UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

ETS INGENIERÍA DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS

TRABAJO DE FIN DE MASTER

Estudio para la mejora de la seguridad vial de la CV-25 entre el PK 20+570 y el PK 35+500, en los términos municipales de Gátova (Valencia) y Segorbe y Altura (Castellón)

Presentado por

García Císcar, Isabel

Para la obtención del

Master Universitario en Ingeniería de Caminos, Canales y Puertos

Curso: *2020/2021*

Fecha: *Junio 2021*

Tutor: *Francisco Javeir Camacho Torregrosa*

Cotutora: *Ana María Pérez Zuriaga*

ÍNDICE DE CONTENIDOS

1. Introducción 7

1.1.1. Carretera CV-25 8

1.1.2. Localización del tramo de estudio 8

2. Estado actual 9

2.1. Análisis del tráfico 9

2.2. Trazado del tramo de estudio 10

2.2.1. Análisis del trazado en planta 10

2.2.2. Análisis del trazado en alzado 15

2.3. Sección trasversal 22

2.4. Estado del firme 23

2.5. Estado de los elementos de señalización 26

2.5.1. Elementos de señalización vertical 26

2.5.2. Elementos de señalización horizontal 26

2.6. Accesos 27

2.7. Elementos singulares 28

2.8. Seguridad vial 29

2.8.1. Accidentalidad 29

2.8.2. Análisis de visibilidad 31

2.8.3. Estudio de velocidad de operación 33

3. Análisis de la problemática 36

3.1. Problemas de visibilidad 36

3.2. Interacción entre vehículos a motor y ciclistas 47

4. Condicionantes 57

4.1. Planeamiento urbanístico 57

4.2. Geología y geotécnia 58

4.2.1. Tectónica y sismicidad 60

4.3. Hidrología 61

4.4. Red Natura 2000 63

4.5. Plan Rector de Uso y Gestión del Parque Natural de la Sierra Calderona 64

5. Propuestas de mejora 65

5.1. Propuestas de mejora visibilidad 65

5.2. Propuestas de mejora interacción vehículos – ciclistas 71

5.2.1. Diseño apartaderos 71

5.2.2. Ubicación de los apartaderos 74

5.3. Resumen propuestas de mejora 76

6. Valoración económica 78
7. Conclusiones 82
8. Referencias 83

ANEXO I: Apéndice de tablas

Apéndice 1: Estado de alineaciones

Apéndice 2: Comprobación trazado en planta según Norma 3.1-IC

ANEXO II: Planos

Anexo III: Relación del estudio con los Objetivos de Desarrollo Sostenible

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Evolución volumen de tráfico en vías interurbanas. Fuente: Principales Cifras de Siniestralidad 2019 (DGT) 7

Tabla 2. Evolución usuarios ciclistas. Fuente: Barómetro de la Bicicleta en España 2019 7

Tabla 3. Evolución fallecidos en carreteras interurbanas. Fuente: Barómetro de la Bicicleta en España 2019 7

Tabla 4. Descripción estación de aforo. Fuente: Tráfico de las carreteras gestionadas por la Conselleria 2020 y 4 años anteriores, Generalitat Valenciana. 9

Tabla 5. Histórico IMD. Fuente: Tráfico de las carreteras gestionadas por la Conselleria 2020 y 4 años anteriores, Generalitat Valenciana. 9

Tabla 6. Incrementos de tráfico a utilizar en estudios. Fuente: Orden FOM/3317/2010 10

Tabla 7. Estado de alineaciones. Fuente: Elaboración propia 11

Tabla 8. Limitaciones rectas. Fuente: Elaboración propia 12

Tabla 9. Relación entre radios de curvas circulares consecutivas sin recta intermedia. Fuente: Norma 3.1-IC 14

Tabla 10. Resumen resultados comprobación coordinación trazado. Fuente: Elaboración propia 15

Tabla 11. Estado de rasantes. Fuente: Elaboración propia 18

Tabla 12. Comprobación cumplimiento longitud acuerdos. Fuente: Elaboración propia 22

Tabla 13. Datos accidentalidad. Fuente: Análisis accidentalidad Generalitat Valenciana 29

Tabla 14. Modelos velocidad de operación vehículos ligeros. Fuente: Pérez et. al. (2010) y Camacho et. al. (2011) 33

Tabla 15. Enumeración puntos falta visibilidad. Fuente: Elaboración propia 39

Tabla 16. Valor de aceleración sísmica básica y coeficiente de contribución en Olocau 61

Tabla 17. Relación de curvas. Fuente: Elaboración propia 68

Tabla 18. Actuaciones sobre curvas. Fuente: Elaboración propia 70

Tabla 19. Ubicación apartaderos zona 1. Fuente: Elaboración propia 74

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación tramo de estudio. Fuente: elaboración propia 8

Figura 2. Ubicación estación de aforo. Fuente: Mapa de tráfico de la Comunidad Valenciana 2020, Generalitat Valenciana. 9

Figura 3. Tramificación carretera según CCR. Fuente: Elaboración propia 11

Figura 4. Distribución radios curvas circulares. Fuente: Elaboración propia 13

Figura 5. Perfil longitudinal tramo de estudio. Fuente: Elaboración propia 15

Figura 6. Parámetro mínimo de los acuerdos. Fuente: Norma 3.1-IC 19

Figura 7. Sección transversal tipo. Fuente: elaboración propia 22

Figura 8. Dimensiones de la sección transversal. Fuente: Norma 3.1-IC 23

Figura 9. Peladuras capa de rodadura. Fuente: Elaboración propia 24

Figura 10. Grietas longitudinales. Fuente: Elaboración propia 24

Figura 11. Reparaciones puntuales, parches. Fuente: Elaboración propia 24

Figura 12. Reparación grietas. Fuente: Elaboración propia 24

Figura 13. Cambio subtramo. Fuente: Elaboración propia 24

Figura 14. Histórico ortofotos PNOA. Fuente: Elaboración propia 25

Figura 15. Histórico ortofotos PNOA. Fuente: Elaboración propia 25

Figura 16. Señalización vertical. Fuente: Elaboración propia 26

Figura 17. Marca vial eje calzada. Fuente: Norma 8.2-IC 26

Figura 18. Marca vial borde calzada. Fuente: Norma 8.2-IC 26

Figura 19. Ubicación accesos. Fuente: Elaboración propia 27

Figura 20. Paso superior 1. Derecha: sección transversal, Izquierda: trazado en planta. Fuente: Elaboración propia 28

Figura 21. Puente. Derecha: sección transversal, Izquierda: trazado en planta. Fuente: Elaboración propia 28

Figura 22. Paso superior 2. Derecha: sección transversal, Izquierda: trazado en planta. Fuente: Elaboración propia 28

Figura 23. Localización accidentes. Fuentes: Elaboración propia, datos Generalitat Valenciana 30

Figura 24. Perfil visibilidad de parada, sentido P.K. creciente. Fuente: Elaboración propia 32

Figura 25. Perfil visibilidad de parada, sentido P.K. decreciente. Fuente: Elaboración propia 32

Figura 26. Perfiles de velocidad. Fuente: Elaboración propia 34

Figura 27. Velocidad de operación ciclista. Fuente: Elaboración propia 35

Figura 28. Cámara VIRB® ELITE DE GARMIN®. Fuente: www.garmin.com 36

Figura 29. Falta de visibilidad entorno urbano. Fuente: Elaboración propia 37

Figura 30. Falta de visibilidad por talud. Fuente: Elaboración propia 37

Figura 31. Falta de visibilidad por vegetación. Fuente: Elaboración propia 38

Figura 32. Reportaje fotográfico problemas visibilidad ida. Fuente: Elaboración propia 43

Figura 33. Reportaje fotográfico problemas visibilidad vuelta. Fuente: Elaboración propia 47

Figura 34. Presencia de ciclistas. Fuente: Elaboración propia 47

Figura 35. Velocidad de operación vehículos motorizados y ciclistas, sentido ida. Fuente: Elaboración propia 48

Figura 36. V85 estima vehículos a motor y ciclistas, y velocidad registrada vehículos a motor, sentido ida. Fuente: Elaboración propia 49

Figura 37. Diferencia de velocidades usuarios, sentido ida. Fuente: Elaboración propia 49

Figura 38. Eje ente P.K. 1+300 y P.K. 4+210. Fuentes: Elaboración propia 51

Figura 39. Eje ente P.K. 8+330 y P.K. 10+140. Fuente: Elaboración propia 52

Figura 40. Eje ente P.K. 12+500 y P.K. 13+120. Fuente: Elaboración propia 52

Figura 41. V85 estima vehículos a motor y ciclistas, y velocidad registrada vehículos a motor, sentido vuelta. Fuente: Elaboración propia 53

Figura 42. Diferencia de velocidades usuarios, sentido vuelta. Fuente: Elaboración propia 53

Figura 43. Eje ente P.K. 12+415 y P.K. 9+230, sentido vuelta. Fuentes: Elaboración propia 54

Figura 44. Eje ente P.K. 8+182 y P.K. 4+290, sentido vuelta. Fuentes: Elaboración propia 55

Figura 45. Eje ente P.K. 8+182 y P.K. 4+290, sentido vuelta. Fuentes: Elaboración propia 56

Figura 46. Planeamiento urbanístico. Fuente: Visor Cartográfico de la Generalitat Valenciana 57

Figura 47. Mapa Geológico de España del emplazamiento del tramo de estudio. Fuente: Instituto Geológico y Minero de España 58

Figura 48. Mapa litomorfológico. Fuente: Visor Cartográfico de la Generalitat Valenciana 58

Figura 49. Mapa litología. Fuente: Visor Cartográfico de la Generalitat Valenciana 59

Figura 50. Mapa geotécnico. Fuente: Visor Cartográfico de la Generalitat Valenciana 59

Figura 51. Resumen mapa geológico. Fuente: Elaboración propia 59

Figura 52. Mapa de Peligrosidad Sísmica. Fuente: NCSE-02 60

Figura 53. Temperatura y precipitación media mensual. Fuente: Elaboración propia 62

Figura 54. Peligrosidad de inundación. Fuente: Visor Cartográfico de la Generalitat Valenciana 63

Figura 55. Red Natura 2000. Fuente: Visor Cartográfico de la Generalita Valenciana 63

Figura 56. Alcance PRUG de la Sierra Calderona. Fuente: PRUG de la Sierra Calderona 64

Figura 57. Visibilidad en planta en curvas circulares. Fuente: Norma-3.1IC 66

Figura 58. Definición ancho apartaderos. Fuente: Elaboración propia 72

Figura 59. "Turnouts". Fuente: Manual de Capacidad de Carreteras HCM 2010 72

Figura 60. Catálogo de secciones de firme. Fuente: Norma 6.1-IC 73

Figura 61. Localización apartaderos. Fuente elaboración propia 76

1. INTRODUCCIÓN

Los accidentes de tráfico son un grave problema en la sociedad, la Dirección General de Tráfico (DGT) muestra en sus últimas estadísticas publicadas la situación existente en las carreteras españolas, registrando 1.755 fallecidos como consecuencia de un accidente de tráfico, tanto en vía urbana como interurbana en 2019.

Cabe destacar la tendencia creciente del tráfico sobre las carreteras interurbanas (Tabla 1), tanto para vehículos motorizados como ciclistas en las carreteras convencionales, viéndose la práctica de ciclismo acentuada en los últimos años (Tabla 2).

	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Tráfico vh-km 10^6	224.285	221.610	222.689	230.840	239.353	244.661	250.192

Tabla 1. Evolución volumen de tráfico en vías interurbanas. Fuente: Principales Cifras de Siniestralidad 2019 (DGT)

	2008	2009	2010	2011	2015	2017	2019
Usuarios (%)	41,3	38,7	40	40,3	49,6	48,2	50,6

Tabla 2. Evolución usuarios ciclistas. Fuente: Barómetro de la Bicicleta en España 2019

Esta tendencia creciente lleva consigo un aumento de la exposición al riego de los usuarios, en 2019 se registran 37.339 accidentes con víctimas en las carreteras españolas. Según los datos publicado en las Principales Cifras de Siniestralidad 2019 editado por la DGT, en 2019 se observa una reducción de la siniestralidad respecto al año anterior en carreteras interurbanas, en cambio, para los usuarios de las bicicletas se registra un aumento en un número de fallecidos en estas carreteras (Tabla 3). Aún así los registros son elevados y se requieren actuaciones de seguridad vial para seguir trabajando en reducir las cifras.

	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Bicicleta	37	53	45	54	48	40	49	43	48
Vehículos motorizados	1408	1245	1031	1061	1080	1114	1169	1125	1060
Peatones	158	144	154	132	120	137	103	149	134
Total vías interurbanas	1603	1442	1230	1247	1248	1291	1321	1317	1242

Tabla 3. Evolución fallecidos en carreteras interurbanas. Fuente: Barómetro de la Bicicleta en España 2019

La siniestralidad expuesta está originada por 3 factores: los conductores, los vehículos y la infraestructura. Desde la ingeniería se puede actuar sobre el último de los factores, cuya importancia representa el 30% de los accidentes en Europa siendo estos atribuibles a las características de las vías y al estado de las carreteras (L. Puerto, 2007). Es por ello, que se deben considerar diferentes actuaciones sobre carreteras para reducir al máximo el número de accidentes ocasionados por motivos relacionados con el trazado o características de las mismas.

Ante estos precedentes, el presente trabajo final de máster tiene por objeto el estudio para la mejora de la seguridad vial de la CV-25, en el tramo comprendido entre Gátova y Altura, con el fin de mejorar la circulación para los diferentes usuarios potenciales de la misma: vehículos ligeros y ciclistas.

1.1.1. Carretera CV-25

La carretera CV-25 es una vía que pertenece a la red de carreteras de la Generalitat Valenciana, siendo este el órgano que la gestiona. Une los municipios de Lliria, capital de la comarca Campo del Túria (provincia de Valencia) la cual cuenta con 23.482 habitantes, y Segorbe capital de la comarca Alto Palancia (provincia de Castellón) con 23.966 habitantes.

La carreta tiene su inicio en la glorieta que conecta con la carretera CV-35 y transcurre por los municipios de Lliria, Marines, Olocau y Gátova, para posteriormente entrar en la provincia de Castellón y discurrir por los municipios de Altura y Segorbe, donde llega hasta la glorieta que conecta con la autopista A-23.

Se trata de una carretera que discurre fundamentalmente por el medio natural, desarrolla parte del trazado por el borde oeste del parque natural de la Sierra Calderona, ello hace que la sinuosidad y las pendientes elevadas sean unas características propias de la carretera.

1.1.2. Localización del tramo de estudio

El tramo objeto de estudio engloba 14,528 km de la carretera CV-25 comprendidos entre los municipios de Gátova y Altura.

Concretamente el tramo abarca entre los puntos kilométricos 20+570, coincidente con el fin del puente de entrada al municipio de Gátova, y 35+500, previo a la llegada a la glorieta de entrada a Altura, tal como se muestra en la Figura 1.



Figura 1. Ubicación tramo de estudio. Fuente: elaboración propia

2. ESTADO ACTUAL

En el presente apartado se realiza una descripción del estado actual de la carretera atendiendo al tráfico, el trazado, la sección transversal, la señalización y la seguridad vial, comprobando a su vez el cumplimiento de la normativa correspondiente.

2.1. Análisis del tráfico

A continuación, se realiza un análisis del tráfico de la carretera a partir de los datos publicados por la Generalitat Valenciana de los aforos anuales (Tabla 4). Para ello se obtienen los resultados de la estación de aforo de cobertura CV-25-060 C (Figura 2):

CV	Tramo	Pk Ini	Inicio	Pk Fin	Fin	Calzada	Pk Est
CV-25	025060	20+500	Gátova	35+060	CV-245	Conv.	33+350

Tabla 4. Descripción estación de aforo. Fuente: Tráfico de las carreteras gestionadas por la Conselleria 2020 y 4 años anteriores, Generalitat Valenciana.

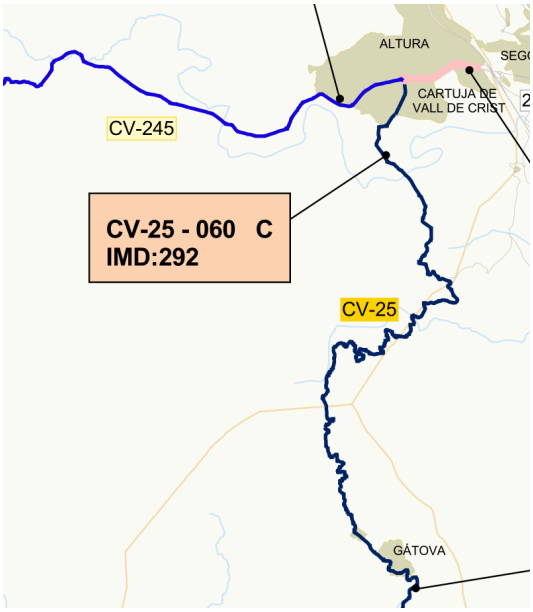


Figura 2. Ubicación estación de aforo. Fuente: Mapa de tráfico de la Comunidad Valenciana 2020, Generalitat Valenciana.

Para el tramo de estudio, los aforos históricos registran las Intensidades Medias Diarias (IMD) que se recogen en la Tabla 5:

2016	2017	2018	2019	2020
516	444	376	322	292

Tabla 5. Histórico IMD. Fuente: Tráfico de las carreteras gestionadas por la Conselleria 2020 y 4 años anteriores, Generalitat Valenciana.

No se presentan datos de porcentaje de vehículos pesados, por lo que se desconoce la IMD de estos.

Se observa un claro descenso del tráfico de la carretera en los últimos 4 años, registrando en 2020 una IMD un 57% inferior respecto a 2016.

Para quedar del lado de la seguridad, se estima la IMD en el año de puesta en servicio (2023) y en el año horizonte (2042) haciendo uso de los incrementos de tráfico publicados en FOM/3317/2010 del Ministerio de Fomento, expuestos en la Tabla 6:

Período	Incremento anual acumulativo
2010 – 2012	1,08 %
2013 – 2016	1,12 %
2017 en adelante	1,44 %

Tabla 6. Incrementos de tráfico a utilizar en estudios. Fuente: Orden FOM/3317/2010

De esta forma, para la estimación de la IMD se utilizan las siguientes expresiones:

$$IMD_{2023} = IMD_{2020} \cdot 1{,}0144^3 = 292 \cdot 1{,}0144^3 = 305\ vh/día$$

$$IMD_{2043} = IMD_{2020} \cdot 1{,}0144^3 = 292 \cdot 1{,}0144^{23} = 406\ vh/día$$

2.2. Trazado del tramo de estudio

El objetivo del presente apartado es presentar las características geométricas obtenidas del trazado tras la restitución del mismo y la comprobación del cumplimiento de la Norma 3.1-IC de trazado de los distintos elementos que definen lo definen.

2.2.1. Análisis del trazado en planta

La restitución del trazado se ha realizado mediante el programa Autodesk Civil 3D donde se ha incorporado la ortofoto procedente del Plan Nacional del Ortofotografía Aérea (PNOA) con una resolución de 25 cm por píxel. La ortofoto utilizada corresponde con la de máxima actualidad que data del 2018, habiendo sido utilizadas las hojas 639, 640, 667 y 668.

2.2.1.1 Estado de alineaciones

El estado de alineaciones se ha obtenido mediante la *herramienta alineaciones* de Civil 3D, ajustado el eje al trazado actual de la CV-25, cogiendo como referencia el centro de la calzada.

En la siguiente Tabla 7 se presenta un breve extracto del estado de alineaciones obtenido tras la restitución del eje. El estado de alineaciones completo se recoge en el *APÉNDICE 1. ESTADO DE ALINEACIONES.*

Nº ELEMENTO	TIPO ELEMENTO	P.K. inicial (m)	P.K. final (m)	Longitud (m)	Radio (m)	A (m)
1	RECTA	0,00	17,91	17,91		
2	CLOTOIDE	17,91	29,16	11,25		30
3	CURVA CIRCULAR	29,16	68,16	39,00	80	
4	CLOTOIDE	68,16	79,41	11,25		30
5	RECTA	79,41	130,97	51,56		
6	CLOTOIDE	130,97	135,14	4,17		15
7	CURVA CIRCULAR	135,14	150,03	14,89	54	

Nº ELEMENTO	TIPO ELEMENTO	P.K. inicial (m)	P.K. final (m)	Longitud (m)	Radio (m)	A (m)
8	CLOTOIDE	150,03	154,19	4,16		15
9	RECTA	154,19	167,04	12,85		
10	CLOTOIDE	167,04	173,71	6,67		20
…	…	…	…	…	…	…
598	RECTA	13945,82	14274,88	329,06		
599	CLOTOIDE	14274,88	14323,05	48,17		85
600	CURVA CIRCULAR	14323,05	14373,34	50,29	150	
601	CLOTOIDE	14373,34	14390,01	16,67		50
602	RECTA	14390,01	14528,86	138,85		

Tabla 7. Estado de alineaciones. Fuente: Elaboración propia

El trazado de estudio cuenta con un total de 14,528 kilómetros. Presenta unas un amplio rango de radios de curvas circulares, desde 700 hasta 10 metros, siendo la mayoría de las curvas de radio inferior a 50 metros. Muchas de las curvas existentes no disponen de curvas de transición (clotoides).

2.2.1.2 Tramificación CCR

Para llevar a cabo la tramificación de la carretera se muestra en la Figura 3 el ángulo de deflexión acumulado en los elementos del trazado en planta tramo de estudio. En esta figura se pueden observar dos subtramos, en el primero de ellos el recorrido el más sinuoso con curvas de radio más reducido, el segundo tramo presenta curvas más extensas y con mayor radio. Aún así la velocidad de proyecto en ambos casos es de 40 km/h dado que los dos subtramos se presentan radios inferiores a 50 metros. De esta forma se determina que el tramo de estudio es de clase **C-40**, perteneciente al **Grupo 3**, según la Norma 3.1-IC.

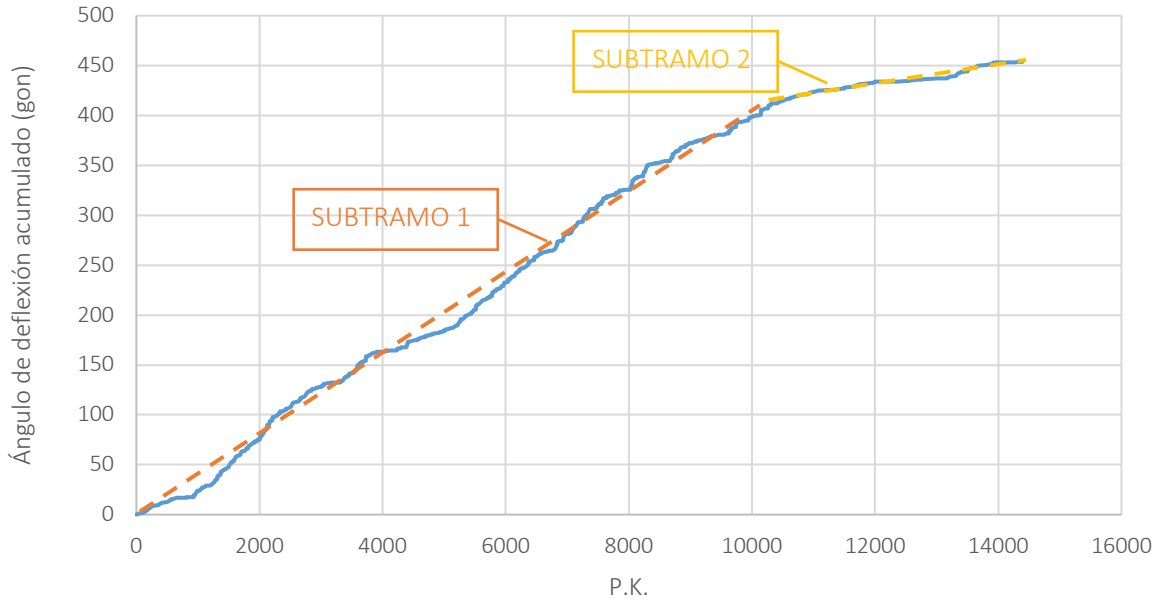


Figura 3. Tramificación carretera según CCR. Fuente: Elaboración propia

2.2.1.3 Cumplimiento de la Norma 3.1-IC

RECTAS

La Norma 3.1-IC limita la longitud mínima de los elementos rectos para proporcionar una mayor comodidad y adaptación de los usuarios sobre la vía. Por otro lado, también determina la longitud máxima de estos elementos del trazado con el fin de evitar problemas de cansancio, deslumbramientos y excesos de velocidad.

Las limitaciones que establece la norma y los valores de las mismas para el tramo de estudio son los que se recogen en la Tabla 8:

	Norma	C-40
Longitud mínima trazado S (m)	$L_{min,s} = 1{,}39 \cdot V_p$	55,6 m
Longitud mínima resto de casos (m)	$L_{min,o} = 2{,}78 \cdot V_p$	111,2 m
Longitud máxima (m)	$L_{max} = 16{,}70 \cdot V_p$	668,0 m

Tabla 8. Limitaciones rectas. Fuente: Elaboración propia

La Norma, a su vez, define una recta de longitud limitada como *una alineación recta situada entre dos alineaciones curvas (constituidas por las curvas de acuerdo y la curva circular) es de longitud limitada, si la velocidad máxima alcanzable en ella se ve condicionada por la presencia de dichas alineaciones curvas*. Según la tabla 4.2. de la Norma, para carreteras de tipo C-40 la longitud máxima para que una recta sea de longitud limitada es de 30 metros, este es un valor inferior a los 56 metros que indica la misma Norma como longitud mínima para trazados en S, esto supone una contradicción a la Norma ya que habrá rectas consideradas de longitud no limitada que no cumplan la normativa.

Tras la comprobación de las longitudes de las alineaciones rectas del trazado actual, se observa que en la totalidad de las rectas se cumple la limitación de longitud máxima, lo cual era previsible dada la sinuosidad de la vía. Por otro lado, en cuanto a las longitudes mínimas de las rectas, únicamente cumplen la limitación en 23 de las 138 rectas por el carácter montañoso de la carretera que impide el encaje de las rectas entre las alineaciones curvas. Estas rectas se localizan en la zona final del trazado

CURVAS CIRCULARES

Atendiendo a las curvas circulares, la Norma 3.1-IC establece para las carreteras C-40 un radio mínimo de 50 metros y un peralte máximo del 7%.

El primero de los aspectos, el radio mínimo, no se cumple en el trazado actual de la carretera puesto que el intervalo de radios existentes abarca desde 10 hasta 700 metros. En la Figura 4 se representa la distribución porcentual de los radios de las curvas circulares del trazado, donde se puede observar que el 55% de las alineaciones curvas no cumplen con el radio mínimo.

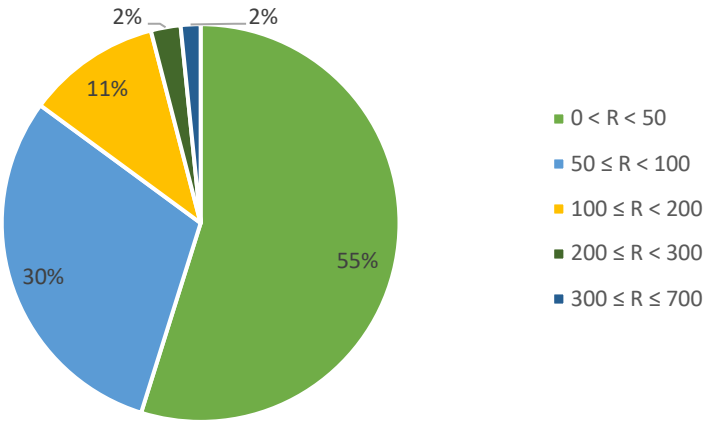


Figura 4. Distribución radios curvas circulares. Fuente: Elaboración propia

Por otro lado, no es posible determinar el cumplimiento de los peraltes existentes en la vía dado que no se dispone de dicha información.

DESARROLLO MÍNIMO DE ALINEACIONES CURVAS

Según la Norma 3.1-IC, el desarrollo mínimo de la curva correspondiente a la combinación constituida por una curva circular con sus correspondientes curvas de acuerdo se corresponderá, en general, con una variación de acimut entre sus extremos mayor o igual que 20 gonios, pudiendo aceptarse valores entre 20 gonios y 6 gonios. Excepcionalmente se admiten valores menores a 6 gonios en alineaciones curvas sin curvas de transición.

Se establecen los siguientes rangos para la comprobación del desarrollo mínimo de las alineaciones curvas:

- Mayor que 20 gonios → ADECUADO
- Entre 6 y 20 gonios → ACEPTABLE
- Menor a 6 gonios (sin clotoides) → ACEPTABLE
- Menor a 6 gonios → INADECUADO

Se observa que la mayoría de los elementos curvos presentan desarrollos adecuados o aceptable siguiendo las prescripciones de la Norma. Únicamente 9 de los elementos circulares del trazado presentan desarrollos inferiores a 6 gonios, 5 de ellos no presentan curvas de transición por lo que se consideran aceptables, los 4 restantes presentan un giro insuficiente por el reducido valor de los parámetros de las clotoides.

CURVAS DE TRANSICIÓN

El principal objeto de las curvas de transición, clotoides, es evitar las discontinuidades entre los elementos circulares y rectos del trazado. Para el caso que se está estudiando, al estar ante una carretera del grupo 3, la Norma indica la necesidad de disposición de clotoides en curvas circulares inferiores a 2.500 metros de radio. Dada la antigüedad del trazado de la CV-25, en el tramo se encuentran gran cantidad de curvas que no disponen de curvas de transición.

Por otro lado, la Norma también establece los parámetros mínimos de las curvas de transición en función del radio de la curva circular. El radio del la curva circular y el parámetro de la clotoide se relacionan con la siguiente expresión: $A^2=R\cdot L$.

Se establecen parámetros (y por tanto longitudes) mininos en base a tres criterios, de los cuales se escoge el más limitante:

- I: Limitación de la variación de la aceleración centrifuga en el plano horizontal.
- II: Limitación por transición de peralte.
- III: Limitaciones por condiciones de percepción visual.

Las longitudes máximas de las curvas de transición se limitan en 1,50 veces la longitud mínima.

De la comprobación de los parámetros de las curvas de transición, se extrae que prácticamente la totalidad de las curvas tiene un parámetro inferior al mínimo. Únicamente 6 de las curvas presenta un valor del parámetro dentro del intervalo establecido por la Norma. Todos los incumplimientos son debidos al reducido valor del parámetro puesto que para encajar resulta complicado encajar el trazado en un entorno tan sinuoso sin generar grandes movimientos de tierras.

COORDINACIÓN DE ENTRE CURVAS CONSECUTIVAS

Una vez analizados cada uno de los elementos de forma individual, la Norma 3.1-IC establece la coordinación entre elementos relacionando los radios de las curvas consecutivas. Para ello se distinguen dos situaciones:

- Curvas sin recta intermedia. El radio de las curvas deberá mantener la relación establecida en la tabla 4.7 de la norma. En la tabla se aprecia que únicamente serán de aplicación las dos primeras ecuaciones por el rango de radios existentes en el trazado:

R (m)	**R' (m)**
50 – 450	$\frac{50}{77}\cdot R + 7{,}8 \leq R' < \frac{127}{80}\cdot R - 14{,}4$
450 – 700	$\frac{40}{135}\cdot R + 166{,}7 \leq R' < \frac{110}{25}\cdot R - 1280$
700 – 1800	$R' \geq \frac{40}{135}\cdot R + 166{,}7$
> 1800	$R' \geq 700$

Tabla 9. Relación entre radios de curvas circulares consecutivas sin recta intermedia. Fuente: Norma 3.1-IC

R: Radio de la curva.

R': Radio de la curva consecutiva en el sentido de la marcha.

- Curvas con recta intermedia. Si la recta intermedia tiene una longitud superior a la correspondiente a la de longitud limitada (30 metros en el caso de estudio). El radio de la curva

circular de salida, en el sentido de la marcha, debe ser mayor o igual que el doble del radio mínimo asociado a la velocidad de proyecto

$$R' \geq 2 \cdot R_{\min\ _C40} \rightarrow R' \geq\ 2 \cdot 40 \geq\ 80\,m$$

En el trazado se presentan gran cantidad de curvas sin recta intermedia, o con una recta de longitud inferior a la longitud limitada (30 metros). Únicamente el 12% de estas alineaciones curvas sin recta intermedia presentan una coordinación entre radios consecutivos según las indicaciones de la Norma 3.1-IC.

Por otro lado, en las alineaciones curvas restantes, las cuales cuentan con recta intermedia, se observa un cumplimiento del 37% (18 de 49 curvas) en la coordinación en radios consecutivos. La mayoría de estas curvas se presentan en la zona final del trazado donde el entorno no es tan abrupto.

Estos porcentajes indicados se mantienen, aproximadamente, tanto para la comprobación del trazado en el sentido de P.K. creciente como decreciente, tal como se muestra en la Tabla 10.

	COMPROBACIÓN IDA				COMPROBACIÓN VUELTA			
	CON RECTA INTERMEDIA		SIN RECTA INTERMEDIA		CON RECTA INTERMEDIA		SIN RECTA INTERMEDIA	
CUMPLE	24	12%	18	36%	22	11%	20	40%
NO CUMPLE	174	88%	32	64%	174	89%	31	60%
TOTAL	**198**		**50**		**196**		**52**	

Tabla 10. Resumen resultados comprobación coordinación trazado. Fuente: Elaboración propia

Como se ha ido comentado a lo largo del análisis del trazado, dada la antigüedad de la carretera y la sinuosidad de la zona, se han obtenido unos resultados esperables.

En el *APÉNDICE 2. COMPROBACIÓN TRAZADO EN PLANTA SEGÚN NORMA 3.1-IC* se adjuntan las tablas detallando el cumplimiento del trazado en planta desarrollado en los apartados anteriores para cada uno de los elementos que lo componen.

2.2.2. Análisis del trazado en alzado

De nuevo, utilizando el programa Autodesk Civil 3D, incorporando en este caso las nubes de puntos de la cartografía LIDAR del terreno con una densidad de 1 punto cada 2 m^2, lo cual proporciona información altimétrica con una precisión de 20cm, se ha restituido el alzado del tramo. De esta forma se ha logrado obtener el perfil longitudinal del tramo, tal como se muestra en la Figura 5:

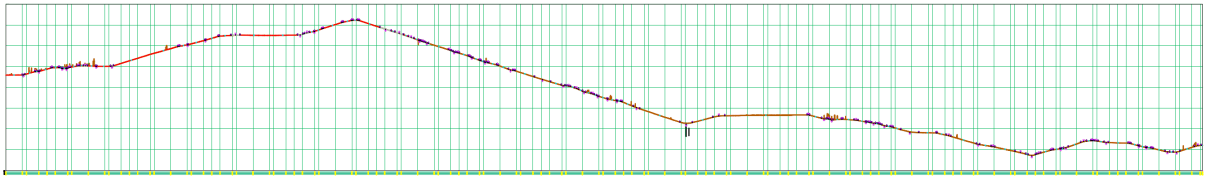


Figura 5. Perfil longitudinal tramo de estudio. Fuente: Elaboración propia

2.2.2.1 Estado de rasantes

El estado de rasantes obtenido es el que recoge la Tabla 11, donde se aprecian pendiente longitudinales pronunciadas con valores máximo de -9,96% en pendientes descendentes y 8,22% en pendientes ascendente.

Nº ACUERDO	TIPO ACUERDO	P.K. VÉRTICE	COTA (m)	PENDIENTE	KV (m)	LONGITUD (m)
1	Cóncavo	212,68	579,61	0,20%	548,6	30,06
2	Convexo	355,78	587,73	5,68%	147,9	7,30
3	Cóncavo	400,98	588,07	0,74%	446,9	22,05
4	Convexo	556,22	596,88	5,68%	386,4	19,54
5	Convexo	645	597,43	0,62%	209,3	13,20
6	Cóncavo	682,48	595,30	-5,69%	368,8	18,24
7	Cóncavo	737,64	594,89	-0,74%	224,5	20,12
8	Convexo	769,57	597,52	8,22%	627,3	27,96
9	Convexo	879,81	601,66	3,76%	817,7	30,39
10	Convexo	965,5	601,70	0,04%	4735,8	49,50
11	Cóncavo	1096,76	600,38	-1,00%	1391,8	13,80
12	Cóncavo	1287,38	600,36	-0,01%	583	36,25
13	Convexo	1742,19	628,60	6,21%	1812,2	10,81
14	Convexo	2097,93	648,56	5,61%	1042,2	24,60
15	Cóncavo	2206,26	652,08	3,25%	547,8	10,82
16	Cóncavo	2421,74	663,34	5,23%	2171,1	13,36
17	Convexo	2582,9	672,75	5,84%	286,3	12,61
18	Convexo	2787,14	675,69	1,44%	6423,9	107,80
19	Cóncavo	3182,01	674,73	-0,24%	22567,2	109,35
20	Cóncavo	3572,86	675,68	0,24%	1007	63,29
21	Convexo	3654,37	681,00	6,53%	1964,4	58,23
22	Cóncavo	3745,35	684,25	3,56%	204,2	7,04
23	Convexo	3844,61	691,21	7,01%	2575,8	19,32
24	Convexo	4085,29	706,28	6,26%	1000	21,75
25	Convexo	4203,28	711,10	4,09%	500	19,36
26	Convexo	4279,09	711,27	0,21%	364,3	24,61
27	Cóncavo	4609,81	689,64	-6,54%	20384,5	136,84
28	Convexo	4775,44	679,92	-5,87%	9962,2	104,68
29	Convexo	4921,05	669,85	-6,92%	13455,4	69,11
30	Cóncavo	5021,91	662,35	-7,43%	1374	20,24

Nº ACUERDO	TIPO ACUERDO	P.K. VÉRTICE	COTA (m)	PENDIENTE	KV (m)	LONGITUD (m)
31	Convexo	5062,53	659,93	-5,96%	4221,3	28,71
32	Cóncavo	5112,01	656,64	-6,64%	7691,1	35,59
33	Convexo	5389,79	639,49	-6,18%	1337	36,31
34	Cóncavo	5443,29	634,73	-8,89%	559	29,04
35	Convexo	5490,67	632,98	-3,70%	1090,8	27,78
36	Convexo	5627,45	624,44	-6,24%	696,8	25,92
37	Cóncavo	5656,87	621,51	-9,96%	773,2	23,98
38	Convexo	5757,43	614,60	-6,86%	3591,9	22,02
39	Cóncavo	5816,79	610,17	-7,48%	438,3	19,26
40	Convexo	5856,03	608,96	-3,08%	849,1	16,23
41	Convexo	5967,65	603,39	-4,99%	874,2	21,65
42	Cóncavo	6127,6	591,44	-7,47%	1098,1	52,60
43	Convexo	6176,64	590,12	-2,68%	427,3	15,70
44	Cóncavo	6514,71	568,64	-6,35%	43514,7	195,96
45	Cóncavo	6765,9	553,81	-5,90%	938,4	43,70
46	Convexo	6832,45	552,98	-1,25%	851,8	41,85
47	Convexo	6928,58	547,06	-6,16%	1599,5	46,53
48	Cóncavo	7019,57	538,81	-9,07%	804,8	36,45
49	Convexo	7124,26	534,06	-4,54%	1085	40,92
50	Cóncavo	7185,82	528,94	-8,31%	1198	26,33
51	Cóncavo	7304,16	521,71	-6,11%	461,4	10,37
52	Cóncavo	7418,66	517,28	-3,87%	1300,2	13,02
53	Convexo	7471,69	515,76	-2,86%	369,4	19,33
54	Cóncavo	7656,04	500,83	-8,10%	5277,3	77,39
55	Cóncavo	8258,79	460,86	-6,63%	1288,6	152,14
56	Convexo	8656	481,42	5,17%	2915,1	144,84
57	Convexo	9742,24	483,66	0,21%	569,6	30,42
58	Cóncavo	9932,56	473,89	-5,13%	1174,9	56,27
59	Convexo	9987,45	473,70	-0,34%	200,7	12,47
60	Cóncavo	10027,17	471,09	-6,56%	432,9	36,00
61	Convexo	10153,48	473,31	1,76%	616,2	20,40
62	Convexo	10322,85	470,68	-1,55%	2357,8	48,89
63	Cóncavo	10443,07	466,32	-3,63%	1250,8	13,05
64	Convexo	10485,71	465,22	-2,58%	2766,6	32,87
65	Cóncavo	10536,04	463,33	-3,77%	4244	47,97

Nº ACUERDO	TIPO ACUERDO	P.K. VÉRTICE	COTA (m)	PENDIENTE	KV (m)	LONGITUD (m)
66	Convexo	10602,69	461,56	-2,64%	569,1	27,07
67	Cóncavo	10665,26	456,94	-7,40%	1293,3	59,91
68	Convexo	10756,6	454,41	-2,76%	1085	36,16
69	Cóncavo	10975,89	441,04	-6,10%	3800,6	218,42
70	Convexo	11300,12	439,91	-0,35%	284	11,75
71	Convexo	11444,68	433,42	-4,49%	4223,6	58,89
72	Cóncavo	11803,61	412,32	-5,88%	1374	39,15
73	Convexo	11985,21	406,81	-3,03%	3673	45,70
74	Convexo	12318,54	392,56	-4,27%	8935,9	131,68
75	Cóncavo	12456,34	384,64	-5,75%	719,4	88,74
76	Convexo	12541,09	390,22	6,59%	4242,9	47,38
77	Convexo	12701,24	398,98	5,47%	1085	33,20
78	Cóncavo	12806,92	401,53	2,41%	1000	17,20
79	Cóncavo	12870,16	404,14	4,13%	1945	56,71
80	Convexo	13085,94	419,34	7,05%	1374,7	69,69
81	Convexo	13186,82	421,34	1,98%	700	24,21
82	Convexo	13237,99	420,58	-1,48%	2741,4	44,40
83	Cóncavo	13358,78	416,83	-3,10%	2053,8	50,73
84	Convexo	13642,62	415,04	-0,63%	733	36,82
85	Cóncavo	13754,13	408,73	-5,65%	1374	16,78
86	Cóncavo	13845,37	404,69	-4,43%	757,6	17,14
87	Convexo	13915,69	403,16	-2,17%	1085	29,29
88	Cóncavo	14102,15	394,08	-4,87%	1374	57,20
89	Cóncavo	14213,29	393,29	-0,71%	1150,2	80,51
90	Convexo	14472,22	409,58	6,29%	1408,9	83,03

Tabla 11. Estado de rasantes. Fuente: Elaboración propia

2.2.2.2 Cumplimiento de la Norma 3.1-IC

El presente apartado analiza la adecuación de la rasante de la carretera con respecto a las disposiciones de la Norma 3.1-IC. Únicamente se comprueban valores máximos de inclinación de rasante y valores de los parámetros de los acuerdos existentes.

INCLINACIÓN DE LA RASANTE

La norma establece, para una carretera de la clase del tramo de estudio (C-40), una inclinación de la rasante máxima del 7%, pudiendo llegar a alcanzar en casos excepcionales el 10%, pero sin superar este último valor.

En diversos tramos del trazado, como era previsible, las pendientes longitudinales alcanzan valores superiores al 7%, bien es cierto que estos tramos son de escasa longitud. En ninguno de los casos se supera la inclinación excepcional del 10%. Las pendientes máximas alcanzan valores de -9,96% entramos descendentes y 8,22% en valores ascendentes.

ACUERDOS VERTICALES

La Norma establece limitaciones en los parámetros de los acuerdos verticales para garantizar la visibilidad de parada y adelantamiento en función de la velocidad de proyecto (Figura 6).

GRUPO	VELOCIDAD DE PROYECTO (V_p) (km/h)	ACUERDOS CONVEXOS		ACUERDOS CÓNCAVOS	
		K_v (m) Parada	K_v (m) Adelantamiento	K_v (m) Parada	K_v (m) Adelantamiento
1	140	22 000	--	10 300	--
	130	16 000	--	8 600	--
2	120	11 000	--	7 100	--
	110	7 600	--	5 900	--
	100	5 200	7 100	4 800	7 800
	90	3 500	4 800	3 800	6 500
	80	2 300	3 100	3 000	5 400
3	90	3 500	4 800	3 800	6 500
	80	2 300	3 100	3 000	5 400
	70	1 400	2 000	2 300	4 400
	60	800	1 200	1 650	3 600
	50	450	650	1 160	3 000
	40	250	300	760	2 400

Figura 6. Parámetro mínimo de los acuerdos. Fuente: Norma 3.1-IC

Para el tramo que se está analizando, los parámetros mínimos exigidos por la Norma para acuerdos convexos son de 250 m par garantizar la visibilidad de parada y de 300 m para la de adelantamiento, mientras que para acuerdos cóncavos estos parámetros mínimos son de 760 m y 2.400 m respectivamente. Dado que en el tramo de estudio no se permite el adelantamiento a lo largo de todo el recorrido, se considera únicamente la limitación para garantizar la visibilidad de parada.

Por otro lado, también se establece una longitud mínima del acuerdo coincidente con la velocidad de proyecto, en este caso 40 metros.

Con estas prescripciones dispuestas en la Norma se procede a la comprobación del trazado en alzado. En la Tabla 12 se resaltan de color rojo aquellas longitudes de los acuerdos que no cumplen con los requerimientos. Se observa que muchos de los acuerdos no cumplen las condiciones mínimas.

Nº	TIPO	P.K.	COTA (m)	PENDIENTE	KV (m)	LONGITUD (m)
1	Cóncavo	212,68	579,61	0,20%	548,6	30,06
2	Convexo	355,78	587,73	5,68%	147,9	7,30
3	Cóncavo	400,98	588,07	0,74%	446,9	22,05
4	Convexo	556,22	596,88	5,68%	386,4	19,54
5	Convexo	645	597,43	0,62%	209,3	13,20
6	Cóncavo	682,48	595,30	-5,69%	368,8	18,24
7	Cóncavo	737,64	594,89	-0,74%	224,5	20,12
8	Convexo	769,57	597,52	8,22%	627,3	27,96
9	Convexo	879,81	601,66	3,76%	817,7	30,39
10	Convexo	965,5	601,70	0,04%	4735,8	49,50
11	Cóncavo	1096,76	600,38	-1,00%	1391,8	13,80
12	Cóncavo	1287,38	600,36	-0,01%	583	36,25
13	Convexo	1742,19	628,60	6,21%	1812,2	10,81
14	Convexo	2097,93	648,56	5,61%	1042,2	24,60
15	Cóncavo	2206,26	652,08	3,25%	547,8	10,82
16	Cóncavo	2421,74	663,34	5,23%	2171,1	13,36
17	Convexo	2582,9	672,75	5,84%	286,3	12,61
18	Convexo	2787,14	675,69	1,44%	6423,9	107,80
19	Cóncavo	3182,01	674,73	-0,24%	22567,2	109,35
20	Cóncavo	3572,86	675,68	0,24%	1007	63,29
21	Convexo	3654,37	681,00	6,53%	1964,4	58,23
22	Cóncavo	3745,35	684,25	3,56%	204,2	7,04
23	Convexo	3844,61	691,21	7,01%	2575,8	19,32
24	Convexo	4085,29	706,28	6,26%	1000	21,75
25	Convexo	4203,28	711,10	4,09%	500	19,36
26	Convexo	4279,09	711,27	0,21%	364,3	24,61
27	Cóncavo	4609,81	689,64	-6,54%	20384,5	136,84
28	Convexo	4775,44	679,92	-5,87%	9962,2	104,68
29	Convexo	4921,05	669,85	-6,92%	13455,4	69,11
30	Cóncavo	5021,91	662,35	-7,43%	1374	20,24
31	Convexo	5062,53	659,93	-5,96%	4221,3	28,71
32	Cóncavo	5112,01	656,64	-6,64%	7691,1	35,59
33	Convexo	5389,79	639,49	-6,18%	1337	36,31
34	Cóncavo	5443,29	634,73	-8,89%	559	29,04
35	Convexo	5490,67	632,98	-3,70%	1090,8	27,78
36	Convexo	5627,45	624,44	-6,24%	696,8	25,92
37	Cóncavo	5656,87	621,51	-9,96%	773,2	23,98
38	Convexo	5757,43	614,60	-6,86%	3591,9	22,02
39	Cóncavo	5816,79	610,17	-7,48%	438,3	19,26
40	Convexo	5856,03	608,96	-3,08%	849,1	16,23

Nº	TIPO	P.K.	COTA (m)	PENDIENTE	KV (m)	LONGITUD (m)
41	Convexo	5967,65	603,39	-4,99%	874,2	21,65
42	Cóncavo	6127,6	591,44	-7,47%	1098,1	52,60
43	Convexo	6176,64	590,12	-2,68%	427,3	15,70
44	Cóncavo	6514,71	568,64	-6,35%	43514,7	195,96
45	Cóncavo	6765,9	553,81	-5,90%	938,4	43,70
46	Convexo	6832,45	552,98	-1,25%	851,8	41,85
47	Convexo	6928,58	547,06	-6,16%	1599,5	46,53
48	Cóncavo	7019,57	538,81	-9,07%	804,8	36,45
49	Convexo	7124,26	534,06	-4,54%	1085	40,92
50	Cóncavo	7185,82	528,94	-8,31%	1198	26,33
51	Cóncavo	7304,16	521,71	-6,11%	461,4	10,37
52	Cóncavo	7418,66	517,28	-3,87%	1300,2	13,02
53	Convexo	7471,69	515,76	-2,86%	369,4	19,33
54	Cóncavo	7656,04	500,83	-8,10%	5277,3	77,39
55	Cóncavo	8258,79	460,86	-6,63%	1288,6	152,14
56	Convexo	8656	481,42	5,17%	2915,1	144,84
57	Convexo	9742,24	483,66	0,21%	569,6	30,42
58	Cóncavo	9932,56	473,89	-5,13%	1174,9	56,27
59	Convexo	9987,45	473,70	-0,34%	200,7	12,47
60	Cóncavo	10027,17	471,09	-6,56%	432,9	36,00
61	Convexo	10153,48	473,31	1,76%	616,2	20,40
62	Convexo	10322,85	470,68	-1,55%	2357,8	48,89
63	Cóncavo	10443,07	466,32	-3,63%	1250,8	13,05
64	Convexo	10485,71	465,22	-2,58%	2766,6	32,87
65	Cóncavo	10536,04	463,33	-3,77%	4244	47,97
66	Convexo	10602,69	461,56	-2,64%	569,1	27,07
67	Cóncavo	10665,26	456,94	-7,40%	1293,3	59,91
68	Convexo	10756,6	454,41	-2,76%	1085	36,16
69	Cóncavo	10975,89	441,04	-6,10%	3800,6	218,42
70	Convexo	11300,12	439,91	-0,35%	284	11,75
71	Convexo	11444,68	433,42	-4,49%	4223,6	58,89
72	Cóncavo	11803,61	412,32	-5,88%	1374	39,15
73	Convexo	11985,21	406,81	-3,03%	3673	45,70
74	Convexo	12318,54	392,56	-4,27%	8935,9	131,68
75	Cóncavo	12456,34	384,64	-5,75%	719,4	88,74
76	Convexo	12541,09	390,22	6,59%	4242,9	47,38
77	Convexo	12701,24	398,98	5,47%	1085	33,20
78	Cóncavo	12806,92	401,53	2,41%	1000	17,20
79	Cóncavo	12870,16	404,14	4,13%	1945	56,71
80	Convexo	13085,94	419,34	7,05%	1374,7	69,69

Nº	TIPO	P.K.	COTA (m)	PENDIENTE	KV (m)	LONGITUD (m)
81	Convexo	13186,82	421,34	1,98%	700	24,21
82	Convexo	13237,99	420,58	-1,48%	2741,4	44,40
83	Cóncavo	13358,78	416,83	-3,10%	2053,8	50,73
84	Convexo	13642,62	415,04	-0,63%	733	36,82
85	Cóncavo	13754,13	408,73	-5,65%	1374	16,78
86	Cóncavo	13845,37	404,69	-4,43%	757,6	17,14
87	Convexo	13915,69	403,16	-2,17%	1085	29,29
88	Cóncavo	14102,15	394,08	-4,87%	1374	57,20
89	Cóncavo	14213,29	393,29	-0,71%	1150,2	80,51
90	Convexo	14472,22	409,58	6,29%	1408,9	83,03

Tabla 12. Comprobación cumplimiento longitud acuerdos. Fuente: Elaboración propia

2.3. Sección trasversal

En el tramo de estudio se observan dos subtramos diferenciados:

- El primero de ellos el perteneciente a la provincia de Valencia, hasta PK 24+590, donde se observa una sección transversal más reducida con un ancho de carril de 2,20 metros, sin arcén ni cunetas. A lo largo de este subtramo se observan despejes en la margen derecha ejecutados con hormigón con el fin de proporcionar mayor visibilidad a los usuarios en los puntos más críticos.

- El siguiente de los subtramos, el perteneciente a la provincia de Castellón, presenta un ancho de carril de 3,00 metros, tampoco cuenta con arcén. En algunos segmentos sí existe cuneta y/o berma de hormigón seguida de un bordillo.

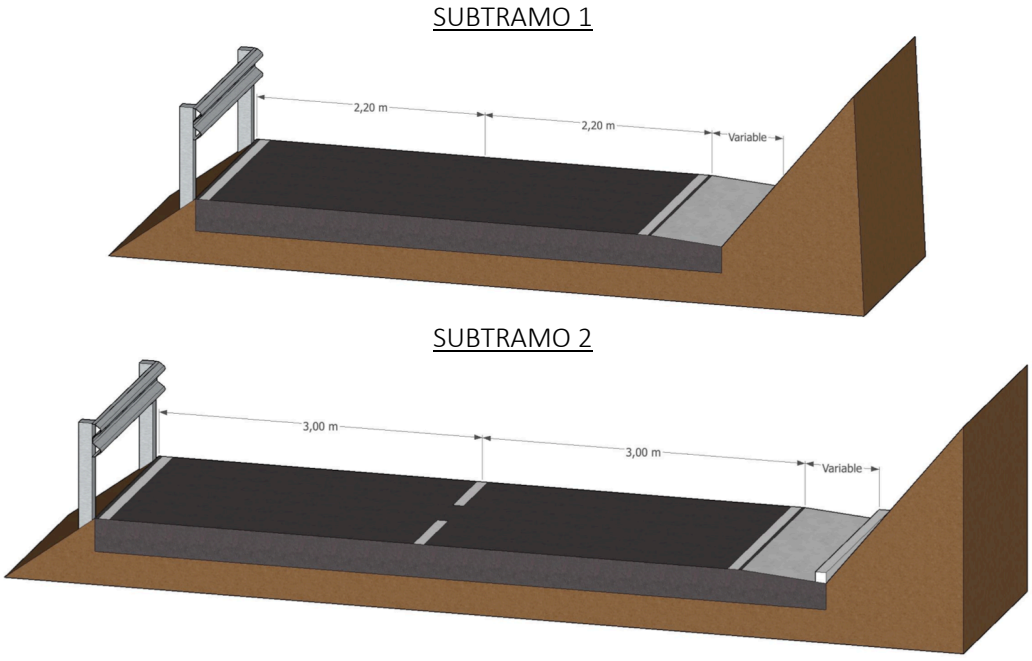


Figura 7. Sección transversal tipo. Fuente: elaboración propia

Atendiendo a lo relativo a la sección transversal en la Norma 3.1-IC, se observa en la tabla 7.1 (Figura 8) de la misma las limitaciones establecidas en cuanto a dimensiones mínimas.

CLASE DE CARRETERA	VELOCIDAD DE PROYECTO (V_p) (km/h)	ANCHO (m)				NIVEL DE SERVICIO MÍNIMO EN LA HORA DE PROYECTO DEL AÑO HORIZONTE
		CARRILES	ARCENES		BERMAS (MÍNIMO)	
			INTERIOR / IZQUIERDO	EXTERIOR / DERECHO		
Autopista y autovía	140, 130 y 120	3,50	1,00 / 1,50	2,50	1,00	C
	110 y 100	3,50	1,00 / 1,50	2,50	1,00	D
	90 y 80	3,50	1,00	2,50	1,00	D
Carretera multicarril	100	3,50	1,00 / 1,50	2,50	1,00	D
	90 y 80	3,50	1,00	2,50	1,00	D
	70 y 60	3,50	0,50 / 1,00	1,50 / 2,50	1,00	E
	50 y 40	3,25 a 3,50	0,50 / 1,00	1,00 / 1,50	0,50	E
Carretera convencional	100	3,50	2,50		1,00	D
	90 y 80	3,50	1,50		1,00	D
	70 y 60	3,50	1,00 / 1,50		0,75	E
	50 y 40	3,00 a 3,50	0,50 / 1,00		0,50	E
Vía colectora - distribuidora y ramal de enlace de sentido único	100	3,50	1,50	2,50	1,00	D
	90 y 80	3,50	1,00 / 1,50	2,50	1,00	D
	70 y 60	3,50	1,00 / 1,50	2,50	1,00	E
	50 y 40	3,50	0,50 / 1,00	1,50 / 2,50	1,00	E

Figura 8. Dimensiones de la sección transversal. Fuente: Norma 3.1-IC

Para el caso de estudio, al contar con una velocidad de proyecto de 40 km/h y tratarse de una carretera convencional, los carriles deberían contar con un ancho de 3,00 metros, los arcenes interior y exterior 0,50 y 1 metros respectivamente y las bermas 0,50 metros.

Comparando con la descripción realizada anteriormente de la sección transversal existente en la CV-25, se puede decir que no se cumple la Norma. En el segundo subtramo sí se cuenta con ancho de carril suficiente, en cambio en la mayoría de la longitud no existen arcenes y berma.

2.4. Estado del firme

El firme es un estado fundamental en la vía que influye en las condiciones de comodidad y seguridad para los usuarios. Un firme en mal estado condiciona de manera directa sobre la conducción, suponiendo un incremento del riesgo en sufrir un accidente, especialmente en condiciones de meteorología adversa.

En el presente apartado, se analiza el estado del firme del tramo de estudio en el sentido creciente de PK, a partir de las imágenes obtenidas de la visita a la zona.

En primer lugar, desde el inicio del tramo hasta el PK 4+089 (coincidente con el primer subtramo), se observa un firme más antiguo. Se percibe de forma puntual grietas longitudinales y peladura en la capa de rodadura, coincidentes estas últimas con zonas de frenada. También se aprecian tareas de mantenimiento en el firme, con reparaciones puntuales de la capa de rodadura presentando parcheados superficiales y rellenos de grietas. En las Figura 10, Figura 11, Figura 12 y Figura 13 se presentan imágenes del estado del firme donde se pueden apreciar las observaciones expuestas:



Figura 9. Peladuras capa de rodadura. Fuente: Elaboración propia



Figura 10. Grietas longitudinales. Fuente: Elaboración propia



Figura 11. Reparaciones puntuales, parches. Fuente: Elaboración propia



Figura 12. Reparación grietas. Fuente: Elaboración propia



Figura 13. Cambio subtramo. Fuente: Elaboración propia

Observando el histórico de imágenes aéreas (Figura 14) y analizando el color gris claro que presenta el firme, se puede decir que la pavimentación de la carretera tiene más de 15 años de antigüedad.

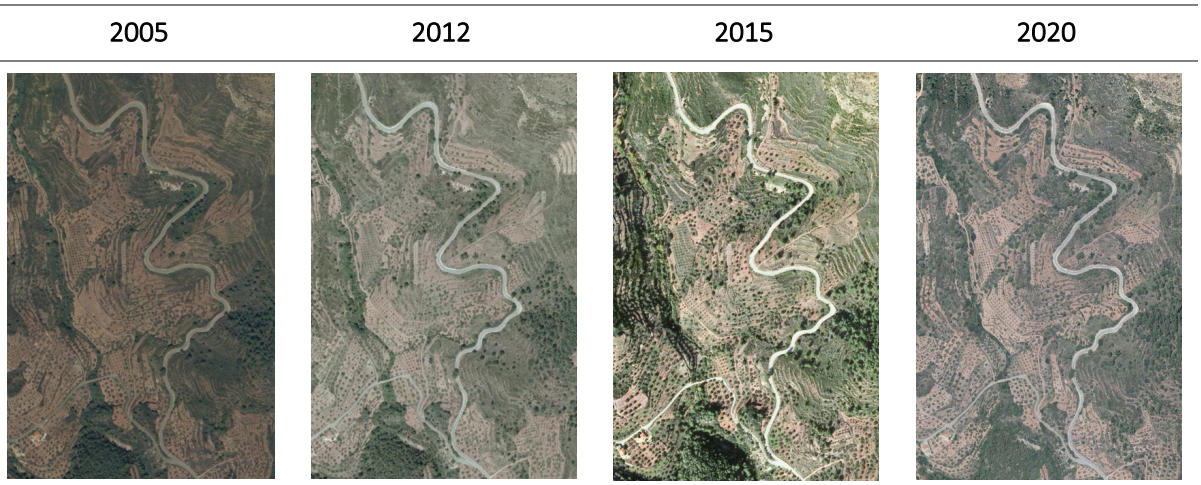


Figura 14. Histórico ortofotos PNOA. Fuente: Elaboración propia

A pesar de los expuesto, el firme en general se encuentra en buen estado sin desperfectos muy significativos que pongan en compromiso la seguridad vial de los usuarios.

Por otro lado, el siguiente subtramo cuenta con un firme más actual, habiendo sido repavimentado en 2010 (Figura 15).



Figura 15. Histórico ortofotos PNOA. Fuente: Elaboración propia

La capa de rodadura en este subtramo está en mejor estado, presentándose más homogénea. De igual forma que en el anterior, se observan tareas de mantenimiento, con reparaciones de grietas longitudinales. No se presentan deterioros superficiales relevantes.

En todo el tramo de estudio, no se detectan desperfectos estructurales en el firme.

2.5. Estado de los elementos de señalización

2.5.1. Elementos de señalización vertical

En cuanto a los elementos de señalización vertical, se puede decir que éstos cumplen con las disposiciones de la Norma 8.1-IC de señalización vertical, en cuando a forma y disposición. Toda la señalización vertical se encuentra en buen estado de conservación.

En el tramo de estudio se han localizado señales específicas de alerta de presencia de ciclistas, al tratarse de una zona muy frecuentada por estos usuarios, especialmente en fines de semana y festivos. La siguiente figura se muestran algunos de los elementos de señalización vertical encontrados.



Figura 16. Señalización vertical. Fuente: Elaboración propia

2.5.2. Elementos de señalización horizontal

En cuanto a la señalización horizontal, únicamente se encuentran las marcas viales de los bordes de la calzada en la totalidad del tramo, y el eje central en el segundo subtramo. Estas marcas cumplen con lo dispuesto en la Norma 8.2-IC de marcas viales, en forma y disposición.

En el tramo de estudio no hay definidas zonas que permitan las maniobras de adelantamiento. La marca vial discontinua en el centro de la calzada del segundo subtramo, únicamente indica el eje de la misma.

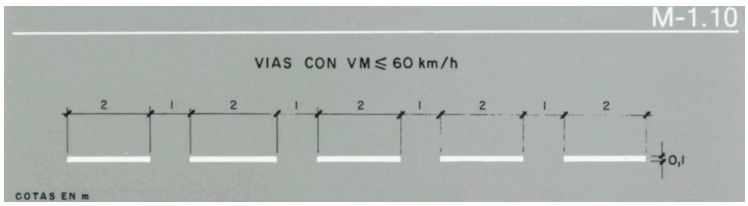


Figura 17. Marca vial eje calzada. Fuente: Norma 8.2-IC

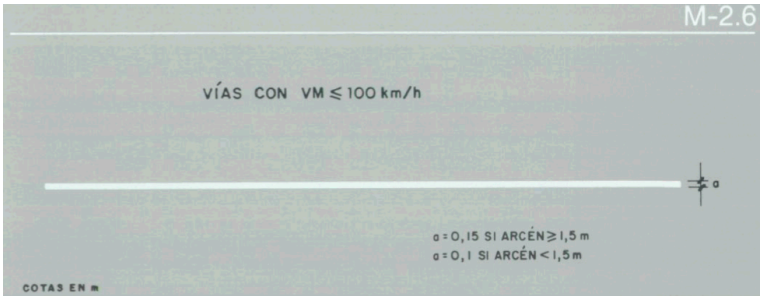


Figura 18. Marca vial borde calzada. Fuente: Norma 8.2-IC

2.6. Accesos

El tramo de la CV-25 objeto de estudio es una carretera particularmente de montaña y con carácter secundario por lo que a lo largo de su recorrido es frecuente encontrar gran cantidad de accesos hacia caminos, pistas forestales y fincas privadas.

La mayoría de estos accesos son de uso ocasional por parte usuarios con propiedades en las inmediaciones de la carretera. No obstante, la gran densidad de estos (96 a lo largo del tramo de estudio) puede ocasionar situaciones conflictivas entre los usuarios de la CV-25 y los de los accesos por la posible falta de visibilidad en los mismos para incorporarse a la vía.

Se identifican un total de 96 accesos a la vía, tal como se observa en la siguiente Figura 19:

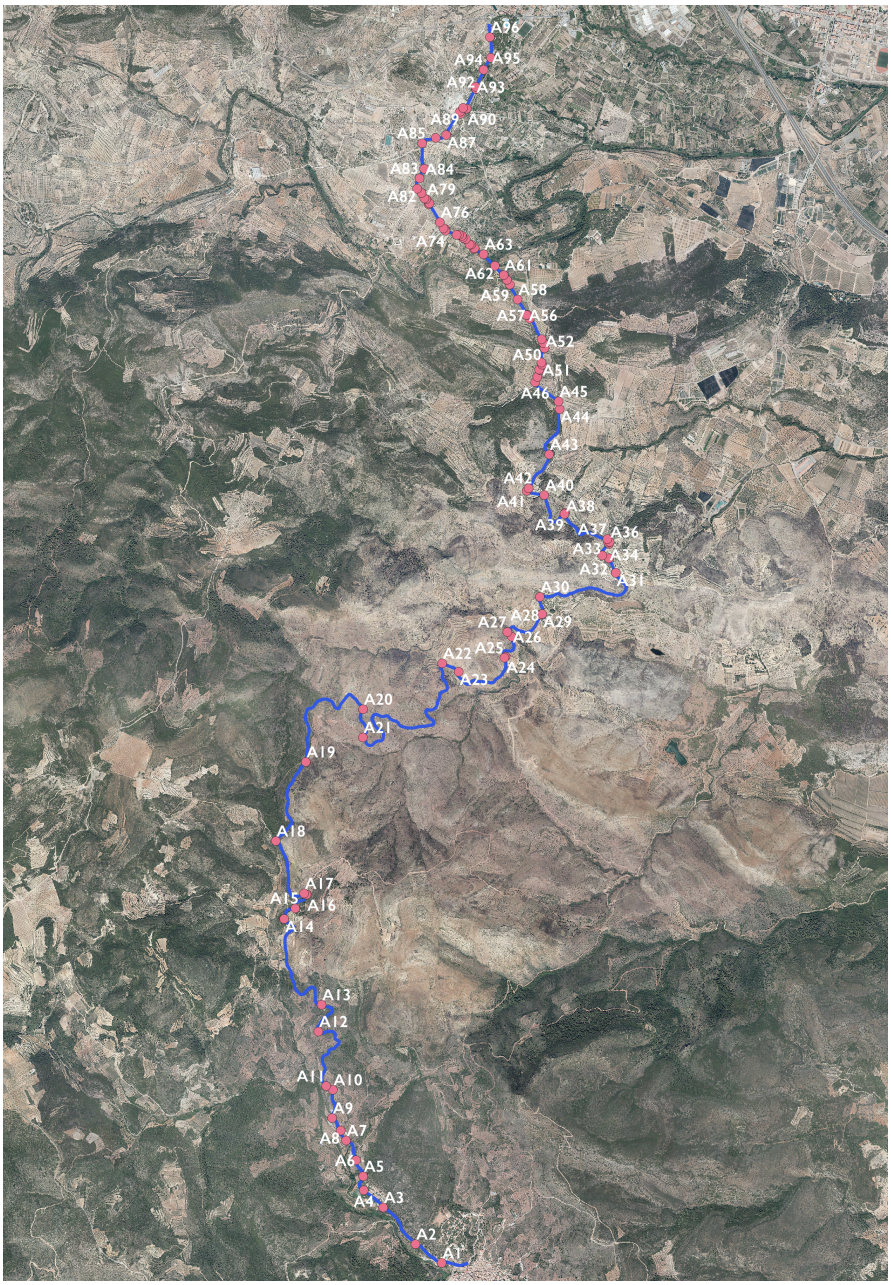


Figura 19. Ubicación accesos. Fuente: Elaboración propia

2.7. Elementos singulares

En el tramo de estudio no existe una gran cantidad de elementos singulares que requieran especial atención. Los tres elementos identificados son:

- Paso superior: A la altura del PK 1+275, a la salida del municipio de Gátova, se localiza un paso superior. Su trazado se ubica dentro de una curva. Su presencia no supone una reducción de la sección transversal.



Figura 20. Paso superior 1. Derecha: sección transversal, Izquierda: trazado en planta. Fuente: Elaboración propia

- Puente sobre el barranco del cuervo: En el PK 8+250 se localiza un puente que salva el barranco del cuervo, elaborado de mampostería y hormigón. Tiene un trazado en planta totalmente recto, localizado entre 2 curvas de casi 90º y tiene una longitud de 34,7m. La sección transversal es de 4,00 m, lo que supone una reducción puntual de la calzada.

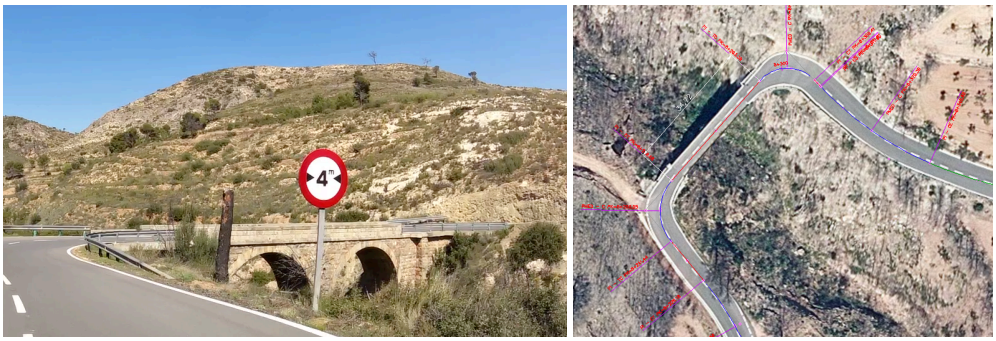


Figura 21. Puente. Derecha: sección transversal, Izquierda: trazado en planta. Fuente: Elaboración propia

- Paso superior sobre rambla de la Torrecilla: Por último, del PK 12+435 al 12+462 se identifica un paso superior. Su sección trasversal no supone una reducción de la calzada y su trazado en planta es completamente recto.



Figura 22. Paso superior 2. Derecha: sección transversal, Izquierda: trazado en planta. Fuente: Elaboración propia

2.8. Seguridad vial

El apartado que a continuación se desarrolla el análisis de la seguridad vial del tramo de estudio con el fin de detectar las deficiencias existentes en el trazado actual para ofrecer, posteriormente, posibles soluciones a las mismas.

Este análisis se centra en la evaluación de la accidentalidad registrada en la CV-25 a partir de los datos publicados por el organismo competente, así como un estudio en profundidad de la visibilidad existentes. También se analiza la velocidad de los distintos usuarios potenciales, vehículos motorizados y ciclistas, dado que existen situaciones en las que ambos interactúan.

2.8.1. Accidentalidad

A continuación, en la Tabla 13 se presentan los datos más actuales de accidentabilidad publicados por la Generalitat Valenciana:

PK	FECHA	HORA	MUERTOS	HERIDOS GRAVES	HERIDOS LEVES	TIPO DE ACCIDENTE
20,5	17-may-17	11:30	0	0	0	Colisión vehículo en marcha
21,7	16-dic-17	11:15	0	0	0	Colisión vehículo en marcha
21,1	13-jun-16	16:30	0	0	0	Otro tipo de accidente
21,2	25-ene-16	14:30	0	0	1	Salida de la vía sin colisión
25,1	22-may-16	12:20	1	1	0	Colisión vehículo en marcha
26,1	22-may-16	11:00	0	0	1	Otro tipo de accidente
25.4	17-jul-15	9:20	0	0	1	Salida de la vía sin colisión
22,4	18-nov-14	13:20	0	0	0	Carretera
28,5	16-dic-14	23:00	0	0	0	Carretera
23,5	24-ago-13	10:00	0	0	1	Carretera
25,0	26-oct-13	11:00	0	1	0	Carretera
27,5	26-oct-13	23:30	0	0	0	Carretera
28,7	29-jun-13	7:30	0	0	1	Carretera

Tabla 13. Datos accidentalidad. Fuente: Análisis accidentalidad Generalitat Valenciana

En total se registran 13 accidentes, 1 de ellos con victimas mortales, 2 con heridos graves, y 5 con heridos leves. En los restantes accidentes no se han registrado víctimas.

La Figura 23 presenta la ubicación de los distintos accidentes sobre el eje de la carretera, donde se observa una concentración de accidentes en la zona inicial del tramo donde el trazado presenta unas curvas de radio más reducido.



Figura 23. Localización accidentes. Fuentes: Elaboración propia, datos Generalitat Valenciana

2.8.2. Análisis de visibilidad

La Norma 3.1-IC de trazado vigente establece una visibilidad mínima desde cualquier punto para la ejecución de maniobras de forma cómoda y segura. En la Norma se establecen 4 tipos de visibilidad: de parada, de adelantamiento, de decisión y de cruce. Para el estudio realizado únicamente se considera la visibilidad de parada y su distancia asociada

2.8.2.1 Distancia de parada

Se define la distancia de parada como *la distancia total recorrida por un vehículo obligado a detenerse por un obstáculo inesperado en su trayectoria, medida desde su posición en el momento de aparecer el objeto que motiva la detención, incluyendo la distancia recorrida en los tiempos de percepción, reacción y frenado.* Dicha visibilidad se calcula con la siguiente expresión:

$$D_p = \frac{V \cdot tp}{3{,}6} + \frac{V^2}{254 \cdot (f_l + i)}$$

Donde:

- D_p es la distancia de parada en metros
- V es la velocidad al inicio de la maniobra de frenado
- f_l es el coeficiente de rozamiento longitudinal movilizado rueda-pavimento
- i es la inclinación de la rasante en tanto por uno
- tp es el tiempo de percepción y reacción en segundos *(2 segundos)*

A efectos de diseño de una carretera se considera como distancia de parada, la obtenida a partir del valor de la velocidad de proyecto del tramo considerado.

Se ha calculado la distancia de parada a lo largo de la carretera por tramos en función de la pendiente longitudinal asociada en cada punto kilométrico. Se obtiene de esta forma una visibilidad de parada para todo el recorrido comprendida entre 34,1 y 36,8 metros.

2.8.2.2 Visibilidad de parada

Por otro lado, la visibilidad de parada se define como *la distancia que existe entre un vehículo y un obstáculo situado en su trayectoria, en el momento en que el conductor puede divisarlo sin que luego desaparezca de su campo visual.* Esta distancia se mide a lo largo del carril.

La visibilidad de parada se ha obtenido haciendo uso del programa Civil 3D, mediante el cual se consiguen los resultados de la visibilidad en cada punto de la carretera. Para el análisis de la misma se han extraído los resultados cada 5 metros del trazado.

EL informe de visibilidad se extrae a partir de la fijación de una serie de parámetros que viene determinados por la Norma:

- Altura del obstáculo 0,50 metros

- Altura del punto de vista del conductor: 1,1 metros
- Separación del borde izquierdo de la calzada 1,50 metros.

Con los informes de visibilidad extraídos del Civil 3D, se generan los perfiles de visibilidad de parada de la carretera. La Figura 24 y Figura 25 muestra los perfiles de visibilidad para el sentido de ida y de vuelta junto con la distancia de parada en cada punto del trazado.

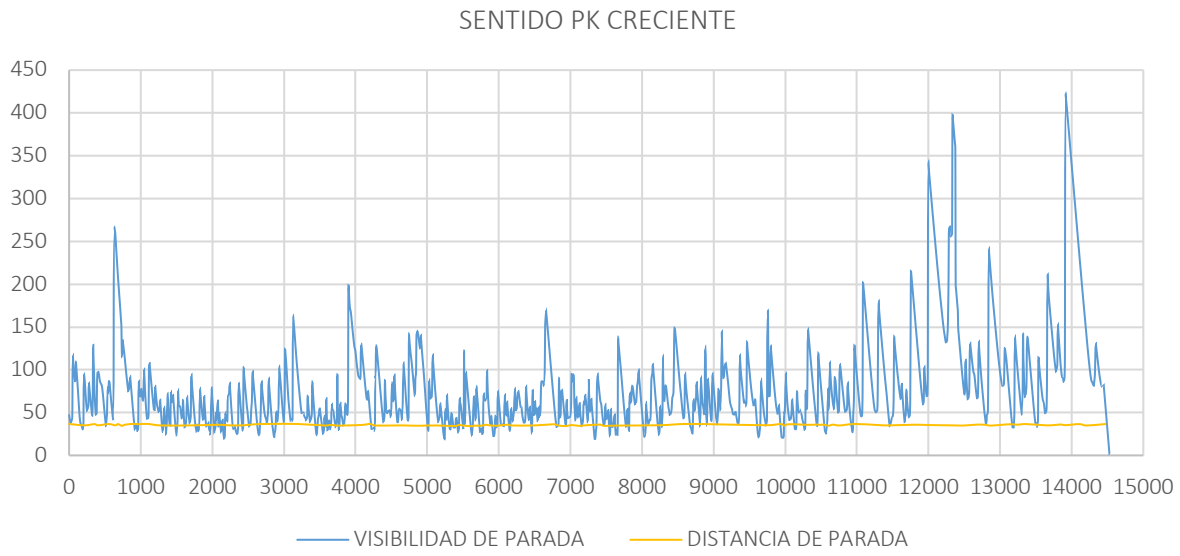


Figura 24. Perfil visibilidad de parada, sentido P.K. creciente. Fuente: Elaboración propia

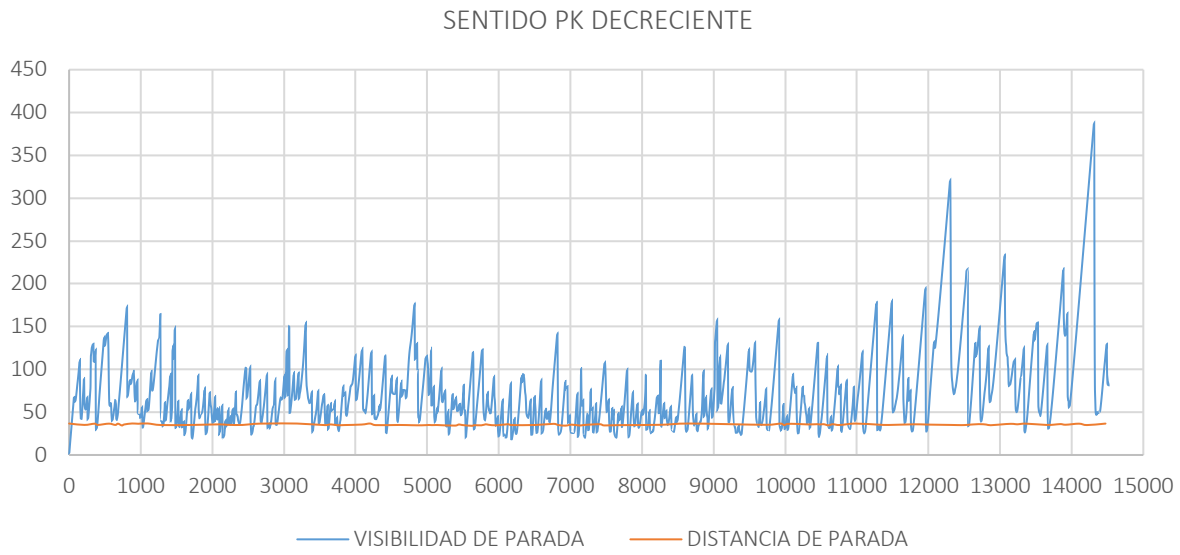


Figura 25. Perfil visibilidad de parada, sentido P.K. decreciente. Fuente: Elaboración propia

Como se puede observar en los gráficos tanto para el sentido de P.K. creciente como para el P.K. decreiente existen gran cantidad de elementos del trazado en los que no se percibe la visibilidad necesaria para garantizar unas condiciones de seguridad, lo cual genera un problema de seguridad vial y, consecuentemente, un aumento de riego de accidente.

A lo largo del trazado se han identificado 74 puntos en los que la visibilidad de parada es inferior a la distancia de patada. Generalmente coinciden todos ellos con elementos curvos con giro a la derecha por la presencia talud, se analiza con mayor profundidad en el *APARTADO 3. Análisis de la problemática.*

2.8.3. Estudio de velocidad de operación

El tramo de estudio es muy frecuentado por ciclistas que comparten la plataforma con los vehículos motorizados. En el presente apartado se realizar un estudio de la velocidad de operación de los usuarios potenciales: vehículos ligeros y ciclistas.

2.8.3.1 Generación de perfil de velocidad de operación vehículos ligeros

Los perfiles de velocidad de operación presentados al final de este apartado constituyen un modelo continuo generado en base a la unión de diferentes modelos discretos para cada tipo de alineación que presenta el trazado (rectas, curvas circulares y clotoides).

En la siguiente Tabla 14 se presentan los modelos de velocidad de operación utilizados para la obtención del perfil de velocidad del tramo de estudio:

	Modelo	Expresión
Curvas	Pérez et. al. (2010)	$\begin{cases} v_{85} = 97{,}4254 - \dfrac{3310{,}94}{R}; 400\ m < R \leq 950\ m \\ v_{85} = 102{,}048 - \dfrac{3990{,}26}{R}; 70\ m < R \leq 400\ m \end{cases}$
Rectas	Pérez et. al. (2010)	$v_{85} = v_{85C} + 1 - e^{\lambda \cdot L} \cdot 110 - v_{85C}$ $\lambda = 0{,}00135 + R - 100 \cdot 7{,}00625 \cdot 10^{-6}$
Tasa aceleración	Camacho et. al. (2011)	$a_{85} = 0{,}41706 + \dfrac{65{,}93588}{R}$
Tasa deceleración	Pérez et. al. (2010)	$d_{85} = 0{,}313 + \dfrac{114{,}436}{R}$

Tabla 14. Modelos velocidad de operación vehículos ligeros. Fuente: Pérez et. al. (2010) y Camacho et. al. (2011)

Con los modelos de velocidad presentados, se han obtenido los siguientes perfiles de velocidad mostrados en la Figura 26.

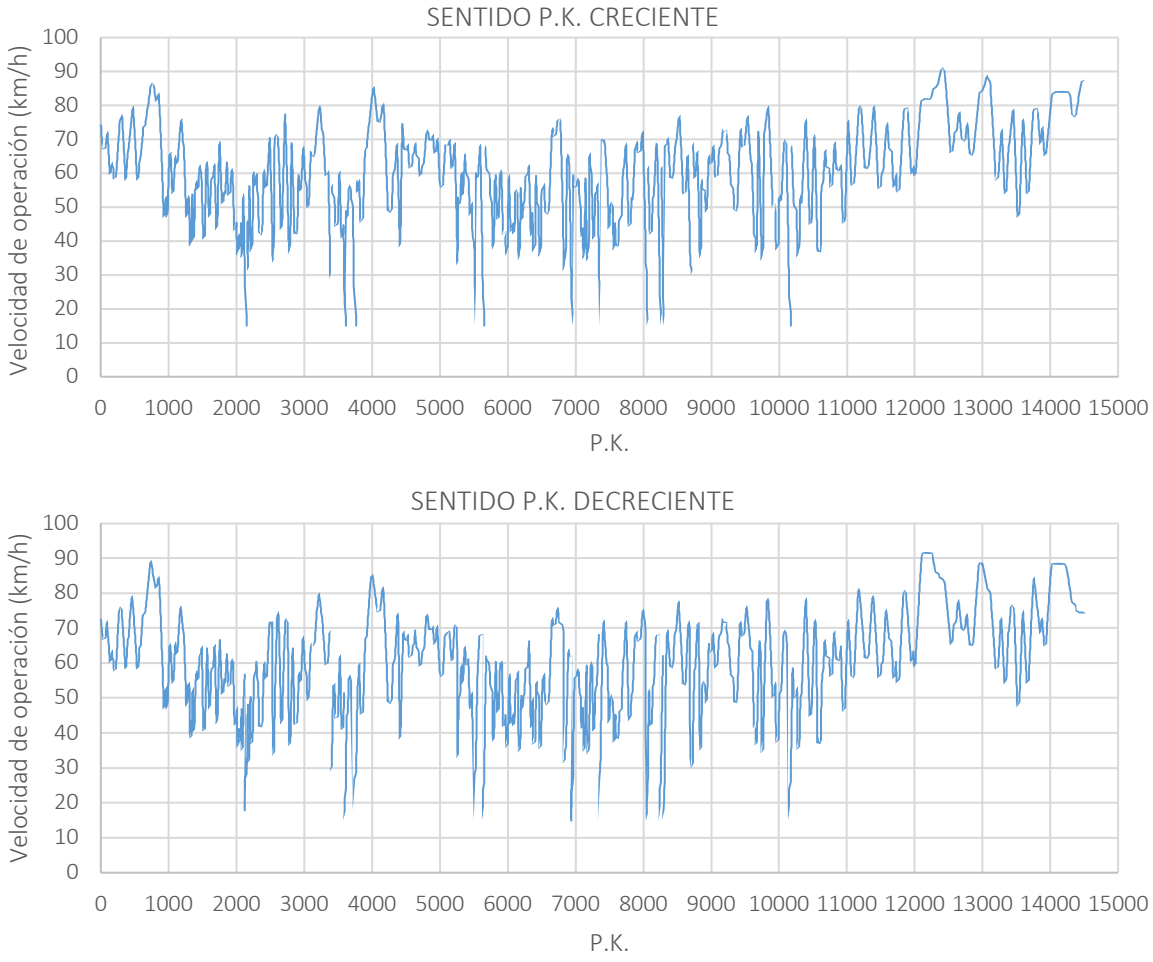


Figura 26. Perfiles de velocidad. Fuente: Elaboración propia

Se observa en los gráficos cambios e la velocidad de operación muy bruscos debidos a las características del trazado, cuestión que se debe analizan atendiendo a la consistencia local del mismo.

CONSISTENCIA LOCAL

Para el análisis de la consistencia local se recurre al Criterio II de Lamm et. al. (1999) en el cual se realiza una comparativa entre la velocidad de operación entre elementos geométricos consecutivos, con el fin de detectar posibles variaciones bruscas. Este método determina 3 niveles de consistencia:

- Buena, cuando la diferencia de velocidades entre elementos consecutivos es inferior o igual a 10km/h.
- Aceptable, cuando la diferencia está entre 10 y 20 km/h. En este nivel se recomienda un rediseño local del trazado o la disposición de señalización para la advertencia a los conductores de un cambio significativo en la velocidad.
- Mala, cuanto la diferencia de velocidades es superior a 20 km/h. En este caso se recomienda un rediseño local del trazado.

A la vista de los perfiles de velocidad, se identifican en el trazado unos 2.230 metros con mala consistencia donde los cambios de velocidad entre elementos consecutivos son muy bruscos.

2.8.3.2 Perfil de velocidad de operación ciclistas

De forma análoga al caso anterior, se obtiene el perfil de velocidad de operación del tramo de estudio para ciclistas a partir del modelo desarrollado en el *Trabajo Final de Máster Caracterización y modelización de la velocidad de operación ciclista en carreteras convencionales (Garcia. I, 2020).* La expresión para la estimación de la velocidad de operación es la siguiente:

$$V_{50}(I) = \begin{cases} \dfrac{-0{,}4248}{1 - 1{,}0122 \cdot e^{0{,}0028I}}, & I < 1\% \\ \dfrac{41{,}5772}{1 + 0.2624 \cdot e^{0{,}5824I}}, & I \geq 1\% \end{cases} \qquad \sigma(I) = \begin{cases} 0{,}9277 - 0{,}0161I + 0{,}0412I^2, & I < 1\% \\ 0{,}9277 - 0{,}0161I + 0{,}0079I^2, & I \geq 1\% \end{cases}$$

Con el modelo expuesto se ha obtenido el siguiente perfil de velocidades (Figura 27):

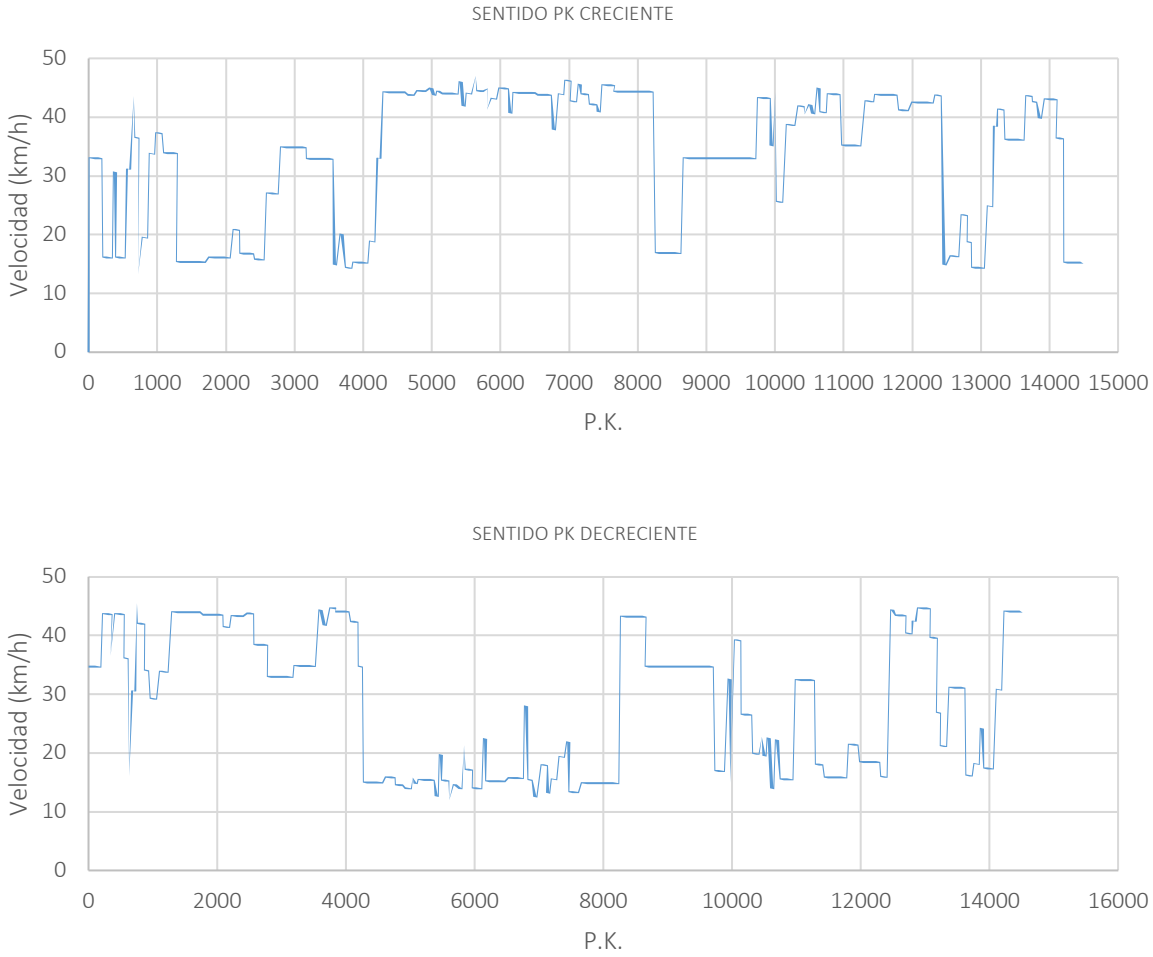


Figura 27. Velocidad de operación ciclista. Fuente: Elaboración propia

3. ANÁLISIS DE LA PROBLEMÁTICA

Tras las observaciones realizadas en el *APARTADO 2 Estado actual* se comprueba que la mayoría de los elementos que componen el trazado del tramo de estudio no cumplen con las disposiciones de la Norma 3.1-IC. Se presentan radio de curvas circulares muy reducidos, inferior al radio mínimo para carreteras C-40, las rectas no tienen la longitud suficiente… Todo ello es debido al emplazamiento de la carretera puesto que se trata de una carretera de montaña y su trazado se diseñó tratando de ser integrado en la sinuosidad del entorno.

En el presente apartado se desarrolla el análisis de los problemas más comunes y relevantes detectados tras el estudio del trazado y la zona de actuación. Tal como se ha mencionado, el firme de la carretera en general se encuentra en buen estado, la señalización es adecuada y se percibe en perfectas condiciones, por tanto, para la mejora de la conducción de los usuarios se analiza más en profundidad la visibilidad de parada, siendo un factor de elevada importancia en carreteras convencionales de doble sentido de circulación.

Por otro lado, también se estudiará la interacción y la problemática que ello conlleva entre vehículos motorizados y ciclistas.

3.1. Problemas de visibilidad

Para poder analizar en profundidad la problemática de la visibilidad en la carretera, se ha realizado una visita a la zona de estudio con el fin de recoger información de los puntos críticos del trazado.

En la visita realizada el 13 de marzo de 2021 se grabó el recorrido de la CV-25 entre Gátova y Altura utilizando una cámara GPS modelo VIRB® ELITE (Figura 28), de la marca GARMIN®, la cual permite la grabación en resolución 1080p además de contar con un sensor GPS se alta sensibilidad, con acelerómetro y altímetro barométrico. En consecuencia, permite la elaboración de una grabación en vídeo del recorrido de la carretera y relacionarlo con la velocidad del vehículo que la monta en todo momento, junto con su altitud, aceleraciones laterales y la hora real.



Figura 28. Cámara VIRB® ELITE DE GARMIN®. Fuente: www.garmin.com

La cámara GPS junto con los soportes, baterías y tarjetas de memoria necesarias para su funcionamiento fueron facilitadas por el Grupo de Investigación e Ingeniería de Carreteras (GIIC).

Para un análisis en detalle de la problemática de visibilidad real de la carretera, más allá de las disposiciones del a Norma, se procede a la revisión de los diferentes puntos críticos detectados.

Este primer tramo corresponde de la parte del trazado perteneciente a la provincia de Valencia. En los primeros metros del recorrido se presenta una curva con giro a la derecha en la zona urbana de Gátova, en la cual se presenta problema de visibilidad. La presencia de una edificación en las inmediaciones de la carretea dificulta la posibilidad de corrección de la curva (Figura 29).



Figura 29. Falta de visibilidad entorno urbano. Fuente: Elaboración propia

En general el resto de los problemas de visibilidad vienen dados en curvas de radio reducido por la presencia de talud alguna de las márgenes de la carretera, que dificulta la visión (Figura 30).



Figura 30. Falta de visibilidad por talud. Fuente: Elaboración propia

Por otro lado, también se ha detectado pérdida de visibilidad por la presencia de vegetación en las zonas próximas a la carretera. La altura y la densidad de esta vegetación imposibilita la visión de los próximos metros del trazado, dificultando la conducción.



Figura 31. Falta de visibilidad por vegetación. Fuente: Elaboración propia

Se quiere destacar que en parte del trazado ya se han ejecutado tareas de mejora de la visibilidad puesto que se observan despejes ejecutados en distintos puntos, especialmente en el primer tramo del recorrido, entre el PK 0+000 y el 4+089. Aun existiendo estos despejes, la visibilidad en gran cantidad de curvas no es suficiente.

Los problemas expuestos anteriormente son de forma general los detectados a lo largo del trazado. La siguiente Tabla 15 recoge, de forma más específica, los puntos del trazado en los que se detecta falta de visibilidad de parada, con una breve descripción de la causa de la problemática.

IDA			VUELTA		
P.K.		DESCRIPCIÓN	P.K.		DESCRIPCIÓN
0+512	0+530	Curva derecha talud	13+364	13+339	Curva derecha talud
0+915	0+965	Curva derecha entorno urbano	11+984	11+969	Curva derecha vegetación
01+300	01+365	Curva derecha talud	11+789	11+759	Curva derecha talud
01+485	01+515	Curva derecha talud	11+334	11+284	Curva derecha talud
01+615	01+625	Curva derecha talud	11+124	11+089	Curva derecha talud
01+690	01+695	Curva izquierda vegetación	10+914	10+875	Curva derecha talud
01+765	01+820	Curva derecha talud	10+665	10+600	Curva izquierda vegetación
01+915	01+980	Curva derecha talud	10+495	10+465	Curva derecha talud
02+025	02+045	Curva derecha talud	10+195	10+160	Curva derecha talud
02+090	02+175	Curva izquierda vegetación	10+005	09+980	Curva izquierda vegetación
02+285	02+360	Curva derecha talud	09+955	09+925	Curva derecha talud
02+515	02+530	Curva izquierda vegetación	09+780	09+775	Curva derecha talud
02+630	02+665	Curva derecha talud	09+400	09+270	Curva derecha talud
02+840	02+880	Curva derecha talud	08+640	08+610	Curva izquierda vegetación

IDA			VUELTA		
P.K.		DESCRIPCIÓN	P.K.		DESCRIPCIÓN
03+440	03+560	Curva derecha talud	08+165	08+115	Curva derecha talud
03+605	03+615	Curva derecha talud	08+080	08+060	Curva izquierda vegetación
03+720	03+775	Curva izquierda vegetación	07+965	07+950	Curva derecha talud
04+220	04+270	Curva derecha talud	07+900	07+880	Curva derecha talud
05+005	05+015	Curva derecha talud	07+835	07+800	Curva derecha talud
05+220	05+245	Curva derecha talud	07+655	07+610	Curva derecha talud
05+310	05+330	Curva derecha talud	07+335	07+315	Curva izquierda vegetación
05+610	05+640	Curva derecha talud	07+260	07+185	Curva derecha talud
05+730	05+780	Curva derecha vegetación	07+065	06+995	Curva izquierda vegetación
05+910	05+975	Curva derecha talud	06+875	06+835	Curva derecha talud
06+040	06+075	Curva izquierda talud	06+475	06+450	Curva izquierda vegetación
06+145	06+160	Curva izquierda talud	06+205	06+175	Curva derecha talud
06+805	06+830	Curva izquierda talud	06+120	06+060	Curva derecha talud
07+160	07+175	Curva izquierda talud	06+020	05+990	Curva derecha talud
07+325	07+360	Curva derecha vegetación	05+670	05+655	Curva izquierda talud
07+545	07+660	Curva izquierda talud	02+810	02+805	Curva derecha vegetación
07+775	07+785	Curva izquierda talud	02+580	02+540	Curva derecha vegetación
08+020	08+050	Curva derecha vegetación	02+200	02+145	Curva izquierda talud
08+675	08+710	Curva derecha vegetación	01+930	01+905	Curva derecha vegetación
09+610	09+650	Curva derecha vegetación	01+740	01+710	Curva derecha vegetación
09+935	09+975	Curva derecha vegetación			
10+265	10+275	Curva derecha vegetación			
10+550	10+590	Curva derecha vegetación			
10+925	10+945	Curva derecha talud			
13+175	13+190	Curva derecha vegetación			
13+520	13+525	Curva derecha vegetación			

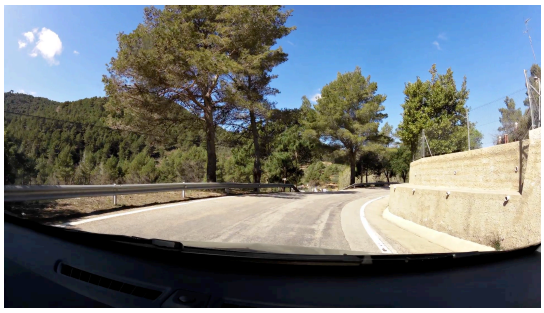
Tabla 15. Enumeración puntos falta visibilidad. Fuente: Elaboración propia

A continuación, se presenta el reportaje fotográfico realizado en el que se pueden observar para cada punto mostrado en la tabla anterior la situación actual y la falta de visibilidad existente, tanto en sentido de P.K. creciente como decreciente.

P.K. 0+512



P.K. 0+915



P.K. 01+300



P.K. 01+485



P.K. 01+615



P.K. 01+690



P.K. 01+765



P.K. 01+915



P.K. 02+025



P.K. 02+090



P.K. 02+285



P.K. 02+515



P.K. 02+630



P.K. 02+840



P.K. 03+440



P.K. 03+605



P.K. 03+720



P.K. 04+220



P.K. 05+005



P.K. 05+220



P.K. 05+310



P.K. 05+610



P.K. 05+730



P.K. 05+910



P.K. 06+040



P.K. 06+165



P.K. 06+805



P.K. 07+160



P.K. 07+325



P.K. 07+545



P.K. 07+775



P.K. 08+020



P.K. 08+675



P.K. 09+610



P.K. 09+935



P.K. 10+265



P.K. 10+550



P.K. 10+925



P.K. 13+175



P.K. 13+520



Figura 32. Reportaje fotográfico problemas visibilidad ida. Fuente: Elaboración propia

13+364



11+984



11+789



11+334



11+124



10+914



10+665



10+495



10+195



10+005



09+955



09+780



09+400



08+640



08+165



08+080



07+965



07+900



07+835



07+655



07+355



07+260



07+065



06+875



06+475



06+205



06+120



06+020



05+670



02+810



02+580



02+200



01+930



01+740



Figura 33. Reportaje fotográfico problemas visibilidad vuelta. Fuente: Elaboración propia

3.2. Interacción entre vehículos a motor y ciclistas

Otro de los problemas detectados en el tramo de estudio es la interacción entre vehículos motorizados y ciclistas.

La zona de estudio es muy frecuentada por ciclistas, encontrándose gran cantidad de estos usuarios durante el recorrido, se muestra un ejemplo en la Figura 34 . Éstos desarrollan unas velocidades muy distintas a las de los vehículos motorizados, en la mayor parte del trazado, especialmente en los tramos de pendiente ascendentes. Es estos tramos las velocidades de los ciclistas de ven más condicionadas por la orografía que en el caso de los vehículos motorizados, presentándose una disparidad de velocidad de operación entre ambos.



Figura 34. Presencia de ciclistas. Fuente: Elaboración propia

Ante la dificultad de adelantamiento a los ciclistas, por la falta de visibilidad en el trazado, los vehículos ligeros se ven obligados a permanecer en cola con los ciclistas hasta alcanzar unas condiciones seguras para efectuar la maniobra de adelantamiento. Estas situaciones ponen en peligro tanto a los vehículos motorizados como a los ciclistas.

Como se ha mencionado la velocidad de lo ciclistas se ve altamente condicionada por la existencia de pendientes ascendentes elevadas, siendo en estas situaciones donde se produce una mayor diferencia de velocidad respecto a los vehículos motorizados. Es por ello, que a continuación se trata de identificar en los tramos de pendiente ascendente pronunciada los puntos que además presenten problemas de visibilidad y que no permitan una maniobra de adelantamiento seguro a los ciclistas.

Según diferentes estudios realizados *(Motor vehicles overtaking cyclists on two-lane rural roads. Analysis on lateral clearance. Llorca et al. 2017)*, aproximadamente a partir de 15 km/h de diferencia de velocidades los conductores inician sus primeros adelantamientos a ciclistas. Es por esto, que se puede admitir cierta demora si se circula tras un ciclista, pero en caso de existir una diferencia superior a 15 km/h entre la velocidad esperada y la velocidad real, el conductor aumenta su intención de adelantar, para lo cual las condiciones de la vía deben ser favorables.

Se escoge el criterio de la diferenciad de velocidades de 15 km/h para identificar las zonas críticas en las que se pueden producir adelantamiento a ciclistas.

A continuación, se estudia de forma separada el tramo de la CV-25 en sentido creciente de P.K. y decreciente para la identificación de los tramos más conflictivos por la coexistencia de ambos usuarios

SENTIDO P.K. CRECIENTE

En el sentido de P.K. creciente se presenta en la mayor parte del trazado pendientes descendentes, exceptuando en la zona inicial, ente el P.K. 1+200 a 4+000 aproximadamente donde la pendiente longitudinal es ascendente y con un valor elevado, entorno a 5,5 y 6%.

En la Figura 35 se presenta las velocidades de operación superpuestas de los vehículos a motor y de los ciclistas además de la elevación que presenta la rasante.

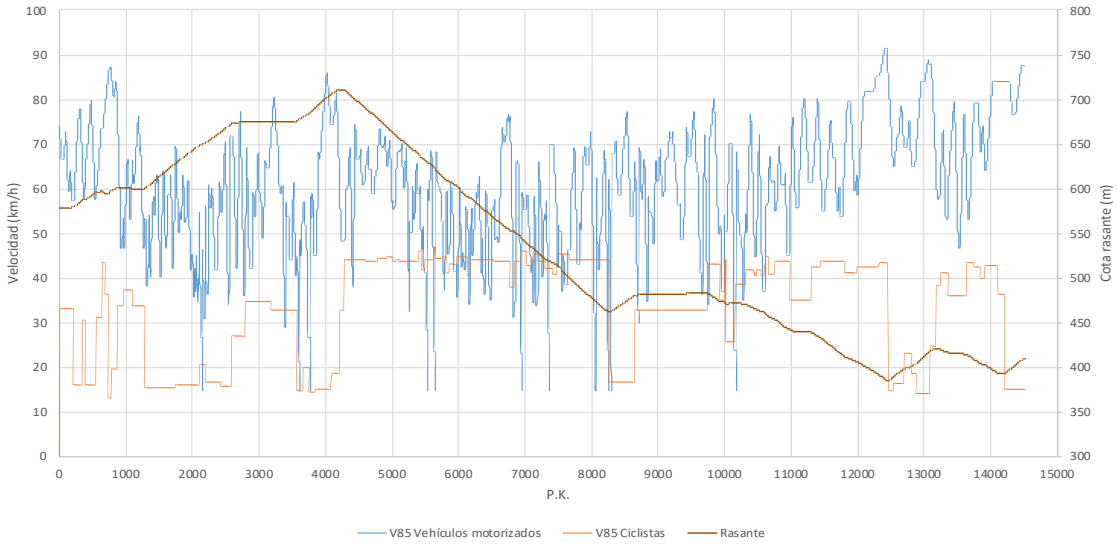


Figura 35. Velocidad de operación vehículos motorizados y ciclistas, sentido ida. Fuente: Elaboración propia

Con el fin de confirmar las zonas problemáticas del trazado se estudia la diferencia de velocidades entre la velocidad de operación ciclista y la velocidad de vehículo ligero registrada durante la visita a la zona de estudio (Figura 36).

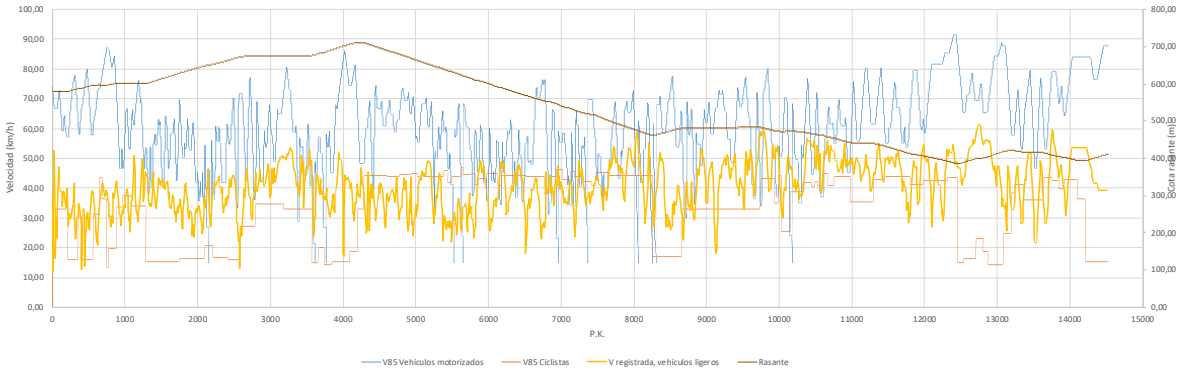


Figura 36. V85 estima vehículos a motor y ciclistas, y velocidad registrada vehículos a motor, sentido ida. Fuente: Elaboración propia

Se observa que los datos de la velocidad registrada en la visita son del orden de entre 20 y 30 km/h inferiores a los estimados con los modelos presentados anteriormente, dado que estos modelos no consideran las pendientes de la carretera ni otros factores externos. Por otro lado, no se tienen suficientes datos para concluir que la velocidad registrada coincida con la velocidad de operación, pero dado que se ha recogido en condiciones de flujo libre se seguirá el análisis con dichos valores puesto que se asemejan más a la realidad.

Los resultados coinciden con la hipótesis planteada anteriormente, presentándose gran diferencia de velocidades en los tramos de pendiente ascendente de longitud extendida, donde la diferencia de velocidades supera el umbral establecido de 15 km/h. En la Figura 37 también se observa una zona llana, incluso con pendiente ligeramente descendente, donde se registran diferencias de velocidades elevadas, se añade esta zona al estudio de interacción vehículos-ciclistas

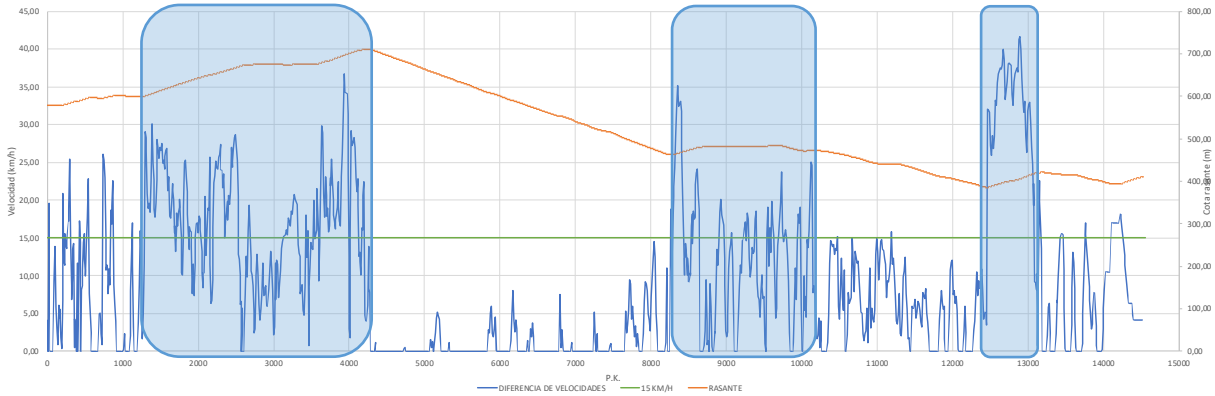


Figura 37. Diferencia de velocidades usuarios, sentido ida. Fuente: Elaboración propia

En la Figura 37 se señalan 3 zonas del trazado que requieren especial atención en cuanto a la interacción vehículos-ciclistas las cuales se procede a analizar detalladamente:

- ANÁLISIS DEL P.K. 1+300 AL 4+210

El tramo que a continuación se analiza corresponde con una pendiente longitudinal ascendente, con un primer segmento caracterizado por una pendiente del 6,21% durante 1.270 metros, seguidamente se desarrolla un segmento llano y finalmente otro segmento de 600 metros con una pendiente media del 6,2%. La diferencia de velocidades presenta mayores valores en los tramos de pendiente longitudinal ascendente.

En este tramo se presentan diversos problemas de visibilidad en el sentido de ida que agravan más la interacción entre vehículos a motor y ciclistas. Además, la sección transversal presenta una sección más reducida, como se ha mencionado anteriormente, con carriles de 2,20 metros de ancho.

La Figura 38 presenta sobre el tramo que se está estudiando los puntos con problemas de visibilidad según el análisis realizado anteriormente. Donde se pueden observar por un lado zonas de escasa longitud donde se produce pérdida de visibilidad por la presencia de taludes y, por otro lado, zonas donde el problema de la visibilidad se extiende en una mayor longitud dado que se trata de curvas consecutivas con taludes que dificultan la visión.

La Figura 38 también presenta los puntos en los que se produce la máxima diferencia de velocidades entre vehículos y ciclistas, se puede observar que la mayoría de estos puntos coincide en elementos rectos o en curvas ligeras. La máxima diferencia de velocidades se desarrolla en algunos casos en zonas de falta de visibilidad, considerándose esta situación crítica.

- ANÁLISIS DEL P.K. 8+330 AL 10+140

Este segmento presenta una pendiente relativamente llana. Los problemas de visibilidad localizados entre el P.K. 8+330 y P.K. 10+140 de deben a la existencia de vegetación, no siendo esto un problema del trazado, por tanto, no se presentar problemas críticos de visibilidad en dicho segmento (Figura 39).

Atendiendo a los picos en los que se produce mayor diferencia de velocidad, estos se localizan en los P.K. 8+359, 8+615, 8+931, 9+280, 9+398, 9+546, 9+599, 9+728, 9+928, 10+124, desarrollándose todos ellos en zonas con visibilidad suficiente.

- ANÁLISIS DEL 12+500 AL 13+120

Este último segmento de 620 metros en el que puede haber interacción entre vehículos y ciclistas, presenta una pendiente longitudinal del 5,5%.

La diferencia de velocidades entre usuarios alcanza sus valores máximos en elementos rectos o en curvos de radio amplio.

En este tramo a priori no se han detectado problemas de visibilidad, por lo que las maniobras de adelantamiento a ciclistas se podrán realizar de forma segura invadiendo parcial o totalmente el sentido contrario. La sección transversal es más amplia con carriles de 3,00 metros y el trazado no presenta curvas pronunciadas.



Figura 38. Eje ente P.K. 1+300 y P.K. 4+210. Fuentes: Elaboración propia

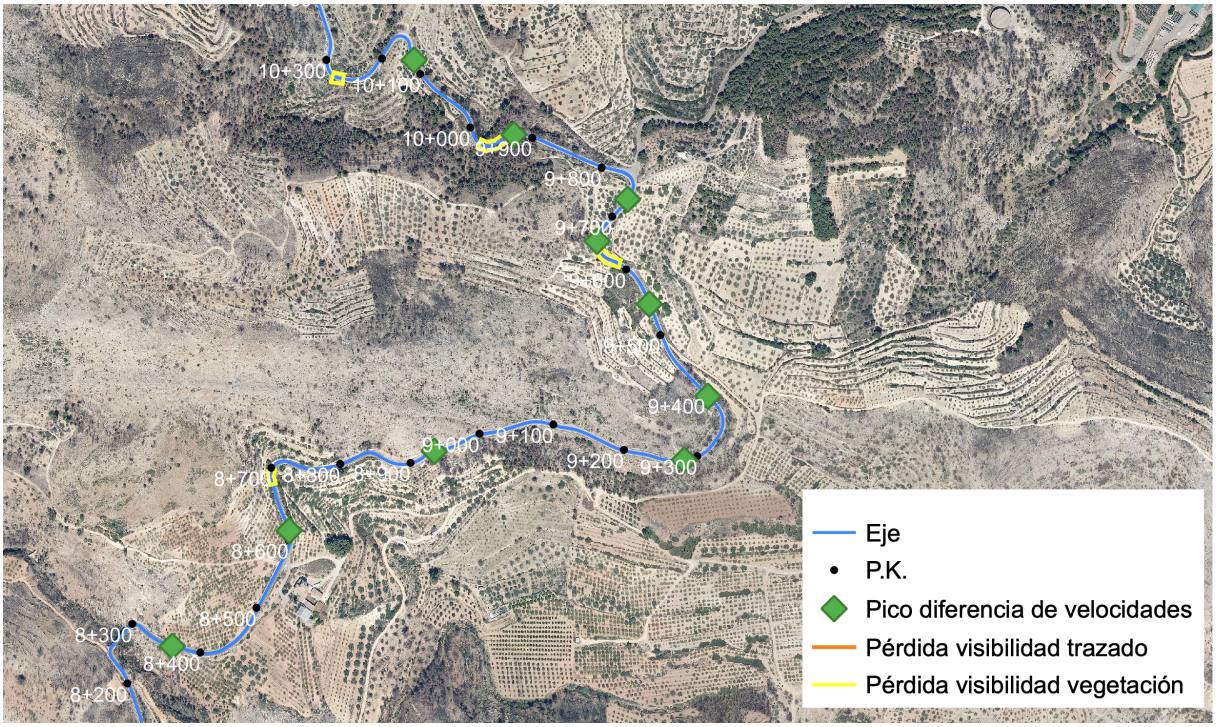


Figura 39. Eje ente P.K. 8+330 y P.K. 10+140. Fuente: Elaboración propia



Figura 40. Eje ente P.K. 12+500 y P.K. 13+120. Fuente: Elaboración propia

SENTIDO P.K. DECRECIENTE

Siguiendo la metodología de análisis análoga a la descrita anteriormente, se presentan las velocidades de operación de vehículos motorizados y ciclistas (Figura 41) y la diferencia entre estas velocidades en la Figura 42 para poder identificar los tramos del trazado críticos en la interacción ambos usuarios.

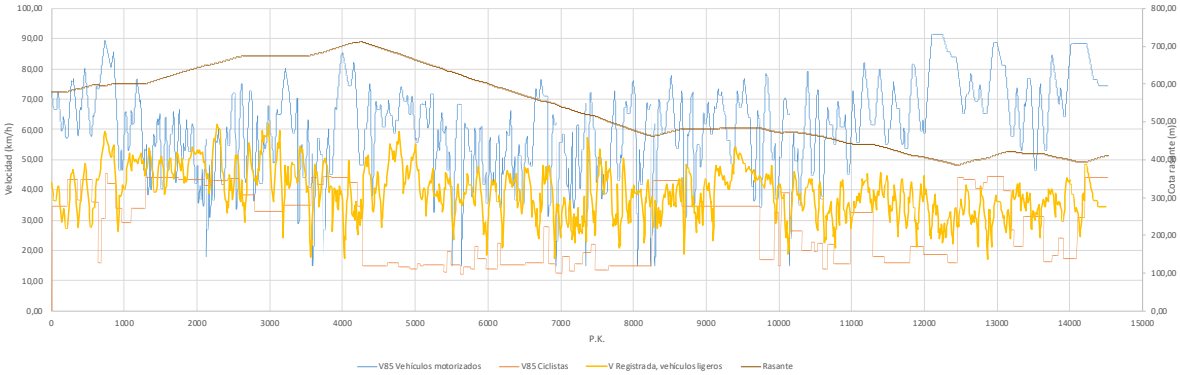


Figura 41. V85 estima vehículos a motor y ciclistas, y velocidad registrada vehículos a motor, sentido vuelta. Fuente: Elaboración propia

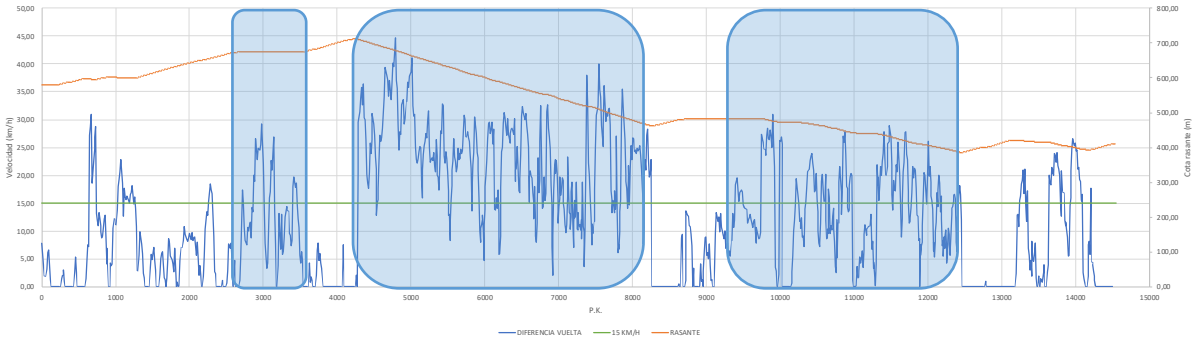


Figura 42. Diferencia de velocidades usuarios, sentido vuelta. Fuente: Elaboración propia

En el sentido de P.K. decreciente, el perfil de velocidad de operación ciclista es simétrico al del sentido de P.K. creciente dado que el modelo de estimación de la velocidad depende únicamente de la pendiente longitudinal. En este sentido de circulación se localizan dos tramos de pendiente ascendente de longitud considerable, registrándose en uno de ellos la pendiente máxima del trazado.

En la Figura 42 se observan 3 zonas críticas en las que se puede producir interacción entre vehículos y ciclistas que se procede a analizar detalladamente a continuación:

- ANÁLISIS DEL 12+415 AL 9+230

El primer segmento en el que se registran diferencias de velocidades significativas tiene una longitud de 3,18 kilómetros y presenta una pendiente media ascendente del 3,69%.

Se registran en esta longitud 9 zonas de pérdida de visibilidad por el diseño del trazado existentes. Algunas de las máximas diferencias de velocidades entre usuarios se desarrollan en las zonas con falta de visibilidad o muy próximas a ellas.

Se presenta en la Figura 44 la localización de los puntos en los que se registra falta de visibilidad, junto con la localización de los puntos donde se desarrolla mayor diferencia de velocidades:



Figura 43. Eje ente P.K. 12+415 y P.K. 9+230, sentido vuelta. Fuentes: Elaboración propia

- ANÁLISIS DEL 8+180 AL 4+290

El segmento que a continuación se estudia presenta la pendiente longitudinal más extensa del tramo de estudio. Se trata de 3,89 km de pendiente longitudinal prácticamente constante del 6,3%. La longitud del tramo, junto con el valor de la elevada pendiente hace que la velocidad de operación ciclista se vea mermada, por lo que se presentan grandes diferencias de velocidad respecto a los vehículos a motor.

En la zona inicial del segmento se localizan la mayoría de los problemas de visibilidad, coincidiendo en algún caso con una elevada diferencia de velocidades entre ciclistas y vehículos, siendo esto especialmente conflictivo. En la zona final del trazado los puntos de máxima diferencia de velocidades se desarrollan en elementos rectos generalmente.

La sección transversal del segmento es ancha y suficiente para realizar el adelantamiento de los ciclistas en condiciones de seguridad siempre y cuando existan buenas condiciones se visibilidad. Se presenta en la Figura 44 la detección de zonas en planta en las que se registra pérdida de visibilidad.

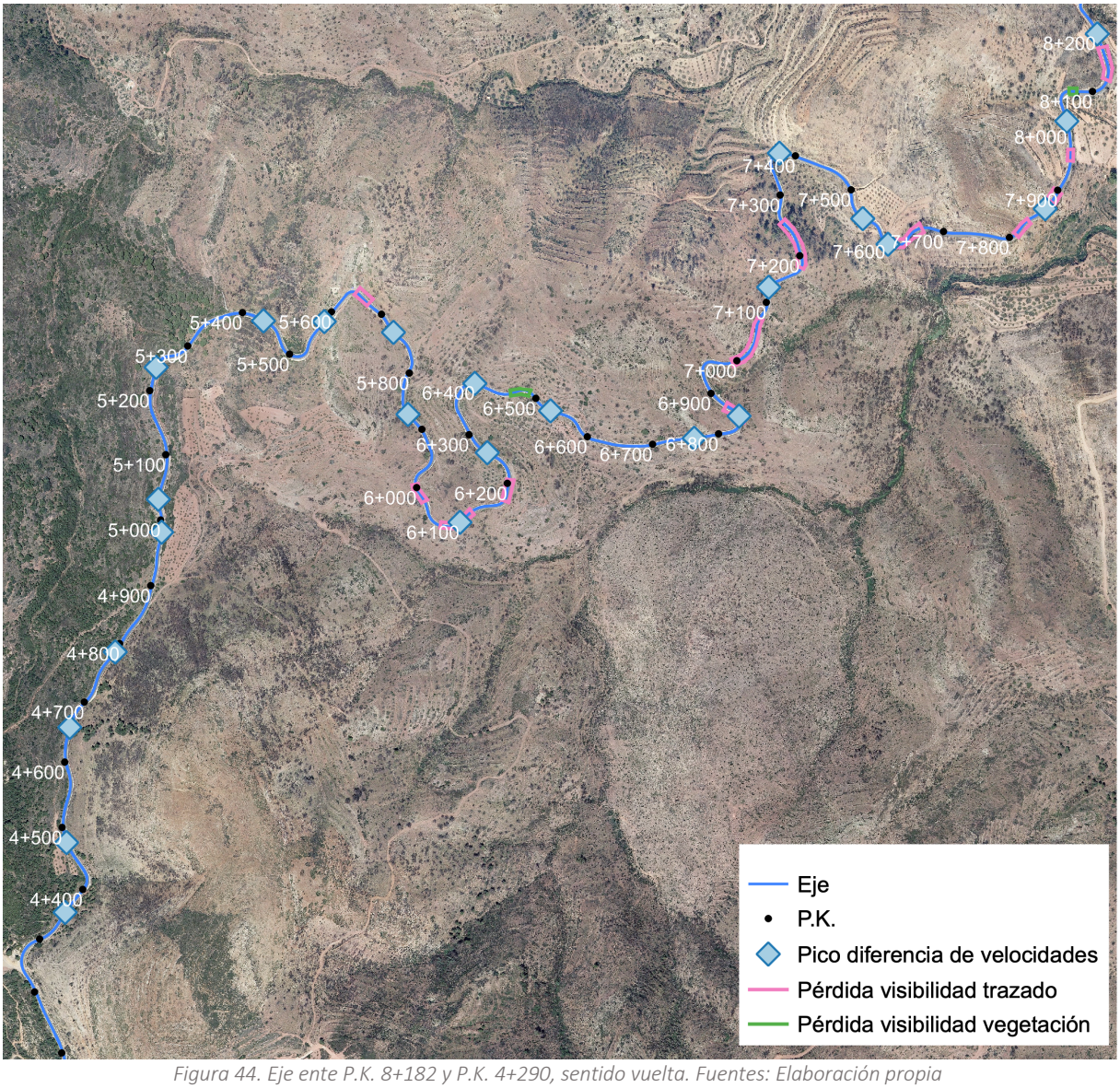


Figura 44. Eje ente P.K. 8+182 y P.K. 4+290, sentido vuelta. Fuentes: Elaboración propia

- ANÁLISIS DEL 3+540 AL 2+590

El último tramo de análisis desarrolla una pendiente llana entre dos pendientes longitudinales descendentes, donde se espera que los ciclistas desarrollen velocidades inferiores dado que no cuentan en el efecto de la inercia de la pendiente longitudinal descendente.

Se trata de un segmento de aproximadamente 1km de longitud, donde la sección transversal cuenta con carriles de 2,20 metros de ancho. En esta longitud no se desarrollan problemas de visibilidad generados por elementos del trazado, siendo este relativamente rectilíneo sin curvas de radios muy reducidos.

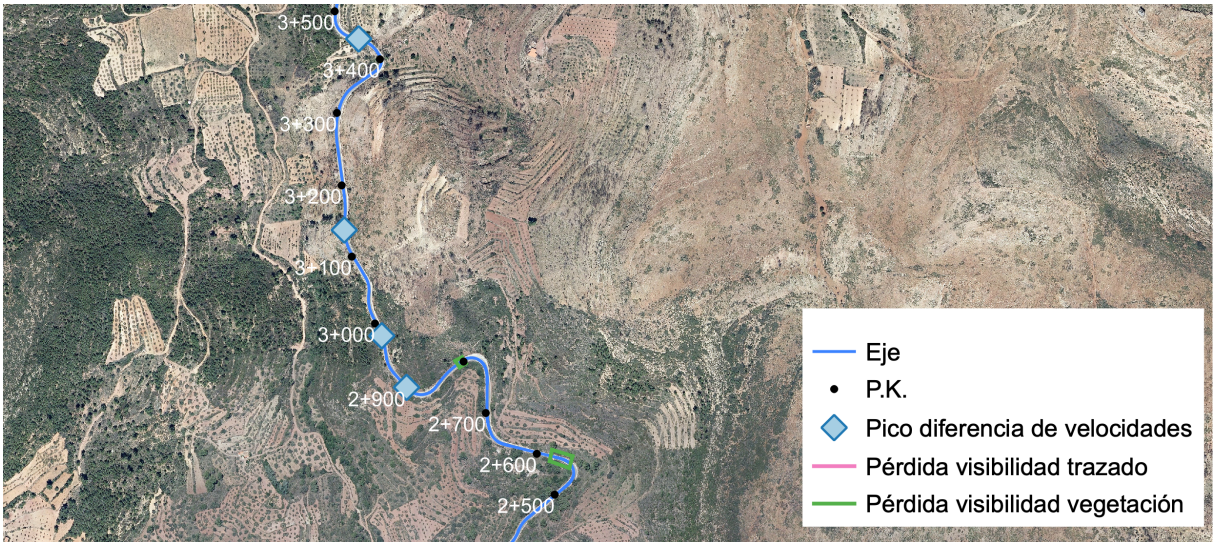


Figura 45. Eje ente P.K. 8+182 y P.K. 4+290, sentido vuelta. Fuentes: Elaboración propia

4. CONDICIONANTES

En los siguientes apartados se detallan los condicionantes que limitarán las actuaciones posibles para la mejora de la seguridad en la CV-25.

4.1. Planeamiento urbanístico

A continuación, se lleva a cabo el análisis del planeamiento urbanístico de la zona en la que se ubica el tramo de la carretera CV-25 objeto de estudio.

El planeamiento urbanístico relaciona en un único objeto la geografía la ingeniería de transportes y la ingeniería civil en materia de ordenación de espacios. Este elemento pretende garantizar la correcta integración de las infraestructuras en el entorno. Para ello requiere un alto conocimiento del medio físico, social y económico obteniéndose a partir de análisis multidisciplinar de los diferentes aspectos que engloban el entorno.

El tramo analizado discurre a través de tres términos municipales: Gátova, Segorbe y Altura. Se trata de una carretera de montaña con alta sinuosidad debido a la orografía existente, dado que se adapta a las ondulaciones producidas por el sistema montañoso. Discurre en la mayoría del trazado por suelo no urbanizable común, también atraviesa suelo no urbanizable. En Gátova un pequeño tramo discurre por suelo urbano y el tramo correspondiente a la entrada del municipio de Altura con suelo urbanizables.

El suelo no urbanizable común corresponde en su mayoría con zona rural común forestal, transcurriendo la mayor parte sobre un mosaico de cultivos.

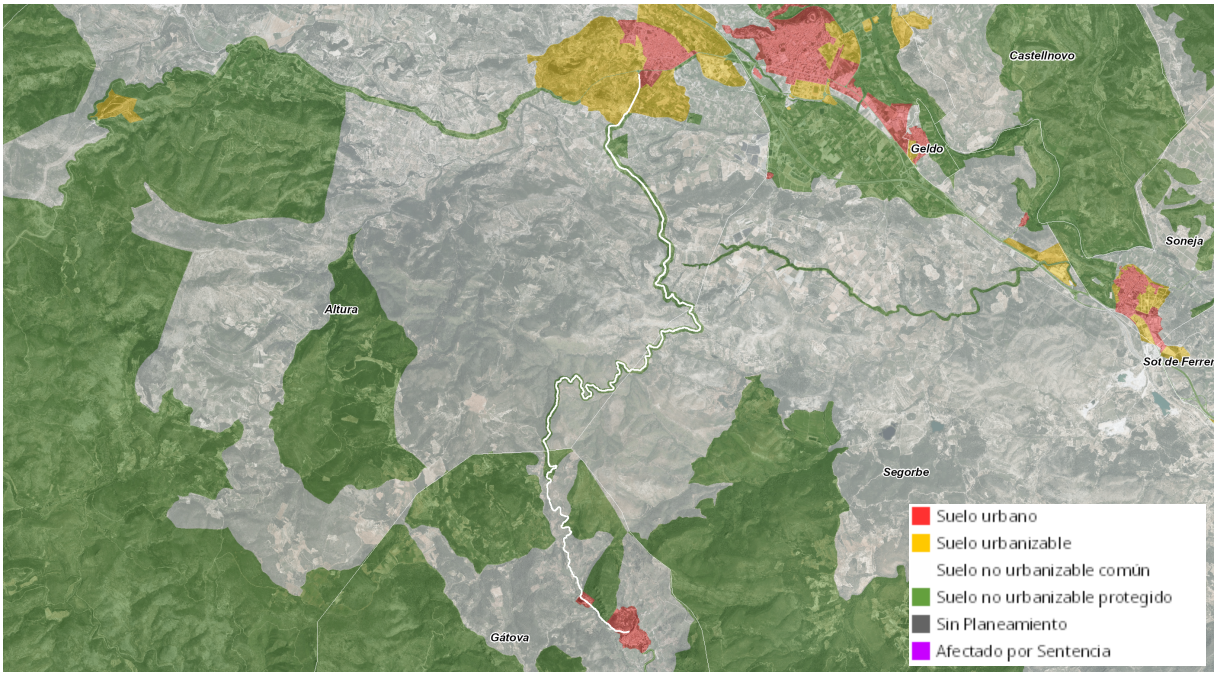


Figura 46. Planeamiento urbanístico. Fuente: Visor Cartográfico de la Generalitat Valenciana

4.2. Geología y geotécnia

El presente apartado tiene como objetivo definir las principales características de los terrenos a través de los cuales discurre la carretera CV-25 entre los PK 20+570 y PK 35+000, con el fin de conocer el comportamiento del terreno ante las posibles modificaciones sobre el mismo.

La base utilizada como punto de partida para la caracterización de los terrenos desde el punto de vista geológico han sido las publicaciones del Instituto Geológico y Minero de España (IGME), así como las del Institut Cartogràfic Valencià (ICV).

El tramo de la CV-25 estudiado, como se ha expuesto anteriormente, discurre a través de los términos municipales de Gátova, Segorbe y Altura. La información necesaria para la caracterización de geológica del tramo queda recorrida en 4 hojas del Mapa Geológico de España a escala 1:50.000 (2ª Serie), tal como se observa en la Figura 47. En concreto, en la Hoja 639 (28-25) "Jérica", Hoja 640 (29-25) "Segorbe", Hoja 667 (28-26) "Villar del Arzobispo" y Hoja 668 (29-26) "Sagunto".

En el trazado afloran materiales de diferentes edades y características litológicas siendo predominantes los sedimentos pertenecientes al triásico.

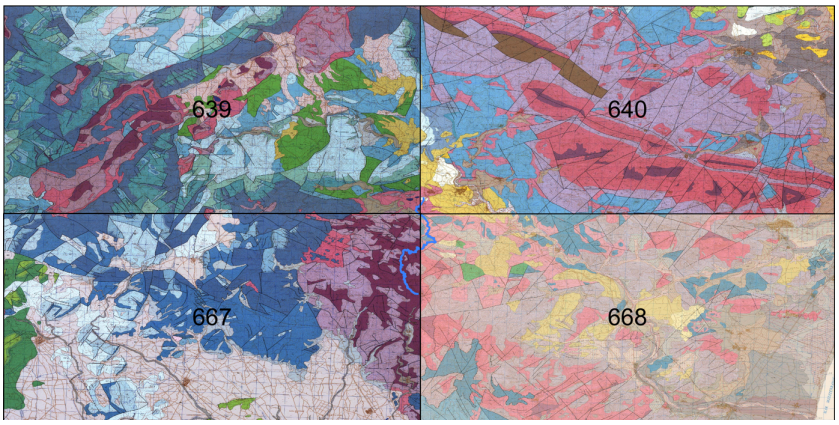


Figura 47. Mapa Geológico de España del emplazamiento del tramo de estudio. Fuente: Instituto Geológico y Minero de España

Haciendo uso de la capa de litomorfología del Visor Cartográfico de la Generalitat Valenciana, se observa que el trazado del tramo de estudio discurre mayoritariamente sobre cobertura arenisca mesozoica y en su tramo final sobre materiales plásticos de Keuper, tal como se muestra en la siguiente Figura 48.

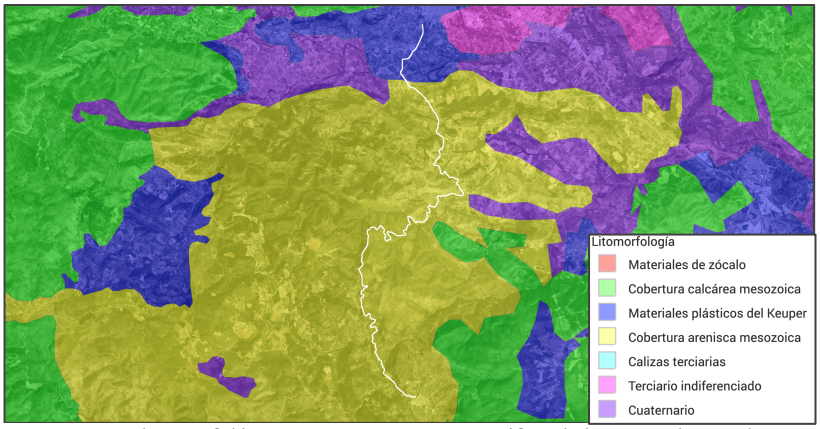


Figura 48. Mapa litomorfológico. Fuente: Visor Cartográfico de la Generalitat Valenciana

En lo referente a la litología, parte de la geología que estudia las rocas, la Figura 49 muestra el mapa litográfico en el que se observa que el tramo de la carretera discurre en la mayoría del trazado por conglomerados y margas, arcillas y yesos. También pasa una pequeña parte del recorrido por coluvión y calizas y dolomías.

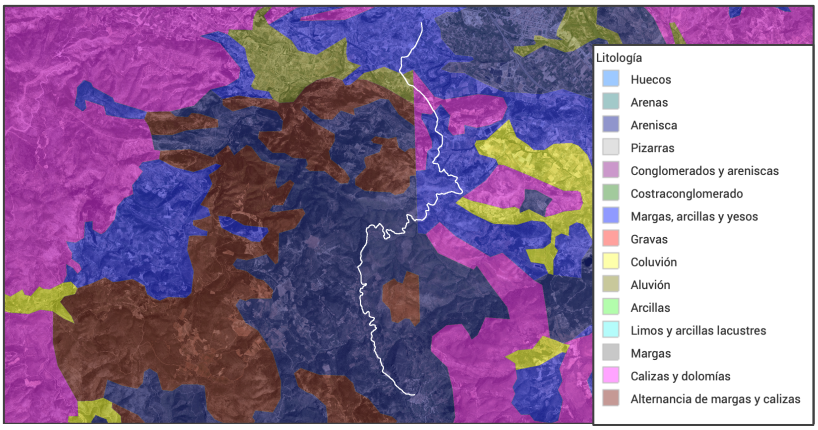


Figura 49. Mapa litología. Fuente: Visor Cartográfico de la Generalitat Valenciana

Para un mayor conocimiento de a geotecnia de la traza de la carretera se recurre a las capas de rocas, suelos y suelos mixtos que ofrece el visor cartográfico (Figura 50).

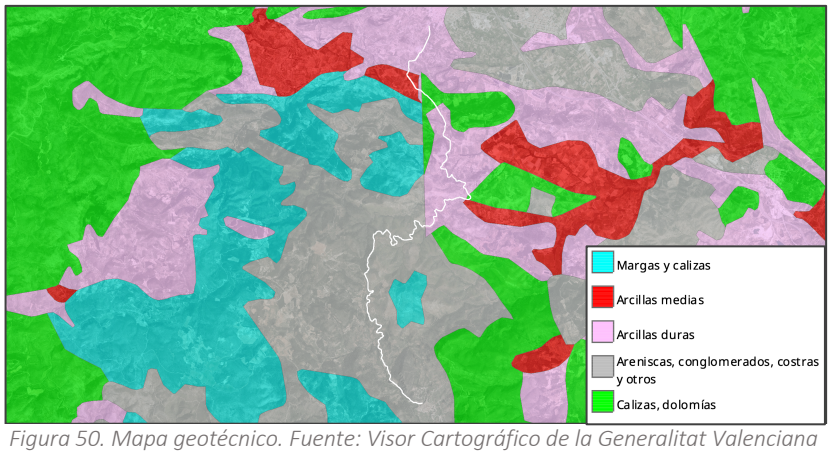


Figura 50. Mapa geotécnico. Fuente: Visor Cartográfico de la Generalitat Valenciana

Se observa en el mapa anterior que el trazado discurre en un primer tramo por un terreno compuesto por areniscas, conglomerados y costras, seguidamente por arcillas duras. A continuación, dos tramos cortos uno de calizas y otros de arcillas y, finalmente, de nuevo por arcillas duras. En la siguiente Figura 51 se resume de forma gráfica los cambios de terreno observados a lo largo del trazado.

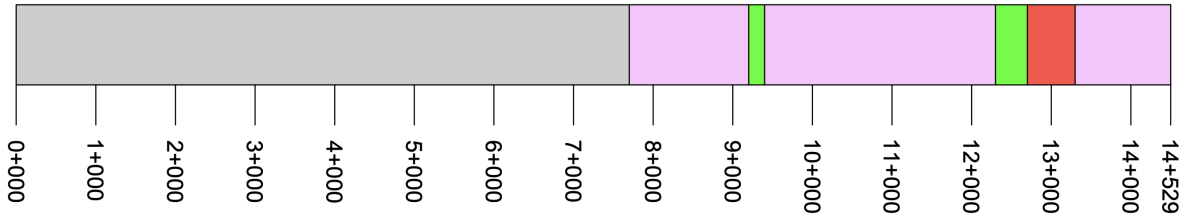


Figura 51. Resumen mapa geológico. Fuente: Elaboración propia

4.2.1. Tectónica y sismicidad

Según la "Norma de Construcción Sismorresistente: Parte General y Edificación", NCSR-02, se clasifican las obras según su destino de la siguiente manera:

- De importancia moderada: Obras con probabilidad despreciable de que su destrucción por el terremoto pueda ocasionar víctimas, interrumpir un servicio primario, o producir daños económicos significativos a terceros.
- De importancia normal: Obras cuya destrucción pueda ocasionar víctimas humanas, interrumpir un servicio para la colectividad o producir importantes pérdidas económicas, sin que en ningún caso se trate de un servicio imprescindible ni pueda dar lugar a efectos catastróficos.
- De importancia especial: Obras cuya destrucción por el terremoto pueda interrumpir un servicio imprescindible después de ocurrido un terremoto o dar lugar a efectos catastróficos.

La aplicación de esta Norma es obligatoria, excepto:

- En las construcciones de importancia moderada.
- En las edificaciones de importancia normal o especial cuando la aceleración sísmica básica a_b sea inferior a 0,04g, siendo g la aceleración de la gravedad.
- En las construcciones de importancia normal con pórticos bien arriostrados entre sí en todas las direcciones cuando la aceleración sísmica básica a_b sea inferior a 0,08g. La Norma se aplicará en los edificios de más de siete plantas si la aceleración sísmica de cálculo a_c es igual o mayor de 0,08g.

Aceleración sísmica básica

La peligrosidad sísmica del territorio nacional se define por medio del mapa de peligrosidad sísmica de la figura 2.1 de la Norma. Dicho mapa suministra, expresada en relación con el valor de la gravedad, g, la aceleración sísmica básica a_b, y el coeficiente de contribución K, que tiene en cuenta la influencia de los distintos tipos de terremotos esperados en la peligrosidad sísmica de cada punto.

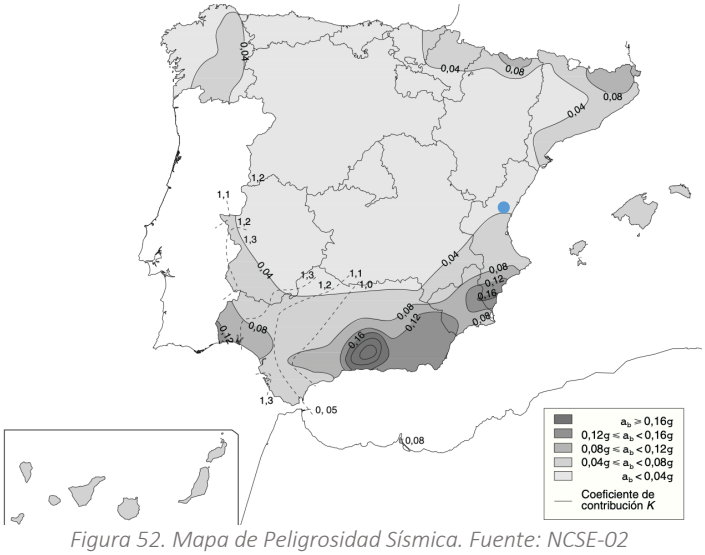


Figura 52. Mapa de Peligrosidad Sísmica. Fuente: NCSE-02

Según la lista del anejo 1 de la norma, el municipio de Olocau, situado 10km al sur de Gátova, presenta los siguientes valores:

a_b/g	k
0,04	1

Tabla 16. Valor de aceleración sísmica básica y coeficiente de contribución en Olocau

Aceleración sísmica de cálculo

La aceleración sísmica de cálculo, a_c, se define como el producto:

$$a_c = S \cdot \rho \cdot a_b$$

Siendo:

- a_b: Aceleración sísmica básica ($a_b = 0{,}04g$)
- ρ: Coeficiente adimensional de riesgo, función de la probabilidad aceptable que s exceda a_c en el período de vida para el que se proyecta la construcción. En este caso, su valor es 1,0 (construcciones de importancia normal).
- S: Coeficiente de amplificación del terreno. En este caso, $\rho \cdot a_b \leq 0{,}1g$, toma el valor

$$S = \frac{C}{1{,}25}$$

Siendo C el coeficiente del terreno en función de las características geotécnicas de este. En este caso para un tipo de terreno III, C tiene un valor de 1,6. De esta forma el coeficiente de ampliación *S* es 1,28

S, por tanto, toma un valor de 1,0 y el valor de la aceleración sísmica de cálculo será:

$$a_c = 1{,}28 \cdot 1 \cdot 0{,}04\,\mathrm{g} = 0{,}0512 \cdot \mathrm{g}\ m/s^2$$

A la vista de los resultados, y según lo establecido en el apartado 1.2.3 de la NCSE-02, dado que la aceleración sísmica básica no excede 0,04·g, no es de obligada aplicación la Norma.

Aun así, en cualquier actuación a realizar en el tramo de estudio de la CV-25 en la que se modifiquen estructuras u otros elementos vulnerables, se han de aplicar las consideraciones recogidas en la Norma de Construcción Sismorresistente NCSE-02 para posibles terrenos potencialmente peligrosos.

4.3. Hidrología

A continuación, se analizan los parámetros de la hidrología que influyen en la mejora de la seguridad vial de la carretera CV-25.

Los datos que se presentan en el presente apartado han sido obtenidos de la Agencia Estatal de Meteorologíoa (AEMET), datos referentes a precipitaciones, y del Visor Cartográficos de la Generalitat Valenciana.

La zona donde se emplaza el tramo de estudio pertenece a una zona montañosa con un clima suave y, generalmente, cálido y templado, con una temperatura media anual de 14,8ºC aproximadamente. Las precipitaciones en la zona son moderadas, con una precipitación anual media aproximada de 518 mm. En la figura se pueden observar las temperaturas y precipitaciones medias de los diferentes meses del año en la zona en la que se emplaza la carretera.

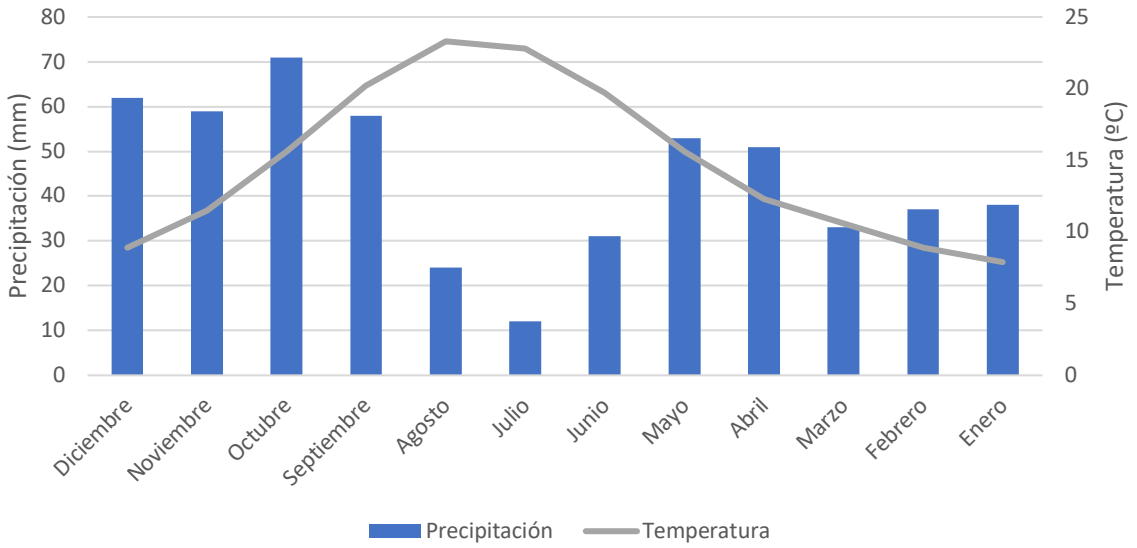


Figura 53. Temperatura y precipitación media mensual. Fuente: Elaboración propia

Las ramblas y cauces que atraviesan el tramo de carretera estudiado son:

- PK 8+250: Barranco Rodana
- PK 12+410: Rambla de la Torrecilla

Atendiendo al Plan de Acción Territorial de carácter sectorial sobre prevención de Riesgos de Inundación de la Comunidad Valenciana (PATRICOVA), en el cual se recoge el riego de inundación existente, se analiza la inundabilidad del tramo de estudio en la Figura 54.

El tramo de estudio únicamente tiene presenta peligrosidad de inundación por la geomorfología de la zona en tramos puntuales. El PATRICOVA añade este séptimo nivel de peligrosidad de inundación en los puntos que presentan diversas unidades morfológicas asociadas a diferentes procesos de inundación (llanuras, abanicos aluviales, glacis, lóbulos de derrame, etc.).

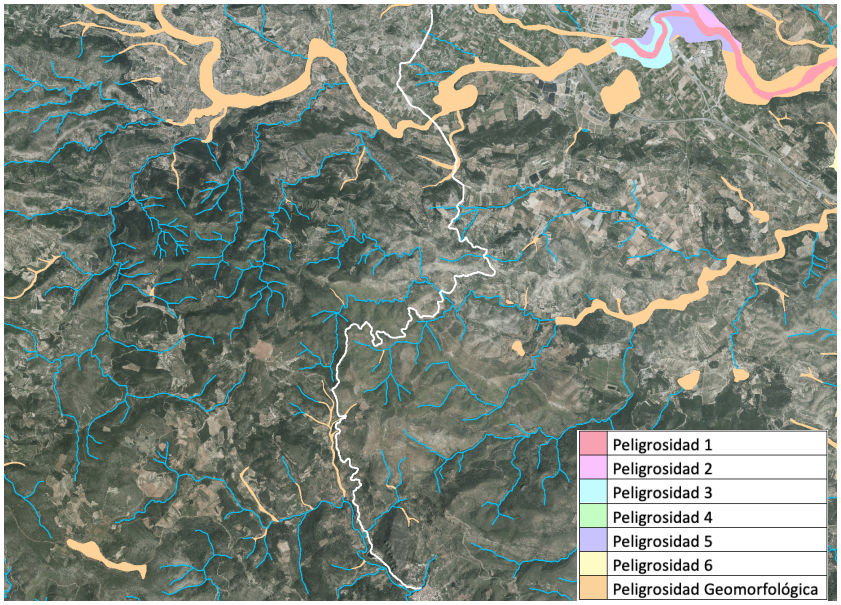


Figura 54. Peligrosidad de inundación. Fuente: Visor Cartográfico de la Generalitat Valenciana

4.4. Red Natura 2000

El tramo de estudio atraviesa la Sierra Calderona, catalogada como Zona de Especial Protección para las Aves (ZEPA) y Lugar de Importancia Comunitaria (LIC), tal como se muestra en la Figura 55.

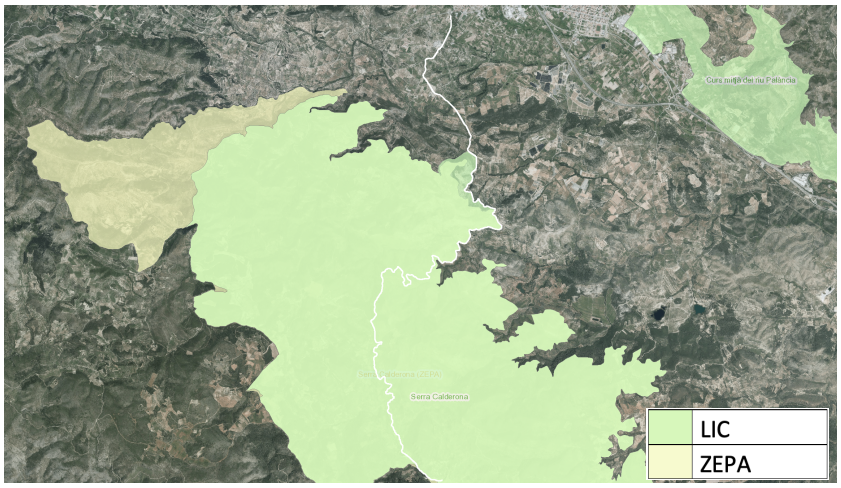


Figura 55. Red Natura 2000. Fuente: Visor Cartográfico de la Generalita Valenciana

Las ZEPA, son designadas en virtud de la Directiva de Aves (79/409/CEE), mientras que las zonas LIC son designadas conforme a la Directiva de Hábitats (92/43/CEE)

Debido a que el tramo de carretera atraviesa zonas protegidas, para la ejecución de posibles actuaciones será necesaria la autorización de la Consellería de Medio Ambiente puesto que "de conformidad con lo establecido en el artículo 45, apartado 4 de la Ley 42/2007, de 13 de diciembre, del Patrimonio Natural y de la Biodiversidad, cualquier plan, programa o proyecto que, sin tener relación directa con la gestión de las ZEPA, los LIC o las ZEC o sin ser necesario para la misma, pueda afectar de forma apreciable a los mencionados espacios, ya sea individualmente o en combinación con otros planes y proyectos, se someterá a una adecuada evaluación de sus repercusiones en tales espacios, teniendo en cuenta los objetivos de conservación de los mismos."

4.5. Plan Rector de Uso y Gestión del Parque Natural de la Sierra Calderona

Siguiendo con lo expuesto en el apartado anterior, dada la ubicación del tramo de la CV-25 estudiado la cual atraviesa el Parque Natural de la Sierra Calderona, las actuaciones a ejecutar se verán condicionadas por las disposiciones del DECRETO 46/2006, de 31 de marzo, del Consell de la Generalitat, por el que se aprueba el Plan Rector de Uso y Gestión del Parque Natural de la Sierra Calderona, puesto que el trazado se encuentra dentro del alcance del citado Plan Rector (Figura 56)

Este Plan Rector de Uso y Gestión (PRUG) constituye el marco dentro del que se ejecutarán las actividades directamente relacionadas con la gestión del Parque Natural de la Sierra Calderona y, en particular, la protección, la conservación, la mejora, el estudio, el disfrute ordenado y el uso sostenible de los valores ambientales y culturales.

En el artículo 70 del citado Plan se exponen el alcance posible de las actuaciones sobre la carretera:

"Artículo 70. Mejora de comunicaciones

1. No se permitirá la ampliación o modificación global del trazado de las plataformas de las carreteras CV-25 y CV-310 incluidas en el ámbito de aplicación del PRUG. Se considera admisible, no obstante, la ampliación puntual de la plataforma, reparación y mejora en aquellos tramos en los que sea necesaria por razones de seguridad vial."

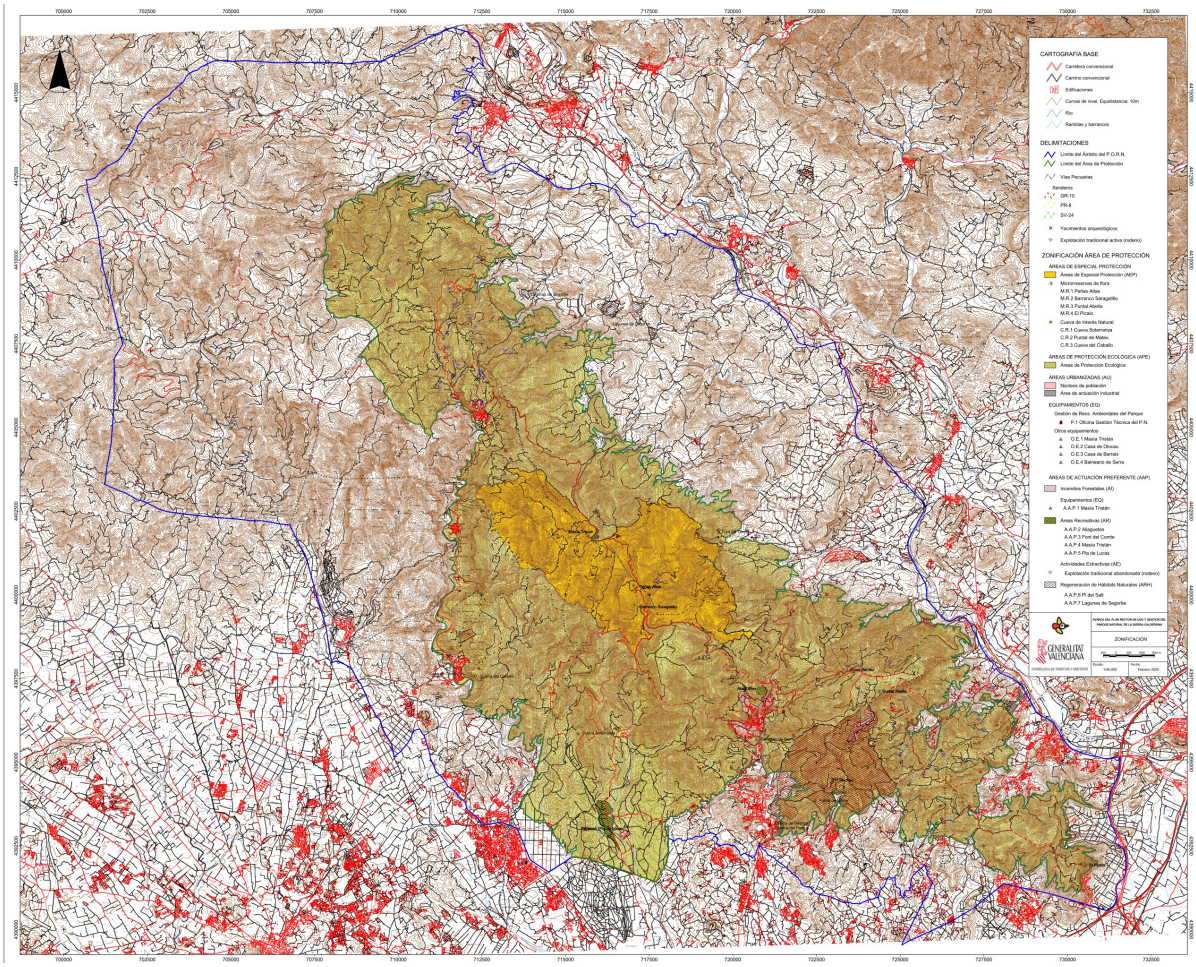


Figura 56. Alcance PRUG de la Sierra Calderona. Fuente: PRUG de la Sierra Calderona

5. PROPUESTAS DE MEJORA

En el presente apartado se exponen las medidas para la mejora de la seguridad vial, tras la visita y el análisis del tramo de estudio, tanto para vehículos a motor como para ciclistas.

Por la sensibilidad del entorno, encontrándose la CV-25 lindante con el Parque Natural de la Sierra Calderona, tal como se ha expuesto en el *APARTADO 4. CONDICIONANTES*, se atiende la disposición del Plan Rector de Uso y Gestión del Parque Natural de la Sierra Calderona el cual establece en su artículo 70 que la modificación o ampliación del trazado no está permitida:

"Artículo 70. Mejora de comunicaciones

1. No se permitirá la ampliación o modificación global del trazado de las plataformas de las carreteras CV-25 y CV-310 incluidas en el ámbito de aplicación del PRUG. Se considera admisible, no obstante, la ampliación puntual de la plataforma, reparación y mejora en aquellos tramos en los que sea necesaria por razones de seguridad vial."

Con estas premisas, queda descartada la adecuación global del trazado puesto al presentar gran cantidad de elementos, especialmente las curvas circulares, en discordancia con la Norma 3.1-IC requería una modificación global. Es por ello que el presente documento propone diferentes actuaciones puntuales, en concordancia a los condicionantes del entorno, buscando en todo momento soluciones de compromiso entre la mejora de la seguridad vial y la reducción de la afección sobre el medio ambiente, entendido como tal evitar excesivos movimientos de tierras.

5.1. Propuestas de mejora visibilidad

Tal como se ha expuesto en apartados anteriores, una de las principales problemáticas que presenta el trazado estudiado es la falta de visibilidad en una gran cantidad de puntos. Del análisis de la problemática existente se deducen 2 tipos causas ante la pérdida de visibilidad:

- La existencia de taludes en curvas de radio reducido.
- La existencia de vegetación en las inmediaciones de la calzada.

En el caso de la existencia de vegetación se propone la retirada de la misma de los bordes de la calzada. Esta solución se reduce en la poda y tala de la vegetación existente, debiéndose realizar esta tarea de forma periódica, pasando a ser una actividad necesaria en la conservación de la CV-25.

Por otro lado, ante la presencia de taludes que dificultan la visibilidad de la trayectoria, se propone como medida de mejora la retirada de los obstáculos laterales, formando una zona despejada en las inmediaciones de la carretera. Esta medida consiste en el retranqueo los taludes existentes de modo que el usuario pueda discurrir por el trazado con una visibilidad suficiente.

La retirada de los taludes se llevará a cabo con despejes laterales de la calzada. Esta medida ha sido implementada en algunas zonas del trazado, comprobándose que en ciertos puntos la visibilidad sigue siendo insuficiente. En este caso se estudiará de forma individualizada el despeje necesario para garantizar la visibilidad.

La Norma 3.1-IC propone una primera estimación la determinación del despeje necesario:

$$F = R - \left(R + \frac{R \cdot (a+b) + 2 \cdot a \cdot b}{2 \cdot R + a + b}\right) \cdot \cos\frac{\alpha}{2}$$

Siendo:

- F = Distancia mínima del obstáculo que impide la visión al borde de la calzada más próximo a él (m).
- R = Radio del borde de la calzada más próxima al obstáculo que impide la visión (m).
- a = Distancia del obstáculo a divisar al borde de la calzada más próximo al obstáculo que impide la visión (m) (se determinará en cada caso de acuerdo con lo indicado en el apartado 3.2).
- b = Distancia del punto de vista del conductor al borde de la calzada más próximo al obstáculo que impide la visión (m) (se determinará en cada caso de acuerdo con lo indicado en el apartado 3.2).
- α = Ángulo correspondiente al arco D'

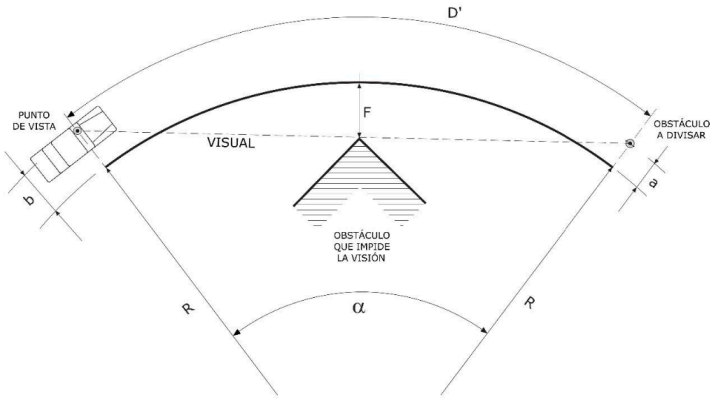


Figura 57. Visibilidad en planta en curvas circulares. Fuente: Norma-3.1IC

Tras el análisis realizado en el apartado *APARTADO 3. Análisis de la problemática*, se identifican las curvas que interfieren en la visibilidad, y por tanto sobre las que se propone realizar un despeje lateral. En la siguiente Tabla 19 se presentan dichas curvas con el despeje lateral obtenido de la formulación propuesta por la Norma 3.1-IC.

CURVA	P.K. inicial (m)	P.K. final (m)	Longitud (m)	Radio (m)	Despeje Norma (m)	Margen
1	536,26	554,77	18,51	50	1,4	Derecha
2	1321,12	1338,58	17,46	21	5,6	Derecha
3	1366,46	1379,94	13,48	23	5,1	Derecha
4	1510,13	1535,38	25,25	23	5,1	Derecha
5	1626,46	1659,78	33,32	52	1,3	Derecha
6	1704,69	1718,47	13,78	25	4,5	Derecha
7	1787,52	1810,65	23,13	35	2,8	Derecha

CURVA	P.K. inicial (m)	P.K. final (m)	Longitud (m)	Radio (m)	Despeje Norma (m)	Margen
8	1824,20	1837,14	12,94	40	2,2	Derecha
9	1968,55	1999,24	30,69	25	4,6	Derecha
10	2046,84	2064,10	17,26	20	6,0	Derecha
11	2170,28	2188,08	17,80	16	7,9	Derecha
12	2306,64	2329,83	23,19	44	1,8	Derecha
13	2334,63	2381,80	47,17	24	4,7	Derecha
14	2657,86	2673,78	15,92	25	4,5	Derecha
15	2855,23	2899,18	43,95	25	4,6	Derecha
16	3457,53	3497,05	39,52	27	4,1	Derecha
17	3546,87	3576,14	29,27	23	5,0	Derecha
18	3627,09	3641,59	14,50	28	3,9	Derecha
19	4238,93	4291,26	52,33	32	3,1	Derecha
20	4473,41	4515,80	42,39	80	0,2	Derecha
21	5258,93	5262,17	3,24	17	7,3	Derecha
22	5277,49	5298,24	20,75	35	2,8	Derecha
23	5331,63	5339,47	7,84	40	2,2	Derecha
24	5632,21	5652,29	20,08	12	10,5	Derecha
25	5931,42	5964,40	32,98	24	4,7	Derecha
26	5979,89	6002,38	22,49	19	6,4	Izquierda
27	6048,52	6070,30	21,78	25	4,5	Izquierda
28	6083,54	6100,03	16,49	25	4,7	Izquierda
29	6160,21	6183,83	23,62	18	6,8	Izquierda
30	6827,13	6837,70	10,57	16	7,9	Izquierda
31	6972,17	7017,42	45,25	45	1,8	Izquierda
32	7017,89	7052,22	34,33	52	1,3	Izquierda
33	7169,69	7195,53	25,84	18	7,0	Izquierda
34	7563,98	7578,38	14,40	20	6,0	Izquierda
35	7588,68	7637,23	48,55	21	5,6	Izquierda
36	7642,39	7679,06	36,67	29	3,6	Izquierda

CURVA	P.K. inicial (m)	P.K. final (m)	Longitud (m)	Radio (m)	Despeje Norma (m)	Margen
37	7783,85	7814,37	30,52	26	4,3	Izquierda
38	7854,52	7893,14	38,62	83	0,1	Izquierda
39	7917,49	7956,27	38,78	75	0,3	Izquierda
40	8095,48	8125,72	30,24	25	4,7	Izquierda
41	8127,94	8154,76	26,82	40	2,2	Izquierda
42	9250,47	9282,70	32,23	77	0,3	Izquierda
43	9294,14	9325,01	30,87	47	1,6	Izquierda
44	9338,29	9382,74	44,45	33	3,0	Izquierda
45	9741,63	9763,88	22,25	18	6,9	Izquierda
46	9903,65	9936,21	32,56	35	2,8	Izquierda
47	10147,51	10174,11	26,60	12	10,3	Izquierda
48	10448,60	10479,17	30,57	28	4,0	Izquierda
49	10844,74	10900,56	55,82	58	0,9	Izquierda
51	11068,43	11105,53	37,10	45	1,7	Izquierda
52	11263,23	11323,16	59,93	60	0,8	Izquierda
53	11737,58	11772,43	34,85	41	2,1	Izquierda
54	13325,91	13346,88	20,97	40	2,2	Izquierda

Tabla 17. Relación de curvas. Fuente: Elaboración propia.

Se observa que el despeje propuesto en algunas de las curvas es demasiado grande dado que eso generaría un gran movimiento de tierras con taludes muy elevados.

Tras el análisis de las curvas se distinguen 3 situaciones:

- Curvas en las que un despeje moderado produce efectos significativos sobre la isibilidad y se logra obtener la distancia de parada.
- Curvas que con un despeje moderado se consiguen efectos significativos sobre la visibilidad, pero se necesitan despejes de mayor magnitud para conseguir la distancia de parada. En estas curvas se propone la realización del despeje moderado y la implantación de balizamiento direccional.
- Curvas que aún con un despeje lateral muy elevado (superior a 3,00 metros) no se consigue alcanzar la distancia de parada y los despejes de menor magnitud no producen efectos significativos sobre la visibilidad. Para estas curvas, las resaltadas de color gris en la Tabla 18, se propone la disposición de balizamiento direccional para advertir a los conductores de la presencia de una curva peligrosa.

La Tabla 18 recoge las actuaciones propuestas sobre las curvas que interfieren en la visibilidad presentando, en el caso de ejecución de despejes, la mejora que estos suponen sobre la visibilidad.

CURVA	P.K. inicial (m)	P.K. final (m)	Despeje propuesto (m)	Margen	Visib. Actual	Visib. Mejora	Visib. Requerida	Baliz.
1	536,26	554,77	1,0	Derecha	31	112	35	
2	1321,12	1338,58	-	Derecha	26	-	35	X
3	1366,46	1379,94	1,0	Derecha	23	30	35	X
4	1510,13	1535,38	-	Derecha	21	-	35	X
5	1626,46	1659,78	1,3	Derecha	31	39	35	
6	1704,69	1718,47	1,6	Derecha	18	93	35	
7	1787,52	1810,65	1,8	Derecha	27	33	35	X
8	1824,20	1837,14	1,8	Derecha	28	35	35	
9	1968,55	1999,24	2,2	Derecha	32	35	35	
10	2046,84	2064,10	-	Derecha	24	-	35	X
11	2170,28	2188,08	1,5	Derecha	19	191	36	
12	2306,64	2329,83	-	Derecha	31	-	35	
13	2334,63	2381,80	-	Derecha	24	-	35	
14	2657,86	2673,78	2,1	Derecha	21	37	36	
15	2855,23	2899,18	-	Derecha	21	-	37	X
16	3457,53	3497,05	-	Derecha	23	-	37	X
17	3546,87	3576,14	-	Derecha	24	-	37	X
18	3627,09	3641,59	1,6	Derecha	28	37	35	
19	4238,93	4291,26	1,5	Derecha	28	34	34	
20	4473,41	4515,80	1,0	Derecha	54	530	35	
21	5258,93	5262,17	-	Derecha	20	-	35	X
22	5277,49	5298,24	1,8	Derecha	42	84	35	
23	5331,63	5339,47	1,0	Derecha	29	37	35	
24	5632,21	5652,29	-	Derecha	22	-	34	X
25	5931,42	5964,40	2,5	Derecha	21	35	35	
26	5979,89	6002,38	-	Izquierda	21	-	35	X
27	6048,52	6070,30	1,7	Izquierda	34	44	35	
28	6083,54	6100,03	1,7	Izquierda	34	53	35	
29	6160,21	6183,83	1,9	Izquierda	28	38	36	
30	6827,13	6837,70	-	Izquierda	31	-	36	X
31	6972,17	7017,42	1,6	Izquierda	26	124	34	

CURVA	P.K. inicial (m)	P.K. final (m)	Despeje propuesto (m)	Margen	Visib. Actual	Visib. Mejora	Visib. Requerida	Baliz.
32	7017,89	7052,22	1,6	Izquierda	24	44	34	
33	7169,69	7195,53	1,5	Izquierda	31	35	34	
34	7563,98	7578,38	2,0	Izquierda	21	64	35	
35	7588,68	7637,23	2,0	Izquierda	30	201	35	
36	7642,39	7679,06	2,0	Izquierda	23	169	35	
37	7783,85	7814,37	1,0	Izquierda	34	40	35	
38	7854,52	7893,14	1,0	Izquierda	32	39	35	
39	7917,49	7956,27	1,0	Izquierda	33	90	35	
40	8095,48	8125,72	2,0	Izquierda	27	132	35	
41	8127,94	8154,76	2,0	Izquierda	23	35	35	
42	9250,47	9282,70	2,0	Izquierda	34	500	37	
43	9294,14	9325,01	2,0	Izquierda	33	84	37	
44	9338,29	9382,74	1,5	Izquierda	31	45	37	
45	9741,63	9763,88	1,5	Izquierda	27	161	35	
46	9903,65	9936,21	2,0	Izquierda	33	282	35	
47	10147,51	10174,11	2,0	Izquierda	23	472	36	
48	10448,60	10479,17	1,5	Izquierda	30	315	36	
49	10844,74	10900,56	1,6	Izquierda	30	48	35	
51	11068,43	11105,53	1,8	Izquierda	25	42	37	
52	11263,23	11323,16	2,0	Izquierda	28	48	35	
53	11737,58	11772,43	1,7	Izquierda	27	464	35	
54	13325,91	13346,88	1,6	Izquierda	30	281	36	

Tabla 18. Actuaciones sobre curvas. Fuente: Elaboración propia

La disposición del balizamiento se realizará según las indicaciones de la Norma 8.1-IC de señalización vertical. Se propone la disposición de paneles direccionales simples puesto que la reducción de velocidades respecto al elemento anterior estará entre 15 y 30 km/h.

Los paneles se disponen a lo largo de la curva de forma que su separación será aproximadamente R/10 (R = radio de la curva), de modo que el conductor que recorra la curva pueda ver siempre un minino de tres paneles y un máximo de cinco, para una visión angular de 20º como máximo. Además, esta separación debe estar comprendida entre un mínimo de 6 m y un máximo de 40 m.

Previamente a la curva se colocará una señal de peligro por la presencia de un curva o sucesión de curvas, según proceda, acompañada de una señal de recomendación de velocidad entre 30 y 40 km/h, según el radio de la curva. Esta señalización se colocará 200 metros antes de la llegada a la curva.

5.2. Propuestas de mejora interacción vehículos – ciclistas

En cuanto a la problemática detectada en la seguridad vial por la interacción entre vehículos y ciclistas, se propone como medida de mejora la ampliación puntual de la sección transversal para incorporar apartaderos para la circulación de los ciclistas. De esta forma los ciclistas dejarían la calzada libre para posibilitar el adelantamiento por los vehículos motorizados sin que estos tengan que modificar altamente su trayectoria y con ello no quede expuesta la seguridad de ninguno de los usuarios.

Esta medida entraría dentro de lo permitido dentro del Plan Rector de Uso y Gestión del Parque Natural de la Sierra Calderona, dado que permite la ampliación puntual de la plataforma en tramos donde sea necesaria por razones de seguridad vial.

En los siguientes apartados se desarrolla el diseño de estos elementos propuestos y el estudio de la ubicación de los mismos.

5.2.1. Diseño apartaderos

En cuanto a los criterios de diseño para la ampliación de la plataforma, no se tienen referencias de ello puesto que existe normativa al respecto. Para la definición geométrica se ha recurrido a manuales y estudios científicos realizados con el fin de poder determinar con criterio las condiciones seguras y óptimas de diseño.

DEFINICIÓN ANCHO

El Código de Tráfico y de Seguridad Vial establece que los vehículos motorizados deben mantener una separación lateral mínima de 1,50 metros respecto a los ciclistas en las maniobras de adelantamiento de los mismo. Esta medida podría establecerse como ancho mínimo de los apartaderos.

Con el fin de evitar en la mayor medida posible la desviación de la trayectoria de los vehículos motorizados, se considera oportuno establecer una medida mayor para que en caso de que los ciclistas no estén ubicados en el borde derecho del apartadero se siga manteniendo la distancia de 1,50 metros.

En las directivas de diseño de infraestructuras para bicicletas de la Dirección General de Tráfico, se establece que un ciclista ocupa un ancho real de 1 metro, contando que estos realizan un movimiento oscilatorio en cada pedaleo. Estableciendo como ancho medio de los vehículos ligeros 1,80 metros, sería óptimo definir siguientes anchos de apartadero para evitar que los vehículos invadan el sentido contrario:

- 2,50 metros en el tramo con un ancho de carril de 2,20 metros.
- 1,70 metros en el tramo con un ancho de carril de 3,00 metros.

La Figura 58 presenta los criterios de diseño considerados para establecer el ancho de sección.

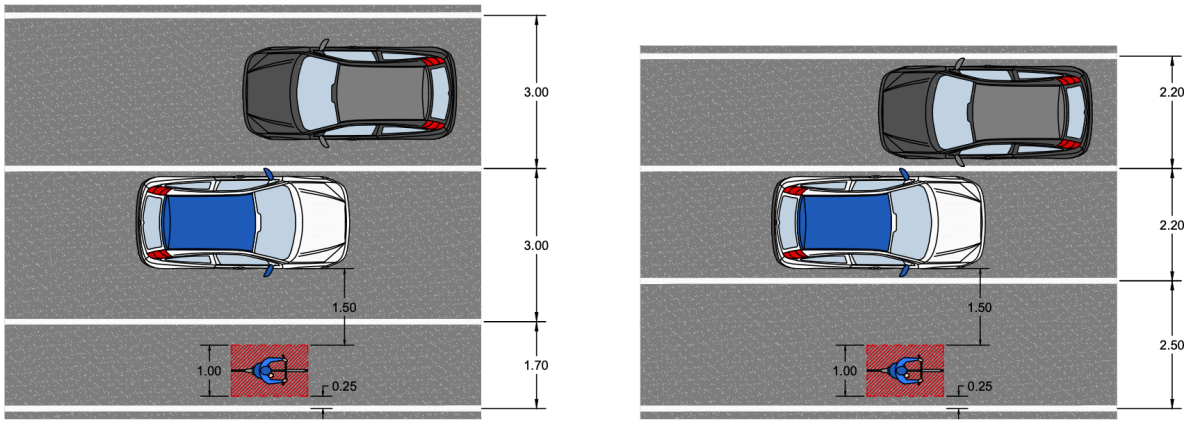


Figura 58. Definición ancho apartaderos. Fuente: Elaboración propia

Sin embargo, no se considera oportuno definir para los apartaderos un ancho superior al que disponen los vehículos para circular. Siguiendo el *Manual de recomendaciones de diseño, construcción, infraestructura, señalización, balizamiento, conservación y mantenimiento del carril bici (Ministerio del Interior, DGT, 2000)*, en este se recomienda un ancho de carril de entre 1,70 y 2,00 metros para carriles bicis adyacentes al sentido de circulación, ante esta recomendación se propone para los apartaderos los siguientes anchos:

- 2,00 metros en el tramo con un ancho de carril de 2,20 metros.
- 1,70 metros en el tramo con un ancho de carril de 3,00 metros.

En el caso de ancho de carril de 2,20 metros los usuarios deberán modificar su trayectoria ligeramente para realizar una correcta maniobra de adelantamiento.

DEFINICIÓN LONGITUD

Para la definición de la longitud de los apartaderos se recurre al Manual de Capacidad de Carreteras HCM 2010, donde en su capítulo 15 define la longitud de elementos auxiliares para permitir el adelantamiento. Se trata de desvíos de corta longitud para permitir el adelantamiento a vehículos lentos, para ello considera que es necesario una longitud mínima de 625 pies (191 metros).

El HCM estima que, con un buen diseño y ubicación de los apartaderos, para un tramo de 1 milla (1,61 kilómetros) en estos elementos auxiliares se entre un 20 y un 50% de los adelantamientos.

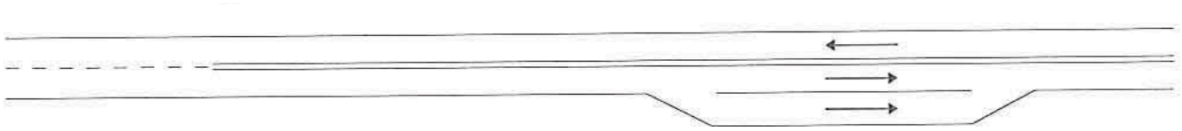


Figura 59. "Turnouts". Fuente: Manual de Capacidad de Carreteras HCM 2010

Asemejando la velocidad de los ciclistas en pendientes ascendente a la que puedan desarrollar los vehículos lentos, se propone como longitud mínima de los apartaderos 190 metros.

Dado que los apartaderos tendrán uso exclusivo de ciclistas, las únicas cargas que debe soportar son el paso de éstos, siendo estas muy inferiores a las consideras en el dimensionamiento del firme de una carretera.

La Norma 6.1-IC define el paquete de firmes en función de la categoría de tráfico pesado, dado que este va a ser nulo, se considerará una categoría de tráfico pesado T42.

Dado que el nuevo vial propuesto tendrá unas solicitaciones estructurales mínimas, se establece la ejecución de una explanada tipo E1, siendo suficiente el propio terreno, asumiendo que este es adecuado.

Con ello, se propone una sección de firme formada por una capa base de 35 cm de zahorra y una capa de rodadura de 5 cm mezcla bituminosa.

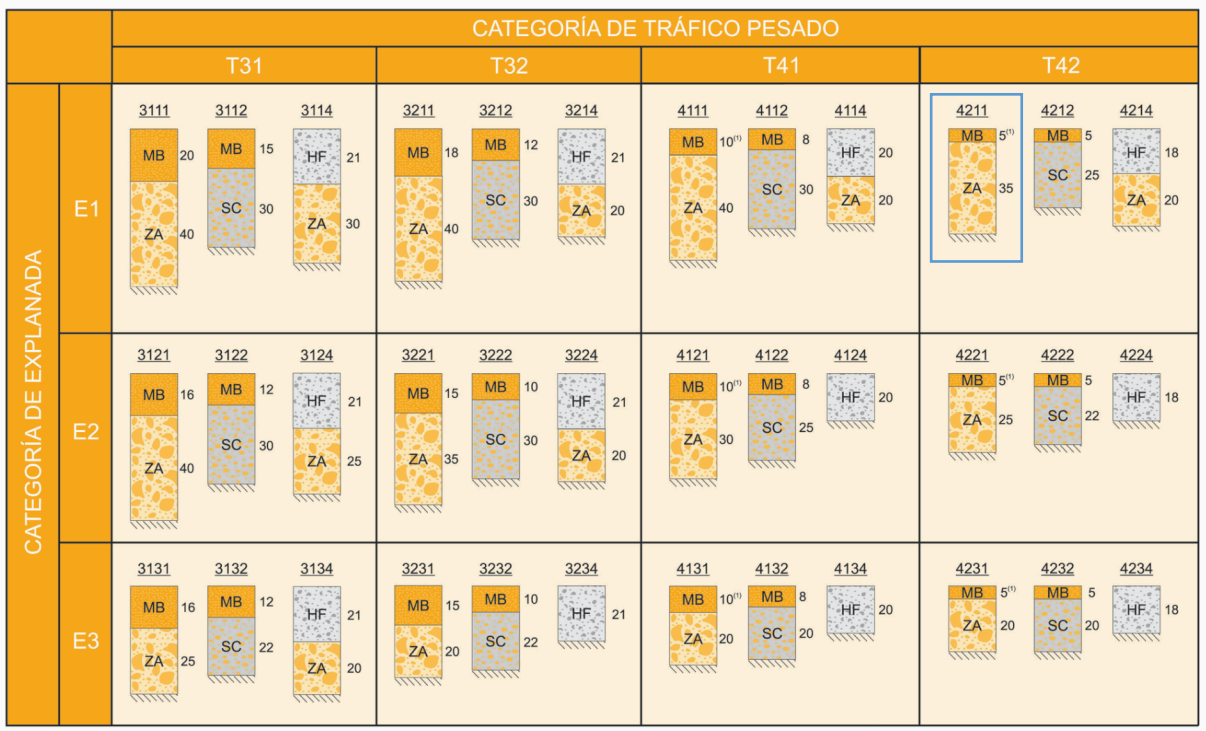


Figura 60. Catálogo de secciones de firme. Fuente: Norma 6.1-IC

Los materiales de la sección de se definen a partir de la Norma 6.1-IC y el PG-3:

- La zahorra para la capa base será aportada de cantera. Tras su expendido y compactación se dispondrá el riego de imprimación C60BF4 IMP previo el extendido de la capa de mezcla bituminosa.
- La capa de mezcla bituminosa, correspondiente con la capa de rodadura, será de tipo AC22 SURF D con betún 50/70.

5.2.2. Ubicación de los apartaderos

El presente apartado estudia para cada una de las zonas identificadas como conflictivas en el *APARTADO 3. Análisis de la problemática* por la interacción entre vehículos motorizados y ciclistas, la ubicación de los apartaderos que permitan el adelantamiento sin generar grandes modificaciones en la trayectoria de los vehículos.

Estos apartaderos se colocarán principalmente en tramos de pendiente ascendente, donde se produzcan grandes diferencias de velocidades entre los usuarios. Además, tratarán de ubicarse en zonas donde el inicio y el final de los apartaderos tengan buena visibilidad.

Además, se propone disponer de señalización adicional en los 200 metros previos al apartadero para advertir al conductor la existencia de estos para que pueda efectuar la maniobra de adelantamiento unos menos más delante de forma segura.

En el sentido de P.K. creciente se localizan las siguientes zonas conflictivas:

- ZONA 1: P.K. 1+300 AL 4+210

Esta primera zona de 2,910 kilómetros se considera la más crítica en cuanto a la interacción entre vehículos a motor y ciclistas en el sentido de P.K. ascendente. Cuenta con una zona inicial con una pendiente longitudinal de 6,21%, seguido de una zona relativamente llana y por último otro tramo de pendiente ascendente del 6,20%.

Se identifican gran cantidad de secciones en las que se produce una pérdida de visibilidad, por ello se propone disponer 3 apartaderos en este tramo, los dos primeros en la zona inicial ascendente y el último en la zona final del segmento:

	P.K. inicial	P.K. final
1	1+490	1+680
2	2+210	2+400
3	3+450	3+640

Tabla 19. Ubicación apartaderos zona 1. Fuente: Elaboración propia

Con la disposición estos 3 apartaderos se consigue, además, proporcionar un despeje lateral a las curvas 4, 5, 12, 13, 16, 17 y 18, presentadas en el apartado anterior, que interferían en la visibilidad de los usuarios.

- ZONA 2: P.K. 8+330 AL 10+140

Esta segunda zona de 1,810 kilómetros se desarrolla en una zona relativamente llana, donde la sección transversal cuenta con un ancho de carril de 3,00 metros. En esta zona no se registran problemas de visibilidad en sentido de ida. Por tanto, dadas las condiciones se la sección transversal y de la pendiente longitudinal no se considera necesario disponer apartaderos para los ciclistas puesto que las maniobras de adelantamiento se pueden realizar de forma segura invadiendo el sentido contrario.

- ZONA 3: 12+500 AL 13+120 (0,620 KM)

La última zona conflictiva detectada en sentido de ida tiene una longitud de 620 metros y una pendiente longitudinal media del 5,5%, sin detectarse problemas de visibilidad. Por tanto, dado que la sección transversal es amplia y además el trazado no presenta elementos muy sinuosos, tampoco se considera necesario disponer apartaderos puesto que se pueden realizar las maniobras de adelantamiento en condiciones seguras invadiendo el sentido contrario.

Por otro lado, en el sentido decreciente de P.K. las zonas conflictivas son más extensas localizándose las siguientes:

- ZONA 4: 12+415 AL 9+230

La primera zona problemática detectada en sentido decreciente de P.K. tiene una longitud extensa de 3,185 kilómetros con una pendiente longitudinal media del 3,69%. En este tramo se detectan diferentes zonas con problemas de visibilidad, de modo que los apartaderos se propone disponerlos en estas zonas recogiendo además las secciones en las que se produce mayor diferencia de velocidades, con el fin de poder efectuar las maniobras de adelantamiento de forma segura.

El primero de los apartaderos propuestos se desarrolla entres los P.K. 11+390 y 11+200, sirviendo a su vez de despeje lateral para la curva 52 presentada en el apartado anterior.

El siguiente apartadero propuesto dista aproximadamente 1 kilómetro del anterior, ubicado entre los PK 10+560 y 10+370, sirviendo como despeje lateral para la curva 48.

El último despeje propuesto para esta zona se localiza entre los PK 9+420 y 9+230. Se trata de un apartadero que recorre 3 curvas consecutivas que proporcionan problemas de visibilidad. De igual forma que los dos anteriores, la disposición del apartadero proporciona un despeje lateral dando así mayor visibilidad a este tramo problemático.

- ZONA 5: 8+180 AL 4+290

La zona ubicada entre los puntos 8+180 y 4+290 es el tramo más extenso con pendiente longitudinal pronunciada del trazado de estudio. En esta zona se propone la disposición de 3 apartaderos.

El primero de ellos entre los P.K. 7+700 a 7+510 discurriendo entre curvas consecutivas que presentan problemas de visibilidad y por tanto la maniobra de adelantamiento no sería segura. Se proporciona un despeje longitudinal a las curvas 34, 35, 36 presentadas en el apartado anterior

El segundo apartadero comprende desde el PK 7+060 al 6+800 siendo de 260 metros. Se ha considerado disponer este apartadero de mayor longitud con el fin de dar solución a dos curvas próximas con problemas de visibilidad.

Por último, el tercer apartadero tiene una longitud de 285 metros (6+250 a 5+965) puesto que el trazado presenta 7 curvas consecutivas de radio reducido produciendo problemas de visibilidad en toda esta longitud.

La parte final de esta zona no presenta problemas de visibilidad, por lo que se considera que las maniobras de adelantamiento podrán realizarse de forma segura invadiendo el sentido contrario.

De igual forma que en el apartado anterior, se propone disponer de señalización adicional a 200 m del apartadero para advertir al conductor la existencia de estos y hacer que pueda esperar para efectuar la maniobra de adelantamiento en caso de ser necesario.

- ZONA 6: 3+540 AL 2+590

La última zona a estudiar en sentido decreciente de P.K. presenta una longitud de 950 metros y cuanta con una pendiente longitudinal llana. Dado que no se presentan problemas de visibilidad, no se considera necesario disponer apartaderos para efectuar las maniobras de adelantamiento, pudiéndose hacer de forma segura invadiendo el sentido contrario.

La Figura 61 presenta sobre el perfil longitudinal del trazado la ubicación de los distintos apartaderos propuestos:

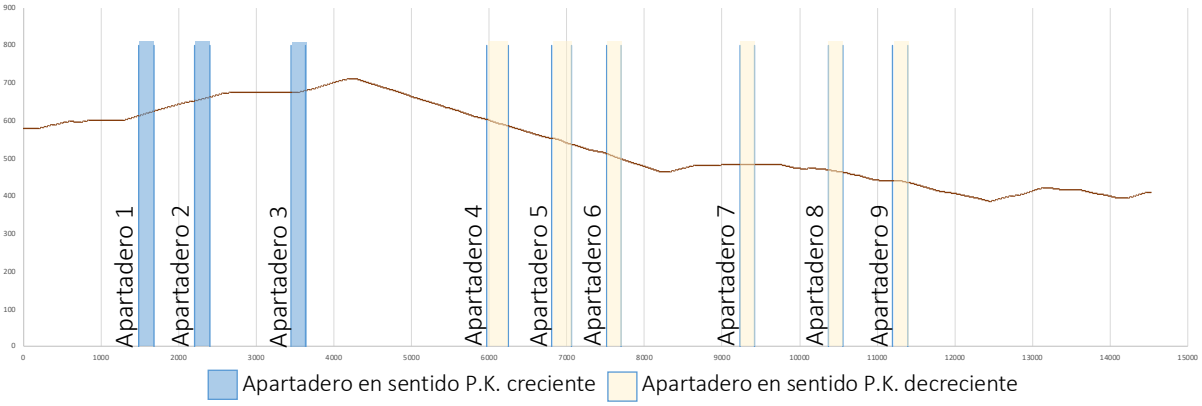


Figura 61. Localización apartaderos. Fuente elaboración propia

5.3. Resumen propuestas de mejora

A modo de resumen se presenta en la siguiente tabla detallada por P.K. el tipo de mejora a realizar en función de los criterios ya mencionados:

ACTUACIÓN	TIPO	PK. Inicio	PK. Final	ANCHO	MARGEN
1	Apartadero	1+490	1+680	2,00	Derecha
2	Apartadero	2+210	2+400	2,00	Derecha
3	Apartadero	3+450	3+640	2,00	Derecha
4	Apartadero	5+965	6+250	1,70	Izquierda
5	Apartadero	6+800	7+060	1,70	Izquierda
6	Apartadero	7+510	7+700	1,70	Izquierda
7	Apartadero	9+230	9+420	1,70	Izquierda
8	Apartadero	10+370	10+560	1,70	Izquierda
9	Apartadero	11+200	11+390	1,70	Izquierda
10	Despeje	0+536,26	0+554,77	1,00	Derecha
11	Despeje	1+366,46	1+379,94	1,00	Derecha
12	Despeje	1+704,69	1+718,47	1,60	Derecha
13	Despeje	1+787,52	1+837,14	1,80	Derecha

ACTUACIÓN	TIPO	PK. Inicio	PK. Final	ANCHO	MARGEN
14	Despeje	1+968,55	1+999,24	2,20	Derecha
15	Despeje	2+170,28	2+188,08	1,50	Derecha
16	Despeje	2+657,86	2+673,78	2,10	Derecha
17	Despeje	4+238,93	4+291,26	1,50	Derecha
18	Despeje	4+473,41	4+515,8	1,00	Derecha
19	Despeje	5+277,49	5+298,24	1,80	Derecha
20	Despeje	5+331,63	5+339,47	1,00	Derecha
21	Despeje	5+931,42	5+964,4	2,50	Derecha
22	Despeje	6+160,21	6+183,83	1,90	Izquierda
23	Despeje	7+783,85	7+814,37	1,00	Izquierda
24	Despeje	7+854,52	7+893,14	1,00	Izquierda
25	Despeje	7+917,49	7+956,27	1,00	Izquierda
26	Despeje	8+095,48	8+154,76	2,00	Izquierda
27	Despeje	9+741,63	9+763,88	1,50	Izquierda
28	Despeje	9+903,65	9+936,21	2,00	Izquierda
29	Despeje	10+147,51	10+174,11	2,00	Izquierda
30	Despeje	10+844,74	10+900,56	1,60	Izquierda
31	Despeje	11+068,43	11+105,53	1,80	Izquierda
32	Despeje	11+737,58	11+772,43	1,70	Izquierda
33	Despeje	13+325,91	13+346,88	1,60	Izquierda

BALIZAMIENTO	PK. Inicio	PK. Final	MARGEN
1	1+321,12	1+338,58	Derecha
2	1+366,46	1+379,94	Derecha
3	1+510,13	1+535,38	Derecha
4	1+787,52	1+810,65	Derecha
5	2+046,84	2+064,1	Derecha
6	2+855,23	2+899,18	Derecha
7	3+457,53	3+497,05	Derecha
8	3+546,87	3+576,14	Derecha
9	5+258,93	5+262,17	Derecha
10	5+632,21	5+652,29	Derecha
11	5+979,89	6+002,38	Izquierda
12	6+827,13	6+837,7	Izquierda

6. VALORACIÓN ECONÓMICA

A continuación, se presenta la valoración económica de las actuaciones propuestas:

Código	*Ud*	*Resumen*	*N*	*Longitud*	*Anchura*	*Altura*	*Parcial*	*Cantidad*	*Precio*	*Importe*
CAP.	C1	ACONDICIONAMIENTO DEL TERRENO								
01.01	m2	**Desbroce y limpieza del terreno**								
		Desbroce y limpieza del terreno, hasta una profundidad mínima de 25 cm, con medios mecánicos, retirada de los materiales excavados y carga a camión, sin incluir transporte a vertedero autorizado.								
		Apartaderos	1	7.100,00			7.100,00			
		Curvas	1	3.700,00			3.700,00			
								10.800,00	1,06	11.448,00
01.02	m2	**Desbroce de arbustos y hierbas**								
		Limpieza arbustos y hierbas								
		Curvas	24	2,00	3,00		144,00			
								144,00	1,51	217,44
01.03	ud	**Poda de árboles**								
		Poda de árboles y retirada de restos vegetales, incluso destrucción de restos vegetales, carga y transporte a vertedero de residuos								
			30				30,00			
								30,00	90,10	2.703,00
								TOTAL CAPÍTULO C1 ACONDICIONAMIENTO DEL TERRENO.....		14.368,44
CAP.	C2	MOVIMIENTO DE TIERRAS								
02.01	m3	**Desmonte**								
		Desmonte en terreno de tránsito, para dar al terreno la rasante de explanación prevista, con empleo de medios mecánicos, y carga a camión. El precio no incluye el transporte de los materiales excavados.								
		Apartaderos								
		s/ med. aux.	1	14.697,38			14.697,38			
		Curvas								
		s/ med. aux.	1	7.340,83			7.340,83			
								22.038,21	3,29	72.505,71
02.02	m3	Terraplén								
		Terraplenado para núcleo de terraplén, mediante el extendido en tongadas de espesor no superior a 30 cm de material de la propia excavación, que cumple los requisitos expuestos en el art. 330.3.1 del PG-3 y posterior compactación con medios mecánicos hasta alcanzar una densidad seca no inferior al 95% de la máxima obtenida en el ensayo Proctor Modificado, realizado según UNE 103501, y ello cuantas veces sea necesario, hasta conseguir la cota de subrasante. El precio no incluye la realización del ensayo Proctor Modificado.								
		Apartaderos								
		s/ med. aux.	1	24,03			24,03			
		Curvas								
		s / med. aux.	1	5,41			5,41			
								29,44	15,42	453,96
								TOTAL CAPÍTULO C2 MOVIMIENTO DE TIERRAS		72.959,67

Código	*Ud*	*Resumen*	*N*	*Longitud*	*Anchura*	*Altura*	*Parcial*	*Cantidad*	*Precio*	*Importe*
CAP.	C3	FIRMES Y PAVIMENTOS								
03.01	m	Eliminación marca vial longitudinal								
		Eliminación de marca vial longitudinal discontinua, de pintura, mediante equipo de granallado, y carga manual sobre camión o contenedor.								
		Apartaderos					0,00			
			7	190,00			1.330,00			
			1	285,00			285,00			
			1	260,00			260,00			
								1.875,00	0,25	468,75
03.02	m2	Formación solera de hormigón para cubrición de berma								
		Solera de hormigón en masa de 5 cm de espesor, realizada con hormigón HM-20/B/20/I fabricado en central y vertido desde camión, extendido y vibrado manual mediante regla vibrante, sin tratamiento de su superficie; con juntas de retracción de 5 mm de espesor, mediante corte con disco de diamante. Incluso panel de poliestireno expandido de 3 cm de espesor, para la ejecución de juntas de dilatación. El precio no incluye la base de la solera.								
		Curvas								
		s/mediciones auxiliares	1	5.039,00			5.039,00			
								5.039,00	8,44	42.529,16
03.03	m3	Base zahorra								
		Base granular con zahorra artificial caliza, y compactación al 98% del Proctor Modificado con medios mecánicos, en tongadas de 30 cm de espesor, hasta alcanzar una densidad seca no inferior al al 98% del Proctor Modificado de la máxima obtenida en el ensayo Proctor Modificado, realizado según UNE 103501, para mejora de las propiedades resistentes del terreno. El precio no incluye la realización del ensayo Proctor Modificado.								
		Apartaderos								
			3	190,00	2,00	0,35	399,00			
			4	190,00	1,70	0,35	452,20			
			1	285,00	1,70	0,35	169,58			
			1	260,00	1,70	0,35	154,70			
								1.175,48	33,91	39.860,53
03.04	m2	Capa de rodadura								
		Capa de 5 cm de espesor de mezcla bituminosa continua en caliente AC22 surf D, para capa de rodadura, de composición densa, con árido granítico de 16 mm de tamaño máximo y betún asfáltico mejorado con caucho. El precio no incluye la capa base.								
		Apartaderos								
			3	190,00	2,00		1.140,00			
			4	190,00	1,70		1.292,00			
			1	285,00	1,70		484,50			
			1	260,00	1,70		442,00			
								3.358,50	7,34	24.651,39
03.05	m2	Riego de adherencia								
		Riego de adherencia con 0,5 kg/m² de emulsión bituminosa catiónica C60B3 ADH, con un 60% de betún asfáltico como ligante.								
			1				3.358,50			
								3.358,50	0,32	1.074,72
		TOTAL CAPÍTULO C3 FIRMES Y PAVIMENTOS.....								108.584,55

Código	*Ud*	*Resumen*	*N*	*Longitud*	*Anchura*	*Altura*	*Parcial*	*Cantidad*	*Precio*	*Importe*
CAP.	**C4**	**SEÑALIZACIÓN Y SEGURIDAD VIAL**								
04.01	m	Marca vial longitudinal								
		Aplicación mecánica con máquina autopropulsada de pintura plástica para exterior, a base de resinas acrílicas, color blanco, acabado satinado, textura lisa, para marca vial longitudinal continua, de 10 cm de anchura, para separación de carriles, separación de sentidos de circulación, bordes de calzada, regulación del adelantamiento y delimitación de zonas o plazas de estacionamiento. Incluso microesferas de vidrio, para conseguir efecto retrorreflectante en seco.								
			1				1.875,00			
								1.875,00	0,72	1.350,00
04.02	m2	Marca vial ciclista/símbolo								
		Pintado sobre vía ciclista de símbolos y marcas viales con pintura reflectante acrílica blanca y microesferas de cristal, hasta 0,8 m2 con plantilla del tipo ceda el paso o perfil bicicleta.								
			9	2,00			18,00			
								18,00	6,32	113,76
04.03	ud	Panel direccional 165x45 cm nivl 1 hin								
		Panel direccional de 165x45 cm, con nivel de retrorreflexión 1, fijado mecánicamente a dos postes de sustentación de acero galvanizado de 80x40x2 mm, colocado hincado, incluso elementos de sujeción, tornillería y piezas especiales necesarias.								
		Curvas	12	3,00			36,00			
								36,00	113,91	4.100,76
04.04	ud	Señal triangular 900 mm nivel retrorefl 1 hin								
		Señal triangular de 900 mm de lado, adecuada para su uso en carretera convencional sin arcén, con un nivel de retrorreflexión 1, fijada mecánicamente a poste de sustentación de acero galvanizado de 80x40x2 mm, colocado hincado, incluso elementos de sujeción, tornillería y piezas especiales necesarias.								
		Curvas	12				12,00			
		Apartaderos	9	2,00			18,00			
								30,00	97,94	2.938,20
04.05	ud	Señal cuadrada 600 mm nivel retrorefl 1								
		Señal cuadrada de 600 mm de lado, adecuada para su uso en carretera convencional sin arcén, con un nivel de retrorreflexión 1, fijada mecánicamente a poste existente, incluso elementos de sujeción, tornillería y piezas especiales necesarias.								
		Curvas	12				12,00			
								12,00	73,61	883,32
		TOTAL CAPÍTULO C4 SEÑALIZACIÓN Y SEGURIDAD VIAL.....								**9.386,04**
CAP.	**C5**	**GESTIÓN DE RESIDUOS**								
05.01	PA	Gestión de residuos								
		Partida alzada, estimada como un 5% del PEM de los Capítulos 1, 2, 3, 4								
		5% PEM	1	0,05	205.298,70		10.264,94			
								10.264,94	1,00	10.264,94
		TOTAL CAPÍTULO C5 GESTIÓN DE RESIDUOS.....								**10.264,94**

Código	*Ud*	*Resumen*	*N*	*Longitud*	*Anchura*	*Altura*	*Parcial*	*Cantidad*	*Precio*	*Importe*
CAP.	C6	SEGURIDAD Y SALUD								
06.01	PA	Seguridad y Salud								
		Partida alzada, estimada como un 1% del PEM de los Capítulos 1, 2, 3, 4								
		1% PEM	1	0,01	205.298,70		2.052,99			
								2.052,99	1,00	2.052,99
							TOTAL CAPÍTULO C6 SEGURIDAD Y SALUD.....			2.052,99
CAP.	C7	CONTROL DE CALIDAD								
07.01	PA	Control de calidad								
		Partida alzada, estimada como un 1% del PEM de los Capítulos 1, 2, 3, 4								
		1% PEM	1	0,01	205.298,70		2.052,99			
								2.052,99	1,00	2.052,99
							TOTAL CAPÍTULO C7 CONTROL DE CALIDAD			2.052,99
							TOTAL			219.669,62

RESUMEN DEL PRESUPUESTO

CAPÍTULO	RESUMEN	IMPORTE	PORCENTAJE
C1	ACONDICIONAMIENTO DEL TERRENO.....	14.368,44	6,54%
C2	MOVIMIENTO DE TIERRAS.....	72.959,67	33,21%
C3	FIRMES Y PAVIMENTOS.....	108.584,55	49,43%
C4	SEÑALIZACIÓN Y SEGURIDAD VIAL.....	9.386,04	4,27%
C5	GESTIÓN DE RESIDUOS.....	10.264,94	4,67%
C6	SEGURIDAD Y SALUD.....	2.052,99	0,93%
C7	CONTROL DE CALIDAD.....	2.052,99	0,93%
	PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN MATERIAL	**219.669,62**	
	13% GASTOS GENERALES	28557,05	
	6% BENEFICIO INDUSTRIAL	13180,18	
	SUMA G.G. Y B.I.	41737,23	
	PRESUPUESTO ESTIMADO (SIN I.V.A)	**261406,85**	
	21% I.V.A.	54895,438	
	TOTAL PRESUPUESTO ESTIMADO (CON I.V.A)	**316302,29**	

7. CONCLUSIONES

Con el presenta apartado se concluye el Trabajo Final de Máster "Estudio para la mejora de la seguridad vial de la CV-25 entre el PK 20+570 y el PK 35+500, en los términos municipales de Gátova (Valencia) y Segorbe y Altura (Castellón)."

Tras el análisis del tramo se concluye en primer lugar, y como era previsible, el trazado de la carretera presenta una gran inconsistencia con una pobre coordinación entre los distintos elementos del trazado. Este no se adapta a la Norma de trazado, dado que presenta una antigüedad superior a la publicación de la misma y su construcción se ejecutó adaptándose al entorno.

Por otro lado, en cuanto a las actuaciones de mejora propuestas, concretamente la propuesta de ampliaciones de la plataforma, posibilita la integración de la circulación ciclista en una vía muy frecuentada por este tipo de usuarios. Las características que presenta la carretera de estudio son comunes a otro tipo de vías altamente demandadas por ciclistas, suelen ser puertos montañosos, de alta sinuosidad con curvas de radio reducido y frecuentes problemas de visibilidad.

Es por ello que, se considera que la mejora propuesta no responde únicamente a la problemática detectada en el tramo de estudio, si no que pude ser integrada en las carreteras convencionales que lo precisen, tras un estudio en profundidad de las mismas. Generalmente estas soluciones se implantarán en tramos de fuerte pendiente ascendente y de larga longitud, siendo en estas zonas donde se ve mermada la velocidad de los ciclistas y considerándose más probable la maniobra de adelantamiento.

Para el diseño e implantación de estas ampliaciones de plataforma no existe normativa, ni recomendaciones específicas, tampoco excesivos estudios científicos al respecto, por lo que el diseño propuesto responde a las necesidades en función de la sección trasversal, en cuanto a la maniobra de adelantamiento.

Las medidas propuestas para la mejora del tramo se estudio, suponen actuaciones de importe moderado que tiene un gran efecto significativo sobre la seguridad vial, proporcionando mayor comodidad en la conducción tanto para vehículos ligeros como para ciclistas.

8. REFERENCIAS

Dirección General de Tráfico. *Las principales cifras de la siniestralidad de los ciclistas.* Publicación oficial, Madrid: Dirección General de Tráfico, 2018.

Instrucción de carreteras Norma 3.1-IC. Ministerio de Formento, 2016.

Instrucción de Carreteras. Norma 6.1-IC. Ministerio de Formento, 2003.

Instrucción de Carreteras. Norma 8.1-IC. Ministerio de Formento, 2014.

Instrucción de Carreteras. Norma 8.2-IC. Ministerio de Formento, 1987

García Císcar, I. (2020). Caracterización y modelización de la velocidad de operación ciclista en carreteras convencionales. Universitat Politècnica de València. http://hdl.handle.net/10251/166292

Llorca García, Carlos, et al Motor vehicles overtaking cyclists on two-lane rural roads: Analysis on speed and lateral clearance. *Safety Science*, 2017: 302-310.

Pérez-Zuriaga, A. M., García, A., Camacho-Torregrosa, F. J., & D'attoma, P. (2010). MODELING OPERATING SPEED AND DECELERATION ON TWO-LANE RURAL ROADS WITH GLOBAL POSITIONING SYSTEM DATA.

Puerto, L. y A. París. (2007). El programa EuroRAP. el proyecto RPS. Fundación RACC (46 Pág).