

# TRABAJO FIN DE GRADO

Grado en Ingeniería Civil

Variante de la carretera N-232 a su paso por Morella (provincia de Castellón)

EVALUACIÓN DE LA SITUACIÓN ACTUAL

Autor: Antonio Pellicer Pous

Tutor: Vicente Melchor Ferrer Pérez

Cotutor: Álvaro Cuadrado Tarodo

Curso 2013-2014

Junio de 2014



UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR  
DE INGENIEROS DE CAMINOS,  
CANALES Y PUERTOS







# ÍNDICE DEL TRABAJO FIN DE GRADO

MEMORIA DE GRUPO

MEMORIA INDIVIDUAL

ANEJOS A LA MEMORIA

- Anejo nº 1 – Reportaje fotográfico
- Anejo nº 2 – Análisis del tráfico
- Anejo nº 3 – Reordenación de accesos
- Anejo nº 4 – Estudio de seguridad vial
- Anejo nº 5 – Estudio del firme
- Anejo nº 6 – Señalización, balizamiento y defensas

PLANOS





TRABAJO FIN DE GRADO

# MEMORIA DE GRUPO

**VARIANTE DE LA CARRETERA N-232 A SU PASO POR MORELLA (PROVINCIA DE CASTELLÓN).**

GRADO EN INGENIERÍA CIVIL

VALENCIA, JUNIO 2014

**Autores:**

Vicente Almendros Castillo

Pablo Jiménez Bayo

David Jiménez Serrano De la Cruz

Antonio Pellicer Pous

Ana Belén Terol Serrano

## ÍNDICE DE LA MEMORIA DE GRUPO

	<u>Página</u>
1. Antecedentes .....	1
2. Objeto de estudio .....	1
3. Localización.....	2
4. Recopilación de información .....	2
5. Estructuración de los trabajos .....	3
6. Referencias a las restantes partes .....	3

## MEMORIA DE GRUPO

### 1. Antecedentes.

El primer documento administrativo relacionado con el alcance del presente proyecto lo constituye el Estudio Informativo EI2-CS-07: "Acondicionamiento de la CN-232 entre el Barranco de la Bota y Morella Sur, entre los P.K. 43+100 al 59+100, redactado por la Demarcación de Carreteras del Estado en la Comunidad Valenciana, el cual fue aprobado provisionalmente en junio de 1999.

En mayo de 2005, la Dirección General de Carreteras autorizó la redacción del Proyecto de Trazado del "Acondicionamiento y reordenación de accesos. Carretera N-232. Tramo: Masía de la Torreta-Morella Sur", incluyendo la actuación en los siguientes tramos:

- Tramo entre los P.K. 54+900 y 59+100: acondicionamiento de la carretera y reordenación de accesos de acuerdo con el estudio original EI2-CS-07.
- Tramo entre los P.K. 59+100 y 62+400: mejora de la seguridad vial mediante la reordenación de los accesos existentes.

En noviembre de 2007 la Demarcación de Carreteras del Estado en la Comunidad Valenciana informa de la dificultad de la ordenación de accesos desde el P.K. 60+860, donde existe una intersección con la CV-12, y comienza la zona de suelo urbano de Morella, con el agravante del acceso a un polígono industrial y la presencia de múltiples edificaciones y calles, del barrio Hostal Nou, que acceden de forma casi directa a la nacional. Ello genera la modificación de la orden de estudio del Proyecto de Trazado indicado, en el sentido de excluir de su alcance el último tramo del ámbito del mismo y llevando a cabo la reordenación de accesos hasta el P.K. 60+210 aproximadamente.

Dicha modificación resulta el antecedente más directo del presente trabajo final de grado denominado como Variante de la carretera N-232 a su paso por Morella (provincia de Castellón). Por el motivo expresado con anterioridad, se pretende proyectar un nuevo trazado alternativo como variante para el tráfico de largo recorrido, suponiendo una sustancial mejora de la seguridad vial del mencionado tramo

### 2. Objeto de estudio.

El presente Trabajo Final de Grado "Variante de la carretera N-232 a su paso por Morella" consiste en la definición del proyecto constructivo de una variante a la carretera N-232 a su paso

por Morella, concretamente entre el P.K. 59+500 y el 64+500 para eliminar o mitigar los problemas que se dan actualmente en dicho tramo.

Los principales problemas que se presentan en este tramo son la disminución de la seguridad vial y tiempos de recorrido debido al aumento de accesos a la vía.

Además, como problema adicional destaca la afección que suponen las edificaciones contiguas a la carretera en el barrio de Hostal Nou y el polígono industrial de Les Casetes haciendo que empeore o se elimine en algunos tramos la percepción visual que se tiene de Morella desde la propia carretera.

Ante este problema y a la vista de una posible expansión de estas dos zonas y ante la posible creación de nuevas zonas residenciales e industriales entorno a Morella, se hace necesario el desarrollo del presente trabajo de manera que se mejore la velocidad de desplazamiento, aumente la seguridad vial y además haya una mejora de la visual de Morella, haciéndola más atractiva al turismo.

### 3. Localización.

El tramo de estudio de la carretera N-232 de aproximadamente 5.000 metros de longitud se encuadra dentro del término municipal de Morella (capital de la comarca dels Ports) localidad situada al noroeste de la Provincia de Castellón, con una extensión aproximada de 400 km<sup>2</sup>.

Dentro de la zona de estudio encontramos 2 carreteras autonómicas: la CV-12 que conectan con la N-232 en el P.K 60+800 y la CV-14 en el P.K 61+400 . La CV-14 comunica los núcleos de Morella, Forcall y Ortells, y la longitud dentro del término municipal de Morella es de 15,35 km. La CV-12 comunica Morella con Ares del Mestre con una longitud dentro del término municipal de Morella de 4 km.

Además encontramos una serie de carreteras provinciales. Nos interesa destacar la CV-1170 que transcurre por dentro del recinto amurallado y que conecta Morella con Xiva de Morella, con una longitud dentro del término municipal de 8 km.

De las carreteras locales, la más importante y la que más influencia podría tener en este proyecto es el acceso desde la carretera N-232 hasta la Puerta de San Miguel, con una longitud de 2,1 km.

En cuanto a superficies se refiere, dentro del término municipal encontramos las siguientes:

Término municipal.....	386.016.050 m <sup>2</sup>
Suelo urbano.....	360.400 m <sup>2</sup>
Morella.....	275.000 m <sup>2</sup>
Hostal Nou.....	121.400 m <sup>2</sup>
Puritat.....	10.650 m <sup>2</sup>

Ortells.....	22.800 m <sup>2</sup>
Xiva de Morella.....	25.350 m <sup>2</sup>
Herbeset.....	3.900 m <sup>2</sup>
Pobla D'Alcolea.....	2.800 m <sup>2</sup>
Fábrica Giner.....	148.900 m <sup>2</sup>
Suelo no urbanizable.....	385.520.652 m <sup>2</sup>
Suelo urbanizable.....	135.000 m <sup>2</sup>

### 4. Recopilación de información.

Para el desarrollo conjunto del presente Trabajo Final de Grado, los miembros componentes del grupo reunieron la información general que a continuación se detalla.

En primera instancia se procedió a la reunión del material cartográfico imprescindible para la elaboración de las distintas partes. Las fuentes principales a estos efectos fueron:

- *L' Institut Cartogràfic Valencià*, del que se obtuvieron las ortofotos necesarias para la modelización de la carretera N-232 existente, a fin de poder determinar gráficamente la situación actual y trabajar gráficamente sobre ella.
- El Instituto Geográfico Nacional, del que fue descargada la Hoja 545 MTN50, compuesta por líneas de nivel a escala 1:5000, resultando indispensable el desarrollo de los trabajos.
- La Conselleria de Infraestructuras, Transporte y Medio Ambiente, de la que se tomó la información cartográfica relativa a zonas de especial interés medioambiental y protección urbanística, así como gráficos de zonas inundables.

Pese a que el presente Trabajo Fin de Grado no contiene una parte que desarrolle los aspectos relativos a la Geología y Geotecnia, los alumnos componentes del grupo han necesitado, en ocasiones, información y datos de esta índole para el desarrollo de sus propios trabajos.

A estos efectos, la fuente de información necesaria ha procedido del "Estudio Informativo de la Variante de Morella de la Carretera N-232 en el Término Municipal de Morella, Provincia de Castellón". Este estudio contiene un anejo geológico y geotécnico, con arreglo al que se realizaron una serie de catas y sondeos cuyos resultados los componentes del grupo han utilizado en sus respectivos trabajos.

Por otra parte, el día 16 de enero de 2014 todos los integrantes del grupo realizaron una visita a la localidad de Morella.

El objetivo del viaje fue en primera instancia dar lugar a una toma de contacto con el entorno, inspeccionando visualmente los taludes naturales del terreno así como las características básicas del mismo. En segundo lugar se acudió al Ayuntamiento de la localidad, donde amablemente se nos permitió acceder a cartografía en formato papel relativa a zonas de protección urbanística y forestal, así como a las ordenanzas municipales reguladoras en la materia.

Dado que se accedió a Morella por la carretera existente N-232, se aprovechó el viaje para realizar una grabación de la misma mediante cámara VIRB Elite GPS de alta resolución cedida por la unidad de Caminos de la ETSICCP (UPV), a fin de realizar un análisis preliminar del estado de la carretera –firme, número de accesos, velocidades de vehículos circulantes, presencia de peatones o movimientos realizados por vehículos.

Se volvieron a realizar posteriormente otras visitas con el objetivo de realizar aforos manuales de las principales zonas de interés de la carretera. Una vez recopilada la información necesaria, se procesó en gabinete y se obtuvieron los valores de la IMD en los tramos analizados.

## 5. Estructuración de los trabajos.

En este documento se llevará a cabo la evaluación de la situación actual del tramo de la carretera N-232 a su paso por Morella y se establecerán propuestas de mejora para solventar los problemas que se han localizado, garantizando la seguridad y comodidad de todos los usuarios. Para ello, se realizará el análisis del comportamiento del tráfico en la vía y en su entorno, estudiando tanto su capacidad como nivel de servicio. Junto a esto, se planteará una propuesta para la reordenación de accesos basado en la incorporación de glorietas y vías de servicio y se implantarán una serie de medidas que permitan moderar el tráfico en el entorno urbano, protegiendo la seguridad tanto de viandantes como conductores. Además, se estudiará el estado del firme proponiendo medidas para su rehabilitación, y se incluirá el dimensionamiento de las nuevas vías de servicio proyectadas.

Complementando a esta parte existen otros cuatro trabajos destinados a desarrollar cada una de las partes en las que se divide el proyecto general. Vicente Almendros Castillo, ha desarrollado un estudio de alternativas. El objetivo será el análisis de diferentes soluciones de trazado teniendo en cuenta aspectos medioambientales, económicos, funcionales y territoriales. Con esto, se pretende sintetizar la información, tanto cualitativa como cuantitativa, de las alternativas planteadas, comparándolas entre sí e identificando, mediante herramientas específicas para ello, la más ventajosa. De esta manera se obtendrá una solución a partir de la cual se desarrollará el resto del trabajo. Además de lo comentado anteriormente, se incluye un análisis de rentabilidad de cada una de las alternativas y de la situación actual, de manera que se obtengan unos ratios que se usarán también como criterio de evaluación.

David Jiménez Serrano De la cruz se encargará del trazado geométrico y firmes de la variante. Para ello, ha desarrollado y justificado la solución geométrica adoptada para la Variante de la N-232 a su paso por Morella, incluyendo los listados y planos que definen completamente el trazado en planta y en alzado. El documento además constará de una propuesta de balizamiento, defensas, señalización vertical y señalización horizontal basada en las normas y recomendaciones españolas. Añadiendo a lo anterior, y en base a las especificaciones de la norma vigente, se recoge el tipo de explanada y paquete de firme seleccionado en función de las características de tráfico pesado y de otros condicionantes, quedando gráficamente definido en el plano de sección tipo.

Se ha realizado, por parte de Ana Belén Terol Serrano, un dimensionamiento estructural de aquellas obras necesarias para la realización de la variante. Por un lado, con el fin de evitar la excavación de grandes volúmenes de desmontes, ha sido necesaria la realización de un muro de escollera. La tipología se ha elegido en base a la protección paisajística que enmarca al municipio y busca la uniformidad en las construcciones realizadas en el recorrido de la actual N-232.

Por otro lado, siguiendo el trazado de la carretera propuesta, surge la necesidad de proyectar un viaducto que permita salvar una vaguada consiguiendo así unir la variante con la nacional. El puente, poco invasivo en el entorno, se predimensiona con un tablero de canto variable y dos pilas. Además, se describe el modo de apoyo del tablero sobre las pilas y los estribos, la forma de estos últimos y los equipamientos necesarios

Por último, Pablo Jiménez Bayo, se ha encargado de realizar el presupuesto y el plan de obra. Por lo que respecta al Plan de obra, la duración aproximada de las obras, en base a los rendimientos utilizados, es de aproximadamente 2 años. Para determinar dicho periodo, se ha realizado un diagrama de Gantt con las actividades principales de las obras, teniendo en cuenta el orden cronológico de las actividades. Además de esto, se ha realizado un documento con los desvíos provisionales a efectuar durante la ejecución de las obras.

En cuanto al presupuesto, ha sido dividido en capítulos en los que se han recogido todas las unidades de obra que han sido necesarias para realizar el trazado geométrico de la variante proyectada incluyendo listados de mediciones y cálculos manuales que han sido necesarios realiza.

## 6. Referencias a las restantes partes.

REFERENCIAS	
TFG: Variante de la carretera N-232 a su paso por Morella (provincia de Castellón)	
AUTOR	PARTE
Vicente Almendros Castillo	Estudio de soluciones
Pablo Jiménez Bayo	Presupuesto y plan de obra
David Jiménez Serrano De la cruz	Trazado geométrico y firmes
Antonio Pellicer Pous	Evaluación de la situación actual
Ana Belén Terol Serrano	Dimensionamiento estructural





TRABAJO FIN DE GRADO

# MEMORIA INDIVIDUAL

**VARIANTE DE LA CARRETERA N-232 A SU PASO POR MORELLA (PROVINCIA DE CASTELLÓN).  
EVALUACIÓN DE LA SITUACIÓN ACTUAL.**

GRADO EN INGENIERÍA CIVIL

VALENCIA, JUNIO 2014

Autor: Antonio Pellicer Pous

Tutor: Vicente Melchor Ferrer Pérez

Cotutor: Álvaro Cuadrado Tarodo

## ÍNDICE DE LA MEMORIA

	<u>Página</u>
1. Introducción.....	3
1.1 Antecedentes administrativos .....	3
1.2 Objetivo y descripción del trabajo.....	3
2. Situación actual .....	4
2.1 Planteamiento actual.....	4
2.2 Características del tramo de la N-232, objeto de estudio .....	4
3. Análisis del tráfico en la zona .....	4
3.1 IMD de las estaciones de aforo, automáticas y manuales.....	4
3.2 Capacidad y niveles de servicio .....	4
3.3 Análisis del tráfico peatonal en el tramo urbano.....	5
4. Problemática .....	5
4.1 Problemática relacionada con los accesos.....	5
4.2 Problemas relacionados con la seguridad vial del tramo urbano.....	5
4.3 Velocidades elevadas en el tramo urbano y en sus proximidades .....	6
4.4 Firme bastante deteriorado .....	6
5. Solución propuesta.....	6
5.1 Conexión de nuevos viales de servicio con glorietas .....	6
5.1.1 Las tres glorietas.....	6
5.1.2 Los nuevos viales de servicio.....	6
5.1.3 Caminos de campo .....	7

5.2	Moderadores del tráfico .....	7
5.2.1	Empleo de cojines en el tramo urbano.....	7
5.2.2	Bandas transversales de alerta (BTA) .....	7
5.2.3	Estrechamiento óptico.....	7
5.3	Medidas de seguridad para peatones en el tramo urbano .....	7
5.3.1	Paso de peatones .....	7
5.3.2	Amplitud de aceras .....	8
5.4	Medidas complementarias en materia de seguridad.....	8
5.4.1	Iluminación artificial en las glorietas proyectadas.....	8
5.5	Rehabilitación superficial del firme actual .....	8
5.5.1	Análisis del firme actual y toma de decisión.....	8
5.5.2	Rehabilitación superficial propuesta.....	8
6.	Documentos que integran el Trabajo Fin de Grado.....	9

## MEMORIA

### 1. Introducción.

#### 1.1 Antecedentes administrativos.

El presente documento constituye el Trabajo Fin de Grado del alumno Antonio Pellicer Pous. Corresponde con la titulación de Ingeniero Civil del nuevo Plan Bolonia (2010) impartida en la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos (ETSICCP) de la Universidad Politécnica de Valencia. Esta nueva titulación hace que los antiguos Proyectos Fin de Carrera se reconviertan en los actuales Trabajos Fin de Grado.

Este año se ha presentado una nueva modalidad de TFG que consiste en efectuar un proyecto real por un equipo formado por alumnos y tutorizados por profesores de la escuela. Los tutores que se han encargado de dirigir este proyecto en equipo han sido: D. Francisco Javier Camacho Torregrosa, D. Álvaro Cuadrado Tarodo, D. José Manuel Campoy Ungría y D. Vicente Melchor Ferrer Pérez.

#### 1.2 Objetivo y descripción del trabajo.

El presente trabajo tiene por objeto analizar la situación actual del tramo de la carretera N-232 que discurre entre los P.K. 60+000 y 64+000 y establecer propuestas de mejora para solventar los problemas que se han localizado, de forma que se garantice la seguridad y comodidad de todos los usuarios.

Para ello, se analizará el comportamiento de la carretera actual, considerando criterios distintos para los tramos urbanos y rurales. En primer lugar, se estudiará la movilidad del tráfico en la carretera y su adecuación al entorno próximo. Se calculará si se excede la capacidad de la vía y qué nivel de servicio puede llegar a adquirir. Una vez analizado este aspecto, habrá llegado el momento de hallar los problemas que pueden encontrarse, tanto en la vía como en sus alrededores, para poder posteriormente establecer soluciones que solventen las incongruencias detectadas.

## 2. Situación actual.

### 2.1 Planteamiento actual

La carretera nacional N-232, que cruza transversalmente la península de Vinaròs hasta Santander, pertenece a la Red de Interés General del Estado (RIGE) del Ministerio de Fomento. El tramo de dicha carretera que se va a estudiar en el presente trabajo transcurre entre los puntos kilométricos 60 y 64. En este recorrido, la nacional atraviesa las inmediaciones del núcleo de población de la localidad de Morella, cruzando por una zona semiurbana de aproximadamente un kilómetro de longitud, teniendo acceso al barrio de Hostal Nou y al polígono industrial Les Casetes. Además, existen otras carreteras que conectan con la nacional en el tramo de estudio: dos carreteras de titularidad autonómica (Conselleria de Infraestructuras, Territorio y Medio Ambiente, CITMA): la CV-12, Ares del Maestre - Morella, y la CV-14, de Morella - Zorita del Maestrazgo; y otra cuya titularidad es la Diputación de Castellón, la CV-117, de Morella - Chiva de Morella.

El hecho de que la nacional discorra por suelo semiurbano hace que los problemas que puedan surgir se multipliquen. La existencia de una gran cantidad y variedad de movimientos a lo largo de su trazado y la presencia de otros usuarios vulnerables, hace que una baja intensidad de tráfico adquiera un nivel de peligrosidad elevado, llegando a presenciar mayores situaciones de conflicto.

En el *Anejo nº1 Reportaje Fotográfico*, se puede observar el estado actual de la carretera mencionada, desde diferentes puntos de vista.

Para una localización gráfica de la zona de actuación véase *Documento nº 2 Planos*.

### 2.2 Características del tramo de la N-232, objeto de estudio.

El tramo de la carretera que se pretende estudiar está limitado al norte por un enlace tipo trompeta que conecta la N-232 con la CV-117, siendo ésta última la que llega hasta la población de Morella. Al sur se ha establecido el límite del tramo en el P.K. 60+000.

La sección característica de la carretera es de una única calzada con dos carriles de 3,5 metros de anchura (uno por sentido), con arcenes exteriores de dimensiones variables según el P.K. La velocidad legal del tramo oscila entre 50 km/h en el tramo urbano hasta 100 km/h en el tramo rural.

Debido a la falta de información en proyectos anteriores acerca del tramo de estudio, se procedió a evaluar el tipo de carretera y la velocidad de proyecto a partir de la geometría de su trazado, llegando a la conclusión que la carretera se clasifica como una C-60. En el *Documento nº 2 – Planos* aparecen un plano general de su trazado.

## 3. Análisis del tráfico en la zona.

A continuación, se van a describir algunos aspectos relativos al estudio del tráfico que permiten conocer el comportamiento del actual tramo de la nacional. Se va a realizar este análisis con el objeto de entender su funcionamiento y plantear los problemas que se consideren oportunos.

### 3.1 IMD de las estaciones de aforo, automáticas y manuales.

Para poder caracterizar el tráfico de la zona, desde un principio, se ha partido de datos de aforo de distintas estaciones que se localizan a lo largo de la N-232 y de las carreteras que conectan con la anterior. Esta información se ha obtenido del Mapa de Tráfico 2012 del Ministerio de Fomento y también de la Conselleria de Infraestructuras y Transportes (CIT) de la Generalitat Valenciana (GVA). Pero, debido a que se necesita conocer el comportamiento solamente del tramo de estudio, se ha requerido la necesidad de realizar aforos manuales para caracterizar de una manera más real y con más detalle el tráfico de las diferentes subzonas. Por ello, se decidieron realizar 4 puestos de aforamiento en enero de 2014, de acuerdo con las características de aforamiento de las estaciones de aforo de cobertura del Ministerio de Fomento. Se dividió el trazado en varias partes, de forma que solamente con dichos puestos de aforo aportara suficiente información para caracterizar el tráfico de la zona.

De todos los valores de IMD obtenidos a lo largo de la carretera, habría que analizar cuál de todos se adopta como punto de partida para su empleo en futuros cálculos. Analizando de forma general todas las IMD obtenidas se estima conveniente utilizar como referencia la intensidad de mayor valor porque es el máximo número de vehículos que se ha podido registrar circulando por la carretera. Por lo tanto, de esta forma, nos localizaremos más del lado de la seguridad ya que si, de lo contrario, se emplea como valor de cálculo otro de menor intensidad, se estará actuando erróneamente ya que hay situaciones y lugares donde discurre mayor cantidad de tráfico.

En este caso, el tramo con mayor intensidad coincide en ambos sentidos, siendo éste el comprendido entre el tramo inicial y la CV-12, con una IMD de 3114 vehículos al día y un 11,1% de vehículos pesados. Para comprender el procedimiento seguido para el cálculo de la IMD a partir de los datos de aforo y para obtener mucha más información detallada, será necesario acudir al *Anejo nº 2 – Análisis del tráfico*.

### 3.2 Capacidad y niveles de servicio.

Una vez obtenida la situación actual de tráfico en los diferentes subtramos, se puede analizar la capacidad de la carretera actual y los niveles de servicio tanto en el presente año como en el año horizonte.

En condiciones ideales, la máxima capacidad teórica es de 3200 vehículos ligeros/hora para la calzada completa y de 1700 vehículos ligeros/hora para un solo sentido.

Para el cálculo del nivel de servicio, el *Highway Capacity Manual (HCM) 2010* distingue tres clases de carreteras dentro de las convencionales, de calzada única con dos carriles y doble sentido de circulación:

- ◇ Clase I: se trata de aquellas carreteras que presentan una función principal de movilidad. Los conductores esperan viajar a velocidades elevadas. Para la obtención del nivel de servicio influye en el porcentaje de tiempo en cola y la velocidad media de recorrido.
- ◇ Clase II: las carreteras adquieren una función que facilita en mayor medida la accesibilidad. Los conductores no esperan viajar a velocidades elevadas. Y facilita la realización de viajes más cortos. En el cálculo influirá en el porcentaje de tiempo en cola.
- ◇ Clase III: esta es una nueva clase incorporada al Manual del 2010 y se tratan de aquellas carreteras que discurren por áreas moderadamente urbanizadas. En estos segmentos, el tráfico local a menudo se mezcla con el tráfico de paso. En la determinación del nivel de servicio influirán en el porcentaje con velocidad libre.

Si se analiza concretamente el tramo de estudio, se observa que discurre por zonas semiurbanas con gran cantidad de accesos en sus márgenes. Esto evidencia que su función dentro del tramo es más bien de aportar accesibilidad al territorio y, al mismo tiempo, hay que considerar que los conductores esperarán viajar a velocidades más bien bajas. Por tanto, podría considerarse dicho tramo de la carretera como clase II. En cambio la zona de la nacional que discurre por tramo urbano, sí se podría identificar como clase III.

Por tanto, se obtienen distintos niveles de servicio en función del tramo que se esté analizando. En este caso, si se estudia el tramo correspondiente a la zona urbana analizado como clase III, debido a la existencia de un gran número de accesos a las propiedades colindantes y a la baja velocidad que requiere el tramo, se obtiene un nivel de servicio D. En cambio, para el tramo que corresponde a la zona no urbana, al considerarse como clase II y existir menor cantidad de accesos y tener la posibilidad de circular a una velocidad mayor que en el tramo urbano, se obtiene un nivel de servicio B para el año actual. En el *Anejo nº 2 – Análisis de tráfico* se incluyen los cálculos detallados, así como el cálculo de los niveles de servicio para el año horizonte.

### 3.3 Análisis del tráfico peatonal en el tramo urbano.

Tal y como se ha comentado con anterioridad, existe un tramo de la nacional que discurre por suelo urbano. Por tanto, aparecerán zonas donde compartan escenario una gran variedad de usuarios con distintas características, siendo unos más vulnerables que otros. Éste es el caso de los peatones que circulan por la zona urbana. En dicho tramo, la existencia de bares, restaurantes, almacenes, gasolineras, viviendas, etc. hace que exista un flujo de personas que se debería tener presente en el estudio. El análisis y la problemática existente con relación al tráfico peatonal se analizará en el *Anejo nº 4 – Estudio de seguridad vial*.

## 4. Problemática.

Una vez analizado cómo se comporta el tráfico en el tramo de estudio, se va a proceder a continuación a describir la problemática hallada en las diferentes zonas analizadas y que, de manera directa o indirecta, afectan a la seguridad de la vía. La detección de estos problemas ha llevado a la necesidad de plantear una serie de soluciones con el objetivo de solventarlos. Estas soluciones se detallarán una vez se planteen y describan los problemas encontrados.

Desde un punto de vista global, los problemas que se detectaron fueron los siguientes:

- × Problemática relacionada con los accesos.
- × Problemas relacionados con la seguridad vial del tramo urbano.
- × Velocidades elevadas en el tramo urbano y en sus proximidades.
- × Firme bastante deteriorado.

A continuación, se va a proceder a describir los distintos problemas observados desde una perspectiva más detallada. Para obtener una visión más clara, se recomienda acudir a los anejos correspondientes.

### 4.1 Problemática relacionada con los accesos.

Los problemas o situaciones relacionados con los accesos y su localización, que pueden llegar a afectar a la seguridad de los usuarios son los siguientes:

- ◇ Gran cantidad de accesos directos situados a ambos lados de la vía.
- ◇ Accesos situados en zonas peligrosas o con visibilidad reducida.
- ◇ Interacción entre el tráfico local y el tráfico de largo recorrido.
- ◇ Alta ocupación de las zonas limítrofes de la carretera.

Todos ellos se desarrollan más ampliamente en el *Anejo nº 3 – Reordenación de accesos*.

### 4.2 Problemas relacionados con la seguridad vial del tramo urbano.

Los diferentes problemas que se han encontrado en materia de seguridad vial corresponden a los que se mencionan a continuación.

- ◇ Exceso de velocidad en el tramo de estudio (se estudiará en el siguiente punto).
- ◇ Discontinuidad de las aceras.
- ◇ Imposibilidad de paso de los peatones de un lado a otro de la carretera.
- ◇ Glorieta partida, gran problema de seguridad vial.
- ◇ Frenazos en glorieta partida.
- ◇ Inexistencia de iluminación artificial en la mayor parte del trazado ni en zonas singulares.

Se recoge más información en el *Anejo nº 4 – Estudio de seguridad vial*.

### 4.3 Velocidades elevadas en el tramo de urbano y en sus proximidades.

Una de las formas de entender el funcionamiento de la travesía es observar la velocidad que eligen los conductores para atravesarla. En el apéndice 1 y 2 del *Anejo nº 4 – Estudio de seguridad vial* se han representado las velocidades de operación de las distintas alternativas que se han ido adoptando.

Como conclusión puede extraerse que la velocidad que eligen los conductores para recorrer el trazado actual es demasiado elevada, sobretodo en el tramo urbano. Por este motivo, será un tema que se deberá analizar detenidamente e implantar una serie de medidas que traten de reducir dicha velocidad. Los resultados se recogen en el anejo mencionado.

### 4.4 Firme bastante deteriorado.

Para conocer el estado del firme se ha llevado a cabo un análisis, mediante los datos de la inspección visual realizada en campo y del valor de las deflexiones facilitadas por el Ministerio de Fomento. Éstos son los únicos datos que se han podido disponer para la realización del presente trabajo.

Una vez analizados dichos datos, se puede concluir que el firme presenta un estado de deterioro bastante elevado, pero el nivel de deflexiones no supera al valor límite establecido por la normativa. A falta de conocer más datos y sin poder extraer ninguna muestra del propio firme, se concluye que el pavimento actual presenta un estado de deterioro superficial avanzado. Para obtener información más detallada del firme, acudir al *Anejo nº 5 – Estudio del firme*.

## 5. Solución propuesta.

A continuación, se va a proponer una solución como alternativa al trazado actual, con el fin de solventar la problemática mencionada con anterioridad. Existen diversas soluciones que pueden resolver las cuestiones citadas, pero se ha querido concebir una solución que permita solventar todos los problemas mencionados a la vez. Por tanto, es la que más se adecua a la problemática existente.

### 5.1 Conexión de nuevos viales de servicio con glorietas.

Esta solución está basada en la incorporación de tres glorietas situadas en los puntos kilométricos 60+815, 61+390 y 62+263, y la creación de dos vías de servicio y un camino rural que posibilita la reordenación de los accesos existentes en la traza de la carretera. La implantación de las glorietas facilita el poder conectar dichos nuevos viales de servicio a la misma y, al mismo tiempo, limitar los accesos directos en la carretera principal y desviarlos por las nuevas vías. A su vez, cabe remarcar que las glorietas se han situado en dichos puntos para tratar de aprovechar

esta nueva zona y sustituir las antiguas intersecciones con las carreteras CV-12, CV-14 y CV-117, por conexiones con un mayor grado de seguridad.

#### 5.1.1 Las tres glorietas.

Con la introducción de estas tres glorietas se posibilita la creación de lo que se denomina como “puertas de entrada” que sirve para advertir al conductor de la entrada en una zona con características distintas a las de los trazados anteriores. En esta nueva área es necesario extremar las precauciones ante la presencia de otros usuarios, generalmente más vulnerables y, por tanto, cambiar su modo de conducción, empezando por reducir su velocidad. Mediante las glorietas, además, se consigue mantener la velocidad de los conductores dentro de los límites admisibles para el tramo, sin llegar a superar la capacidad de estos elementos viarios. En el *Anejo nº 2 – Análisis del tráfico* se ha analizado si el tráfico actual puede llegar a exceder la capacidad de las entradas a la glorieta.

Una de las ventajas que lleva consigo la incorporación de dichas glorietas, es la eliminación total de la glorieta partida, situada unos metros antes de entrar en el barrio Hostal Nou. Éstas constituyen un grave problema de seguridad vial ya que muchos conductores tienden a actuar erróneamente y ante lo que podría parecer una calzada anular, en realidad, se encuentra interrumpida por la vía principal por la que los vehículos circulan con prioridad.

#### 5.1.2 Los nuevos viales de servicio.

Los dos nuevos viales de servicio están situados, el primero de ellos, entre la primera glorieta y la segunda, siguiendo el sentido de avance de P.K.s y, el segundo, desde la segunda glorieta hasta el P.K. 61+850. La primera vía está compuesta por dos carriles de 3 metros cada uno, de doble sentido de circulación y con arcenes de medio metro a cada lado. La segunda vía de servicio proyectada se caracteriza por ser de sentido único con dos carriles de 3 metros de ancho cada uno y arcenes de medio metro a ambos lados. Para obtener más información de los nuevos viales de servicio, acudir al *Anejo nº 3 - Reordenación de accesos*.

El hecho de tener los viales de servicio conectados a las glorietas hace limitar los giros a izquierda en gran parte del tramo de estudio y, por tanto, aquellos vehículos que deseen acceder a las propiedades colindantes, deberán circular hasta las glorietas más cercanas y de allí, acceder al vial correspondiente. Con esto, también se impide que exista una gran disparidad de velocidades en la carretera principal, debido a que ya no se deben detener los vehículos sobre la propia calzada para poder acceder directamente a las propiedades colindantes.

En el *Anejo nº 5 – Estudio de firmes y pavimentos* se ha dimensionado el firme que se necesita para crear los nuevos viales de servicio. Para una explanada del tipo E1 y categoría de tráfico T32, el paquete de firme más aconsejado corresponderá con la sección 3211 de la norma 6.1 – IC del Ministerio de Fomento, estando formado por las siguientes capas:

- Primera capa de 18 cm de mezcla bituminosa.
- Segunda capa de 40 cm de Zahorra artificial (ZA20).

Se ha considerado conveniente el empleo de mezcla bituminosa en caliente para la primera capa. A su vez, ésta se dividirá en otras subcapas ya que el espesor es demasiado elevado como para poder efectuarla toda de una tongada. Atendiendo a tabla 6 de la norma 6.1 – IC, los espesores de las capas de mezclas bituminosas en calientes escogidos serán:

- Capa de rodadura: 3 cm de mezcla bituminosa en caliente, tipo BBTM 11 B B60/70, árido silíceo, (en la anterior nomenclatura M-10).
- Capa intermedia: 6 cm de mezcla bituminosa en caliente, tipo AC 22 BIN B60/70 S, árido calizo (en la anterior nomenclatura S-20).
- Capa de base: 9 cm de mezcla bituminosa en caliente, tipo AC 32 BASE B60/70 G, árido calizo (en la anterior nomenclatura G-25).

Tal y como establece la tabla 5 de la norma 6.1 – I.C. la zahorra artificial deberá extenderse en capas de como mínimo 20 cm y máximo de 30 cm en dicha sección. Por tanto, se ha optado por extender una primera capa de 20 cm y posteriormente una segunda capa de otros 20 cm para completar los 40 cm necesarios para esta sección de firme.

Se ha establecido un riego de imprimación C60BF5 IMP entre la capa de zahorras y la de mezclas bituminosas. A su vez, se esparcirá un riego de adherencia C60B4 ADH entre las capas bituminosas.

Para visualizar en planta los viales de servicio y las glorietas propuestas, acudir al *Documento nº 2 – Planos*.

Con todo ello, se han conseguido solventar la práctica totalidad de los problemas relacionados con los accesos que se habían descrito en el apartado anterior y, a su vez, ha posibilitado la solución de algunos problemas relacionados con la seguridad vial.

### 5.1.3 Caminos.

Debido a la imposibilidad de instalar una nueva vía de servicio en el tramo inicial (cerca del P.K. 60+000), y con el objetivo de conectar los menores accesos directos posibles con la nacional, se han tratado de crear nuevos caminos de rurales o de campo y unirlos con los ya existentes. De esta forma, crean una especie de conexiones en los caminos que permitan mediante un acceso general, llegar a todas las propiedades anteriormente accesibles.

Para poder analizar los nuevos caminos creados, el *documento nº 2 – Planos* se recogen los planos de la situación de partida y de los modificados.

## 5.2 **Moderadores del tráfico.**

Con la incorporación de las glorietas y las nuevas vías de servicio, se ha posibilitado reducir y unificar las velocidades que eligen los conductores en su circulación. Pero tal y como muestra el *Anejo nº 4 – Estudio de seguridad vial*, las velocidades de operación en los tramos entre glorietas y en sus aproximaciones al tramo urbano son demasiado elevadas. Por eso, se ha tenido que estudiar la implantación de elementos de moderación del tráfico en la zona del tramo urbano y en sus proximidades.

### 5.2.1 Empleo de cojines en el tramo urbano.

Se ha considerado conveniente situar en el tramo urbano cuatro cojines, dos para cada sentido, con el fin de reducir y moderar la velocidad con la que circulan los conductores en dicho tramo. Los cojines son una especie de resaltes con una ocupación transversal inferior a la vía libre de los vehículos pesados que permite, por tanto, el paso directo de determinados vehículos como motocicletas y vehículos pesados, mientras que los vehículos ligeros han de remontarlos, con la consiguiente moderación de la velocidad.

Las características, tanto geométricas como de disposición en planta, de los nuevos cojines implantados, se recogen en el *Anejo nº 4 – Estudio de seguridad vial*.

### 5.2.2 Bandas transversales de alerta.

Una vez implantadas las glorietas en la cercanía del núcleo urbano y la instalación de los cojines en el propio tramo, se ha observado que los conductores realizan deceleraciones muy bruscas de la velocidad cuando se aproximan a las glorietas. Por este motivo, se ha visto necesario la implantación de bandas transversales de alerta (BTA) antes de llegar a las glorietas y al tramo urbano, con el fin de reducir suave y paulatinamente la velocidad con el simple freno motor, sin ser necesaria la aplicación moderada de los frenos.

Para obtener más información acerca de las BTA instaladas, acudir al *Anejo nº 4 – Estudio de seguridad vial*.

### 5.2.3 Estrechamiento óptico.

Con el objetivo de reducir la velocidad que llevan los conductores que se aproximan al tramo urbano, se ha planteado la necesidad de incorporar una medida que evite la entrada a la zona con velocidades elevadas. Para ello, se han tanteado varias alternativas de implantación, resultando la siguiente la más apropiada: el estrechamiento óptico.

El estrechamiento óptico se consigue mediante la implantación de una franja longitudinal situada entre los dos carriles, no destinada a la circulación y cuyo objeto es reducir la anchura de los carriles de circulación.

Las características geométricas y de implantación del estrechamiento óptico propuestos se recogen en el *Anejo nº 4 – Estudio de seguridad vial* y en los planos correspondientes del respectivo documento.

### 5.3 Medidas de seguridad para peatones en el tramo urbano.

#### 5.3.1 Paso de peatones.

Ante la inexistencia de un lugar apropiado en la antigua carretera para el paso de peatones, se ha considerado conveniente el estudio de ciertos puntos donde sería necesario implantar estos elementos. En el *Anejo nº 4 – Estudio de seguridad vial* se han analizado los lugares más apropiados de la travesía donde poder instalar los pasos de peatones. En este caso, se ha considerado la implantación en las entradas de la travesía, donde se encuentran las zonas de más afluencia de tráfico peatonal (viviendas y zonas recreativas), y en los laterales como medida de continuidad de las aceras. Para obtener más información, habrá que acudir al anejo citado.

Las dimensiones de estos pasos de peatones cumplen con la normativa 8.2 de la Instrucción de Carreteras en el que se explican las características de todas las marcas viales.

#### 5.3.2 Amplitud de aceras.

Ante la instalación de nuevos pasos de peatones, se ha visto la necesidad de ampliar las aceras ya existentes que confluyen con las nuevas zonas de paso. Con esto se consigue aumentar la capacidad de dichos elementos peatonales y dotar de una mayor seguridad a los viandantes. Pueden observarse los detalles de las aceras en el plano nº 7 (hoja nº 2).

### 5.4 Medidas complementarias en materia de seguridad.

#### 5.4.1 Iluminación artificial en las glorietas proyectadas.

Una glorieta representa una obstrucción física en la trayectoria del tráfico que la atraviesa y además en el tráfico que se aproxima, teniendo que ceder el paso al tráfico que se encuentra ya girando. Por tanto, es fundamental que la visibilidad sea la adecuada para que los conductores puedan prevenir los riesgos y asumir la seguridad.

De entre las diferentes tipologías de iluminación de la calzada se ha optado por escoger la iluminación central mediante proyectores convencionales. Se recoge más información en el *Anejo nº 4 – Estudio de seguridad vial*.

### 5.5 Rehabilitación superficial del firme actual.

#### 5.5.1 Análisis del firme actual y toma de decisión.

Para poder evaluar el firme de la carretera correctamente, en primer lugar, se ha querido establecer un inventario donde se recogen de manera simplificada los principales defectos que se han encontrado en la nacional.

A continuación, se han analizado el valor de las deflexiones de la carretera facilitadas por el Ministerio de Fomento. Según los datos que aportan las deflexiones tipo y siguiendo con la normativa vigente 6.3 – IC de rehabilitación de firmes, se establece que el nivel de deflexiones no es suficiente como para proponer una rehabilitación estructural del firme actual. Pero las imágenes tomadas de la zona de estudio evidencian que en muchos tramos el nivel de deterioro de la calzada es bastante pronunciado.

En cualquier caso, para poder afirmar que realmente se requiere de una rehabilitación estructural, sería necesario extraer muestras y testigos del propio firme y analizar si dichos defectos proceden de las capas inferiores y son esos mismos los que se reflejan en la superficie. Si esto es así, sí sería necesaria una rehabilitación estructural completa. Pero como, a priori, no se puede saber a ciencia cierta el estado real del firme, se ha considerado conveniente realizar una rehabilitación superficial con el fin de corregir los defectos que muestran dichas fotografías y no modificar el núcleo principal del firme, adecuado según el nivel de deflexiones.

#### 5.5.2 Rehabilitación superficial propuesta.

La renovación superficial de un firme consiste en la restauración de sus características superficiales. A diferencia del refuerzo propiamente dicho, la renovación superficial no tiene por objeto aumentar la capacidad resistente del firme, aun cuando en determinados casos pueda mejorar esta capacidad.

Ante los habituales defectos detectados en la carretera mediante la inspección visual, se ha considerado establecer una solución que posibilitara la rehabilitación completa de la superficie de rodadura.

Este método consiste en la retirada por medios mecánicos (fresado) de un espesor de 3 cm en toda la superficie de la calzada, sin incluir los arcenes ya que presentan un estado en condiciones adecuadas. A continuación, se propone la reposición de esta capa de rodadura con mezclas bituminosas constituida por una mezcla discontinua de 3 cm tipo BBTM 11B (Antigua M-10). Mediante esta solución se consigue una rodadura homogénea, en todo el tramo, con una adherencia neumático - pavimento adecuada.

El ligante a emplear en este tipo de mezcla bituminosa discontinua será el que establece el PG-3 en su tabla 1 del artículo 543. Para una zona térmica estival media y una categoría de tráfico pesado T2, el tipo de ligante a emplear será B60/70. Con lo cual la mezcla bituminosa empleada queda con la siguiente expresión: BBTM 11B B60/70.

Más información se recoge en el *Anejo nº 5 – Estudio de firmes y pavimentos*.

## 6. Documentos que integran el Trabajo Fin de Grado.

### DOCUMENTO Nº 1 MEMORIA

#### 1.1 Memoria

#### 1.2 Anejos a la memoria.

1. Anejo nº 1 – Reportaje fotográfico.
2. Anejo nº 2 – Análisis del tráfico.
3. Anejo nº 3 – Reordenación de accesos.
4. Anejo nº 4 – Estudio de seguridad vial.
5. Anejo nº 5 – Estado del firme.
6. Anejo nº 6 – Señalización, balizamiento y defensas.

### DOCUMENTO Nº 2 PLANOS

- 2.1 Plano de situación y emplazamiento.
- 2.2 Cartografía y relieve del terreno.
- 2.3 Situación actual. Plano de conjunto.
- 2.4 Situación actual. Planta general.
- 2.5 Mejora. Plano de conjunto.
- 2.6 Mejora. Planta general.
- 2.7 Detalles.
- 2.8 Propuesta de mejora con ortofoto.
- 2.9 Comparación antes – después.
- 2.10 Señalización vertical
- 2.11 Radios de giro en las glorietas.

