



**JORNADA SOBRE TÉCNICAS ECOLÓGICAS DE
CONSTRUCCIÓN Y CONSERVACIÓN DE CAMINOS
RURALES (Ciudad Real)**

Febrero 2.016

2-Los caminos rurales: Funcionalidad. Características principales. Trazados en planta y alzado. Secciones y firmes convencionales. Adaptación a las necesidades actuales.

Contenido

Introducción	3
2.1.-Funcionalidad.....	5
2.1.1.-Caminos rurales. Definición	5
Ejemplos de diferentes Ordenanzas municipales	5
2.2.- Características principales	5
2.2.1.-TIPOS DE CAMINOS.....	5
2.2.1.1.- Ley de Bases del Régimen Local (LBRL).....	5
2.2.1.2.-Otras clasificaciones.-	6
2.2.2.- ALGUNOS ASPECTOS LEGALES BÁSICOS	6
2.2.2.1.- La competencia municipal	7
- Daños por omisión en la conservación	7
- Peajes o contribuciones especiales.....	7
2.2.2.2.- El carácter público o privado	8
Definiciones.....	8

2.2.2.3.- Vías urbanas versus vías rurales	8
2.3.-Regulación técnica	8
2.3.1.-TRAZADO EN PLANTA Y EN ALZADO. Definiciones básicas.....	8
2.3.1.1.-Deslinde	9
2.3.1.2.-Trazado en planta	9
2.3.1.3.- Trazado en alzado	11
2.3.2.- SECCIONES TRANSVERSALES.FIRMES CONVENCIONALES.....	13
2.3.2.1.- Secciones transversales	13
2.3.2.2.- Firmes convencionales.....	14
2.3.3.- ADAPTACIÓN A LAS NECESIDADES ACTUALES	18
Bibliografía	20
Abreviaturas	21

2-Los caminos rurales: Funcionalidad. Características principales. Trazados en planta y alzado. Secciones y firmes convencionales. Adaptación a las necesidades actuales.

Introducción

Entre las atribuciones del Ingeniero Agrónomo está la de proyectar caminos rurales - diseño y redacción de proyecto, dirección, control y certificación de las obras - , área en la que tradicionalmente sólo se ha incidido cuando se han ejecutado infraestructuras agrarias de relevancia (ej.: planes de regadío, concentraciones parcelarias, etc.) y generalmente considerándolas como obras complementarias.

Las necesidades actuales de comunicación y el ahorro de tiempo, junto a la modernización del sector agrario y dentro de ella la de la maquinaria de producción y de los medios de transporte utilizados para entrada de materias primas y salidas de producciones en todo tipo explotaciones, agrarias o forestales, han modificado el concepto de “camino rural” en cuanto a su diseño se refiere, haciéndose necesarios estudios detallados de la geometría y de los firmes de estos caminos, en función de previsiones de uso e intensidades de tráfico presentes y futuras.

Este incremento del consumo de materias primas empleadas (fertilizantes, fitosanitarios y otros abastecimientos como combustibles, etc.) unido al de las producciones/ha, deriva en el aumento de las potencias de los tractores empleados y por tanto en su mayor capacidad de arrastre haciéndose ya habitual ver en campañas de cereal, vendimia o aceituna, remolques de hasta 24T de c.m.a.

En general, la mejora de toda la maquinaria móvil necesaria, ha llevado consigo otros incrementos más, el de sus dimensiones, pesos y velocidades de circulación, teniendo todo ello como consecuencia una mayor exigencia en las características geométricas y de capacidad de soporte de las explanadas y firmes de los caminos rurales, por lo que hay que buscar, dadas las características de nuestro sector, siempre escaso de atención y presupuestos, fórmulas duraderas y a la vez económicamente viables.

Se dedica en este apartado, un espacio, a la *compleja situación legal* de los caminos rurales con algún ejemplo y sentencias del Tribunal Supremo (STS), considerando esta cuestión fundamental a la hora de proyectar, pues hemos de conocer, entre otras cosas, el terreno

disponible, su uso y propiedad para la buena redacción del Proyecto, debiéndose, en muchos casos, atender previamente el deslinde del camino.

Teniendo en cuenta los ahorros de tiempo, – horas de mano de obra y de funcionamiento de la maquinaria para el mismo trayecto- , de combustibles, la mejora de las capacidades de intercambio de las producciones y suministros, y la de la vida del proyecto y sus costes de mantenimiento, aunque estos *parámetros intangibles* sean difícilmente apreciables desde algunos sectores, *la rentabilidad y viabilidad económica de una mayor y mejor inversión inicial a la hora de conservar o trazar nuevos caminos rurales bien proyectados, está asegurada.*

Existen actualmente medios y técnicas, como la que hoy vamos a tratar, que hacen posible la construcción de caminos con firmes de gran capacidad portante, **más económicos que los convencionales a igualdad de prestaciones, y a la vez medioambientalmente sostenibles:**

- 1- Impacto Ambiental: No se hace necesaria la extracción tradicional de materiales de préstamo (zahorras naturales), sometidos hoy a E.A. (Evaluación Ambiental), al estar considerada esta actividad como “explotación minera a cielo abierto”, lo que anula el impacto visual y los gastos de restauración de la zona explotada.
- 2- Salvo en casos estrictamente necesarios los consumos de materiales procesados de canteras (zahorras artificiales) son mínimos con el consiguiente ahorro de emisiones para su fabricación y de materiales, cada día más escasos, que quedan disponibles para construcción de vías de alta intensidad de tráfico.
- 3- Disminución de residuos y puesta en valor: En caso de hacerse necesario material de cantera, se puede utilizar el estéril o rechazo, ya que la técnica de estabilización, suele permitir la mejora de sus propiedades.
- 4- Huella de carbono: Reducción de las emisiones por fabricación y transporte de materiales de cantera a las obras.

2.1.-Funcionalidad

2.1.1.-Caminos rurales. Definición

Son aquellos de titularidad y competencia municipal que facilitan la comunicación directa con pueblos limítrofes, con pequeños núcleos urbanos o con fincas, y que sirven a los fines de la agricultura y la ganadería.

De tal manera que, dentro del concepto de caminos rurales cabría **distinguir** entre **caminos vecinales** (que enlazan unas vecindades con otras), **de los rurales** en sentido estricto: ambos son caminos públicos a efectos de su conservación.

Ejemplos de diferentes Ordenanzas municipales:

a) Ordenanza de caminos rurales de la Villa de Don Fadrique (Toledo), que los define como “las vías de dominio y uso público, **destinadas al servicio de las explotaciones o las instalaciones agropecuarias y que estén señaladas como tales en los planos vigentes del catastro del término municipal**” (y a su vez los diferencia de los carriles o las sendas, accesos a parcelas que son de propiedad privada y uso privado mancomunado).

b) Ordenanza reguladora de los caminos municipales de Albesa (Lleida), que establece que “**tienen la consideración de caminos vecinales o rurales las vías de titularidad municipal que facilitan la comunicación con pueblos, pequeños núcleos urbanos, con fincas rústicas y que sirven fundamentalmente a los fines propios de la agricultura y de la ganadería**”.

c) Ordenanza reguladora del uso, la conservación y la protección de los caminos y las vías rurales municipales de La Carlota (Córdoba) de acuerdo con la cual son caminos rurales “**los de titularidad y competencia municipal que facilitan la comunicación directa con pueblos limítrofes, con los núcleos urbanos y diseminados de las aldeas, el acceso de fincas y los que sirven a los fines propios de la agricultura y ganadería**”.

d) En las Ordenanzas reguladoras del uso de los caminos públicos de los municipios de Borox y Cabezamesada (Toledo), la segunda **incluye, la sigla identificativa de cada camino, la longitud y la anchura de calzada, de cuneta y total de ambas**

2.2.- Características principales

2.2.1.-TIPOS DE CAMINOS

2.2.1.1.- Ley de Bases del Régimen Local (LBRL)

Sin diferenciar camino de vía rural, son posibles teóricamente los supuestos siguientes:

- 1-caminos privados,
- 2- caminos rurales municipales patrimoniales
- 3- caminos rurales municipales de uso público
- 4-caminos rurales municipales de servicio público

5- caminos urbanos municipales de uso público

6- caminos rurales de dominio público de titularidad de otras administraciones

7- caminos rurales patrimoniales de titularidad de otras administraciones.

2.2.1.2.-Otras clasificaciones.-

- A) Caminos rurales, de herradura, de cabaña, senderos y veredas y pistas forestales de tierra

- B) Los caminos municipales de uso público incluirán los rurales y los urbanos, y los diferenciaremos por dos criterios:

1º) los caminos municipales que tienen delimitada con precisión su función y los que no.

2º) los caminos de construcción reciente o documentada y los que tienen un uso público que se remonta a muchísimos años.

- C) **Carreteras y caminos y de concentración parcelaria**→ni son carreteras locales ni vías urbanas, y por su finalidad, accesibilidad a lugares, núcleos y fincas. Estos caminos se rigen por normas de la legislación autonómica de carreteras que regulan de forma residual los caminos, por la autonómica de caminos públicos y la legislación de régimen local sobre bienes. Estas normas se completan, si los fines son agrícolas, por la legislación autonómica de concentración parcelaria y, en todo caso, con las previsiones de la legislación urbanística y del planeamiento urbanístico.

- D) **Caso excepcional: Las vías pecuarias**

Actualmente se adjudican a las Autonomías, pero históricamente fueron creadas y propiedad del “Honrado Concejo de la Mesta”, formado por las “Hermandades de Agricultores y Ganaderos” génesis de lo que luego fueron las Cámaras Agrarias Locales.

*** Si bien las Vías Pecuarias son un patrimonio natural y cultural de titularidad pública único en Europa con muchos siglos de existencia a sus espaldas, hoy día se plantean los problemas existentes para su determinación, recuperación y defensa jurídica. Otros aspectos a definir, no menos importantes, son las estrategias para su integración en la ordenación del territorio, la vigencia de la trashumancia y los nuevos usos recreativos y el desarrollo rural.*(Fuente: Caminos Naturales : Análisis de la Normativa y Legislación aplicable. Mº de Agricultura)

Los caminos municipales de uso público **al servicio de la movilidad de las personas para acceder al medio natural o para realizar actividades de desarrollo rural** sostenible no estrictamente agrarias: pueden conllevar mayor restricción del uso común general.

2.2.2.- ALGUNOS ASPECTOS LEGALES BÁSICOS

Problemas que plantea a los municipios la red de caminos del término municipal, normalmente ya existente, de la que forman parte caminos privados, caminos públicos que no son de titularidad municipal y caminos municipales patrimoniales y demaniales.

2.2.2.1.- La competencia municipal

En materia de vías públicas alcanza tanto a las urbanas como a las rurales y es obligación de las Entidades Locales mantenerlas en buen estado de conservación.

El **artículo 25** es el único de la Ley de bases de Régimen Local (LBRL) que se refiere a los caminos, al establecer que el municipio ejercerá en todo caso competencias sobre conservación de los caminos y las vías rurales y el **artículo 26** de la LBRL se refiere a la obligación de los municipios de garantizar el acceso a las poblaciones, sin precisar el tipo de vía de acceso.

- Daños por omisión en la conservación

La Sentencia del Tribunal Supremo de 1 de julio de 1991, declara la responsabilidad de la Administración en virtud de **daños causados por los bienes de dominio público, como destinados a soportar las vías de comunicación cuando haya existido omisión en dicha conservación** (STS de 26 de marzo de 1957, STS de 30 de octubre de 1965, SSTS de 27 de diciembre de 1969, 3 de julio de 1961 y 10 de diciembre de 1963. En ellas se hace referencia a aspectos sobre su anchura, competencia municipal, deber de defensa y obligación de conservar y mantenerlos en buen estado): si la no reparación del camino produce un daño a otro particular estaríamos ante el tema del principio general y amplísimo de la **responsabilidad objetiva de la Administración**, reconocido en el artículo 54 de la Ley 7/1985, de 2 de abril, Reguladora de Bases de Régimen Local, según el cual, las Entidades Locales responderán de los daños y perjuicios causados a los particulares en sus bienes y derechos como consecuencia del funcionamiento de los servicios públicos, en los términos establecidos en la legislación general sobre responsabilidad administrativa: así se desarrolla en el artículo 139.1 de la Ley 30/1992, de 26 de noviembre, de Régimen Jurídico de las Administraciones Públicas y del Procedimiento Administrativo Común (LRJPA), desarrollado a su vez por el Reglamento de los Procedimientos de las Administraciones Públicas, en materia de responsabilidad patrimonial, aprobado por Real Decreto 429/1993, de 26 de marzo. Los casos de responsabilidad externa se producen si existen daños ocasionados a terceros como consecuencia de la falta de mantenimiento o reparación de los inmuebles y en su caso de la vía pública. **Si hay varios causantes del daño** y resulta imposible determinar separadamente la **responsabilidad, esta recaerá sobre ellos de forma solidaria**, ya que éste es el recurso que utiliza la jurisprudencia cuando es imposible distinguir la responsabilidad de los intervinientes en el acto dañoso (Sentencia del Tribunal Supremo de 13 de mayo de 1994).

- Peajes o contribuciones especiales

Del Texto Refundido de la Ley Reguladora de las Haciendas Locales 2/2004 (LRHL) se deduce que **no concurren los requisitos para establecer tasa o precio público** ni en el listado del **artículo 20** se encuentra ninguna referencia que nos induzca a pensar que se puede exigir tasa por utilización de los caminos públicos municipales; **a menos que se trate de un uso intensivo** que produce en el camino municipal unos daños que habrán de ser reparados por aquellos que los han producido, estando obligados a reponer los caminos a su estado anterior.

Sí será posible la imposición de **contribuciones especiales** si se realizan obras de consolidación, reforma, nuevo trazado, etc. aunque con las correspondientes cautelas, sobretodo porque los sujetos pasivos suelen ser los colindantes.

2.2.2.2.- El carácter público o privado

Definiciones

Dependerá de la naturaleza del suelo sobre el que transcurren.

Camino público es aquel cuyo suelo es público, y que debemos diferenciar de la servidumbre de paso sobre suelo privado (art. 564 del Código Civil y por todas STS de 27 de mayo de 1995).

La jurisprudencia tiene declarado que **los caminos tienen la condición de públicos** (STS de 7 de mayo de 1987), siendo a estos efectos es indiferente que no figuren en el Inventario de Bienes **si el carácter de uso público del camino se acredita suficientemente** (STS de 29 de septiembre de 1989). Ni siquiera el hecho de que en el Registro de la Propiedad estuvieran inscritos como de propiedad privada constituye un obstáculo a la titularidad y carácter de dominio y uso público del camino.

2.2.2.3.- Vías urbanas versus vías rurales

IMPORTANTE.- Un examen de la densa y numerosa jurisprudencia sobre recuperación de oficio, por parte de los municipios, de la posesión de los caminos, evidencia que **la cuestión clave es la prueba de la posesión pública (es decir, del uso público), no la titularidad municipal**, que ni la sala ni las partes (municipio y propietario o poseedor privado) se plantean, dado que **la titularidad se interpreta como propiedad o derecho real de uso** (no como competencia), cuestión excluida del examen de la jurisdicción contenciosa y reservada a la jurisdicción civil.

2.3.-Regulación técnica

Su estructura, extensión de firmes, cunetas, etc., **no tienen norma legal.**

Hasta ahora la última publicación sobre construcción de caminos rurales por el Ministerio de Agricultura fue en 1.985 el Manual Técnico sobre Caminos Rurales del I.R.Y.D.A.

Hoy, dentro de las Publicaciones del Ministerio de Agricultura sobre “Caminos naturales”, se encuentra el apartado 6.3 “Explanadas, pavimentos y firmes” con aproximadamente el mismo contenido que el Manual del I.R.Y.D.A.

(*) Muy recomendable: **Caminos Rurales: Proyecto y Construcción-** que enlaza métodos del Ministerio de Agricultura con las Instrucciones de carreteras del Ministerio de Fomento para vías de B.I.T. (Rafael Dal-Re Tenreiro. Dr. Ingeniero Agrónomo-Ed. Mundiprensa ,última edición de 2.001).

2.3.1.-TRAZADO EN PLANTA Y EN ALZADO. Definiciones básicas.

Los caminos rurales **no están concretamente definidos ni regulados.**

Hace más de un siglo el Real Decreto de 1848 sobre “Construcción, conservación y mejora de los Caminos Vecinales y su reglamento”, artículo 9 del reglamento, los clasificaba en dos

órdenes en razón a su **anchura**, dando al de segundo orden los 18 pies de firme (unos cinco metros de anchura). Después, la Ley de 1911 hacía una referencia genérica la “*anchura suficiente para que se crucen dos carros...*”. Y después...nada más, dejando su consideración al criterio de la jurisprudencia.

Por tanto para iniciar el Proyecto de un camino rural, en la mayoría de los casos, el paso previo será su deslinde.

2.3.1.1.-Deslinde

Ha de estarse sobre todo **para determinar sus características a los planos catastrales rústicos o de cualquier naturaleza que los recojan e incluso a la tradición**, reflejada también en las informaciones que de los propios vecinos se puedan obtener.

La solución a este vacío tiene que venir necesariamente a través de los instrumentos de planeamiento. Si la fijación y delimitación del camino, no está precisada ni definida, debemos acudir a la potestad de deslinde.

Ejemplos de Sentencias del Tribunal supremo (S.T.S.):

La recuperación de oficio **exige** un expediente administrativo donde “se identifique sobre el terreno el bien afectado, de tal modo que si en aquél no fuese posible concretarlo, será **indispensable la práctica de un previo deslinde**” (STS 3-12-97, STS 23-3-87 y STS 20-2-85).

La potestad recuperadora comprende lo preciso para mantenerlo abierto al tránsito, **lo que implica la determinación de la anchura** que debe tener para restablecerlo en su integridad (STS 18-7-86).

Concluida esta fase, se deberá realizar un levantamiento topográfico del camino en proyecto para, una vez editados los **planos de planta y el perfil longitudinal**, estudiar y diseñar la traza, tanto en planta como el alzado, así como la red de drenaje.

En la mayoría de los casos nuestros Proyectos consistirán en el “**ensanche y mejora de firme**” de un camino existente, por lo que sus **apartados fundamentales serán el diseño del paquete de firme y el drenaje**.

2.3.1.2.-Trazado en planta

Aunque generalmente se sigue el trazado existente en la conservación de los caminos rurales, siendo en este caso el factor más limitante de la obra la sección útil final (anchura total), en casos de mejora de trazado o de caminos de nuevo trazado hay que tener en cuenta otros condicionantes y limitaciones:

- Para **diseñar el trazado en planta** - tramos rectos, curvas y radios, sobreamchos en las curvas y curvas de transición , en su caso - , se deben tener en cuenta los parámetros de proyecto siguientes:
 - 1- Velocidades específica y de proyecto.
 - 2- Radios mínimos.
 - 3- Dimensión de los vehículos que van a circular.

- 4- Terreno disponible
- 5- Presupuesto: los movimientos de tierras deben minimizarse y compensarse todo lo posible.
- 6- En proyectos de más envergadura habrá que tener en cuenta además las distancias mínimas de visibilidad y parada y las pérdidas de trazado.

Siempre: minimizar los movimientos de tierras compensando los volúmenes de desmonte y terraplén para reducir volúmenes y distancias de transporte, ocupación de vertederos y por tanto coste.

Conceptos:

- Velocidad específica: se considera en curvas y tiene que ver con la fuerza centrífuga no compensada por los peraltes. Es la máxima velocidad que se puede mantener con seguridad, a largo de un elemento geométrico aislado.
- Velocidad de proyecto: tiene que ver con las características del tramo en general radios mínimos y rampas máximas. Cuanto mayor la determinemos mayores exigencias geométricas tendrá el trazado. En caminos rurales, las velocidades recomendadas están **entre 30 y 70 km/hora**, según intensidades de tráfico y orografía.
- Radio mínimo: determinan los ángulos de giro y tienen relación con la velocidad de proyecto en cuanto a la aparición de la fuerza centrífuga. Se debe calcular en función de la anchura y longitud del mayor vehículo previsto que circule para que no se salga ninguna rueda del camino
- Curva de transición o de enlace: parte de arco que partiendo de la recta llega a enlazar con el círculo que necesario para cambiar la dirección del camino. Existen varios tipos , siendo la más utilizada la clotoide o espiral perfecta ,curva que partiendo de radio infinito (recta) acaba en el radio cero a velocidad constante de separación del punto de inicio de la espiral. Para nuestros proyectos y por ser asimilable a ella, para los radios utilizados, nos sirve con la parábola cúbica ($y=ax^3$), de cálculo mucho más sencillo. Existen otras formas de curvas de enlace como las curvas de radio variable, consistente en utilizar círculos de de otro radio mayor para buscar las tangencias , o las “clotoides de vértice” dos clotoides enlazadas en las que la longitud de círculo es nula, utilizadas para unir dos alineaciones rectas con pequeño ángulo de giro.

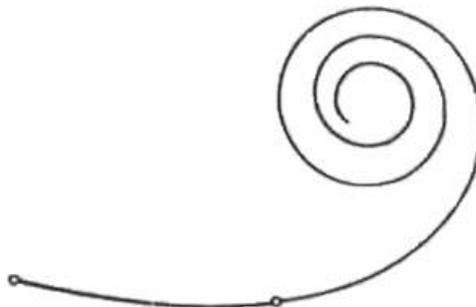


Imagen nº 1.- Curva de enlace : Clotoide

- Rampas o pendientes máximas y mínimas: Las máximas nos limitarán la velocidad e incrementaran los consumos de tiempo y combustible y en algunos casos si son

excesivas la circulación de vehículos de escasa potencia. Las mínimas nos dificultaran el drenaje, cuestión esta, fundamental para la vida del proyecto.

- **Sobreancho:** con intención de mantener el mismo ancho de calzada que en los tramos rectos, y dada la dificultad de mantener en tramos curvos el vehículo en el centro de la calzada y que las ruedas traseras no describen la misma trayectoria que las delanteras, se introducen excesos sobre la sección transversal de la zona circular de la curva .Esto permitirá a la vez reducir el radio mínimo.

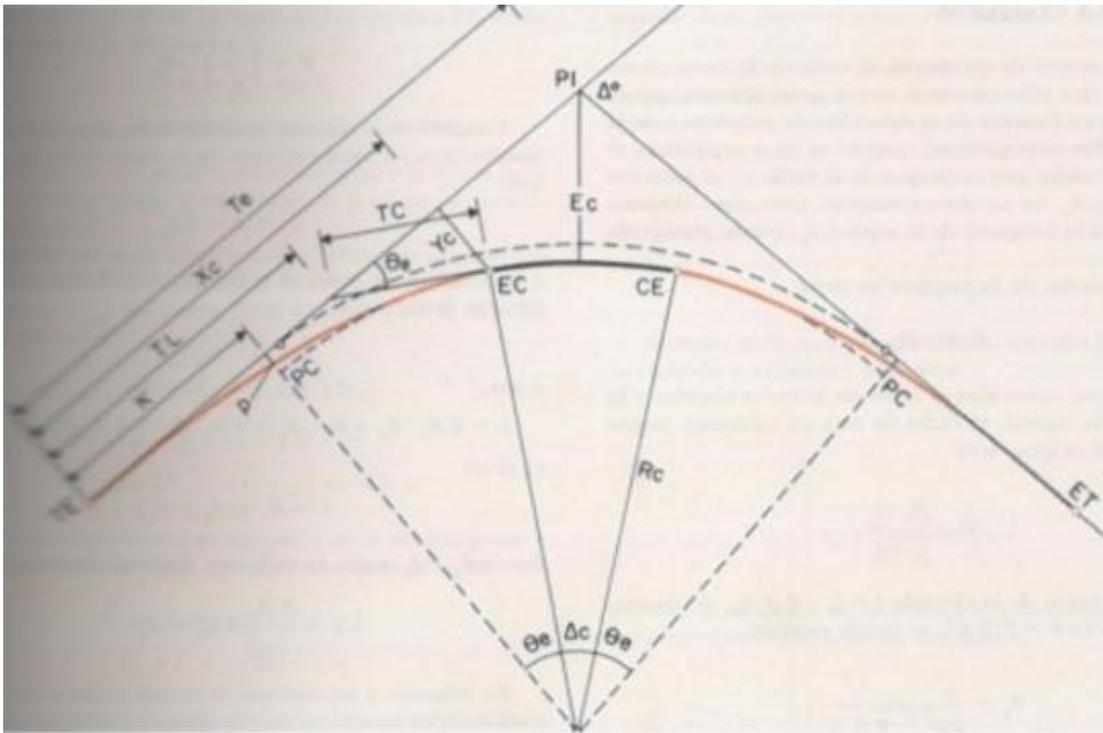


Imagen nº 2.- Curva de transición (en rojo) y círculo (en negro)

Se puede consultar la instrucción de trazado 3.1-IC del Ministerio de Fomento para aclarar conceptos y tomar referencias de los cálculos, aunque para nuestros proyectos las limitaciones que, en casos, ésta marca, a criterio de este técnico, pueden ser excesivas para un camino rural, siempre que no superemos velocidades de proyecto superiores a los 40-45 km/h.

Definidos todos estos parámetros se podrá iniciar el diseño del trazado, su cálculo es sencillo pues todo es geometría plana pero muy tedioso ya que hay que ir calculando las coordenadas de cada punto a intervalo constante, afortunadamente hoy existen varias aplicaciones informáticas que lo realizan inmediatamente una vez definidos los puntos inicial y final y las características de cada elemento geométrico diseñado, sobre el plano del levantamiento topográfico necesario, calculando también las cubicaciones del movimiento de tierras.

2.3.1.3.- Trazado en alzado

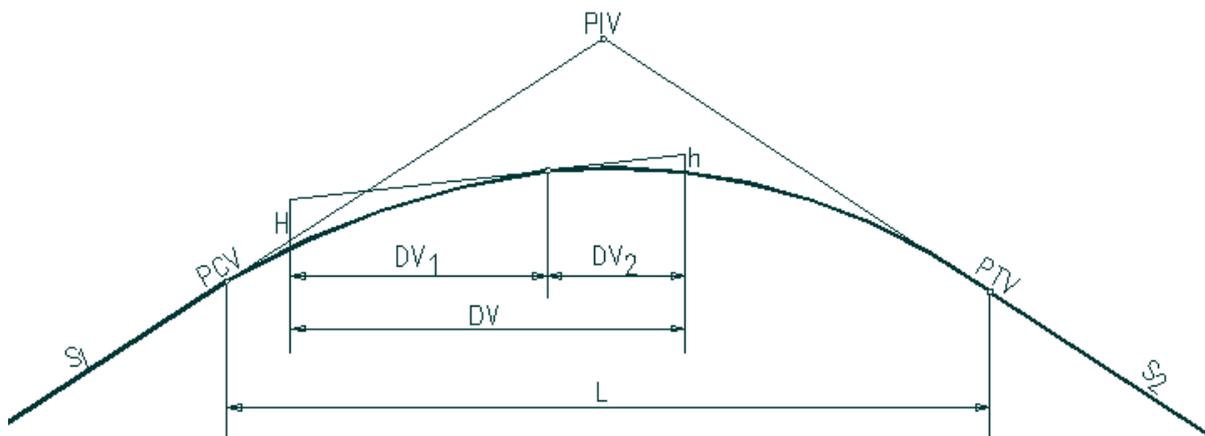
El trazado en alzado trata de unir rampas (subidas) con pendientes (bajadas).Esta unión se hace mediante las “*curvas de acuerdo vertical*” que no dejan de ser, otra vez, parábolas, esta

vez cuadradas ($y=ax^2$), en las que la constante “a” de la parábola conocida como “*constante de visibilidad (K_v)*”, marca la curvatura (flecha, desde el vértice de unión de las dos rectas).

En el trazado en alzado deben observarse, para la definición de las curvas de acuerdo vertical, las pendientes y/o rampas máximas y mínimas, que limitarán además de la visibilidad, la capacidad de drenaje y de circulación de determinados vehículos.

Aquí entran los conceptos de distancia de visibilidad y de parada.

- Distancia de visibilidad: distancia máxima a la que se debe apreciar en condiciones de visibilidad buenas un obstáculo de 20 cm de altura, suponiendo la altura de los ojos del conductor a 1,10m desde la rasante.
- Distancia de parada: distancia recorrida desde la percepción de un elemento que obliga a la parada. Es función de la velocidad, inclinación y coeficiente de rozamiento rueda-pavimento (importante: altas cargas con velocidades bajas).
- Constante de visibilidad (K_v): Es el parámetro – a - que caracteriza la parábola cuadrada que define la curva de acuerdo (o enlace) vertical. Es función de la distancia mínima de visibilidad exigible para la velocidad de proyecto considerada.

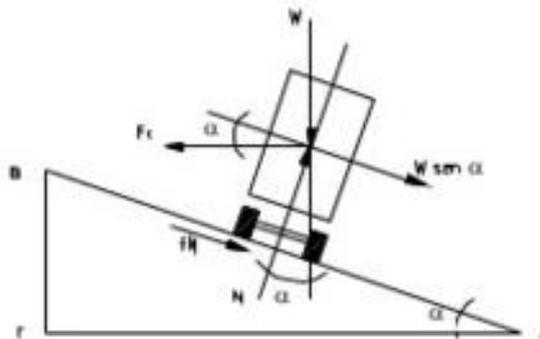


$$y = Kx^2 \quad \therefore \quad K = \frac{y}{x^2} \quad ; \quad K = \frac{H}{DV_1^2} = \frac{h}{DV_2^2}$$

Imagen nº 3.- Curva de acuerdo vertical

Dentro del trazado en alzado se incluye el cálculo de los **peraltes** de las curvas, para compensar la fuerza centrífuga, función de la velocidad y el radio de la parte circular de la curva considerada ($F_c = m v^2/R$).

$$W \cdot \operatorname{sen} \alpha + f \cdot N = F_c \cdot \operatorname{cos} \alpha ;$$



en donde:

W = Peso del vehículo

α = Ángulo de la sobreelevación

f = Coeficiente de fricción lateral

$N = W \cdot \operatorname{cos} \alpha$

F_c = Fuerza centrífuga

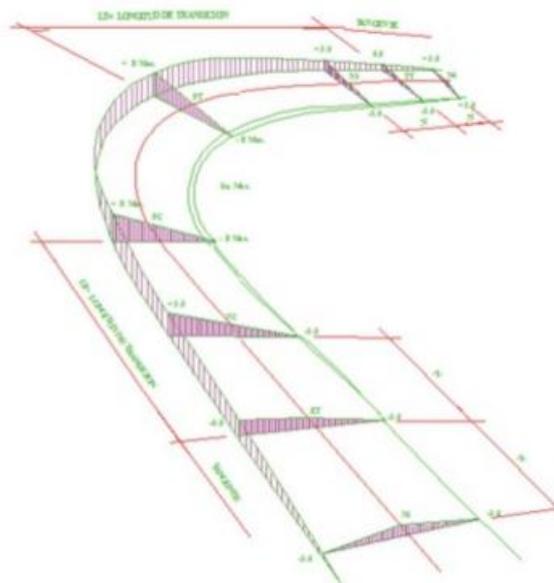


Imagen nº 4.- Peralto de una curva

Antes de dar por finalizado el trazado en alzado, se debe estudiar la red de drenaje tanto transversal (cruces con arroyos o ríos, ramblas, etc) como longitudinal (cunetas), adaptando, en su caso, la rasante final a las exigencias estudiadas.

La red de drenaje y el firme \rightarrow son la "vida del camino"

2.3.2.- SECCIONES TRANSVERSALES.FIRMES CONVENCIONALES

2.3.2.1.- Secciones transversales

“anchura suficiente para que se crucen dos carros...”.

El ancho total de ocupación incluye:

- La distancia ocupada por los taludes con la inclinación proyectada: si es en desmorte la distancia desde la cabeza del desmorte al fondo de la cuneta (**a**) y si es en terraplén la distancia desde el borde de la explanada al pie del terraplén (**d**).
- La anchura en la parte alta (cota de la rasante de rodadura) de la cuneta proyectada (**b**).
- El ancho final de las dos calzadas proyectadas (**c**)

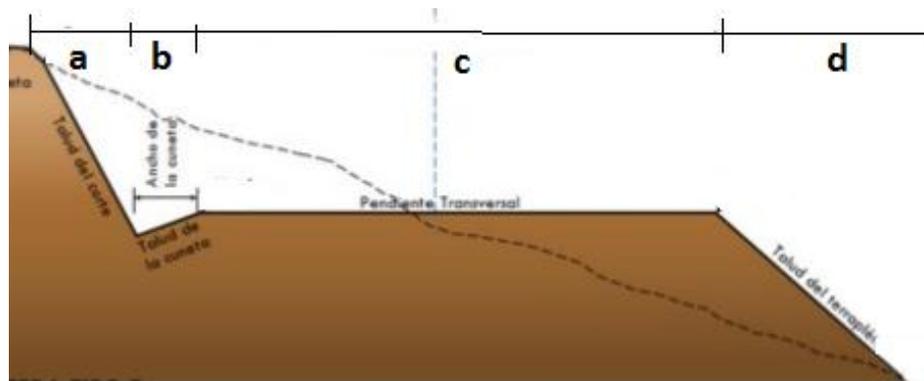


Imagen nº 5.- Ocupación de terreno.

En este punto, además de la anchura, hay que definir las pendientes transversales de las calzadas, fundamentales para el drenaje superficial.

2.3.2.2.- Firmes convencionales

Hasta hace poco tiempo la mayoría de las secciones de firme construidas en caminos rurales, estaban formadas por una capa de zahorras naturales, sobre la explanada, en los más antiguos o zahorras artificiales en los de más reciente construcción, teniendo raramente una capa de rodadura bituminosa. (DTS o TTS, MBF, MBC).

Este apartado de firmes, junto con el estudio de drenaje, será el tema central de un porcentaje alto de los proyectos sobre caminos existentes, pues será raro disponer de presupuestos o terrenos, en su caso, para mejoras de trazado.

Pasos a seguir para el diseño del firme:

Primer paso.- IMD_p que va a tener el camino. Los caminos rurales están considerados con vías de baja intensidad de tráfico (B.I.T), que el Ministerio de Agricultura clasifica en su publicación “Caminos Naturales” como sigue:

CLASE	I.M.D.p
A	0-15
B	15-45
C	45-150
D	150-450

Sería conveniente prever un porcentaje de incremento anual del tráfico, por lo que en ausencia de datos de aforo y tendencia de crecimiento \rightarrow % de incremento, (entre 1 y 3), por año de vida del proyecto $[(1+\%)^n - 1]/\%$.

Se puede calcular la I.M.D., empíricamente por la fórmula propuesta por el profesor Heras en el "Manual de ingeniería de regadíos".

$$IMD = (Q \times S \times E^{1/2} / 500) \times K$$

$$\left\{ \begin{array}{l} Q = \text{producción anual bruta (T/Ha)} \\ S = \text{Superficie total servida (Ha)} \\ E = \text{Número de explotaciones diferentes servidas} \\ K = \text{Coeficiente según tipo de camino (1-1,3-1,5)} \end{array} \right.$$

Segundo paso .- Después de estimar la IMD, como no hay norma fija, tendremos que definir la carga por eje del "vehículo pesado": el Manual Técnico de Caminos Rurales del I.R.Y.D.A. consideraba 3T por eje, Martín-Montalvo de TRAGSA considera 4T, Dal-Rè considera, 1,5T pero sube la IMD a 450 vehículos/día, 3T y 8T como más frecuente.

3T de peso por eje actualmente parece demasiado bajo: un tractor de 150-200Cv pesa entre 4 y 6T, una cosechadora 13T, muchos remolques utilizados hoy día son de camión con capacidad de carga para 24T.

El Ministerio de Fomento considera ejes de 13T, quedarnos en algo más bajo del "justo medio", - $(13+3)/2 = 8T$ -, puede ser un criterio, no obstante nunca perder de vista la IMDp pues puede pasar un vehículo que pese mucho muy pocas veces, por lo que si se considerara como normal, se estaría sobredimensionando el firme.

Tercer paso.- Estudio geotécnico.- clasificar y ensayar la explanada: recogida de muestras y ensayos de laboratorio \rightarrow por la heterogeneidad que, "afortunadamente", nos da la Madre *Nátura*, la recomendación es tomar una muestra de 25-50kg de suelo cada 500m, a veces más.

Ensayos básicos:

- Granulometría.
- Determinación de la densidad (ensayo Proctor Normal y Modificado).

- Determinación del Índice de Plasticidad (Límites de Atterberg): % en peso de materia seca de agua en el que el suelo mantiene sus condiciones plásticas → $I.P. = L.L - L.P$
- Determinación de índice C.B.R. (California Bearing Ratio) – número adimensional que mide la capacidad de soporte. Se relaciona con el módulo de elasticidad o de Young → $E = 10 \times C.B.R.$ → $E = \sigma$ (tensión) / ϵ (deformación) = $(F/S)/(\Delta L/L)$ → unidad Pascal → M/LT^2 → kg/ms^2 .

Definiciones:

- Carga útil (por eje): eje equivalente → conversión de las cargas transmitidas por las diferentes configuraciones de los vehículos pesados (un eje de una rueda o de dos gemela, dos ejes,...) a una carga tipo equivalente.
- Límite plástico (L.P.): Agua añadida, gota a gota, hasta que un terrón es moldeable sin que se rompa.
- Límite líquido (L.L.): Agua añadida hasta que la masa es viscosa y no se puede amasar.
- Explanada: terreno natural de soporte-espesor: ∞

Tipos de Explanada s/ valor C.B.R.	
E1	$5 \leq C.B.R. < 10$
E2	$10 \leq C.B.R. < 20$
E3	$C.B.R. \geq 20$

- Subbase: primera capa del firme-espesor calculado
- Base: segunda capa del firme- espesor calculado
- Capa de rodadura: última capa del firme-espesor calculado, dependiendo de su naturaleza puede o no dar capacidad portante.
- Firme: suma de todas las capas anteriores.

La capa de rodadura es poco frecuente, por falta de presupuesto, no de idoneidad, siendo raro ver caminos terminados con capas de mezclas asfálticas (DTS,TTS,MBF ó MBC)

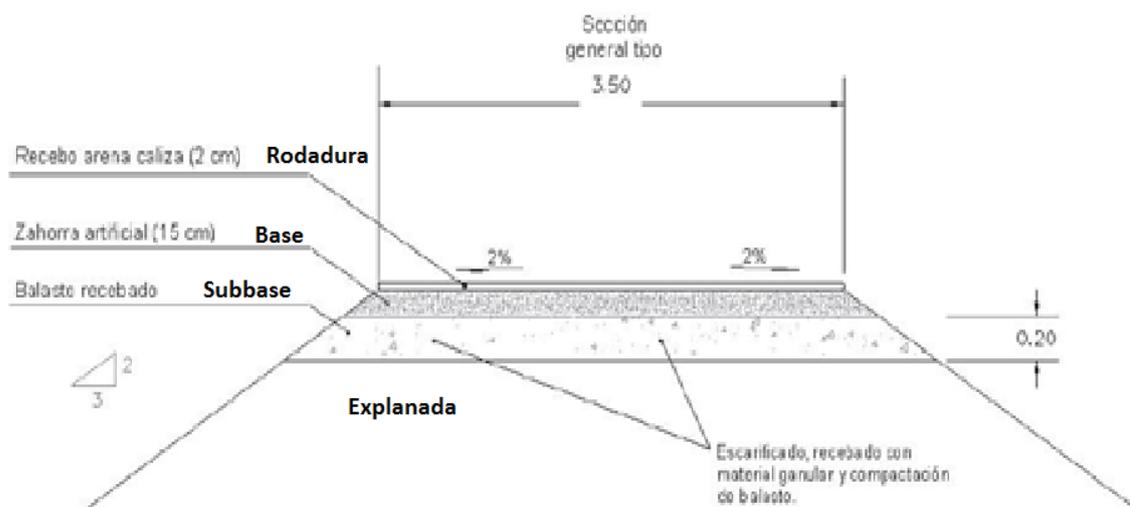


Imagen nº 6.- Sección de un firme.

Cuarto paso.- Cálculo de los espesores de firme

Los tres métodos más habituales empleados en nuestra profesión para el cálculo de los firmes son:

- Método del C.B.R.
- Método del Índice de Peltier → variante del método del C.B.R. para anteproyectos o para suelos plásticos con C.B.R.< 20)
- Método del Índice de Grupo (Trocchi)→el IG evalúa la calidad del suelo en función de la granulometría y la plasticidad. Recomendable para anteproyectos o comprobación del método del C.B.R.)

El más común por su sencillez, rapidez y coste razonable de los ensayos es el Método del C.B.R.

Como se pueden consultar en las publicaciones existentes, sólo vamos a ver este Método, por no extendernos y dar una idea general del cálculo.

Método del C.B.R.

Pasos a seguir:

Primero.- Cálculo del espesor

Para cada capa: esta ecuación da el espesor de la capa superior en función del CBR de la inferior→ es función del tráfico que ha de soportar y de la resistencia a la penetración de la capa subyacente (C.B.R.)

$$E = (100 + 150VP) / (I + 5)$$

- E= Espesor teórico en centímetros.
- P= carga por rueda en T. (50% del eje equivalente)
- I= Índice C.B.R. (de la capa subyacente)
*El C.B.R. hay que disminuirlo según el % de compactación esperado, que no suele ser el 100% de la densidad Proctor calculada.

Grado de compactación exigido a la explanada (% ρ Proctor)	Coef. Reductor del C.B.R.
100%	1
95%	0,6
90%	0,4
80%	0,25

Se clasifica como un método diferencial→ Si se considera el C.B.R. de la explanada el resultado es el espesor total del paquete de firme, si se considera el C.B.R. de la subbase se obtiene el espesor de la base y rodadura

Segundo.- Diseño del paquete de firme

Calculado el espesor se corrige siguiendo un ábaco de doble entrada– espesor/CBR- en función de la IMD considerada.

Se calcula el **espesor real** de cada capa, según el material que se vaya a utilizar en función de unas equivalencias entre ellos conocidas como “Índices de Calidad”.

Ejemplo extraído de la publicación “Caminos Naturales” del Ministerio de Agricultura.

Tipo de Material	Coficiente de calidad
Macadam	1,20
Estabilización a 1”	1,00
Zahorra artificial ZA-20	1,00
Suelo-cemento	1,00
Zahorra artificial ZA-25	0,90
Estabilización a 1 ½”	0,90
Estabilización a 2”	0,90
Zahorras naturales	0,80
Suelo-Cal	0,70

Para un espesor calculado de 23,5 cm, se podrían poner para una calidad de explanada dada E1, cualquiera de los espesores que a continuación figuran:

25 cm de de ZA-20 o ZA-25 ó 30 cm de ZA-40

Categoría de explanación	Tipo de material	Espesor teórico (m)	Coficiente de calidad	Espesor real (m)	Espesor de proyecto (m)
E1 5<CBR<10	ZA-20	0,235	1	0,24	0,25
	ZA-25	0,235	0,9	0,26	0,25
	ZA-40	0,235	0,8	0,29	0,30

Este cálculo aparentemente sencillo, es de fundamento mucho más complicado, resultado de muchos estudios empíricos que dan como resultado las denominadas “leyes de fatiga” de cada capa para unos ciclos de carga y condiciones determinados (IMD, número de ejes, carga, tipo y distancia entre las ruedas, unión entre las distintas capas ,sus capacidades resistentes,...).

2.3.3.- ADAPTACIÓN A LAS NECESIDADES ACTUALES

La estandarización del uso de tractores de alta potencia con **grandes capacidades de arrastre**, de vehículos todo terreno y en general de maquinaria agrícola de **grandes dimensiones y tonelaje** ,como las cosechadoras de uva o cereal y el incremento de **las velocidades de circulación** de todos ellos, hacen necesario , a la hora de mejorar, conservar o trazar un camino nuevo ,tener en cuenta todas las limitaciones y exigencias expuestas , por lo que es **imprescindible no acometer una inversión para ejecutar una obra que no esté bien**

proyectada de acuerdo a esas exigencias, como mínimo estudiando la capacidad de soporte actual y calculando el firme necesario, su sección transversal y drenajes, que **aseguren el cumplimiento de la vida del proyecto prevista y por tanto la viabilidad económica de estas inversiones.**

Cálculo y Empirismo son la base para hacer un buen camino → *“un poquito de práctica con un poquito de técnica”*

A continuación se va a exponer un sistema de construcción de firmes con técnicas actuales y medioambientalmente sostenibles, adecuadas para nuestro sector por su durabilidad y viabilidad económica → **La estabilización y el reciclado de firmes.**

Muchas gracias por su atención.

Miguel López-Bachiller Fernández

Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos

miguel@firmesecologicossoltec.com

Firmes Ecológicos Soltec, s.a.

www.firmesecologicossoltec.com

Miguel Fernández Queipo

Ingeniero Agrónomo

Servicio Agro-Industrial de Consultoría

mfqueipo@saic-agronomia.es

<http://www.saic-agronomia.es/>

Bibliografía

Técnica

- Manuales Técnicos.-Caminos Rurales.- (I.R.Y.D.A – Ministerio de Agricultura).
- Caminos Naturales.- Explanadas, firmes y pavimentos. (Ed.- Publicaciones del Ministerio de Agricultura)
- Caminos Rurales: Proyecto y Construcción- (Rafael Dal-Re Tenreiro. Dr. Ingeniero Agrónomo-Ed. Mundiprensa).
- Vías Agrícolas y Forestales.- (José M^a Martín Montalvo. (Ed- Empresa de Transformación Agraria -TRAGSA)
- Tecnologías del Medio Rural.- (Varios autores- Ed. E.T.S.I.A. Universidad Católica de Ávila).
- Vías Forestales.- (Varios autores.- Ed. E.T.S.I.A. Universidad Católica de Ávila).
- Pavimento Asfálticos para vías de baja intensidad de tráfico.- (Miguel Angel del Val Melus & Alberto Bardesi Orue-Echevarría.- Ed. Composan Distribución).
- Instrucción de trazado 3.1-IC (Ministerio de Fomento).

Legal

- Los caminos públicos municipales.- (M^a Esperanza Serrano Ferrer - Licenciada en Derecho por la Universidad de Zaragoza .Secretaria-Interventora de Administración Local-Ed. Plataforma de Haciendas Locales).
- Las ordenanzas de conservación y policía de los caminos municipales de uso público (Doménech Sibina, Tomás - Profesor titular (EU) de Derecho Administrativo de la Universidad de Barcelona)
- Caminos Naturales: Análisis de la Normativa y Legislación aplicable.- (Ed.- Publicaciones del M^a de Agricultura)

Abreviaturas

- C.B.R.: Californian Bearing (soporte) Ratio
- c.m.a: carga máxima autorizada
- IMD_p : Intensidad media diaria de vehículos pesados
- IP: índice de Plasticidad
- I.R.Y.D.A.: Instituto de Reforma y Desarrollo Agrario
- LL: Límite Líquido
- LP: Límite Plástico
- LBRL: Ley de Bases de Régimen Local
- STS: Sentencia del Tribunal Supremo
- TRLHL: Texto Refundido de la Ley de de Haciendas Locales

REAL DECRETO

DE 7 DE ABRIL DE 1848,

SOBRE CONSTRUCCION,

CONSERVACION Y MEJORA DE LOS CAMINOS VECINALES,

Y

Reglamento publicado para su ejecucion.

MODELO NUMERO 1.º

PROVINCIA DE

Partido judicial de

Pueblo de

Itinerario general de los caminos existentes en el territorio de dicho pueblo, formado en ejecucion del art. 2.º del reglamento de 8 de Abril de 1848.

1	Número de caminos.	1
2	Nombres que se dan generalmente a los caminos.	2
3	De los puntos donde empiezan.	3
4	De los parrajes por donde cruzan, como puentes, arroyos, vadeables, barcas, carreteras etc., y del lugar adonde se dirigen.	4
5	Puntos adonde termina.	5
6	Longitud en leguas dentro del termino del pueblo.	6
7	ANCHURA MEDIA AG-TUAL EN PIES. NOTA. Si en su extension hu- biere gran- des diferen- cias de an- chura, se expresara asi por tro- zos.	7
8	El Alcalde.	8
9	El Ayuntamiento.	9
10	El Gefe civil.	10
11	ANCHURA QUE DEBE DARSE A LOS CAMINOS Y QUE PROPONEN.	11
12	Dictamen del ayun- tamiento, sobre los puntos siguientes: 1.º Si es convenien- te declarar tal cami- no como vecinal. 2.º Si debe conside- rarse como de utili- dad privada y no cla- sificarlo de vecinal. 3.º Si debera in- cluirse en el itine- rario algun camino omitido.	12
13	Dictamen del Gefe politico.	13
14	Estado de conservacion en que se encuentran y si son de carruajes ó de herradura.	14
15	El grado de interes general que tienen.	15