



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS
DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS

TRABAJO DE FIN DE GRADO

*INSPECCIÓN DE LA SEGURIDAD Y DEFINICIÓN DE LAS
ACTUACIONES DE MEJORA DE LA N-340 ENTRE PK 963+400 Y
EL PK 965+700 DE LA CARRETERA N-340 EN VILLARREAL
(CASTELLÓN)*

GRADO EN INGENIERÍA DE OBRAS PÚBLICAS

AUTOR: DANIEL PICAZO CORMA

*TUTOR: ÁLVARO CUADRADO TARODO
CURSO ACADÉMICO 2018/2019
JUNIO DE 2019*



Índice general

1. Documento nº1: Memoria

ANEJO 01. CARTOGRAFÍA

ANEJO 02. ESTUDIO DE TRÁFICO

ANEJO 03. ACCIDENTALIDAD

ANEJO 04. SECCIÓN TRANSVERSAL

ANEJO 05. TRAZADO EN PLANTA

ANEJO 06. ACCESOS

ANEJO 07. SISTEMAS DE CONTENCIÓN

ANEJO 08. SEÑALIZACIÓN Y MARCAS VIALES

ANEJO 09. ACTUACIONES DE MEJORA EN LOS SISTEMAS DE CONTENCIÓN

ANEJO 10. CONTROL DE ACCESOS

ANEJO 11. ACTUACIONES DE MEJORA EN EL TRAZADO

ANEJO 12. ACTUACIONES DE MEJORA EN LA SEÑALIZACIÓN Y MARCAS
VIALES

2. Documento nº2: Planos

3. Documento nº3: Presupuesto estimativo



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



Documento nº1: Memoria

*INSPECCIÓN DE LA SEGURIDAD Y DEFINICIÓN DE LAS ACTUACIONES DE
MEJORA DE LA N-340 ENTRE PK 963+400 Y EL PK 965+700 DE LA CARRETERA
N-340 EN VILLARREAL (CASTELLÓN)*

AUTOR: DANIEL PICAZO CORMA

TUTOR: ÁLVARO CUADRADO TARODO



Índice

Glosario

1. Introducción

2. Situación actual y emplazamiento

3. Datos de la carretera

4. Trabajos previos

4.1. Cartografía

4.1.1. Vuelo lidar

4.1.2. Ortofotografía

4.2. Estudio de tráfico

4.2.1. Análisis de la IMD

4.2.2. Prognosis del tráfico en el año horizonte

4.3. Accidentalidad

4.3.1. Punto negro en el tramo estudiado

4.3.2. Índices de accidentalidad

5. Análisis de la situación actual del tramo objeto de estudio

5.1. Análisis de la sección transversal

5.2. Análisis del trazado en planta

5.2.1. Análisis del tramo `A´

5.2.2. Análisis del tramo `B´

5.3. Análisis de los accesos

5.4. Análisis de los sistemas de contención

5.5. Análisis de la señalización



6. Actuaciones de mejora propuestas

- 6.1. Actuaciones de mejora en los sistemas de contención
- 6.2. Control de accesos
- 6.3. Actuaciones de mejora en el trazado
- 6.4. Actuaciones de mejora en la señalización y marcas viales

7. Bibliografía



Glosario

Lidar: es un sistema que permite obtener una nube de puntos del terreno tomándolos mediante un escáner láser aerotransportado (ALS).

Intensidad Media Diaria: Número total de vehículos que pasan por una sección transversal de la carretera durante un año, dividido por el número de días del año.

Nivel de servicio: es una valoración de la calidad de la circulación por parte de los usuarios.

Punto negro: es aquel emplazamiento perteneciente a una calzada de una red de carreteras, en el que durante un año natural se hayan producido 3 o más accidentes con víctimas, con una separación máxima entre uno y otro de 100 metros.

Tramo de concentración de accidentes: son aquellos tramos de la red que presentan una frecuencia de accidentes significativamente superior a la media de tramos de características semejantes.

Recta de longitud limitada: es aquella alineación recta situada entre dos alineaciones curvas que condicionan la velocidad máxima alcanzable en ella.

Pretil: es un sistema de contención de vehículos, funcionalmente análogo a las barreras de seguridad, pero específicamente diseñado para su instalación en bordes de tableros de puentes y obras de paso, coronaciones de muros de sostenimiento y obras similares.

Pictograma: dibujo o signo gráfico que expresa un concepto relacionado materialmente con el objeto al que se refiere.

Enlace: es el término que se usa en el área del transporte por carretera para definir las intersecciones de dos o más carreteras en la que al menos una de ellas tiene un paso a distinto nivel.



1. Introducción

Según la OMS (Organización Mundial de la Salud), cada año mueren cerca de 1,3 millones de personas en las carreteras del mundo entero, y entre 20 y 50 millones padecen traumatismos no mortales. Los accidentes de tráfico son una de las principales causas de muerte y la primera entre personas de entre 15 y 29 años.

Es por esto que, para reducir estas cifras, se debe reforzar el concepto de seguridad vial.

La seguridad vial es la encargada de prevenir y/o minimizar los daños y efectos que provocan los accidentes viales, y su principal objetivo es salvaguardar la integridad física de las personas que transitan por la vía pública eliminando y/o disminuyendo los factores de riesgo.

Los accidentes son la consecuencia de la interacción de una serie de factores, entre los que destaca:

- El factor humano: principal causa del acontecimiento de accidentes.
- El factor vehículo: tiene una contribución menor cuanto mayor es el desarrollo de un país y generalmente aparece por un mantenimiento pésimo.
- El factor tráfico: depende principalmente de su composición y de la velocidad a la que circulan los diferentes vehículos.
- El factor infraestructura: junto con el factor humano es el mayor causante de accidentes.

Por lo tanto, en este estudio, se va a analizar la carretera N-340 concretamente entre el P.K 963+400 y el P.K 965+700 y se propondrán medidas para mejorar dicho tramo desde el punto de vista de la seguridad vial.



2. Situación actual y emplazamiento

Las actuaciones a desarrollar se sitúan en en la carretera N-340, exactamente en el tramo comprendido entre el municipio de Alquerías Del Niño Perdido y Villarreal.

Concretamente hablamos del tramo que existe nada más pasar la travesía de Alquerías Del Niño Perdido y que finaliza justo después de la primera salida que da acceso a Villarreal.



Figura n°1. Tramo de N-340 objeto de estudio.
Fuente: Google Maps



3. Datos de la carretera

Atraviesa Alquerías del Niño Perdido y circunvala Villarreal, tramo donde diariamente se producen grandes atascos.

La N-340 es una carretera convencional de dominio y uso público. Cuenta con calzada única para ambos sentidos de circulación distribuida en carriles de 3,50 metros y arcenes de 1,50 metros.

El tramo objeto de estudio no dispone de una señalización óptima ni de un número de accesos adecuado, lo cual se analizará posteriormente en otros apartados.

Además, también dispone de sistemas de contención aparentemente válidos aunque deberán ser analizados.

4. Trabajos previos

4.1. Cartografía

Los datos cartográficos utilizados en este estudio se han obtenido a través de la cartografía facilitada por el tutor Álvaro Cuadrado Tarodo.

En concreto, se ha utilizado el archivo realizado mediante un vuelo lidar privado para la Unidad de Carreteras del Estado en Castellón. Se ha escogido por su idoneidad para la obtención del estado actual del tramo entre el P.K 963+400 y el P.K 965+700 de la carretera N-340 en Villarreal (Castellón).

4.1.1. Vuelo lidar

El lidar es un sistema que permite obtener una nube de puntos del terreno tomándolos mediante un escáner láser aerotransportado (ALS). Para realizar este escaneado se combinan dos movimientos:



- Longitudinal dado por la trayectoria del avión.
- Transversal mediante un espejo móvil que desvía el haz de luz láser emitido por el escáner.

Para conocer las coordenadas de la nube de puntos se necesita la posición del sensor y el ángulo del espejo en cada momento. Para ello el sistema se apoya en un sistema GPS diferencial y un sensor inercial de navegación (INS). Conocidos estos datos y la distancia sensor-terreno obtenida con el distanciómetro obtenemos las coordenadas buscadas. El resultado es de decenas de miles de puntos por segundo.

4.1.2. Ortofotografía

La ortofoto correspondiente a la localización de este trabajo final de grado ha sido obtenida de la página web del PNOA, en formato ECW.



*Figura nº2. Imagen ortofoto del tramo objeto de estudio
Fuente: PNOA*



4.2. Estudio de tráfico

La zona en la que se centra el estudio es el tramo de carretera N-340 comprendido entre Las Alquerías Del Niño Perdido y Villarreal, en la provincia de Castellón. El área de estudio se delimitará entre los P.K 963+400 y P.K 965+700.

4.2.1. Análisis de la IMD

Llamamos IMD al número total de vehículos que pasan durante un año por una sección transversal de la carretera, dividido por los 365 días del año.

En este apartado se analiza la evolución de la IMD del tramo elegido desde el año 1988 hasta el 2017. Si observamos las gráficas que se muestran a continuación, podemos ver como del año 1988 al 1992 se produce un gran aumento de IMD, la cual sufre un pequeño descenso de cara al año 1997 y luego remonta para en el año 2002 situarse cercana a la cifra de los 25.500 vehículos.

En el año 2006 surge de nuevo un gran aumento llegando a los 32.898 vehículos pero, debido a la crisis económica que hubo en España, la IMD de la carretera volvió a bajar a los 25.363 vehículos en el año 2010. Recientemente, han vuelto a subir las cifras y se situó en 2017 en los 27.382 vehículos.

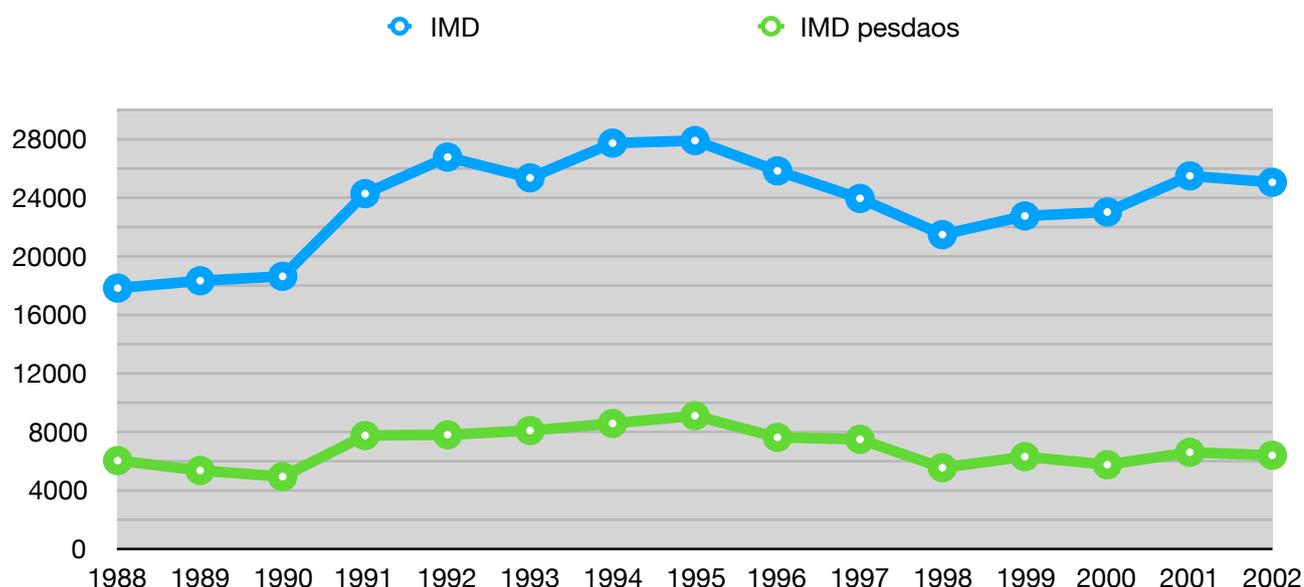


Figura n°3. Gráfica evolución histórica de la IMD y la IMDp entre 1988-2002.

Fuente: Elaboración propia.

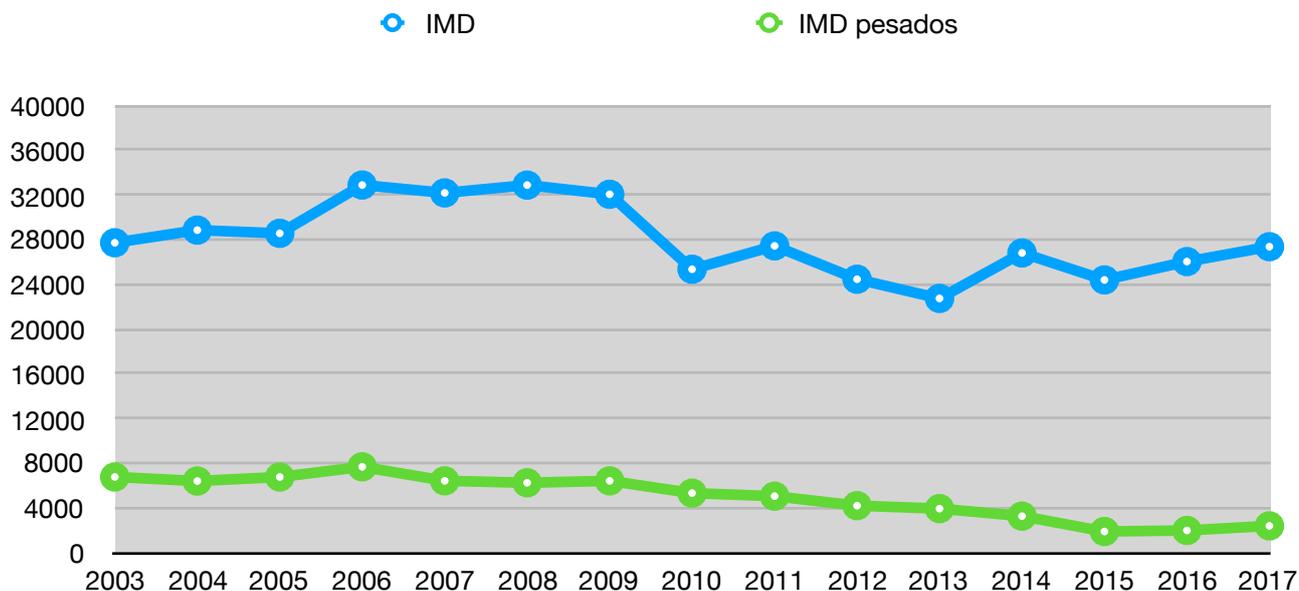


Figura n°4. Gráfica evolución histórica de la IMD y la IMDp entre 2003-2017.
 Fuente: Elaboración propia.

Por otro lado, se analiza la evolución histórica de la IMD de pesados (IMDp). Para ello debemos fijarnos en ambas gráficas y observamos que crecen de igual forma la IMD y la IMDp, es decir, cuando aumenta o disminuye la IMD también lo hace la IMDp. Esto es así a lo largo de la mayoría de los años excepto en 2002 y 2017, donde la IMD aumentaba pero la IMDp descendía.

En el caso del año 2002 no es tan brusco, pero en el año 2017 si que se observa un claro descenso en la IMDp que en realidad este descenso empezó en el año 2015, cuando el Ministerio de Fomento ratificó la restricción del paso de camiones por la nacional 340 entre Nules y Torreblanca como medida más viable para garantizar la seguridad vial en este tramo.

Dicha actuación no restringía todo el tráfico pesado de la vía, y dejaba libre la circulación a los vehículos de menos de 7.500 kg de carga y aquellos con origen o destino en la zona afectada.

4.2.2. Prognosis del tráfico en el año horizonte

A partir de los datos registrados por la estación de aforo CS-35-2 hasta el año 2017 y los porcentajes de incremento de tráfico los estudios de tráfico según la Orden FOM/ 3317/2010, se calcula en el **Anejo n°2 Estudio de tráfico** la evolución del tráfico hasta el año 2037.



Los incrementos de tráfico a utilizar en los estudios de tráfico, a efectos de definir la necesidad de carriles adicionales en rampa, terceros carriles por cuestión de capacidad, la categoría del firme, así como cualquier otra cuestión de la geometría de la carretera serán los siguientes:

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

Figura n°5. Tabla incrementos de tráfico a utilizar en estudios.
Fuente: BOE

La fórmula para aplicar el correspondiente incremento anual es la siguiente:

$$IMD_{pt} = IMD_{pi} * (1 + coef.)^n$$

Siendo:

- IMD_{pt} = La intensidad media diaria de vehículos del año final de la serie de datos. En este caso es 2037.
- IMD_{pi} = La intensidad media diaria de vehículos origen. En este caso 2017.
- $coef$ = Coeficiente del incremento anual acumulado. En este caso 1,44%.
- n = Años transcurridos entre el año inicial y el año final que se quiere estimar. En este caso 2017 - 2037.

Tras aplicar la fórmula anterior, tanto para la IMD como para la IMD de pesados, se obtienen los siguientes datos estimados para el período entre 2017-2037:

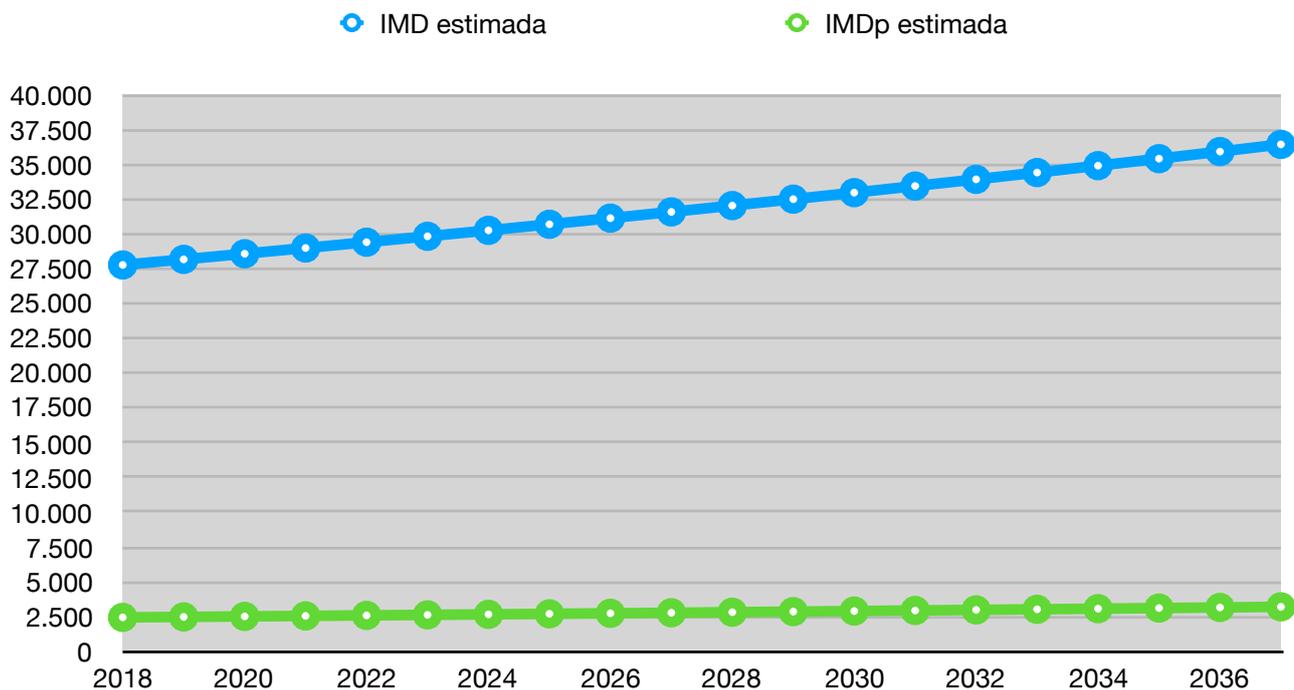


Figura n°6. Gráfica IMD e IMDp estimadas.
Fuente: Elaboración propia.

De esta manera se obtienen los datos de IMD e IMDp para el año horizonte, los cuales son importantes tener presente si es necesario hacer una actuación en la que se deba tener en cuenta el tráfico en el año horizonte. Ambos datos importantes se recogen en la siguiente tabla:

| | |
|----------------------|-------|
| Año | 2037 |
| IMD estimada | 36446 |
| IMDp estimada | 3192 |

Figura n°7. Tabla valores de IMD e IMDp a utilizar en estudios para el año horizonte.
Fuente: BOE



4.3. Accidentalidad

Para analizar la accidentalidad primero se debe diferenciar entre puntos negros (PN) y tramos de concentración de accidentes (TCA).

Un punto negro, tal y como dice la DGT (Dirección General de Tráfico), es aquel emplazamiento perteneciente a una calzada de una red de carreteras, en el que durante un año natural se hayan producido 3 o más accidentes con víctimas, con una separación máxima entre uno y otro de 100 metros.

En el caso de vías convencionales sin calzadas separadas (como es el caso que se está analizando), el punto negro engloba ambos sentidos de circulación, pero en aquellas vías con calzadas separadas, el punto negro sólo se refiere al sentido de la marcha en que se han producido los accidentes.

Por otro lado, los TCA son aquellos tramos de la red que presentan una frecuencia de accidentes significativamente superior a la media de tramos de características semejantes, y en los que, previsiblemente, una actuación de mejora de la infraestructura puede conducir a una reducción efectiva de la accidentalidad.

4.3.1. Punto negro en el tramo estudiado

En el **Anejo n°3 Accidentalidad** se analizan los diferentes tipos de accidentes que se han registrado en el tramo objeto de estudio, obteniendo así un punto negro existente entre el P.K 963+400 y el P.K 965+700 de la carretera nacional N-340. A continuación se muestran los resultados:

| VÍA | | | | | |
|--------------|------------|--------------------|---------|------|-------------|
| DENOMINACIÓN | PK INICIAL | LONGITUD DEL TRAMO | SENTIDO | TIPO | TITULARIDAD |
| N-340 | 964,3 | 100 | A/D | C | E |

Figura n°7. Tabla descripción de la vía.
Fuente: fomento.es



| TIPO DE ACCIDENTE | | VÍCTIMAS | | | |
|-------------------|------------------|----------|---------|-------|-------------------------|
| TIPO DE ACCIDENTE | TOTAL ACCIDENTES | MUERTOS | HERIDOS | TOTAL | Nº VEHÍCULOS IMPLICADOS |
| Colisión | 3 | 0 | 7 | 7 | 9 |

Figura n°8. Tabla descripción tipo de accidente y víctimas.
 Fuente: fomento.es

4.3.2. Índices de accidentalidad

Además, en el anejo citado anteriormente, también se calculan los siguientes índices de peligrosidad:

- **Índice de Peligrosidad "IP"**, que relaciona el número de accidentes con víctimas con el tráfico registrado.
- **Índice de Mortalidad "IM"**, que relaciona el número de víctimas mortales con el tráfico registrado.
- **Índice de Accidentalidad Total "IAT"**, que relaciona el número de accidentes totales (con víctimas y daños materiales) con el tráfico registrado.
- **Índice de Lesividad "IL"**, que relaciona el número de víctimas mortales con el número de víctimas.
- **Índice de Gravedad "IG"**, que relaciona el número de víctimas mortales con los accidentes con víctimas.

Pudiendo concluir que durante estos últimos años analizados los índices de mortalidad (IM), lesividad (IL) y gravedad (IG) se han mantenido constantes, arrojando buenas cifras puesto que a lo largo de los años estudiados estos índices han tenido un valor igual a cero.

Por otro lado, el índice de accidentalidad total (IAT) también se mantiene relativamente constante, estando en un valor igual a 34,1 en 2015 y bajando hasta 27,3 y 26,1 en 2016 y 2017 respectivamente.



No obstante, no se puede decir lo mismo del índice de peligrosidad (IP) ya que aquí la variación sí es muy significativa. En el año 2015 este índice se situaba en 19,5 para en el año posterior incrementar un poco sus cifras y situarse en 27,3 , mientras que en el año 2017 aumentó considerablemente llegando a situarse en 65,2.

5. Análisis de la situación actual del tramo objeto de estudio

En este apartado se realiza un análisis sobre la situación actual del tramo estudiado, analizando y comprobando si cumple la normativa en diferentes aspectos.

5.1. Análisis de la sección transversal

Según indica la Norma 3.1-IC en el apartado 7.1 , la sección transversal de una carretera o cualquier elemento de la misma, se establece en función de la intensidad y de la composición del tráfico.

Por lo tanto, en el **Anejo n° 4 Sección transversal** se analizan todos los elementos que conforman la sección transversal del tramo estudiado con la finalidad de comprobar que cumplen o no las características mostradas en la tabla extraída del apartado 7.1 de la normativa mencionada anteriormente.

Tras el análisis, se concluye que el tramo estudiado cumple la normativa puesto que al tratarse de una C-90:

- Los carriles miden 3,50 metros.
- Los arcenes son mayores de 1,50 metros.
- Las bermas son de 1,00 metros.



| 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 |
| Ramal de enlace de doble sentido | 100 | 3,50 | 2,50 | | 1,00 | D |
| | 90 y 80 | 3,50 | 2,50 | | 1,00 | D |
| | 70 y 60 | 3,50 | 2,50 | | 1,00 | E |
| | 50 y 40 | 3,50 | 1,50 / 2,50 | | 1,00 | E |
| Vía de servicio de sentido único | 90 y 80 | 3,50 | 1,00 | 1,50 | 1,00 | D |
| | 70 y 60 | 3,50 | 1,00 | 1,00 / 1,50 | 0,75 | E |
| | 50 y 40 | 3,00 a 3,50 | 0,50 / 1,00 | 1,00 | 0,50 | E |
| Vía de servicio de doble sentido | 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 |

Si los ramales de enlace, los ramales de transferencia, las vías colectoras - distribuidoras, las vías de servicio y las vías laterales solo tuviesen un carril su ancho será de cuatro metros (4,00 m) y, en curvas, tres metros y cincuenta centímetros (3,50 m) más el sobreancho correspondiente (epígrafe 7.3.5) con un valor mínimo de cuatro metros (≥ 4,00 m).

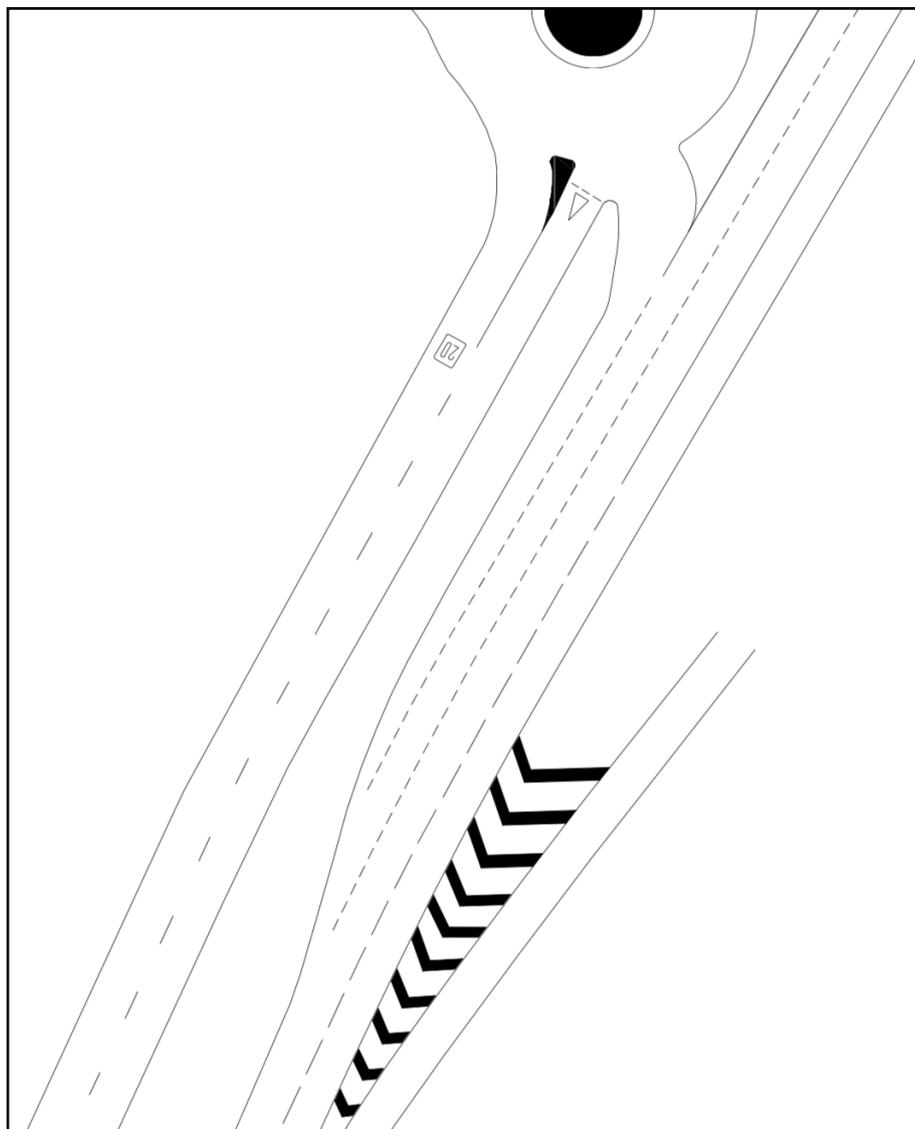
Figura n°9. Tabla dimensiones de la sección transversal.

Fuente: Tabla 7.1 de la Norma 3.1-IC

Sin embargo, en el P.K 965+600 no se cumple lo establecido en la normativa. En este punto existe un carril de aceleración que se incorpora directamente a otro carril de aceleración, es por esto que se debería corregir esta situación ya que este tipo de incorporaciones no están recogidas en la norma.



A continuación se muestra una ilustración que hace referencia a este incumplimiento:



*Figura n°10. Representación P.K 965+600, carril de aceleración
que se incorpora a otro carril de aceleración.
Fuente: Elaboración propia a partir de la cartografía.*

5.2. Análisis del trazado en planta

Para ello, se utiliza principalmente la Norma 3.1 I-C de trazado, donde se recogen los requisitos que deben cumplir las carreteras en lo que a trazado se refiere.

En el **Anejo n°5 Trazado en planta** se muestra cómo se ha obtenido el eje de la carretera a partir de la ortofoto para de esta manera disponer de las características de las curvas y rectas del tramo estudiado.



Para analizar los elementos del tramo estudiado se ha dividido dicho tramo en dos: tramo "A" y tramo "B".

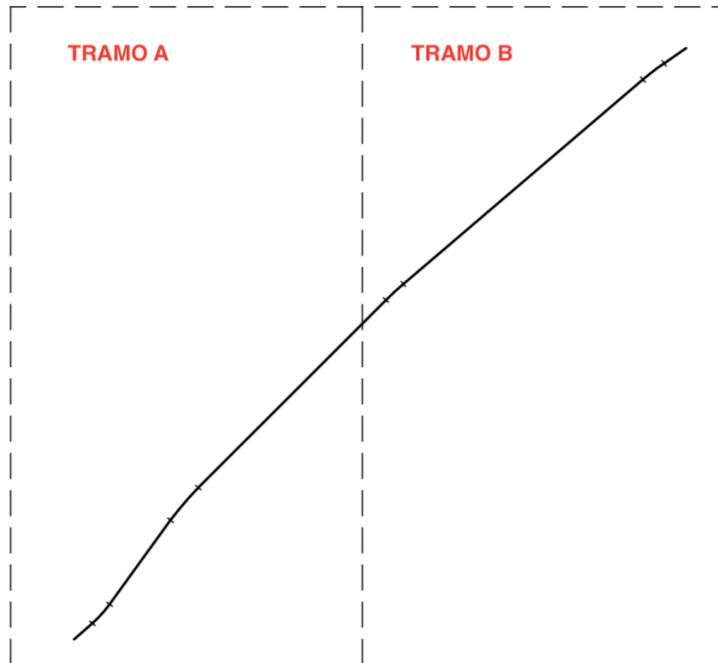


Figura n°11. Imagen división del tramo objeto de estudio.
Fuente: Elaboración propia

En cuanto a las rectas se refiere, las longitudes mínimas y máxima recomendables, siguiendo la normativa, deberían ser las siguientes:

| Vp (km/h) | Lmin,s (m) | Lmin,o (m) | Lmax (m) |
|-----------|------------|------------|----------|
| 90 | 125 | 250 | 1503 |

Figura n°12. Tabla de Lmin y Lmax de una recta para una velocidad de proyecto de 90km/h.
Fuente: Elaboración propia

En cuanto a las curvas, el radio mínimo exigido siguiendo la normativa, debería ser el siguiente:



| Velocidad de proyecto (Vp) en km/h | GRUPO 3 |
|------------------------------------|--------------------------------------|
| | C-90 , C-80, C-70, C-60, C-50 y C-40 |
| | Radio mínimo (m) |
| 90 | 350 |

Figura n°13. Tabla de radio mínimo para una carretera C-90.
 Fuente: Elaboración propia

5.2.1. Análisis del tramo "A"

Dado que la recta n°1 se encuentra entre dos curvas en "S", la Lmin (longitud mínima) a superar es de 125m, en este caso, la recta tiene una longitud de 263m. Por lo tanto, esta recta estaría cumpliendo la normativa. Además, de manera obvia, también se está cumpliendo la restricción de Lmax, ya que la recta que se está estudiando es inferior a 1.503m.

Por otra parte, se debe analizar si es una recta de longitud limitada o no. La normativa dice que para una C-90, se consideran rectas de longitud limitada aquellas que son inferiores a 300m. Es por esto que podemos decir que la recta n°1 es una recta de longitud limitada (263m < 300m).

La recta n°2 se encuentra entre dos curvas en "O", la Lmin (longitud mínima) a superar es de 250m, en este caso, la recta tiene una longitud de 673m. Por lo tanto, esta recta también estaría cumpliendo la normativa. Además, tal y como sucede en la recta n°1, también se está cumpliendo la restricción de Lmax, ya que la recta que se está estudiando es inferior a 1.503m.

Ahora bien, se debe analizar si es una recta de longitud limitada o no. La normativa dice que para una C-90, se consideran rectas de longitud limitada aquellas que son inferiores a 300m. Es por esto que podemos decir que la recta n°1 no es una recta de longitud limitada (672m > 300m).

La curva n°1 tiene una longitud de 65m y un radio de 322m. Si nos fijamos en la tabla de radio mínimo para una carretera C-90, se nos muestra que el radio mínimo es de 350m, por lo tanto, esta curva no cumpliría las especificaciones mínimas que marca la Norma 3.1 I-C, de la Instrucción de Carreteras.



Sin embargo, el caso de la curva nº2 es distinto. Dispone de una longitud de 109m y un radio de 992. En este caso sí que se estaría cumpliendo la normativa ya que el radio de la curva que se está analizando es mayor de 350m ($992\text{m} > 350\text{m}$).

5.2.2. Análisis del tramo ``B``

Dado que la recta nº3 se encuentra entre dos curvas en ``O``, la L_{min} (longitud mínima) a superar es de 250m, en este caso, la recta tiene una longitud de 797m. Por lo tanto, esta recta estaría cumpliendo la normativa. Además, también se está cumpliendo la restricción de L_{max} , ya que la recta que se está estudiando es inferior a 1.503m.

Por otra parte, se debe analizar si es una recta de longitud limitada o no. La normativa dice que para una C-90, se consideran rectas de longitud limitada aquellas que son inferiores a 300m. Es por esto que podemos decir que la recta nº1 no es una recta de longitud limitada ($797\text{m} > 300\text{m}$).

La curva nº3 tiene una longitud de 60m y un radio de 867m. Si nos fijamos en la tabla de radio mínimo para una carretera C-90, se nos muestra que el radio mínimo es de 350m, por lo tanto, esta curva cumpliría las especificaciones mínimas que marca la Norma 3.1 I-C, de la Instrucción de Carreteras.

Lo mismo sucede con la curva nº4. Tiene una longitud de 68m y un radio de 489m, de manera que estaría por encima de los 350m de radio mínimo que establece la normativa de trazado.

5.3. Análisis de los accesos

Los accesos constituyen un elemento de potencial alteración de las condiciones de circulación debido a la baja velocidad de los movimientos de incorporación y salida de vehículos y a la interferencia de estos movimientos con las trayectorias de la circulación principal. En muchos casos, los problemas se deben a la ausencia de la canalización de los accesos o a que es inadecuada para los movimientos que soporta.

Este es el caso de los accesos del tramo objeto de estudio, son de tipo directo ya que la incorporación de los vehículos a la carretera se produce sin utilizar vías de servicio u otro tipo de conexión. Este tipo de accesos provocan reducciones de velocidad o incluso detenciones de los vehículos que inician la maniobra de giro hacia el acceso y de los movimientos de incorporación a la carretera.



Todo ello da lugar a diferencias de velocidad acusadas y puede desencadenar alcances (tal y como se ve en el anejo de accidentalidad, la mayoría de accidentes se deben a los alcances), colisiones laterales o maniobras de adelantamiento inapropiadas.

En el **Anejo n° 6 Accesos** se analizan los accesos existentes en el tramo objeto de estudio, los cuales se recogen en la siguiente tabla:

| ACCESOS EN EL TRAMO OBJETO DE ESTUDIO | | | |
|---------------------------------------|-----------|----------------------------------------|--------------------------------------------|
| PK | MARGEN | TIPO DE ACCESO | DISTANCIA RESPECTO AL SIGUIENTE ACCESO (m) |
| 963+691 | Izquierda | Camino agrícola | 203 |
| 963+894 | Derecha | Camino agrícola | 139 |
| 964+033 | Derecha | Camino agrícola | 97 |
| 964+130 | Derecha | Camino agrícola | 15 |
| 964+145 | Izquierda | Actividad económica | 277 |
| 964+422 | Ambas | Camino agrícola Actividad económica | 346 |
| 965+095 | Izquierda | Actividad económica | 674 |
| 965+440 | Izquierda | Actividad económica | 345 |
| 965+600 | Izquierda | Actividad económica | - |

Figura n°14. Tabla accesos en el tramo objeto de estudio.

Fuente: Elaboración propia

Viendo la distancia que hay entre accesos se puede afirmar que los accesos no cumplen la distancia mínima de 1.200 metros que exige la normativa. La mayor distancia existente entre accesos es de 674 metros y esta es muy inferior a la mínima que marca la Norma 3.1-IC.

Además, viendo que la mayoría de accesos provienen de caminos agrícolas se puede aseverar que la existencia de material térreo y de cantos en la vía principal es causa de aumento de la peligrosidad y disminución de la seguridad vial en la carretera, puesto que disminuye la adherencia de los neumáticos a la vía. Esto se debe a la existencia de accesos en mal estado, que hace que los vehículos que circulen por dicho acceso y posteriormente se incorporen a la N-340 arrastren ese tipo de materiales hasta la carretera principal.



A continuación se muestra una imagen que refleja el estado de los accesos estudiados:



Figura n°15. Imagen acceso en P.K 963+691.
Fuente: Google Maps

5.4. Análisis de los sistemas de contención

El tramo objeto de estudio tiene las siguientes características:

- IMD= 27.382 vehículos
- IMD_p= 2.398 vehículos pesados

Además, se dispone de 3 tipos de sistemas de contención, que son los siguientes:

- Barrera simple de hormigón (tipo new jersey)
- Barrera bionda simple
- Barrera de bloques de hormigón

En el **Anejo n° 7 Sistemas de contención** se analiza cada uno de estos sistemas utilizando las recomendaciones que refleja la Orden Circular 35/2014 Sobre Criterios De Aplicación De Sistemas De Contención De Vehículos frente a un riesgo de accidente.



Por lo tanto, tras el análisis realizado, se puede concluir que la colocación de la barrera bionda simple con nivel de contención H1 está justificada y es correcta según la normativa citada. Lo mismo para la barrera simple de hormigón con nivel de contención H1.

Sin embargo, la barrera de bloques de hormigón es un sistema que no se ha ensayado, pero se entiende que no se producen desplazamientos que absorben energía de choque y que la discontinuidad de los elementos produce que no se movilice una longitud mínima en caso de choque. Se trata de un sistema antiguo y la Orden Circular 35/2014 Sobre Criterios De Aplicación De Sistemas De Contención De Vehículos en su tercer punto especifica lo siguiente:

“Tercero.- Considerar eficaces las instalaciones de sistemas de contención actualmente en servicio, cuyo mantenimiento o reposición puntual podrá seguir realizándose mediante elementos o sistemas semejantes a los existentes. Se exceptúan los sistemas que previamente fueron anulados por sus características geométricas; en particular no podrán reponerse en ningún caso soportes con soportes IPN o similares. Para los pretiles, el sistema existente se sustituirá por uno completo, cuando la reposición alcance el 50% de la longitud del mismo. No obstante, cuando sea técnica y económicamente viable, se prescribe la utilización de los criterios recogidos en las recomendaciones aprobadas por esta orden circular.”

Por lo tanto, debemos considerar apto este sistema de contención ya que así lo recogen las recomendaciones. No obstante, se propondrá otro tipo de sistema puesto que este tipo de barrera, como mínimo, no es óptimo para el puente que tenemos en el tramo objeto de estudio.

5.5. Análisis de la señalización

La señalización persigue cuatro objetivos fundamentales:

- Aumentar la seguridad de la circulación.
- Aumentar la eficacia de la circulación.
- Aumentar la comodidad de la circulación.
- Facilitar la orientación de los conductores.

Para ello, siempre que sea factible debe advertir de los posibles peligros, ordenar la circulación, recordar y proporcionar al usuario la información que precisa.



La Norma 8.1-IC establece los criterios técnicos básicos a los que se debe ajustar el diseño e implantación de la señalización en los proyectos de carreteras. Los principios básicos de la buena señalización son: claridad, sencillez, uniformidad y continuidad.

La claridad impone transmitir mensajes fácilmente comprensibles por los usuarios, no recargar la atención del conductor reiterando mensajes evidentes y, en todo caso, imponer las menores restricciones posibles a la circulación.

La sencillez exige que se emplee el menor número posible de elementos.

La uniformidad requiere que los elementos utilizados, su implantación y los criterios de aplicación sean exclusivamente los descritos en la Norma 8.1-IC.

La continuidad significa que un destino incluido una vez en la señalización debe ser repetido en todos los carteles siguientes hasta que se alcance.

En el **Anejo n°8 Señalización y marcas viales** se analiza la situación actual de la señalización en el tramo estudiado. Tras este análisis, se puede confirmar que la señalización es correcta desde el punto de vista de dimensiones de señales, preseñalización, salida inmediata, señalización de ríos, destinos de interés, etc.

Por otro lado, también se ha comprobado que las marcas viales están colocadas adecuadamente en todo el tramo excepto en la zona situada entre el P.K 963+596 y el P.K 964+369 donde existe una curva a izquierdas (orden ascendente de los P.K) de 322 metros de radio y en el principio de esta comienza la habilitación de los adelantamientos, únicamente para los que van por el carril derecho (sentido ascendente).

El problema que se ha detectado es que se habilitan los adelantamientos demasiado pronto, pues no se cumple que la visibilidad sea como mínimo de 340m, tal y como indica la normativa. La curva es cerrada y además hay vegetación que impide que se puedan ver con claridad los vehículos que vienen de frente.

A continuación se muestra una fotografía tomada desde dentro del vehículo, simulando lo que sería la aproximación al final de la prohibición de adelantar (inicio de la marca vial discontinua).



*Figura n°16. Fotografía poca visibilidad en comienzo de zona de adelantamientos.
Fuente: Elaboración propia*

Tal y como enuncia la normativa, para poder permitir los adelantamientos, se debería poder trazar una visual de 340m desde el inicio de las marcas discontinuas sin encontrar ningún obstáculo. El punto de vista del conductor se fija, a efectos del cálculo, a una altura de un metro y diez centímetros (1,10 m) sobre la calzada y a una distancia de un metro y cincuenta centímetros (1,50 m) del borde izquierdo de cada carril, por el interior del mismo y en el sentido de la marcha.

Por lo tanto, habrá que dar solución a este problema de seguridad vial.



6. Actuaciones de mejora propuestas

En este apartado se presenta una batería de actuaciones de mejora que se pueden llevar a cabo desde el punto de vista de la seguridad vial en el tramo de la N-340 objeto de estudio.

6.1. Actuaciones de mejora en los sistemas de contención

Con la finalidad de aumentar la sensación de continuidad y homogeneidad (además de la seguridad), en el **Anejo n° 9 Actuaciones de mejora en los sistemas de contención** se propone eliminar la barrera de bloques de hormigón puesto que en lo que a nivel de contención se refiere es insuficiente y se sustituye por una barrera simple de hormigón. De esta manera se reduce la variedad de sistemas en el tramo y se elimina una barrera de protección deficiente.

Cuando se deba sustituir la barrera antigua por la nueva, esta se colocará adecuadamente sobre la berma existente. En caso de no disponer de berma, como se da en el caso de la margen izquierda, la nueva barrera se apoyará sobre el muro de hormigón en el que está apoyada la barrera existente.

Para la instalación del pretil en el puente se debe tener en cuenta el riesgo que supone la caída en el río, lo cual supone un riesgo de accidente muy grave y por lo tanto el nivel de contención exigido según la normativa es H4b. De acuerdo con lo establecido en la Orden Circular 35/2014 Sobre Criterios De Aplicación De Sistemas De Contención De Vehículos, se sugiere instalar un sistema compuesto por cuatro largueros horizontales, separador y postes distanciados 2,5 metros entre sí.

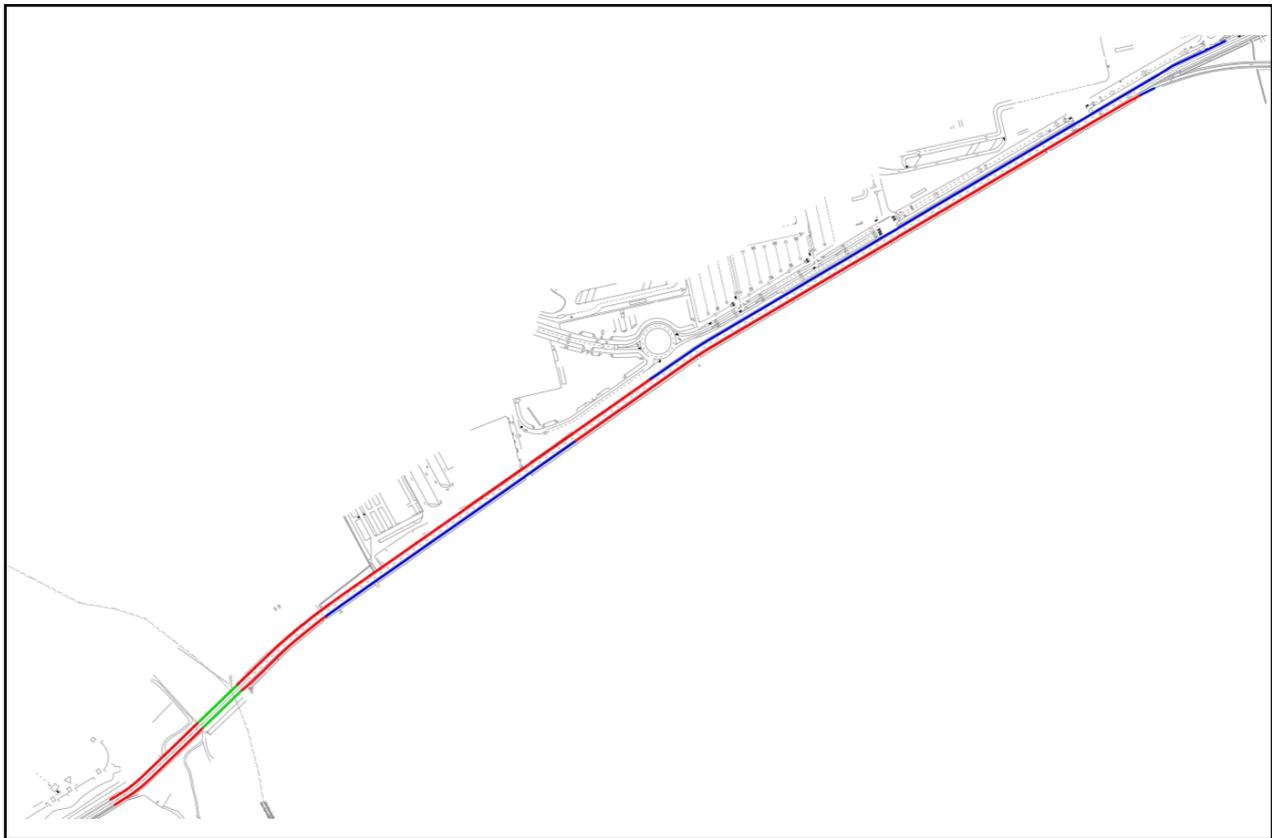


Figura nº17. Ilustración sistemas de contención tras la actuación.
Fuente: Elaboración propia

Siendo:



PRETIL



BARRERA SIMPLE DE HORMIGÓN



BARRERA BIONDA SIMPLE



6.2. Control de accesos

Las actuaciones analizadas y propuestas en el **Anejo n° 10 Control de accesos** son las siguientes:

- Cierre de accesos: con la finalidad de reducir los accidentes debidos a alcances por la ralentización del tráfico en el tramo estudiado, se propone el cierre de todos los accesos existentes en el tramo. Para realizar este cierre, se utilizará el sistema de contención existente en esa margen para dar continuidad a las barreras de seguridad.
- Demolición del pavimento en los accesos a la actividad económica: una vez se ha realizado el cierre de los accesos, se propone la demolición del pavimento y del colector de aquellos accesos que permiten la entrada y salida hacia la actividad económica de la zona, con el objetivo de dotar de una mayor capacidad portante a los sistemas de drenajes existentes.

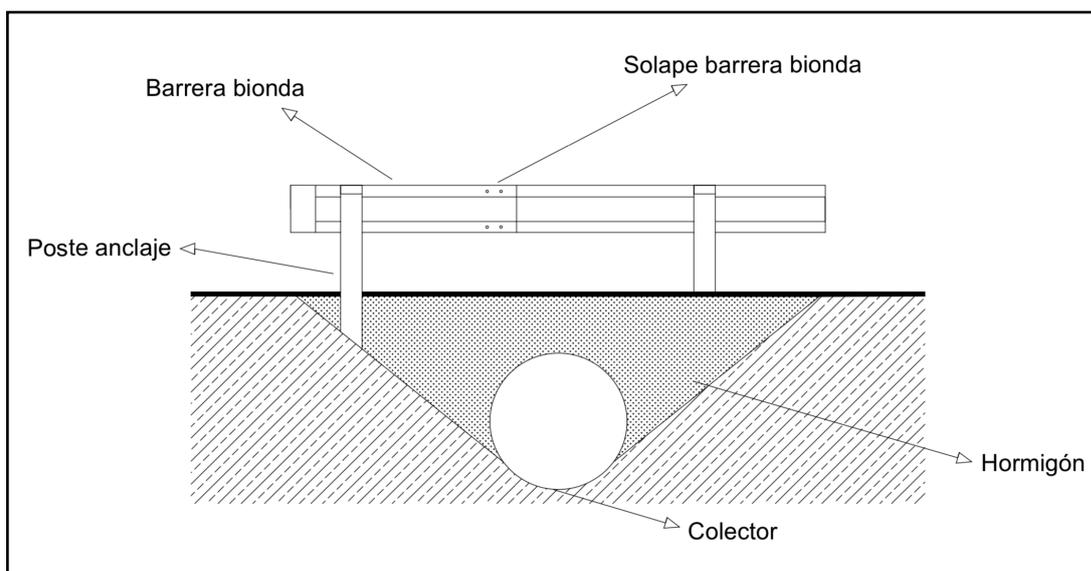


Figura n°18. Ilustración sección transversal acceso a actividad económica.
Fuente: Elaboración propia

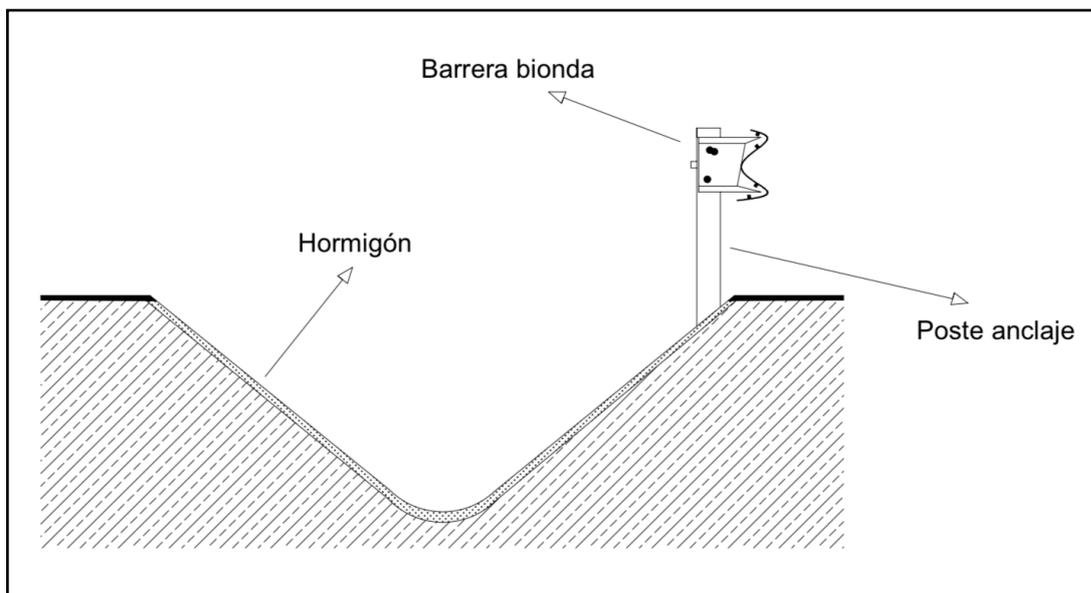


Figura n19. Ilustración sección transversal tras la actuación.
Fuente: Elaboración propia

6.3. Actuaciones de mejora en el trazado

Tras las actuaciones de mejora propuestas en el control de accesos es inexorable dar acceso al polígono industrial de la zona y a los campos que existentes en la margen derecha. Es decir, tras realizar el cierre de todos los accesos, se debe hacer alguna actuación que sustituya los accesos que habían anteriormente.

En el **Anejo n° 11 Actuaciones de mejora en el trazado** se analiza y se propone un enlace tipo pesa en el que se permite el acceso a la actividad industrial (en la zona izquierda) y se reparte el tráfico mediante la rotonda proyectada. Además, se mantienen los viales existentes de entrada y salida a los polígonos actuales.

También los campos que hay en la zona derecha tendrían acceso, pues se ha proyectado un camino de servicio que recoge todo el tráfico de vehículos que quieren entrar a los cultivos más cercanos a la N-340. Con este camino de servicio ya estaría resuelto este inconveniente puesto que estas parcelas ya disponen de caminos que facilitan el tránsito entre ellas.



Figura n°20. Imagen enlace tipo pesa propuesto.
Fuente: Elaboración propia

Por otro lado, en el apartado de análisis de trazado se concluye que existe una curva que no cumple la Norma 3.11-C de Trazado. Concretamente se trata de la curva n°1 del tramo estudiado, la cual tiene un radio de 322 metros cuando la normativa establece en 350 metros el radio mínimo para una carretera C-90.

Es por esto que se debe hacer alguna actuación al respecto y para no modificar el trazado puesto que supondría un coste elevado, se ha estimado conveniente realizar dos actuaciones más económicas y que a priori resultarían efectivas:

- Colocar una señal que informe a los usuarios de la vía que hay que tomar esta curva a una velocidad de 80 Km/h para que sea más seguro circular por esta curva. Pues la normativa establece que para una C-80 el radio mínimo para una curva es de 265 metros, por consiguiente, si los conductores toman esta curva a 80 km/h no habría ningún riesgo.

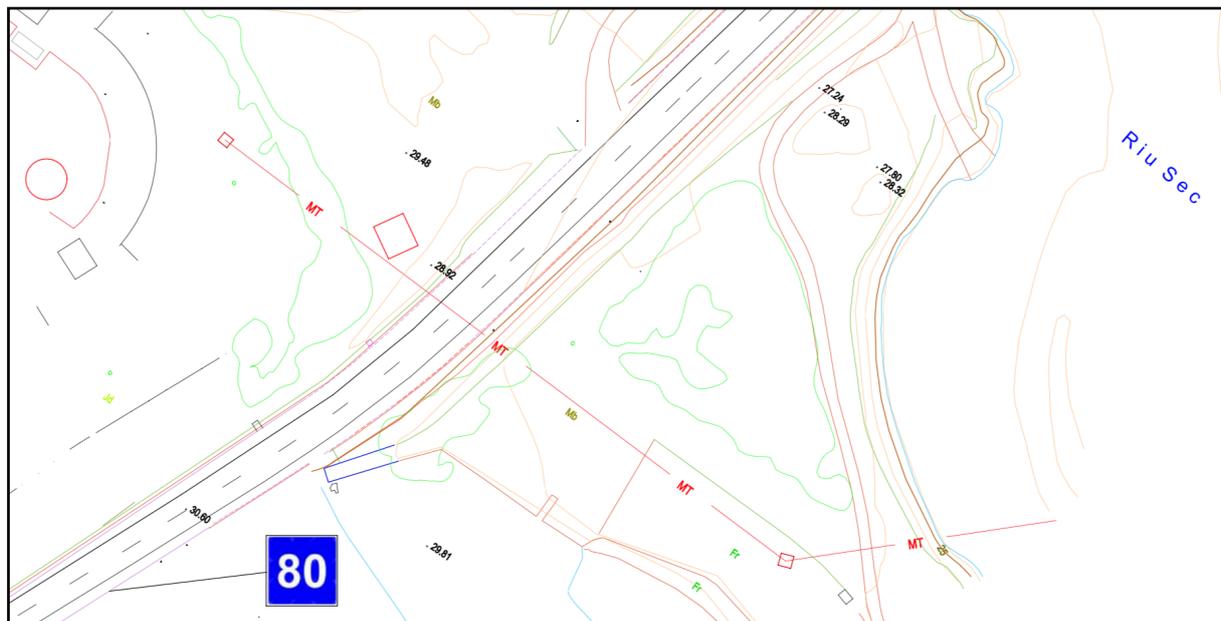


Figura n°20. Ilustración colocación señal 80 km/h.
Fuente: Elaboración propia a partir de la cartografía

- Realizar un desbroce en la margen izquierda, de manera que aumente la visibilidad de dicha curva y por lo tanto sea más segura.



Figura n°21. Fotografía vegetación a desbrozar.
Fuente: Elaboración propia



6.4. Actuaciones de mejora en la señalización y marcas viales

Tras el análisis realizado en el apartado de señalización y marcas viales se concluye que en el tramo objeto de estudio el problema viene dado por el incumplimiento de la normativa en una zona de adelantamiento, concretamente en la zona situada entre el P.K 963+596 y el P.K 964+369.

Por lo tanto, en el **Anejo n° 12 Actuaciones de mejora en la señalización y marcas viales** se analiza y se propone habilitar la zona de adelantamiento del P.K 963+596 más adelante.

Una vez se ha colocado de nuevo la línea discontinua, hay que comprobar que ahora sí se cumpla la condición de poder trazar una visual de 340 metros sin que haya ningún obstáculo por el medio. Además, también habrá que recolocar la señal que indica la permisión de los adelantamientos.

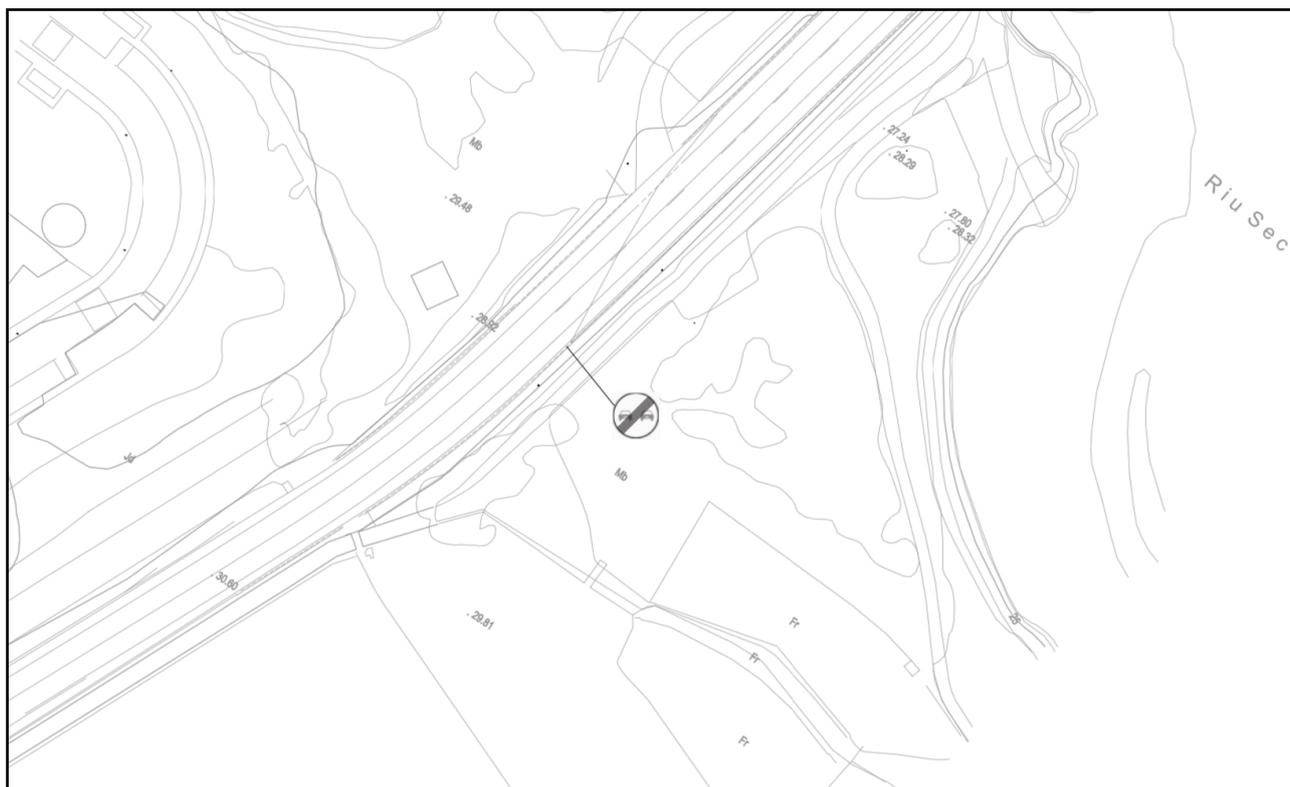


Figura n°22. Ilustración situación propuesta línea discontinua y señalización.
Fuente: Elaboración propia a partir de la cartografía



De cualquier modo, se recuerda que para efectuar el adelantamiento es condición necesaria, pero no suficiente, que la señalización lo permita, pues en determinados tramos en que se permite el adelantamiento pueden existir períodos de tiempo en que por el tráfico o las condiciones meteorológicas sea peligroso o imposible efectuar la citada maniobra.

Por otro lado, de forma complementaria, se propone la instalación de captafaros puesto que facilitan el guiado óptico del trazado de la carretera, fundamentalmente en condiciones nocturnas o de escasa luminosidad.

Por último, se plantea el repintado de las marcas viales con el objetivo de mejorar las marcas viales en la N-340, concretamente en la zona situada entre el P.K 963+400 y el P.K 965+700 mediante repintado de las mismas para obtener valores de retrorreflexión adecuados a los parámetros de seguridad requeridos.

La actuación comprende el repintado de todas aquellas marcas viales existentes en la vía en la que se pretende actuar, previo barrido del firme antes del repintado. Todas las marcas viales se ajustarán a la Norma 8.2-IC "Marcas viales".



7. Bibliografía

- www.pnoa.ign.es
- www.fomento.es
- www.boe.es
- Highway Capacity Manual (HCM) 2010
- www.dgt.es
- Norma 3.1-IC
- Google Maps
- UNE-EN 1317
- Orden Circular 35/2014 Sobre Criterios De Aplicación De Sistemas De Contención De Vehículos
- Norma 8.1-IC
- www.jocarsa.es
- www.asebal.com
- Orden Circular ***/2011. Ministerio de Fomento
- Norma 8.2-IC
- Apuntes de la asignatura Ingeniería de Tráfico