

ANEJO Nº 6: VALORACIÓN DE SOLUCIONES

Estudio de seguridad vial y mejoras de la carretera CV-100, PPKK 11+050 a 16+500,
en el T.M. de Rossell (Castellón)

Autor: Julen Marin Puentes

Tutor: Vicente Melchor Ferrer Pérez



ÍNDICE

- 1. INTRODUCCIÓN
- 2. RESUMEN ESTADO DE LOS TRAMOS
- 3. VALORACIÓN DE SOLUCIONES
- 4. DESCRIPCIÓN DE LA SOLUCIÓN ESCOGIDA




1. INTRODUCCIÓN

Este anejo tiene la misión de analizar la problemática global del tramo de estudio y discutir las diferentes alternativas que se pueden llevar a cabo con el objetivo de mejorar la seguridad vial.


El presente documento consta de un sumario y balance de los problemas referentes a la seguridad vial presentes en la carretera analizada, una valoración de posibles soluciones, y finalmente, la descripción y evaluación de la propuesta elegida.


2. RESUMEN DE ESTADO DE LOS TRAMOS

Este apartado pretende caracterizar y localizar los defectos en la seguridad vial del tramo en estudio en forma de resumen. Por eso se recoge en forma de ficha aquella información citada en los anejos anteriores y que más tarde será la base de análisis para valorar las posibles soluciones.

<div>11+050 a 11+803</div> <div>Longitud 753 metros</div> <div>Velocidad de operación: 89 km/h</div>			<div>Recta nº 1</div> <div></div>		
<div>Trazado en planta:</div> <div>Incumple longitud máxima (668m)</div>					
<div>Trazado en alzado: Cumple</div>					
<div>Sección transversal: Falta de arcén y obra de drenaje</div>					
<div>Consistencia: Deficiente por variación en velocidad de operación</div>			<div>Visibilidad: Aceptable</div>		
<div>Accidentalidad: Sin accidentes registrados los últimos 5 años</div>			<div>Estado del firme: Con patologías en la totalidad del tramo</div>		
<div>Señalización: Correcta</div>		<div>Balizamiento: Correcto</div>		<div>Defensas: Mejorable</div>	
<div>Observaciones: Los taludes laterales casi verticales de algunas zonas disminuyen la visibilidad de los accesos agrícolas. La barrera bionda de la margen izquierda no está abatida a tierra.</div>					



11+803 a 11+890		Curva nº 1	
Longitud 87 metros, Radio 128 metros			
Velocidad de operación: 67 km/h			
Trazado en planta:			
Cumple con la Normativa para velocidad de proyecto 40 km/h			
Trazado en alzado: Cumple			
Sección transversal: Falta de arcén y obra de drenaje			
Consistencia: Deficiente por estabilidad y velocidad de operación		Visibilidad: Deficiente	
Accidentalidad: Dos accidentes registrados los últimos 5 años		Estado del firme: Con patologías en la totalidad del tramo	
Señalización: Mala	Balizamiento: Malo	Defensas: Mejorable	
Observaciones: La curva no dispone de paneles direccionales y la señalización de velocidad aconsejable es errónea			


11+890 a 12+567			Recta nº 2		
Longitud 677 metros					
Velocidad de operación: 88(a) 91(d) km/h					
Trazado en planta:					
Cumple					
Trazado en alzado: Cumple					
Sección transversal: Falta de arcén y obra de drenaje					
Consistencia: Deficiente por variación en velocidad de operación			Visibilidad: Aceptable		
Accidentalidad: Sin accidentes registrados los últimos 5 años			Estado del firme: Con patologías en la totalidad del tramo		
Señalización: Correcta	Balizamiento: Correcto		Defensas: Correctas		
Observaciones:					



12+567 a 12+702			Curva nº 2		
Longitud 135 metros, Radio 169 metros					
Velocidad de operación: 73 km/h					
Trazado en planta: Cumple con la normativa para velocidad de proyecto 40 km/h					
Trazado en alzado: Correcto					
Sección transversal: Falta de arcén y obra de drenaje					
Consistencia: Aceptable por estabilidad, deficiente por variación en velocidad de operación					
Accidentalidad: Sin accidentes registrados los últimos 5 años					
Estado del firme: Con patologías en la totalidad del tramo					
Señalización: Correcta	Balizamiento: Mejorable	Defensas: Correctas	Observaciones: La vegetación contigua al tramo de la curva impiden percibir la totalidad del trazado de la curva. Algunos paneles de balizamiento han perdido sus propiedades retroreflectantes		

12+702 a 13+403			Recta nº 3		
Longitud 701 metros					
Velocidad de operación: 91 (a) 97 (d) km/h					
Trazado en planta: Incumple longitud máxima (668m)					
Trazado en alzado: Correcto					
Sección transversal: Falta de arcén y obra de drenaje					
Consistencia: Deficiente por variación en velocidad de operación					
Accidentalidad: Un accidente registrado los últimos 5 años					
Estado del firme: Con patologías en la totalidad del tramo					
Señalización: Correcta	Balizamiento: Correcto	Defensas: Correctas			
Observaciones:					



13+403 a 13+507			Curva nº 3		
Longitud 104 metros, Radio 454 metros					
Velocidad de operación: 83 km/h					
Trazado en planta: Cumple con la normativa para velocidad de proyecto 40 km/h					
Trazado en alzado: Correcto					
Sección transversal: Falta de arcén y obra de drenaje					
Consistencia: Buena por estabilidad y variación en velocidad de operación					
Accidentalidad: Sin accidentes registrados los últimos 5 años					
Estado del firme: Con patologías en la totalidad del tramo					
Señalización: Correcta	Balizamiento: Correcto	Defensas: Correctas			
Observaciones: Al ser una curva con un radio tan superior a los demás incluso puede considerarse como un “garrote” entre las rectas 3 y 4. Los taludes laterales dan la sensación de encajonamiento a la hora de circular sobre el tramo					

13+507 a 14+351			Recta nº 4		
Longitud 844 metros					
Velocidad de operación: 99 (a) 92 (d) km/h					
Trazado en planta: Incumple longitud máxima (668m)					
Trazado en alzado: Correcto					
Sección transversal: Falta de arcén y obra de drenaje					
Consistencia: Deficiente por variación en velocidad de operación					
Accidentalidad: Un accidente registrado los últimos 5 años					
Estado del firme: Con patologías en la totalidad del tramo					
Señalización: Correcta	Balizamiento: Correcto	Defensas: Mejorable	<p>Observaciones: Algunas zonas del tramo tienen conjuntos de árboles que obstruyen el borde de la plataforma. La barrera bionda de la margen izquierda no está abatida a tierra.</p>		




14+351 a 14+421			Curva nº 4		
Longitud 70 metros, Radio 152 metros					
Velocidad de operación: 71 km/h					
Trazado en planta: Cumple con la normativa para velocidad de proyecto 40 km/h					
Trazado en alzado: Correcto					
Sección transversal: Correcta			<div>Visibilidad: Mejorable</div> <div>Estado del firme: Bueno</div>		
Consistencia: Deficiente por estabilidad y variación en velocidad de operación					
Accidentalidad: Sin accidentes registrados los últimos 5 años					
Señalización: Correcta	Balizamiento: Correcto	Defensas: Correctas			
Observaciones: En 2014 se ejecutaron obras de mejora en este tramo, suavizando la curva, reparando la plataforma y añadiendo puntuales obras de drenaje longitudinal					

14+421 a 14+566			Recta nº 5		
Longitud 145 metros					
Velocidad de operación: 78 (a) 77 (d) km/h					
Trazado en planta: Cumple					
Trazado en alzado: Correcto					
Sección transversal: Correcta					
Consistencia: Aceptable					
Accidentalidad: Sin accidentes registrados los últimos 5 años					
Estado del firme: Bueno					
Señalización: Correcta	Balizamiento: Correcto	Defensas: Correctas	Observaciones: En 2014 se ejecutaron obras de mejora en este tramo, reparando la plataforma y añadiendo puntuales obras de drenaje longitudinal		



14+566 a 14+715			Curva nº 5		
Longitud 149 metros, Radio 147 metros					
Velocidad de operación: 70 km/h					
Trazado en planta:					
Cumple con la normativa para velocidad de proyecto 40 km/h					
Trazado en alzado: Correcto					
Sección transversal: Correcta					
Consistencia: Deficiente por estabilidad y aceptable variación en velocidad de operación			Visibilidad: Mejorable		
Accidentalidad: Dos accidentes registrados los últimos 5 años			Estado del firme: Bueno		
Señalización: Correcta	Balizamiento: Correcto		Defensas: Correctas		
Observaciones: En 2014 se ejecutaron obras de mejora en este tramo, suavizando la curva y sus taludes laterales, reparando la plataforma y añadiendo puntuales obras de drenaje longitudinal					


14+715 a 15+250		Recta nº 6	
Longitud 535 metros			
Velocidad de operación: 87 km/h			
Trazado en planta: Cumple			
Trazado en alzado: Correcto			
Sección transversal: Falta de arcén y obra de drenaje			
Consistencia: Aceptable		Visibilidad: Aceptable	
Accidentalidad: Sin accidentes registrados los últimos 5 años		Estado del firme: Con patologías en la totalidad del tramo	
Señalización: Correcta	Balizamiento: Correcto	Defensas: Correctas	
Observaciones:			



15+250 a 15+322			Curva nº 6		
Longitud 72 metros, Radio 146 metros					
Velocidad de operación: 70 km/h					
Trazado en planta:					
Cumple con la normativa para velocidad de proyecto 40 km/h					
Trazado en alzado: Correcto					
Sección transversal: Falta de arcén y obra de drenaje					
Consistencia: Deficiente por estabilidad y aceptable variación en velocidad de operación			Visibilidad: Mejorable		
Accidentalidad: Un accidente registrado los últimos 5 años			Estado del firme: Con patologías en la totalidad del tramo		
Señalización: Correcta	Balizamiento: Correcto	Defensas: Correctas	Observaciones:		

15+322 a 15+807			Recta nº 7		
Longitud 485 metros					
Velocidad de operación: 87 (a) 83 (d) km/h					
Trazado en planta:					
Cumple					
Trazado en alzado: Correcto					
Sección transversal: Falta de arcén y obra de drenaje					
Consistencia: Deficiente por variación en velocidad de operación			Visibilidad: Aceptable		
Accidentalidad: Sin accidentes registrados los últimos 5 años			Estado del firme: Con patologías en la totalidad del tramo		
Señalización: Correcta	Balizamiento: Correcto	Defensas: Mejorable	Observaciones: Una de las barreras bionda de la margen derecha no está abatida a tierra.		

15+807 a 15+979		Curva nº 7	
Longitud 172 metros, Radio 101 metros			
Velocidad de operación: 67 km/h			
Trazado en planta:			
Cumple con la normativa para velocidad de proyecto 40 km/h			
Trazado en alzado: Correcto			
Sección transversal: Correcta			
Consistencia: Deficiente por estabilidad y variación en velocidad de operación		Visibilidad: Aceptable	
Accidentalidad: Sin accidentes registrados los últimos 5 años		Estado del firme: Bueno	
Señalización: Correcta	Balizamiento: Correcto	Defensas: Correctas	
Observaciones: A principios de 2018 se ejecutaron obras de mejora en este tramo, suavizando la curva, reparando la plataforma y añadiendo arcén y drenaje longitudinal. Transcurre en suelo urbano.			

15+979 a 16+252		Recta nº 8	
Longitud 273 metros			
Velocidad de operación: 78 (a) 69 (d) km/h			
Trazado en planta:			
Cumple			
Trazado en alzado: Correcto			
Sección transversal: Correcta			
Consistencia: Aceptable		Visibilidad: Aceptable	
Accidentalidad: Sin accidentes registrados los últimos 5 años		Estado del firme: Bueno	
Señalización: Correcta	Balizamiento: Correcto	Defensas: Correctas	
Observaciones: A principios de 2018 se ejecutaron obras de mejora en este tramo, reparando la plataforma y añadiendo arcén y drenaje longitudinal. Transcurre en suelo urbano.			

16+252 a 16+349		Curva nº 8	
Longitud 97 metros, Radio 66 metros			
Velocidad de operación: 46 km/h			
Trazado en planta:			
Cumple con la normativa para velocidad de proyecto 40 km/h			
Trazado en alzado: Correcto			
Sección transversal: Correcta			
Consistencia: Deficiente por estabilidad y buena por velocidad de operación		Visibilidad: Mejorable	
Accidentalidad: Cuatro accidentes registrados los últimos 5 años		Estado del firme: Bueno	
Señalización: Correcta	Balizamiento: Correcto	Defensas: Mejorable	
Observaciones: Aprovechando las obras de principios de 2018 se repara la plataforma y se añade arcén y drenaje longitudinal. Transcurre en suelo urbano. Los accidentes son anteriores a la pequeña mejora. Una de las barreras bionda de la margen derecha no está abatida a tierra.			

16+349 a 16+500		Recta nº 9	
Longitud 151 metros			
Velocidad de operación: 68 km/h			
Trazado en planta: Cumple			
Trazado en alzado: Correcto			
Sección transversal: Correcta			
Consistencia: Aceptable		Visibilidad: Aceptable	
Accidentalidad: Sin accidentes registrados los últimos 5 años		Estado del firme: Bueno	
Señalización: Correcta	Balizamiento: Correcto	Defensas: Mejorable	
Observaciones: Aprovechando las obras de principios de 2018 se repara la plataforma. Transcurre en suelo urbano. La barrera bionda de la margen izquierda no está abatida a tierra.			

3. VALORACIÓN DE SOLUCIONES

3.1 INTRODUCCIÓN

Con la ayuda de toda la información recogida y analizada en los anejos previos a este y las fichas de resumen anteriores, se procederá a valorar las posibles soluciones de mejora de la seguridad vial del tramo de estudio.

Tal y como se ha visto, el trazado tiene grandes diferencias entre aquellos tramos que han sido arreglados y aquellos que siguen por corregir. Luego, los tramos ya reparados se van a obviar en las propuestas de alternativa, pero podrán servir como guía para las adecuaciones pertinentes.

Los principales problemas que se han presentado en este Estudio de Seguridad Vial han sido aquellos relacionados con la escasez de arceles, la deficiencia del firme y la falta de consistencia y visibilidad. En consecuencia, las soluciones que se propondrán tendrán como objetivo final la mejora de estos factores.

3.2 DESCRIPCIÓN ACTUACIONES ANTERIORES

Exactamente como se ha señalado anteriormente, se tomará como referencia las obras de mejora realizadas en el tramo del 14+351 a 14+715 (C4-R5-C5), pero primero es interesante conocer en que se basaron.



Figura 1: Captura del tramo antes de mejorar, tomada en 2014



Figura 2: Foto del tramo actual, tomada en 2019

Las figuras anteriores muestran la diferencia del tramo antes y después de las mejoras en el tramo, aunque no se pueden apreciar todos los aspectos que se optimizaron.

En primer lugar, se suavizaron las dos curvas a 152 y 147 metros respectivamente, radios que equivalen a una velocidad de proyecto de 60 km/h según la Norma 3.1-IC. Los taludes fueron suavizados y la sección transversal fue ampliada a 3 metros, pero con un arcén insuficiente al marcado por la Norma (para velocidad de proyecto 60 km/h establece un mínimo de 1 metro, o 0,5 metros para velocidad de proyecto 40 km/h) y unas bermas mínimas sobre las que ubicar la señalización pertinente. Es decir, la sección en planta se adaptó a 60 km/h, pero se mantuvo la misma sección transversal propia de una velocidad de proyecto 40 km/h.

El firme fue reparado fresando la capa de rodadura y añadiendo una nueva.



Figura 3: Detalle restitución capa de rodadura

Finalmente, se dispusieron elementos de drenaje longitudinal en ciertas partes del tramo.

3.3 LISTADO Y EVALUACIÓN DE SOLUCIONES

Es importante mencionar que el último tramo de la carretera que ya ha sido renovado no se va a considerar dentro de esta valoración (15+807 a 16+500); debido a que, en primer lugar, ya ha sido mejorado, y al localizarse en suelo urbano con explotaciones industriales y viviendas contiguas es enrevesado realizar cambios en el trazado, por otro lado, es el tramo que restringe la velocidad de proyecto a 40 km/h.

Los factores que más se valoran a la hora de elegir una solución son el aumento de la consistencia del trazado, haciendo referencia a una uniformidad de las características de la vía, la visibilidad, y la minimización de variaciones de velocidad, aumentando, en medida de lo posible, la velocidad de proyecto.

Bien es sabido que, para la elección de la solución a un problema en el ámbito de la Ingeniería Civil, no son solo los factores técnicos los únicos que se consideran. De este modo, también se consideran los siguientes criterios, aunque cada criterio pueda tener un porcentaje menor o mayor a la hora de tomar una decisión.

- Valoración económica: es uno de los factores más importantes a la hora de evaluar un proyecto, es por eso por lo que se le da un peso del 30% en el análisis multicriterio. El desembolso financiero es de gran importancia y se debe intentar que la solución sea la más económica posible, pero sin

descuidar los criterios técnicos, de calidad y eficacia, luego, no es el único criterio a tener en cuenta.

- Factores técnicos: la mejora de la seguridad vial (elementos técnicos) es el factor principal de este Trabajo Fin de Grado, por lo que es un elemento importante para tener en cuenta y se le da la misma importancia que a la valoración económica.
- Plazo de ejecución: se ha de decir que es un factor importante ya que la afección de las posibles obras repercute en los trayectos que se realizan en el tramo de estudio y en la estructura de costes. No obstante, la desviación del tráfico entre los municipios de la Sénia y Rossell es posible mediante enlaces de caminos y vías agrícolas, y no supone un criterio del mismo peso que los anteriores, por eso se le da un valor del 20%.
- Impacto ambiental: es un factor que no debe pasarse por encima. Es de importancia conocer la alteración que se efectuará en el medio ambiente. A falta de un Estudio de Evaluación de Impacto Ambiental (EIA), para esta valoración se efectuará una evaluación simplificada sobre los posibles impactos ambientales, que en este caso son escasos en la mayoría de las soluciones aportadas y por eso tiene el mismo porcentaje de importancia que el plazo de ejecución.

Así pues, las soluciones de mejora que se valoran son las siguientes:

0. No hacen mejora alguna. Dejar el tramo tal y como está. Esta solución sería válida si tras el Estudio de Seguridad Vial no se hubiera detectado ningún problema, pero, aunque sea la opción más económica de todas, hay razones suficientes que indican la necesidad de obras de mejora.

1. Hacer arreglos puntuales basados en las fichas de resumen de cada tramo, fijándose en los problemas y dándole la solución más apropiada.

2. La solución que se presenta en esta alternativa es la de tomar los criterios utilizados en las obras de mejora del tramo entre 14+545 y 14+482 y aplicarlos para el resto de la carretera, con algunas puntualizaciones.

3. La última alternativa que se contempla es la más ambiciosa de la lista. Se basa en marcar una velocidad de proyecto superior a la actual y similar a la de carreteras próximas (C-70 o C-80) y adecuar la vía y el trazado a las características de este tipo de carretera.



Por último, tomando el listado de soluciones aportado y poniéndolo en balanza sobre una tabla de análisis multicriterio, dónde 5 es la puntuación más favorable y 0 la más desfavorable, la valoración de soluciones queda tal que:

Criterio/ Solución	Económico	Técnico	Plazo	Impacto Ambiental	Valoración
0	5	0	5	5	3,5
1	4	1	4	4	3,1
2	3	4	3	4	3,5
3	1	5	2	3	2,8

Tabla 1: Tabla de análisis multicriterio de soluciones

Como se ve, obviando la Solución 0, es la Solución 2 la que ha obtenido una puntuación más alta, y por lo tanto, es la mejora más óptima. A continuación, se describirá este tipo de actuación, detallando también las puntualizaciones pertinentes.

4. DESCRIPCIÓN DE LA SOLUCIÓN ESCOGIDA

Como ya se ha introducido en el apartado anterior, la solución seleccionada trata de homogenizar los tramos de carretera más deteriorados según los criterios utilizados en aquellas alineaciones ya mejoradas. Concretamente, tomando los criterios de los tramos: Curva 4, Recta 5 y Curva 5, para así proporcionar al conductor una circulación con menos cambios, mejor consistencia y visibilidad.

Para comenzar, las alineaciones del trazado serán recalculadas para una velocidad de proyecto de 60 km/h. Esto afecta a la Curva 1, ya que el radio tiene un valor menor al mínimo marcado por la Norma 3.1-IC de 130 metros. Por otra parte, las rectas que superaban la distancia máxima, con esta implementación sus valores serán todos válidos, ninguna recta supera los 1002 metros de longitud.

En cuanto a la sección transversal, se ha observado una contrariedad en los tramos ya arreglados, y es que, a la hora de optimizar el trazado a una velocidad de proyecto mayor, se han mantenido los mismos anchos de arcenes y bermas que había anteriormente. Esta solución pretende respetar técnicamente la Norma y ser lo más ambiciosa posible dentro de sus restricciones. Es por eso por lo que se opta por añadir arcenes y bermas de 0,5 metros.

Por otra parte, se ha visto que la visibilidad viene limitada por taludes con una alta inclinación y masas de vegetación y conjuntos de árboles muy cercanos a los exteriores de la vía. En esta solución es elemental disminuir estos factores que empeoran la seguridad vial, localizados en el Análisis de la visibilidad del anejo nº 2. Se pretende suavizar aquellos taludes en desmonte que superen el 2V:1H y adaptarlos al menos a esta inclinación, que es la que marca la Norma para aspectos de seguridad sin tener que dotar de elementos de defensa a el tramo conveniente.

Uno de los factores que, como se ha comentado en este trabajo, influyen más en la insuficiente seguridad vial de la carretera es el estado del firme. Se pretende arreglar todas las patologías anotadas en el anejo nº 4 a través de la restitución de la capa de rodadura. Por eso se ha optado por el fresado de la capa de rodadura, saneamiento y reparación de los tramos más afectados, que en este caso son los que no han sido mejorados, para luego añadir una nueva capa de aglomerado tipo AC22 SURF S.

Finalmente, la señalización, balizamiento y defensas se pretenden actualizar acordes a la nueva velocidad de proyecto; y también corregirlas a partir de las anotaciones que se han hecho en el anejo nº 5.