternativa es dotar a la vía de un sobreebancho, por ejemplo 30 cm a cada lado, o de arcenes. Los encintados deben tener su cota superior enrasada con la superficie de rodadura para evitar riesgos para el que circula en bicicleta y para que no se acumule el agua.

El drenaje de las vías ciclistas tiene tanta importancia como en las carreteras, tal y como se ha mencionado en el apartado de la Explanada Mejorada. Cabe subrayar nuevamente el hecho destacado de que las vías ciclistas deben disponer de un drenaje efectivo de manera que el nivel freático se encuentre siempre por debajo del nivel de la explanada mejorada y se tengan en cuenta los posibles flujos de agua superficial en períodos de lluvias fuertes o tormentas.

Todas las rejillas o sumideros deben estar bien enrasadas con la superficie. En aquellos casos en los que la persona ciclista deba circular sobre una rejilla, las barras superficiales deben encontrarse en el sentido perpendicular a la circulación. En situaciones urbanas en que pueda haber circulación en ambas direcciones debe utilizarse rejillas de barras cruzadas.

Las pendientes transversales estarán comprendidas entre el 1 y el 2,5 % y las longitudinales serán de, al menos, el 0,5%. Se deben evitar zonas en las que pueda estancarse el agua. En vías no pavimentadas se dispondrá bombeo (pendiente transversal a ambos lados).



## COMISIÓN DEL PLAN GENERAL DE CARRETERAS DEL PAÍS VASCO

### **María Aranzazu Tapia Otaegui**

Consejera

Presidenta de la Comisión del Plan General de Carreteras del País Vasco

### **Janire Bijueska Bedialauneta**

Directora de Planificación del Transporte del Gobierno Vasco

### **María Aranzazu Leturiondo Aranzamendi**

Viceconsejera de Planificación Territorial

### **Jesús María López Ubierna**

Diputado Foral de Infraestructuras Viarias y Movilidad de Araba

### **Imanol Pradales Gil**

Diputado Foral de Desarrollo Económico y Territorial de Bizkaia

### **Aintzane Oiarbide Iruretagoiena**

Diputada Foral de Infraestructuras Viarias de Gipuzkoa

## PONENCIA TÉCNICA

### Gobierno Vasco

### **Janire Bijueska Bedialauneta**

Directora de Planificación del Transporte

### **Ana Isabel Fonseca Miguel**

Responsable de Infraestructuras

## Diputación Foral de Álava

**María Ángeles Gutiérrez Ondarza**

Directora de Infraestructuras Viarias y Movilidad

**Miguel Ángel Ortiz de Landaluce Martínez de Rituerto**

Jefe del Servicio de Infraestructuras Viarias

## Diputación Foral de Bizkaia

**Jon Eramunda Larrea Arrutia**

Director General de Infraestructuras y Desarrollo Territorial

**Carlos Estefanía Angulo**

Subdirector General de Gestión de la Red Viaria

**José Luis Ruiz Ojeda**

Jefe de Servicio de Construcción

## Diputación Foral de Gipuzkoa

**Mikel Uribetxebarria Barrena**

Director General de Gestión y Planificación

**José Antonio Navarro Jausoro**

Técnico del Servicio de Rehabilitación de Infraestructuras Viarias e Innovación

## REDACCIÓN

**Aurelio Ruiz Rubio**

Director de CIESM-INTEVIA