



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Caminos,
Canales y Puertos

Inspección de seguridad viaria entre el p.k. 172+000 y el
p.k. 175+000 de la carretera N-332 en Benissa (Alicante)

Trabajo Fin de Grado

Grado en Ingeniería Civil

AUTOR/A: Carreño Fernandez, Andrea

Tutor/a: Cuadrado Tarodo, Álvaro

CURSO ACADÉMICO: 2022/2023

DOCUMENTO Nº1

MEMORIA

ANEJO Nº1: OBJETIVOS Y ANTECEDENTES

ANEJO Nº2: ANÁLISIS DE TRÁFICO

ANEJO Nº3: ESTUDIO DE TRAZADO GEOMÉTRICO

ANEJO Nº4: SEÑALIZACIÓN Y BALIZAMIENTO. MÁRGENES Y SISTEMAS DE CONTENCIÓN

ANEJO Nº5: DESARROLLO DE ALTERNATIVAS

ANEJO Nº6: FIRMES

ANEJO Nº7: VALORACIÓN ECONÓMICA

ANEJO Nº8: OBJETIVOS DE DESARROLLO SOSTENIBLE DE LA AGENDA 2030 SEGÚN LAS NACIONES UNIDAS

DOCUMENTO Nº2

LOCALIZACIÓN

PLANO DE CONJUNTO. DISTRIBUCIÓN DE HOJAS

PLANTA Y PERFIL LONGITUDINAL DEL TRAZADO

PLANTA Y PERFIL LONGITUDINAL DEL TRAZADO SOBRE ORTOFOTO

SEÑALIZACIÓN

SISTEMAS DE CONTENCIÓN

DOCUMENTO N°1: MEMORIA Y ANEJOS

Autora: Andrea Carreño Fernández

Grado en Ingeniería Civil

Curso: 2022/2023

Tutor: Álvaro Cuadrado Tarodo



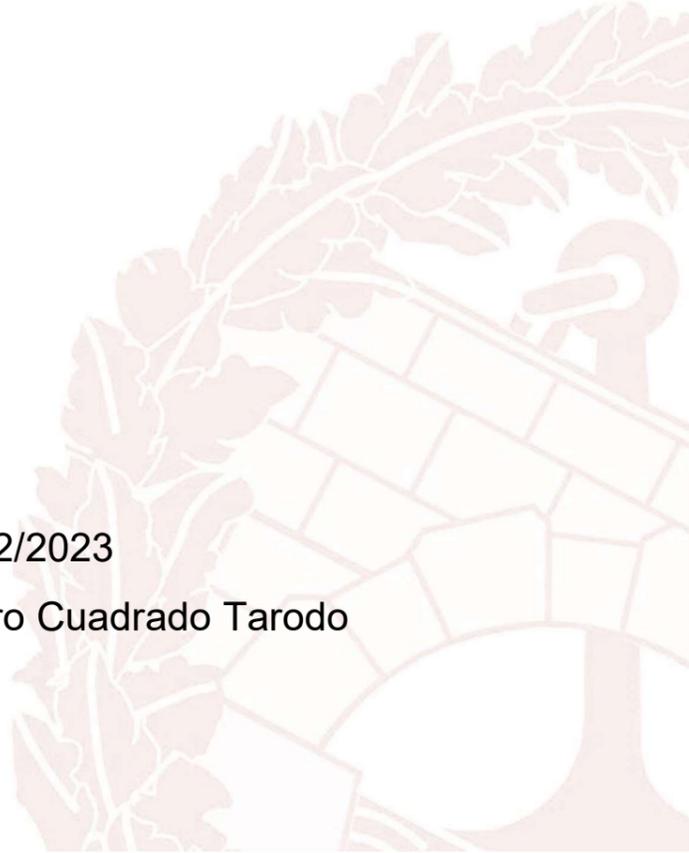
MEMORIA

Autora: Andrea Carreño Fernández

Grado en Ingeniería Civil

Curso: 2022/2023

Tutor: Álvaro Cuadrado Tarodo



ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN	6
2. OBJETIVOS	6
3. ANTECEDENTES	6
4. ANÁLISIS DE TRÁFICO	7
4.1. ACCIDENTALIDAD.....	7
4.2. NIVEL DE SERVICIO	7
5. ESTUDIO DE TRAZADO GEOMÉTRICO.....	8
5.1. TRAZADO EN PLANTA	8
5.2. TRAZADO EN ALZADO.....	9
5.3. COORDINACIÓN DEL TRAZADO EN PLANTA Y ALZADO	9
5.4. ANÁLISIS DE VISIBILIDAD.....	10
6. DESARROLLO DE ALTERNATIVAS.....	10
6.1. PROPUESTAS DE MEJORA DE LA SEÑALIZACIÓN Y BALIZAMIENTO....	¡Error! Marcador no definido.
6.2. PROPUESTAS DE MEJORA DE LOS MÁRGENES Y SISTEMAS DE CONTENCIÓN.....	¡Error! Marcador no definido.
6.3. PROPUESTAS DE MEJORA DEL TRAZADO GEOMÉTRICO.....	12
7. SEÑALIZACIÓN Y BALIZAMIENTO	12
7.1. SEÑALIZACIÓN VERTICAL.....	12
7.2. SEÑALIZACIÓN HORIZONTAL	13
7.3. BALIZAMIENTO	14
8. MÁRGENES Y SISTEMAS DE CONTENCIÓN	14
8.1. TRATAMIENTO DE OBSTÁCULOS Y DESNIVELES	14
8.1. SISTEMAS DE CONTENCIÓN.....	15
9. FIRMES	16
10. VALORACIÓN ECONÓMICA.....	16
11. OBJETIVOS DE DESARROLLO SOSTENIBLE DE LA AGENDA 2030 SEGÚN LAS NACIONES UNIDAS	17
12. CONCLUSIONES.....	17

1. INTRODUCCIÓN

La siniestralidad vial es un problema significativo en la actualidad. Los accidentes de tráfico tienen un impacto enorme en la sociedad. Los costes derivados de los accidentes de tráfico se clasifican en:

- Humanos: pérdida de vidas, de capacidad productiva y sufrimiento físico y psicológico.
- Materiales: daños producidos en los vehículos y su carga, en la vía y en el medio ambiente.
- Sanitarios: primeros auxilios, atención y tratamiento a los heridos, rehabilitación y adaptaciones.
- Administrativos: policía, bomberos y gestión de seguros y servicios.

Según la Dirección General de Tráfico, la tasa de mortalidad de 2021 fue de 32 personas fallecidas por millón de habitantes lo cual representa la séptima tasa más baja de la Unión Europea. Respecto al año 2019, el 52% de todas las personas fallecidas fueron en carreteras convencionales. Actualmente, se están desarrollando acciones que permitan reducir la ocurrencia de estos accidentes ya que la mayoría de los fallecimientos en vías podría haberse evitado. Existen diferentes factores concurrentes en la siniestralidad:

- Factor humano: causa más habitual de accidentes siendo el 93% de los accidentes de tráfico.
- Factor vehículo: asociadas normalmente al mal mantenimiento del automóvil.
- Factor infraestructura: su interacción con el factor humano es responsable de la mayoría de los siniestros viales. Es el ámbito de actuación de los ingenieros civiles.
- Factor tráfico: asociado a la velocidad, volumen y composición del tráfico.
- Factor entorno: condiciones como la meteorología adversa o la iluminación tienen un efecto directo en la seguridad vial.

2. OBJETIVOS

El objetivo de este Trabajo de Fin de Grado es la identificación de los elementos que guardan relación con la seguridad vial entre el p.k. 172+000 y el p.k. 175+000 de la carretera N-332 en Benissa (Alicante). Para ello, se han examinado diversos elementos del tramo como el trazado geométrico, la visibilidad, la señalización y los sistemas de contención.

Tras el análisis, se han planteado diferentes actuaciones de mejora para asegurar la seguridad vial de todos los individuos incluido los usuarios vulnerables y así crear un entorno confortable, tranquilo y seguro.

3. ANTECEDENTES

La N-332 es una carretera nacional de la Red de Carreteras del Estado que recorre la costa este del país a lo largo del Mar Mediterráneo. Esta vía se caracteriza por permitir la conexión y el transporte de Almería con Cartagena, Alicante y Valencia.

La Figura 1 indica la localización del tramo de estudio. La densidad de tráfico de esta carretera es importante ya que atraviesa diferentes destinos turísticos. Por esta misma razón, el tramo ha presentado ciertos problemas en materia de seguridad vial.



Figura 1. Localización de la zona de estudio (Fuente: Elaboración propia)

Se han llevado a cabo reformas en la zona para reducir el número de accidentes y la congestión del tráfico. En las proximidades del área de actuación se ha efectuado la construcción de la variante de Benissa.

4. ANÁLISIS DE TRÁFICO

4.1. ACCIDENTALIDAD

Se han analizado los datos de accidentalidad de los últimos 13 años (Gráfico 1). De un total de 26 accidentes con víctimas ha habido 31 heridos leves. Cabe destacar que en 2017 se produjo el único accidente mortal.

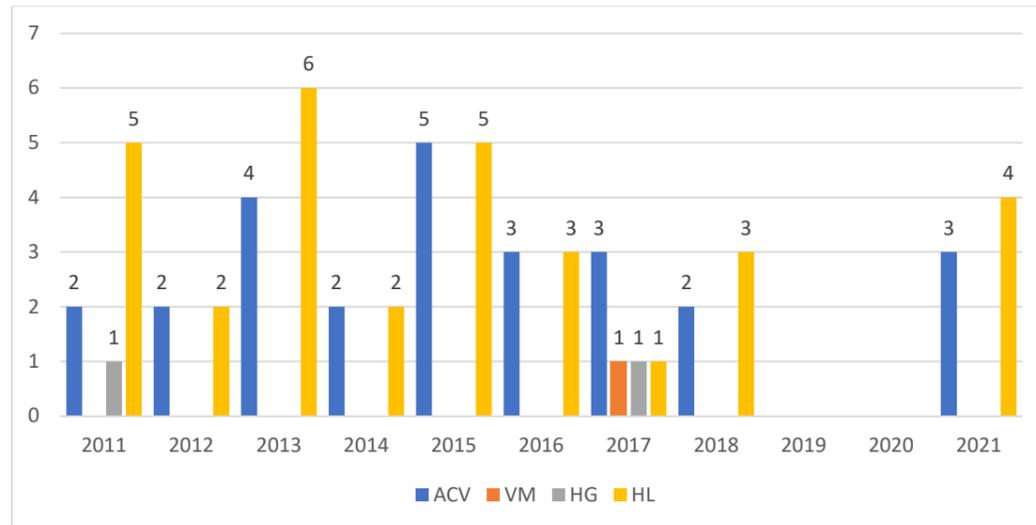


Gráfico 1. Evolución anual de accidentes de tráfico en el tramo de estudio (Fuente: Elaboración propia)

Además, los datos del Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana indican una mayor concentración de accidentes en el último p.k. del tramo de estudio con un total de 16 accidentes con víctimas y una víctima mortal.

A partir de los parámetros de la estación de cobertura A-215-3 en p.k. 176+100 se ha determinado la IMD de la N-332. Estos valores se han mantenido prácticamente constante hasta 2020 donde el volumen de vehículos disminuyó abruptamente debido a la pandemia COVID-19. Por esta razón, la IMD del año 2023 se ha considerado equivalente a la de 2019 de 12126 vehículos diarios.

Para el cálculo de esta variable se ha utilizado la siguiente expresión:

$$IMD = IMD_i * (1 + p)^n$$

Siendo:

- IMD : Intensidad media de vehículos en el año final de la serie de datos.

- IMD_i : Intensidad media de vehículos en el año origen.

- p : Porcentaje de crecimiento anual del tráfico en tanto por uno.

- n : Años transcurridos entre el año origen y el año final que se quiere estimar.

Según la Orden FOM/3317/2010, el valor del porcentaje de crecimiento anual es del 1,44%. Por lo tanto, para el año de puesta en servicio (2025) y año horizonte (2045), se obtiene:

$$IMD_{2025} = 12126 * \left(1 + \frac{1,44}{100}\right)^{2025-2023} = 12478 \text{ veh/día}$$

$$IMD_{2025} = 12126 * \left(1 + \frac{1,44}{100}\right)^{2045-2025} = 16608 \text{ veh/día}$$

Asimismo, se ha realizado una encuesta a 14 vecinos con el fin de examinar la seguridad vial del área de actuación. Se ha destacado la presencia de varios obstáculos en los márgenes de la carretera (arbolado, estructuras, ...) y el radio de giro de la primera curvatura.

4.2. NIVEL DE SERVICIO

El cálculo del nivel de servicio se base en la metodología del Manual de Capacidad *Highway Capacity Manual 6th edition (HCM, 2016)*. El tramo de estudio se ha clasificado como Clase II ya que se trata de una carretera de carácter turístico donde los conductores no esperan viajar necesariamente a velocidades elevadas.

A continuación, se han realizado diversas hipótesis:

-Reparto por sentidos en hora punta del 60/40.

-Porcentaje de tramos de prohibición de adelantamientos del 80%.

-Porcentaje de vehículos pesados de 6,4%.

-Terreno llano.

En este caso, el tiempo que se está en cola de otro vehículo, en inglés, Percent Time Speed Following (PTSF) permite establecer el nivel de servicio del tramo.

Para el año actual 2023, el nivel de servicio es D en el sentido creciente de los p.k. y C en el sentido decreciente de los p.k. Por consiguiente, el funcionamiento de la carretera es correcto ya que al haber cierta densidad en el tráfico se genera una reducción en la velocidad de operación. Los resultados no varían dos años después, sin embargo, se considera necesaria la aplicación de actuaciones de mejora ya que para 2045 el nivel de servicio disminuye siendo E en el sentido creciente de los p.k. y D en el sentido decreciente de los p.k.

5. ESTUDIO DE TRAZADO GEOMÉTRICO

El diseño de la carretera se ha realizado mediante la herramienta AutoCAD Civil 3D. A continuación, se analizan los parámetros expuestos en la Norma 3.1-IC Trazado de la Instrucción de Carreteras del Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana aprobada por la Orden FOM/273/2016 de 19 de febrero. Se ha establecido una velocidad de proyecto (V_p) de 80 km/h. La carretera se ha clasificado como una C-80.

5.1. TRAZADO EN PLANTA

El trazado está formado por 11 alineaciones rectas, 10 curvas circulares y, por consiguiente, 20 clotoides. La Tabla 1 indica el criterio para longitudes mínimas y máximas de este tipo de carreteras.

V_p (km/h)	$L_{min,s}$ (m)	$L_{min,o}$ (m)	L_{max} (m)
80	111	222	1336

Tabla 1. Longitudes mínima y máxima recomendables en alineaciones rectas (Fuente: Norma 3.1-IC)

En total siete rectas tienen un valor inferior al mínimo establecido siendo cuatro de ellas trazados en "S".

Respecto a las curvas circulares, el radio mínimo para una C-80 es de 265 metros, sin embargo, la mitad de ellas no respetan la normativa. Destaca la presencia de una curvatura de radio 75 metros lo cual correspondería a una carretera con una velocidad de proyecto de entre 40 y 50 km/h.

La totalidad de curvas circulares satisfacen las siguientes limitaciones:

- Limitación de la variación de la aceleración centrífuga en el plano horizontal.
- Limitación por transición del peralte.
- Limitaciones por condiciones de percepción visual.

Las rectas intermedias del trazado tienen rectas intermedias de longitud no superior a 400 metros, por lo tanto, tienen que ajustarse a la relación entre radios de curvas circulares consecutivas (Figura 2).

Donde:

- R_1 : Radio de entrada (m).
- R_2 : Radio de salida (m).

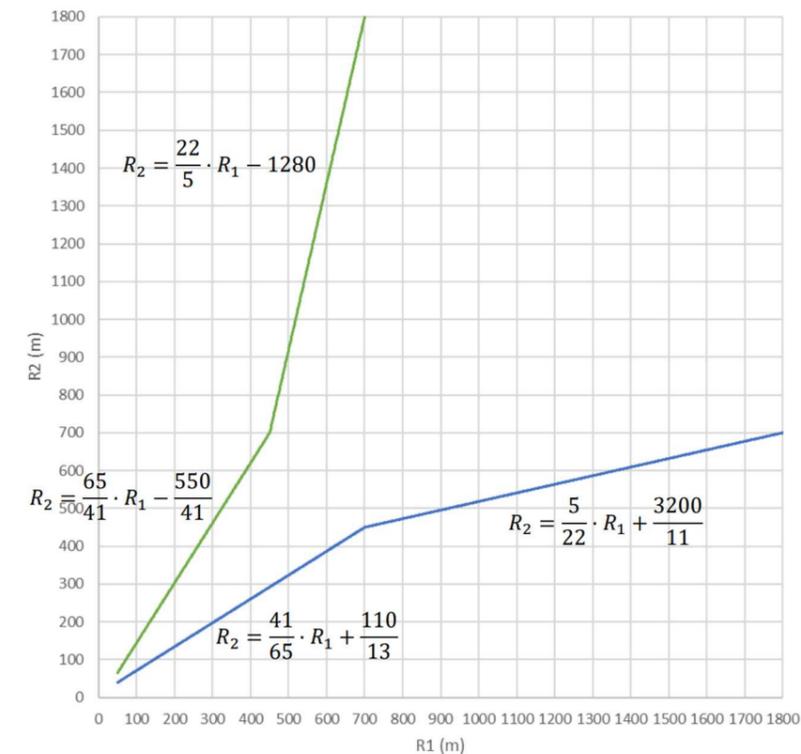


Figura 2. Relación entre radios de curvas circulares consecutivas con recta intermedia de longitud menor o igual a 400 m (Fuente: Norma 3.1-IC)

No se ha encontrado ningún incumplimiento de esta condición.

5.2. TRAZADO EN ALZADO

La inclinación es un factor de gran valor para el trazado en alzado. La inclinación no debe ser superior al cinco por ciento y excepcionalmente al siete por ciento para no penalizar en exceso la funcionalidad de la vía. Asimismo, para garantizar el drenaje en la obra lineal la rasante debe ser superior a cinco décimas por ciento y excepcionalmente a dos décimas por ciento.

En la Tabla 2 se concluye que todas las rasantes respetan esta pauta.

Número de elemento	Tipo de elemento	P.K. inicial (m)	P.K. final (m)	Longitud (m)	Pendiente	Pendiente
1	Rasante	0	210.33	210.327	4.92%	CUMPLE
3	Rasante	371.65	1274.74	903.095	2.83%	CUMPLE
5	Rasante	1527.42	1807.75	280.325	4.56%	CUMPLE
7	Rasante	1953.49	2126.03	172.547	2.84%	CUMPLE
9	Rasante	2252.57	2546.01	293.439	4.94%	CUMPLE
11	Rasante	2675.74	2745.24	69.5	-0.70%	CUMPLE
13	Rasante	2853.03	2997.06	144.03	4.94%	CUMPLE

Tabla 2. Análisis de la inclinación de las rasantes del tramo de estudio (Fuente: Elaboración propia)

Se ha realizado una comprobación de las curvas de acuerdo vertical. Para las consideraciones de visibilidad los valores mínimos de los parámetros son:

-Acuerdos convexos:

$$K_v(m) \text{ Adelantamiento} = 2300 \text{ m.}$$

$$K_v(m) \text{ Parada} = 3100 \text{ m.}$$

-Acuerdos cóncavos:

$$K_v(m) \text{ Adelantamiento} = 3000 \text{ m.}$$

$$K_v(m) \text{ Parada} = 5400 \text{ m.}$$

Todos los acuerdos verticales se ajustan a este requisito salvo el último acuerdo cóncavo entre el p.k. 174+745 y el p.k. 174+853 con un parámetro de la parábola (K_v) de 1911,5 m.

Por otro lado, se ha establecido una longitud mínima para evitar la aparición de codos ópticos en la perspectiva:

$$L \geq V_p$$

Donde:

-L: Longitud de la curva de acuerdo (m).

- V_p : Velocidad de proyecto (km/h).

Todos los acuerdos del área tienen una longitud superior o igual a 80 metros.

5.3. COORDINACIÓN DEL TRAZADO EN PLANTA Y ALZADO

En la Tabla 3 se han identificado dos situaciones que afectan significativamente la percepción del conductor:

-Situaciones combinadas en el p.k. 174+543.

-Pérdida de trazado en el p.k. 174+646.

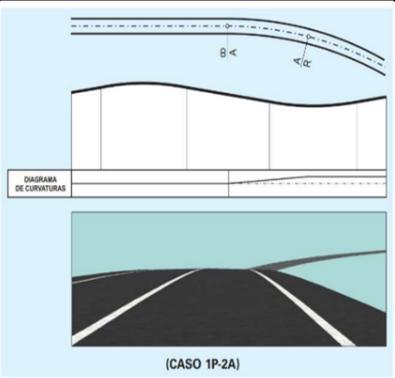
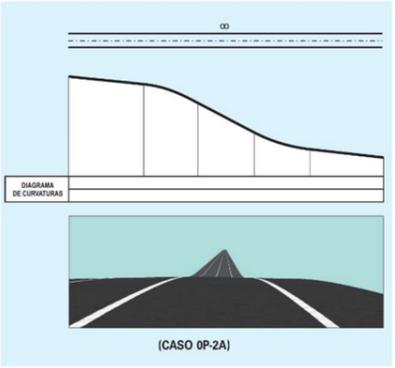
P.K. (sentido creciente)	Detalle	Norma 3.1-IC Esquema de situaciones combinadas
174+543		
174+646		

Tabla 3. Situaciones que afectan la percepción del usuario en el tramo de estudio (Fuente: Elaboración propia)

5.4. ANÁLISIS DE VISIBILIDAD

Se ha ejecutado un informe de visibilidad para la ida y vuelta del tramo de estudio. En el Gráfico 2 se advierte una franja con visibilidad deficiente entre el p.k. 174+535 y el p.k. 174+565 en el sentido creciente de los p.k.

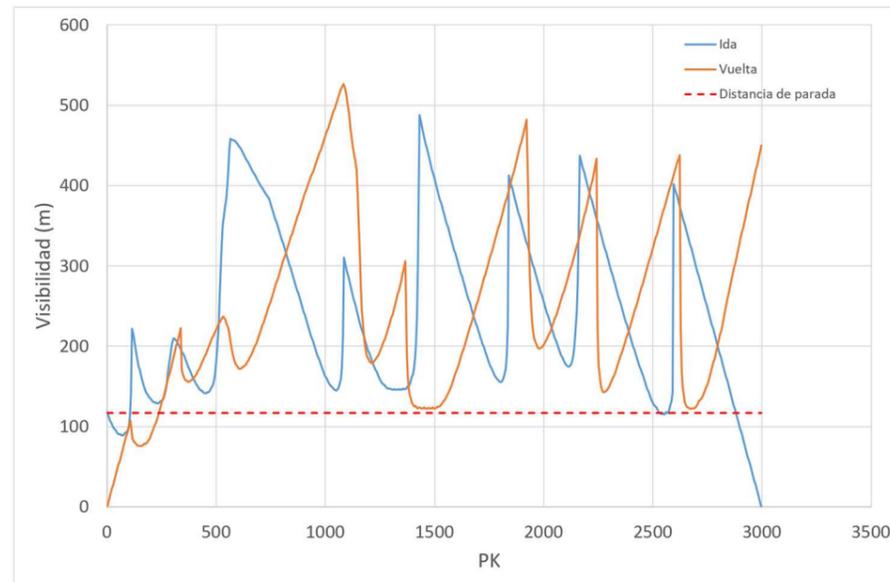


Gráfico 2. Comparación de la visibilidad con la distancia de parada del tramo de estudio (Fuente: Elaboración propia)

6. DESARROLLO DE ALTERNATIVAS

En el “Anejo N°5: Desarrollo de alternativas” se describen las actuaciones de mejora planteadas entre el p.k. 172+000 y el p.k. 175+000 con el fin de mejorar la seguridad vial.

6.1. PROPUESTAS DE MEJORA DE LA SEÑALIZACIÓN Y BALIZAMIENTO

La nueva señalización se indica en el “Plano 5: Señalización” del Documento N°2. Se modificará la posición de diferentes señales para satisfacer los criterios de la Norma 8.1-IC:

- La señal S-50a en el p.k. 172+009 (sentido creciente) se trasladará al p.k. 171+709 para advertir al usuario la adicción de un nuevo carril.
- La separación entre elementos debe ser de por lo menos 50 metros por lo que la señal P-13b en el p.k. 173+185 (sentido creciente) se colocará en el p.k. 173+154.

Se ha optado por eliminar las señales P-21 en el p.k. 173+153 (sentido creciente) y en el p.k. 173+500 (sentido decreciente) ya que no se ha encontrado ningún establecimiento en los alrededores del tramo de estudio.

En el “Anejo N°4: Señalización y Balizamiento. Márgenes y Sistemas de Contención” se expone la presencia de dos tramos entre prohibiciones de adelantamiento que no cumplen los principios del epígrafe 3.2.3 de la Norma 3.1-IC. Por consiguiente, se han realizado las siguientes medidas:

-Para el tramo entre el p.k. 173+677 y p.k. 173+878 (sentido decreciente):

- Eliminación de la marca longitudinal discontinua.
- Eliminación de la señal R-502.
- Eliminación de las dos señales R-305.

-Para el tramo entre el p.k. 174+440 y 174+615 (sentido decreciente):

- Eliminación de la marca longitudinal discontinua.
- Eliminación de la señal R-502.
- Eliminación de las dos señales R-305.

Asimismo, se colocará un cartel retroreflectante en el p.k. 171+620 para advertir del nivel de peligrosidad de las primeras curvas del tramo (Figura 3).



Figura 3. Cartel retroreflectante de precaución en el p.k. 171+620 del tramo de estudio (Fuente: Elaboración propia)

Para la señalización de las curvas se emplearán los paneles de balizamiento de curvas del Apéndice N°3 del “Anejo N°4: Señalización y Balizamiento. Márgenes y Sistemas de Contención” para ambos sentidos de circulación.

Por último, se sustituirán dos balizas cilíndricas CH-75 ubicadas en el p.k. 172+507 y cinco hitos de arista que se encontraban en malas condiciones.

6.2. PROPUESTAS DE MEJORA DE LOS MÁRGENES Y SISTEMAS DE CONTENCIÓN

Las cunetas actuales presentan un riesgo potencial para los usuarios de la vía, por lo tanto, se implantarán cunetas de seguridad en las siguientes franjas:

-Lado izquierdo:

-Entre el p.k. 172+656 y el p.k. 172+807.

-Lado derecho:

-Entre el p.k. 172+376 y el p.k. 172+430.

-Entre el p.k. 172+547 y el p.k. 172+674.

-Entre el p.k. 172+688 y el p.k. 172+880.

-Entre el p.k. 172+891 y el p.k. 173+133.

Además, se instalarán rejillas adaptadas al trazado en tres arquetas ubicadas en el p.k. 172+358, en el p.k. 173+931 y en el p.k. 174+363 y en dos tubos pasacunetas desprotegidos en el p.k. 173+645 y en el p.k. 174+501.

En la Figura 4 se muestra el dispositivo propuesto para la protección de 17 pasos salvacunetas. Estos objetos son capaces de soportar los esfuerzos generados por el impacto de un vehículo y son compatibles para los usuarios más vulnerables.



Figura 4. Dispositivo para protección de paso salvacuneta (Fuente: Cidro)

Con el objetivo de reducir la gravedad de un accidente por salida de vía, se han instalado barreras de seguridad H1 en las siguientes ubicaciones:

-Entre el p.k. 174+014 y el p.k. 174+137.

-Entre el p.k. 174+412 y el p.k. 174+554.

-Entre el p.k. 174+570 y el p.k. 174+612.

-Entre el p.k. 174+498 y el p.k. 174+740.

También se ha dispuesto de una barrera entre el p.k. 174+785 y el p.k. 174+809 para eliminar la separación entre los dos sistemas de contención consecutivos.

Por otra parte, se aplicarán barreras de motociclistas:

-Entre el p.k. 174+220 y el p.k. 174+264.

-Entre el p.k. 174+757 y el p.k. 174+875.

En el área de actuación se han corregido seis extremos de las barreras de seguridad para que no impliquen un peligro adicional para la seguridad vial.

6.1. PROPUESTAS DE MEJORA DEL TRAZADO GEOMÉTRICO

El acceso canalizado en T sin semaforizar en el p.k. 172+507 presenta varios conflictos de tráfico (Figura 5):

- Dos conflictos de divergencia.
- Dos conflictos de convergencia.
- Tres conflictos de cruce.

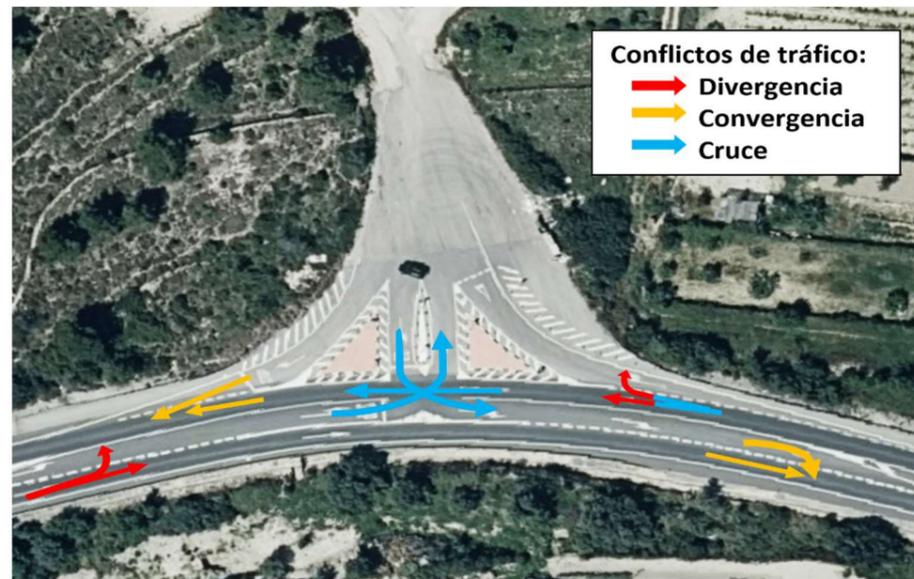


Figura 5. Conflictos de tráfico del acceso en T en el p.k. 172+504 (Fuente: Elaboración propia)

Los usuarios que se incorporan a la vía principal mediante un giro a derecha conducen en condiciones de baja visibilidad debido a la oblicuidad del giro. El ángulo muerto generado no les permite identificar la aparición de otro vehículo en la carretera principal mediante el uso de los retrovisores o girando ligeramente la cabeza. Por ello, se ha propuesto la construcción de un carril de aceleración

Asimismo, debido a la sinuosidad del trazado es importante proporcionar la máxima visibilidad posible a través de labores de desbroce.

- Eliminación del árbol en el p.k. 172+117.

-Poda de la vegetación:

- Entre el p.k. 172+370 y el p.k. 172+500.
- Entre el p.k. 173+343 y el p.k. 173+405.
- Entre el p.k. 173+735 y el p.k. 173+772.
- Entre el p.k. 174+619 y el p.k. 174+656.

7. SEÑALIZACIÓN Y BALIZAMIENTO

7.1. SEÑALIZACIÓN VERTICAL

Entre el p.k. 172+000 y el p.k. 175+000 se han identificado varias infracciones de la Norma 8.1-IC del Ministerio de Fomento aprobada por la Orden FOM 534/2014 del 20 de marzo de 2014. En el Apéndice N°1 del "Anejo N°4: Señalización y Balizamiento. Márgenes y Sistemas de Contención" se indica la ubicación y tipología de la señalización vertical actual.

Para la instalación de la señalización vertical diversos criterios deben cumplirse: posición longitudinal, posición transversal, altura y orientación. Estas condiciones aseguran que el conductor pueda percibir las adecuadamente y actuar en consecuencia.

La normativa establece que la separación entre señales debe ser de por lo menos 50 metros para asegurar su legibilidad y comprensibilidad. Sin embargo, en la Figura 6 se han observado tres señales con una separación insuficiente en el p.k. 173+153, el p.k. 173+185 y el p.k. 173+204 (sentido creciente).



Figura 6. Posición longitudinal de P-21, P-13b y R-301 en el tramo de estudio (Fuente: Elaboración propia)

En relación con las señales de limitación de velocidad se han percibido incumplimientos de la normativa. En la Figura 7 se advierte una señal R-301 parcialmente oculta por la vegetación en el p.k. 173+747 (sentido decreciente)



Figura 7. Señal R-301 en el p.k. 173+747 del tramo de estudio (Fuente: Elaboración propia)

Por otro lado, en el “Anejo N3: Estudio de trazado geométrico” se señala la peligrosidad de la primera curva. No obstante, la señal R-301 en el p.k. 172+297 (sentido decreciente) indica como velocidad máxima 80 km/h lo cual no correspondería con el trazado de la vía. Por esta misma razón, la señal S-991a en el p.k. 172+151 de misma limitación no se consideraría eficiente.

Asimismo, se ha notificado la presencia de dos señales R-502 en el p.k. 173+125 y p.k. 174+615 donde el conductor puede realizar adelantamientos en curvas de reducida visibilidad. La ejecución de esta maniobra atentaría con la seguridad de los usuarios de la vía.

7.2. SEÑALIZACIÓN HORIZONTAL

Para el análisis de este apartado se ha empleado la Norma 8.2-IC sobre marcas viales del Ministerio de Fomento aprobada por la Orden del 16 de julio de 1987. Cabe destacar que no se ha hallado ninguna discrepancia entre las marcas viales y la señalización vertical.

De acuerdo con la Norma 3.1-Trazado de la Instrucción de Carreteras, cuando entre dos prohibiciones de adelantamiento el tramo de marca vial discontinua sea de una longitud inferior a la marcada en la Tabla 4, se unirán ambas prohibiciones.

V_p (km/h)	40	50	60	70	80	90	100
D_{a2} (m)	150	180	220	260	300	340	400

Tabla 4. Valores D_{a2} para finalizar la prohibición de adelantar (Fuente: Norma 3.1-IC)

Donde:

- V_p : Velocidad de proyecto del tramo considerado.

- D_a : Distancia de adelantamiento, la distancia necesaria para que un vehículo pueda adelantar a otro que circula a menor velocidad, en presencia de un tercero que circula en sentido opuesto.

En el tramo de estudio se han identificado dos franjas que no cumplen esta condición. La velocidad máxima señalizada es de 80 km/h y, por ende, la distancia de adelantamiento correspondería a 300 metros. Sin embargo, entre el p.k. 173+677 y p.k. 173+878 (sentido decreciente) solo se dispone de 175 metros y de 200 metros entre el p.k. 174+440 y el p.k. 174+615 (sentido decreciente).

7.3. BALIZAMIENTO

El balizamiento de las carreteras juega un papel esencial en la seguridad vial. Para el acceso en T en el p.k. 172+507 se han utilizado balizas cilíndricas y un hito de vértice. Estos elementos se caracterizan por ser capaces de recuperar su forma inicial en caso de impacto. Sin embargo, en la Figura 5 se observan varias señales en mal estado.



Figura 5. Balizas CH-75 en el p.k. 172+507 del tramo de estudio (Fuente: Elaboración propia)

Además, se han advertido cinco hitos de arista en malas condiciones debido a colisiones pasadas.

Por otro lado, una gran problemática del tramo es la errónea interpretación del grado de peligrosidad de las curvas:

- Panel sencillo: peligrosidad moderada.
- Panel doble: peligrosidad media.
- Panel triple: peligrosidad elevada.

Para su estudio se ha utilizado la metodología de la Norma 8.1-IC. La Tabla 5 muestra el balizamiento a utilizar en función de la diferencia entre las velocidades V_a y V_2 .

Siendo:

- V_a : velocidad de aproximación.
- V_2 : velocidad de recorrido de la curva a balizar.

$V_a - V_2$	Panel		Señales
Entre 15km/h y 30 km/h	Simple		P-13 o P-14
Entre 30km/h y 45 km/h	Doble		P-13 o P-14 + S-7
Más de 45 km/h	Triple		P-13 o P-14 + 2 S-7

Tabla 6. Balizamiento de la curva (Fuente: Norma 8.1-IC)

En el Apéndice N°3 del “Anejo N°4: Señalización y Balizamiento. Márgenes y Sistemas de Contención” se comprueba que en ninguna curva de la zona se ha ejecutado un balizamiento correcto siendo el umbral de riesgo percibido menor que el objetivo, por lo tanto, el conductor asume un nivel de riesgo menor y es menos prudente. La probabilidad de accidente es mayor.

8. MÁRGENES Y SISTEMAS DE CONTENCIÓN

Para el estudio de los márgenes y sistemas de contención se ha utilizado la Orden Circular 35/2014 sobre los Criterios de Aplicación de Sistemas de Contención de Vehículos

8.1. TRATAMIENTO DE OBSTÁCULOS Y DESNIVELES

En la actualidad los accidentes por salida de vía son los más frecuentes en las carreteras españolas. Por consiguiente, la presencia de ciertos obstáculos puede alterar la seguridad viaria.

Hay un problema generalizado en las cunetas del área de actuación ya que tienen un talud inferior a 6:1. Su inclinación no permite utilizarlos como zona adicional para recuperar el control del vehículo.

Además, gran parte de los accesos disponen de pasos salvacunetas para dar continuidad al drenaje longitudinal. No obstante, ninguno de estos objetos está protegido por sistemas de contención frente al impacto por salida de vía (Figura 6).



Figura 6. Paso salvacuneta en el p.k. 174 del tramo de estudio (Fuente: Elaboración propia)

Esta misma situación sucede con dos tubos pasacunetas desprotegidos en el p.k. 173+645 y en el p.k. 174+501 donde los automóviles corren el peligro de encajar alguna de sus ruedas y volcar. Se notifica la existencia de tres arquetas sin rejilla en los márgenes de la carretera que representan un riesgo potencial de tráfico.

Asimismo, se han encontrado cinco infraestructuras en los márgenes de la plataforma que suponen un riesgo de accidente grave. De acuerdo con la normativa, la velocidad de proyecto es superior a 60 km/h y se cumplen las siguientes pautas:

- Elementos en los que el impacto produzca la caída de objetos de grandes dimensiones.
- Obstáculos donde el choque del vehículo pueda producir daños graves en la estructura de un edificio.

Entre el p.k. 174+498 y el p.k. 174+740 se ha hallado un desmante prácticamente vertical cuya presencia impide una circulación en condiciones de comodidad y seguridad.

8.1. SISTEMAS DE CONTENCIÓN

La normativa establece que entre dos tramos consecutivos del sistema de contención de vehículos debe haber un espacio superior a 50 metros sin contabilizar los extremos salvo razón justificada. En la Figura 8 se observa una separación de 24 metros entre las dos barreras de seguridad consecutivas.



Figura 8. Separación incorrecta de barreras de seguridad entre el p.k. 174+785 y el p.k. 174+809 (Fuente: Elaboración propia)

Por otro lado, los abatimientos de estos sistemas de contención deben ser suaves y redondeados. Se distinguen varias terminaciones ejecutadas incorrectamente (sin enterrar) que suponen un peligro adicional para los vehículos que choquen con ellos:

- p.k. 172+268.
- p.k. 173+264.
- p.k. 174+219.
- p.k. 174+628.
- p.k. 174+732.
- p.k. 174+746.

9. FIRMES

La calidad del pavimento se determina mediante diferentes métodos: análisis de la resistencia al deslizamiento, las deformaciones y la resistencia al deslizamiento. Al no disponer de los medios disponibles, se ha realizado una inspección visual del tramo de estudio.

No se ha encontrado ningún deterioro entre el p.k. 172+000 y el p.k. 175+000. Cabe destacar que en 2015 el Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana realizó una rehabilitación superficial del firme.

Por otra parte, en el "Anejo N°5: Desarrollo de alternativas" se ha planteado la construcción de un carril de aceleración por lo que será necesaria el dimensionamiento de una nueva explanada y firme. A partir del Visor cartográfico de la Generalitat, se han obtenido los datos geotécnicos necesarios.

Tras emplear el procedimiento de la Norma 6.1-IC Secciones de Firmes, se ha optado por la alternativa 221:

-25 cm de Mezclas bituminosas.

-25 cm de Zahorra artificial.

La Figura 9 muestra la composición final del firme:

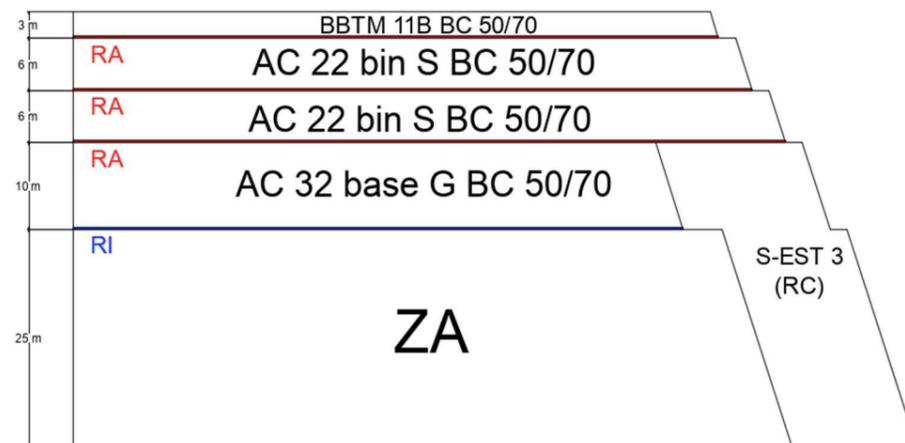


Figura 9. Sección del firme (Fuente: Elaboración propia)

10. VALORACIÓN ECONÓMICA

CAPÍTULO 1: DEMOLICIONES.....	5.456,78€
CAPÍTULO 2: MOVIMIENTO DE TIERRAS.....	5.493,52€
CAPÍTULO 3: FIRMES.....	33.282,9€
CAPÍTULO 4: SEÑALIZACIÓN.....	3.812,27€
CAPÍTULO 5: BALIZAMIENTO Y SISTEMAS DE CONTENCIÓN.....	29.224,83€
CAPÍTULO 6: DRENAJE.....	38.583,38€
CAPÍTULO 7: GESTIÓN DE RESIDUOS.....	7.999,17€
CAPÍTULO 8: SEGURIDAD Y SALUD.....	3.600€
<hr/>	
PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN MATERIAL (PEM).....	127.252,84€
13% GASTOS GENERALES.....	16.542,87€
6% BENEFICIO INDUSTRIAL.....	7.635,17€
<hr/>	
TOTAL.....	151.430,88€
21% IVA.....	31.800,49€
TOTAL.....	183.231,37€

Asciende el **Presupuesto Base de Licitación** a la expresada cantidad de CIENTO OCHENTA Y TRES MIL DOSCIENTOS TREINTA Y UN EUROS CON TREINTA Y SIETE CÉNTIMOS (183.231,37€).

11. OBJETIVOS DE DESARROLLO SOSTENIBLE DE LA AGENDA 2030 SEGÚN LAS NACIONES UNIDAS

Las Naciones Unidas aprobaron la Agenda 2030 donde se plantean 17 objetivos con 169 metas que abarcan las esferas económica, social y ambiental. Esta inspección de seguridad viaria tiene una alta afinidad con cuatro Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS):

- ODS 3. Salud y bienestar:** Reducir a la mitad el número de muertes y lesiones por accidentes de tráfico.
- ODS 9. Industria, innovación e infraestructura:** Desarrollar infraestructuras fiables, sostenibles, resilientes y de calidad con el fin de brindar acceso para todos.
- ODS 11. Ciudades y comunidades sostenibles:** Proporcionar acceso a sistemas de transporte seguros para mejorar la seguridad vial.
- ODS 16. Paz, justicia e instituciones sólidas:** Reducir todas las formas de violencia y las correspondientes tasas de mortalidad en todo el mundo.

12. CONCLUSIONES

Tras completar una detallada inspección de seguridad viaria entre el p.k. 172+000 y el p.k. 175+000 de la N-332, se ha hallado la presencia de diferentes elementos que guardan relación con la seguridad de los usuarios de la vía. Los resultados del análisis de la accidentalidad revelan que las actuaciones de mejora deberán centrarse en el último p.k. del tramo de estudio.

La propuesta de medidas se ha centrado principalmente en el refuerzo de la señalización vertical y de los sistemas de contención. La implementación de estas recomendaciones contribuirá a la reducción de accidentes y a la mejora general de la seguridad vial.

fecha: agosto de 2023

Autor del Proyecto: Andrea Carreño Fernández

Fdo:

