



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Caminos,
Canales y Puertos

Estudio para el acondicionamiento de la carretera CV-790
entre los municipios Benilloba (PK 0+000) y Cocentaina
(PK 6+500), provincia de Alicante.

Trabajo Fin de Grado

Grado en Ingeniería Civil

AUTOR/A: Ramos Melendez, Victor Manuel

Tutor/a: Camacho Torregrosa, Francisco Javier

Cotutor/a: Llopis Castelló, David

CURSO ACADÉMICO: 2021/2022



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR
INGENIEROS DE CAMINOS,
CANALES Y PUERTOS



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

Trabajo Final de Grado

Estudio para el acondicionamiento de la carretera CV-790 entre los municipios Benilloba (PK 0+000) y Cocentaina (PK 6+500), provincia de Alicante.

Autor:

Víctor Manuel Ramos Meléndez

Tutor:

Francisco Javier Camacho Torregrosa

Cotutor:

David Llopis Castelló



ÍNDICE GENERAL

DOCUMENTO Nº1 MEMORIA Y ANEJOS

Memoria

Anejo Nº1 Localización y antecedentes

Anejo Nº2 Situación actual

Anejo Nº3 Geología y geotecnia

Anejo Nº4 Hidrología y drenaje

Anejo Nº5 Estudio del tráfico

Anejo Nº6 Planteamiento urbanístico

Anejo Nº7 Alternativas y análisis multicriterio

Anejo Nº8 Diseño geométrico

Anejo Nº9 Consistencia y seguridad vial

Anejo Nº10 Firmes

Anejo Nº11 Valoración económica

Anejo Nº12 Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS)

DOCUMENTO Nº2 PLANOS



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR
INGENIEROS DE CAMINOS,
CANALES Y PUERTOS



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

DOCUMENTO Nº1 MEMORIA

Autor:

Víctor Manuel Ramos Meléndez

Tutor:

Francisco Javier Camacho Torregrosa

Cotutor:

David Llopis Castelló



ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN	5	7.3 Alternativa 3.....	14
2. LOCALIZACIÓN	5	7.4 Alternativa 4.....	14
3. ANTECEDENTES	5	8. ANÁLISIS MULTICRITERIO	14
4. SITUACIÓN ACTUAL	6	9. DISEÑO GEOMÉTRICO	16
5. DESCRIPCIÓN ZONA DE ESTUDIO	6	9.1 Planta.....	16
5.1 Cartografía y topografía.....	6	9.2 Alzado.....	16
5.2 Geología y Geotecnia.....	7	9.3 Visibilidad.....	17
5.2.1. Geología.....	7	9.4 Sección transversal.....	17
5.2.2. Geotecnia.....	7	9.5 Bombeo y peralte.....	17
5.3 Hidrología y drenaje.....	8	9.6 Movimiento de tierras.....	17
5.3.1 Precipitaciones y climatología.....	8	9.7 Movimiento de accesos.....	18
5.3.2 Hidrología.....	8	10. CONSISTENCIA	18
5.3.3 Peligro de inundación.....	9	10.1 Consistencia local.....	18
5.3.4 Drenaje longitudinal.....	9	10.2 Consistencia global.....	18
5.3.5 Drenaje transversal.....	10	10.3 Estimación de accidentes.....	18
5.4 Planteamiento urbanístico.....	10	11. FIRMES	19
6. ESTUDIO DEL TRÁFICO	12	11.1 Categoría del tráfico.....	19
6.1 Intensidad Media Diaria (IMD).....	12	11.2 Explanada.....	19
6.2 Nivel de Servicio.....	12	11.3 Capa base.....	19
7. ALTERNATIVAS PROPUESTAS	13	11.4 Mezcla bituminosa.....	19
7.1 Alternativa 1.....	13	12. VALORACIÓN ECONÓMICA	20
7.2 Alternativa 2.....	14	13. OBJETIVO DE DESARROLLO SOSTENIBLE (ODS)	21
		14. CONCLUSIONES	21



ÍNDICE DE IMÁGENES

Imagen 1. Vista de tramo I y II. Fuente: Visor cartográfico GVA.	5
Imagen 2. Trazado carretera. Fuente: Visor cartográfico GVA.	6
Imagen 3. Cartografía MDT. Fuente: Elaboración propia en Civil 3D.	7
Imagen 4. Mapa Geológico de España Hoja 821 Alcoy. E=1/50.000. Fuente: IGME.	7
Imagen 5. Pendientes naturales en %. Fuente: Visor cartográfico GVA.	8
Imagen 6. Vertiente del agua. Fuente: Elaboración propia.	9
Imagen 7. Descompuesto envolvente de peligrosidad (peligrosidad 1 y geomorfológica). Fuente: PATRICOVA.	9
Imagen 8. Vista de drenaje longitudinal. Fuente: Google Earth.	10
Imagen 9. Obra de drenaje transversal (ODT) de importancia. Fuente: Elaboración propia.	10
Imagen 10. Clasificación del suelo. Fuente: Elaboración propia a partir de Visor Cartográfico GVA.	11
Imagen 11. Zona de paisaje protegido. Fuente: Elaboración propia a partir de Visor Cartográfico GVA.	11
Imagen 12. Niveles de servicio para una carretera convencional. Fuente: Apuntes UPV.	12
Imagen 13. Categoría de tráfico pesado. Fuente: Norma 6.1 IC.	19
.....	19
Imagen 14. Tipos de firmes. Fuente: Norma 6.1 IC.	19
Imagen 15. Disposición de capas y riegos. Fuente: Elaboración propia.	20



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Intensidad Media Diaria (IMD). Fuente: Elaboración propia.	12
Tabla 2. Nivel de servicio para año actual, puesta en servicio y horizonte. Fuente: Elaboración propia.....	13
Tabla 3. Ponderación de criterios según promotor. Fuente: Elaboración propia.....	15
Tabla 4. Ponderación de criterios según usuario. Fuente: Elaboración propia.....	15
Tabla 5. Ponderación de criterios según paisajista. Fuente: Elaboración propia.....	16
Tabla 6. Ponderación de criterios según neutral. Fuente: Elaboración propia.....	16
Tabla 7. Resumen valoración de alternativas por decisor. Fuente: Elaboración propia.....	16
Tabla 8: Resumen dimensiones de sección transversal. Fuente: Elaboración propia	17
Tabla 9. Resumen porcentaje en bombeo y peralte. Fuente: Elaboración propia.....	17
Tabla 10. Resumen capas y espesor en firme y explanada. Fuente: Elaboración propia.....	20
Tabla 11. Valoración económica estimada parte 1. Fuente: Elaboración propia.....	20
Tabla 12. Valoración económica estimada parte 2. Fuente: Elaboración propia.....	21



ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Precipitación media anual últimos 10 años. Fuente: Elaboración propia a partir de AEMET.....	8
Gráfico 2. Visibilidad en sentido creciente y decreciente de PK. Fuente: Elaboración propia.....	17
Gráfico 3. Velocidad de operación sentido creciente y decreciente. Fuente: Elaboración propia.....	18

1. INTRODUCCIÓN

La presente memoria corresponde al Trabajo de Fin de Grado para la obtención del título de Ingeniería Civil del alumno Víctor Manuel Ramos Meléndez. El siguiente informe tiene como objeto plasmar el estudio sobre la CV-790 en cuanto al cumplimiento de la actual normativa Norma 3.1-I.C de la Instrucción de Carreteras y seguridad vial.

Posteriormente se realizará la propuesta de una serie de alternativas para su acondicionamiento, buscando así, la mejora tanto de su trazado en planta y alzado como de su seguridad, para la obtención de estas alternativas se utilizará la herramienta informática Autodesk Civil 3D. A la alternativa seleccionada se le realizará un análisis en profundidad y se obtendrá una relación valorada estimada.

Es importante destacar que tomando en cuenta las limitaciones en este Trabajo Final de Grado, no se tendrán en cuenta cálculos estructurales, presupuestos, estudios de seguridad y salud o estudios de impacto ambiental, quedando todos estos puntos fuera del alcance del trabajo.

2. LOCALIZACIÓN

La carretera CV-790 es una carretera perteneciente a la Comunidad Valenciana, estando específicamente al norte de la provincia de Alicante, en su totalidad esta carretera se encuentra en la comarca de El Comtat conectado a los municipios de Benilloba y Cocentaina. En el **"ANEJO Nº1 LOCALIZACIÓN Y ANTECEDENTES"** se explica más a fondo la localización de esta carretera.

3. ANTECEDENTES

La carretera CV-790 tiene una longitud total de 6,65 km. Esta vía está dividida en dos tramos, del PK 0+000 al inicio en la intersección en cruz con la CV-700 y la CV-787 hasta el PK 4+500 correspondiente a la intersección con la CV-706. El segundo tramo discurre desde el mencionado PK 4+500 hasta el PK 6+650 en una glorieta la cual conecta con en el pueblo de Cocentaina y la N-340.

El primer tramo, en sentido creciente de los PK, presenta una Intensidad Media Diaria (IMD) de tráfico menor al del segundo tramo.

Con respecto a la cantidad de vehículos pesados sucede lo mismo, el primer tramo presenta una cantidad bastante reducida, imposibilitados por el trazado sinuoso y fuertes inclinaciones, mientras que, el segundo tramo presenta más del doble de este tipo de vehículos.

En este proyecto se estudiará el acondicionamiento de la totalidad de la carretera, es decir, del tramo I y el tramo II (Imagen 1), en donde la mayor cantidad de cambios estarán presentes en el primer tramo.

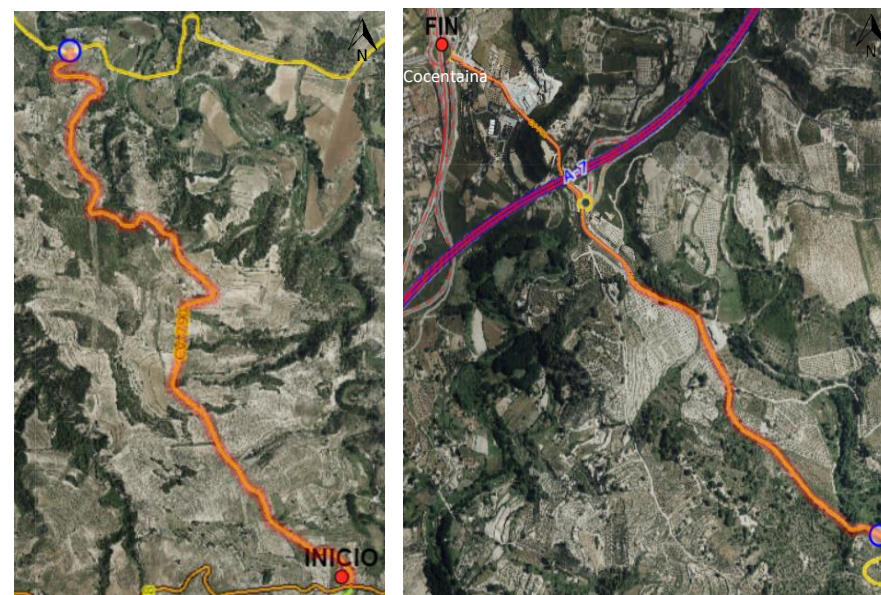


Imagen 1. Vista de tramo I y II. Fuente: Visor cartográfico GVA.

Esta carretera ha sido foco de una gran cantidad de accidentes de tráfico debido a su trazado sinuoso y sus malas conexiones con otras carreteras y caminos, sin embargo, debido a que los conductores se ven obligados a conducir a baja velocidad, la gran mayoría de estos accidentes no han tenido heridos. Este punto se puede ver más desarrollado en el **"ANEJO Nº1: LOCALIZACIÓN Y ANTECEDENTES"**.

4. SITUACIÓN ACTUAL

La carretera sujeta a este estudio cuenta con una gran variedad de intersecciones y accesos a distintos caminos a lo largo de todo su trazado, siendo de los más importantes la intersección en su inicio con la carretera CV-700 y la CV-787 [1], la intersección en Y con la CV-706 en el PK 4+500 la cual la divide en sus dos tramos [2], la glorieta utilizada como acceso a la A-7 [3] y la glorieta al final de su trazado utilizada como conexión con la N-340 y acceso a Cocentaina[4] (Imagen 2).

En cuanto a su trazado, analizado tanto en planta como en alzado en el “**ANEJO Nº2 SITUACIÓN ACTUAL**”, se ha observado que el diseño actual no cumple normativa en ninguno de los dos casos. En planta el trazado presenta curvas consecutivas de radios muy diferenciados no contando en la mayoría de los casos con sus clotoides de transición al principio y fin de estas. También, por presentar rectas entre curvas que no cumplen con su longitud mínima.

En cuanto al alzado, no es acorde a la normativa, debido al no cumplimiento de la longitud mínima del acuerdo tanto en el criterio de percepción visual como en el correspondiente a visibilidad.



Imagen 2. Trazado carretera. Fuente: Visor cartográfico GVA.

Finalmente, referente a la seguridad del trazado, el análisis de la consistencia, definida como el grado de adecuación entre las expectativas de los conductores y el comportamiento de la carretera, mediante el modelo II de Lamm et al. (1988) localmente

y el modelo de Camacho Torregrosa (2018) globalmente, dan como resultado una consistencia bastante pobre en ambos sentidos lo que se puede traducir como un trazado con peligrosidad elevada.

El estudio y análisis del trazado actual se puede observar más a detalle en el anejo correspondiente “**ANEJO Nº2 SITUACIÓN ACTUAL**”.

5. DESCRIPCIÓN ZONA DE ESTUDIO

5.1 Cartografía y topografía

Para el estudio de la carretera CV-790 y su futuro acondicionamiento se ha obtenido la información del terreno del Plan Nacional de Ortofotografía Aérea (PNOA), sitio en el cual se pueden conseguir ortofotos y nubes de puntos bastante fiables y acordes con la realidad proporcionados por el Centro Nacional de Información Geográfica.

A lo largo del proceso de estudio de la carretera actual y diseño de alternativas, para obtener una referencia precisa de la zona, se utilizaron dos ficheros.

- El primero, el respectivo al mapa de la zona, mediante ortofoto correspondiente a la zona de estudio, para hacer una representación precisa del trazado actual y de los objetos que lo rodean.
- Segundo, para tener referencia a las elevaciones del terreno a lo largo de la carretera y todo su entorno, se han descargado la nube de puntos de Modelo Digital del Terreno (MDT) con un paso de malla de 1m para obtener elevaciones lo más parecidas a la realidad.

Estos archivos se han insertado en el programa Autodesk Civil 3D logrando así crear la superficie con la cual se realizaron las modelizaciones y comprobaciones a lo largo de todo este estudio. Obteniendo la cartografía observada en la Imagen 3.

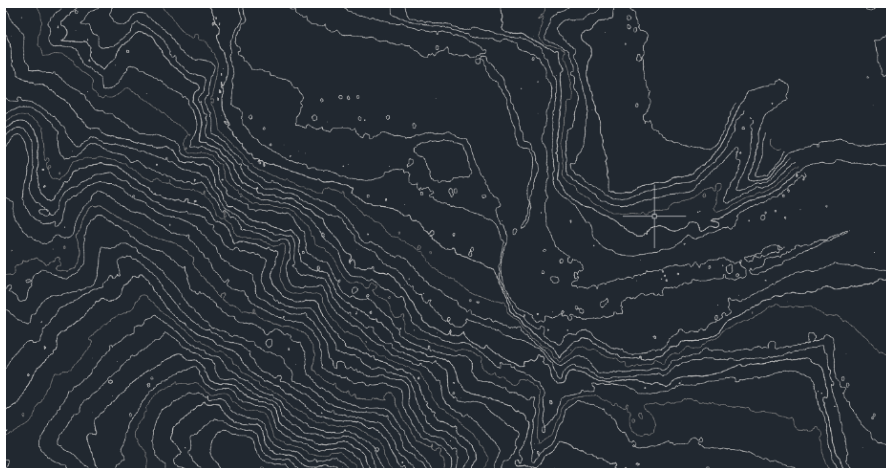


Imagen 3. Cartografía MDT. Fuente: Elaboración propia en Civil 3D.

5.2 Geología y Geotecnia

5.2.1. Geología

Con el fin de saber las características de la zona de estudio, se recurrió a los datos del Instituto Geológico y Minero de España (IGME), obteniendo que alrededor de 5 Km del terreno corresponde a margas provenientes de la era del Mioceno, dentro del periodo Terciario [26]. Del PK 5+000 hasta el final de la traza se observan estratos provenientes del Cuaternario, siendo los materiales que predominan las terrazas [28] y los depósitos aluviales [29] (Imagen 4).

Por otro lado, la totalidad de la carretera transcurre por una zona fuertemente socavada y con inclinaciones elevadas con laderas acentuadas y alta erosión actual y futura. Esta información se puede ver más ampliada en el **“ANEJO Nº3 ESTUDIO GEOLÓGICO-GEOTÉCNICO”**

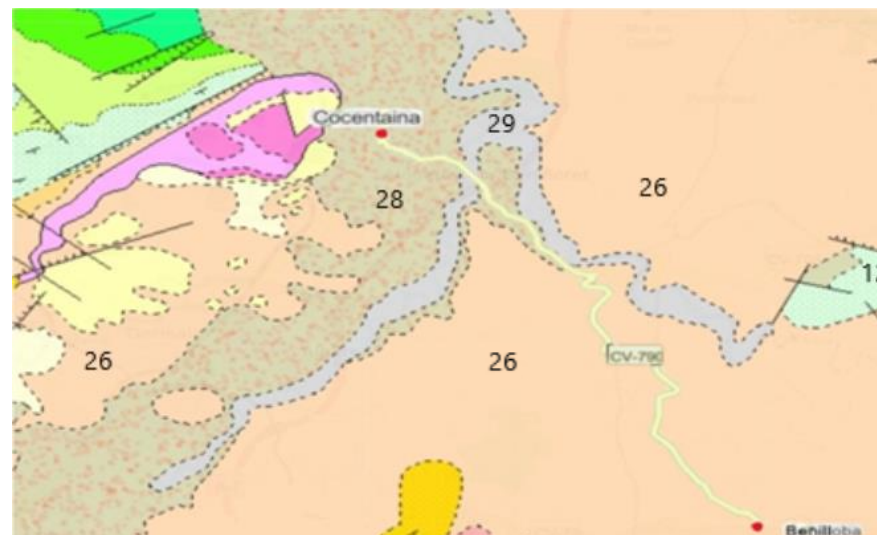


Imagen 4. Mapa Geológico de España Hoja 821 Alcoy. E=1/50.000. Fuente: IGME.

5.2.2. Geotecnia

En cuanto a la geotecnia presente en la zona, se han tomado como referencia dos estudios de zonas cercanas, en donde el terreno presenta características muy similares.

Debido a que el acondicionamiento no cuenta con obras de gran envergadura con grandes cimentaciones o excavaciones profundas, como es el caso de puentes o túneles, los estudios geotécnicos han servido básicamente para poder realizar la caracterización del terreno para el firme y los taludes.

A raíz de estos estudios, se ha concluido que, debido a las características que presenta el suelo, los materiales provenientes de excavaciones podrían ser utilizados en la explanada solo si se realiza la estabilización in situ de este, de no ser así, todo el material destinado a la explanada del firme debe de provenir de préstamos ya que el suelo actual se clasifica como marginal.

Por otro lado, los taludes de diseño se tomarán con una relación 3H/2V, lo que se traduce como un talud de no más de 33.5º, esto debido a tres factores: Las pendientes naturales presentes en el terreno (Imagen 5), los taludes de la carretera actual y los parámetros provenientes del estudio geotécnico.

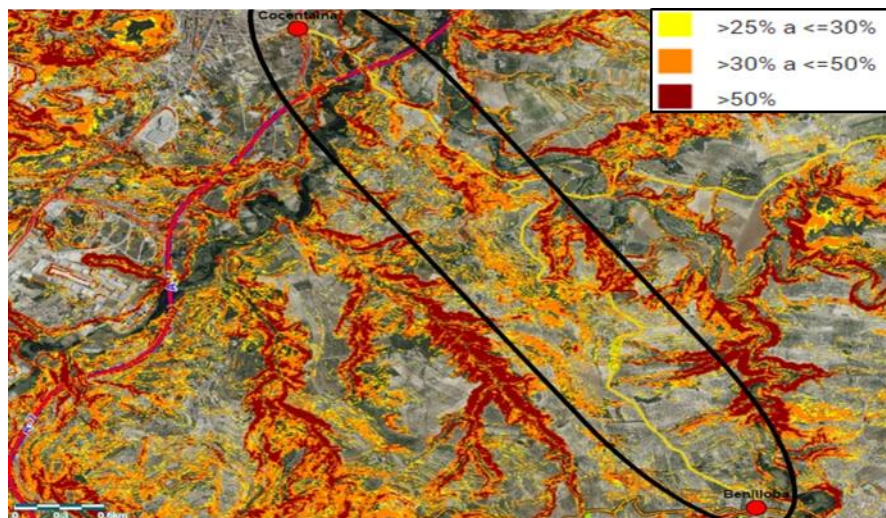


Imagen 5. Pendientes naturales en %. Fuente: Visor cartográfico GVA.

Esta información puede obtenerse más a detalle en su anejo correspondiente “ANEJO Nº3 ESTUDIO GEOLÓGICO-GEOTÉCNICO”

5.3 Hidrología y drenaje

En la zona afectada por el acondicionamiento de la CV-790 se han hecho varios estudios para conocer las condiciones hidrológicas en cuanto a zonas inundables, precipitaciones históricas y obras de drenaje existentes.

Para obtener la información necesaria sobre la climatología y las precipitaciones se ha hecho uso del sitio web AEMET (Agencia estatal de Meteorología). Y para conocer el riesgo de inundación se ha recorrido al Plan de Acción Territorial sobre Prevención del Riesgo de inundación en la Comunidad Valenciana (PATRICOVA).

5.3.1 Precipitaciones y climatología

Luego de obtener la información correspondiente a las precipitaciones se ha observado que la zona de los municipios de Benilloba y Cocentaina han presentado precipitaciones medias anuales en torno a los 700 mm al año entre los años 1981 y 2010. Mientras que la precipitación máxima diaria anual media entre los años 1981 y 2010 ha sido de entre 80 y 100 mm.

Ya que estos datos pueden estar un poco obsoletos debido a su antigüedad, se ha estimado a partir de datos mensuales, la precipitación media anual en los últimos 10 años, dando como resultado que ha habido un decremento de las lluvias con una precipitación media de aproximadamente 530 mm al año (Gráfico 1).

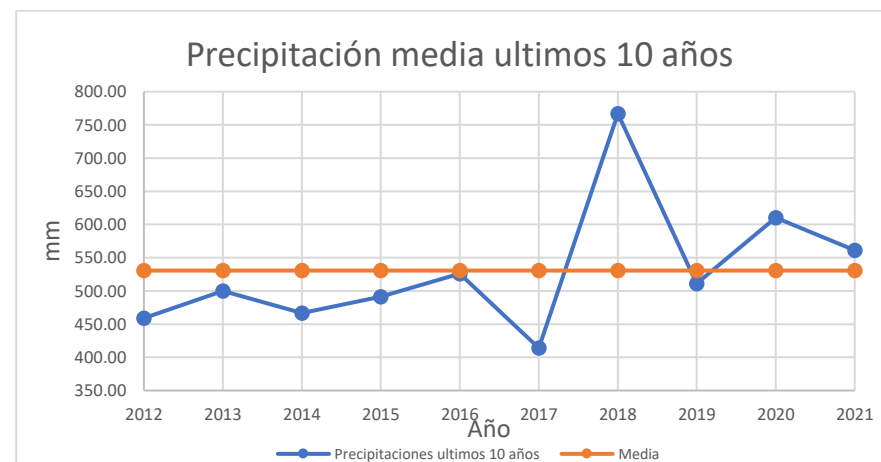


Gráfico 1. Precipitación media anual últimos 10 años. Fuente: Elaboración propia a partir de AEMET.

Por otro lado, la precipitación máxima diaria anual entre los años 1981 y 2010 ha sido de 80 mm mientras que, en los últimos 10 años, se ha reducido casi a la mitad, a unos 50 mm diario en el día más lluvioso.

5.3.2 Hidrología

El terreno que atraviesa la CV-790, como se ha podido ver anteriormente, presenta un carácter montañoso y de fuertes inclinaciones, por lo que gran parte de las aguas provenientes de las precipitaciones confluyen sobre la calzada. Estas aguas por su flujo natural llevan un sentido Suroeste – Noreste, lo que en la carretera se traduce como, en el sentido creciente de los PK, que el agua proviene de la margen izquierda en la gran mayoría de la traza, tal y como está representado en la Imagen 6.

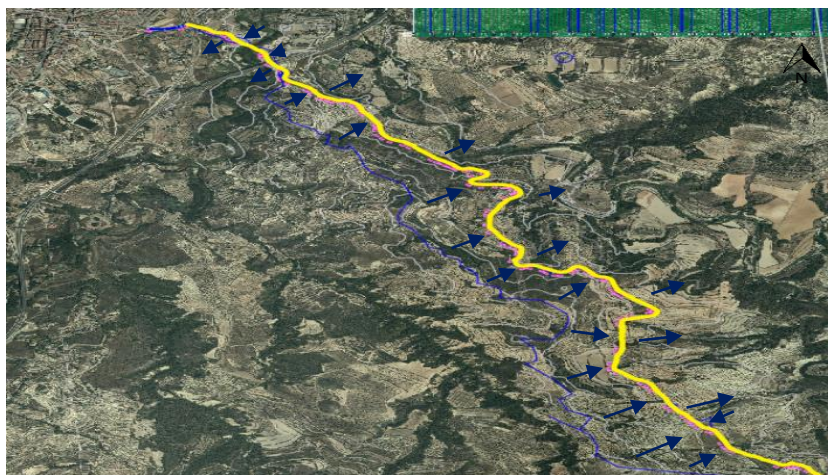


Imagen 6. Vertiente del agua. Fuente: Elaboración propia.

5.3.3 Peligro de inundación

Con el uso del Plan de Acción Territorial sobre Prevención del Riesgo de Inundación en la Comunidad Valenciana (PATRICOVA) se ha establecido la envolvente de peligrosidad de inundaciones que presenta la zona que rodea a la carretera. Obteniendo que esta se ve bajo el peligro de tener inundaciones en un área reducida, concentrándose en su totalidad hacia el final de su trazado, teniendo una zona inundable a su margen derecha en el sentido creciente de los PK (Benilloba-Cocentaina), y en un tramo que transcurre sobre el río Serpis el cual en épocas de crecidas lleva una cantidad considerable de agua por su cauce.

Sin embargo, viendo más a detalle esta envolvente de peligrosidad en la Imagen 7, esta se descompone en dos factores de riesgo, uno debido a un peligro tipo 1, el cual se refiere a inundaciones con un periodo retorno de 25 años con una altura del calado de más de 0.8 metros (color rosa). Mientras que el resto de la envolvente va relacionada con un peligro geomorfológico, el cual representa diferentes procesos morfológicos del territorio, que, por sus características, actúan como un indicador de la presencia de inundaciones pasadas, no necesariamente catalogadas, cuyos procesos pueden ser reactivados en el futuro con distintas frecuencias y/o magnitudes (color naranja).



Imagen 7. Descompuesto envolvente de peligrosidad (peligrosidad 1 y geomorfológica).

Fuente: PATRICOVA.

5.3.4 Drenaje longitudinal

Tras el estudio de la hidrología en los puntos anteriores, el drenaje a lo largo de toda la carretera se hace de vital importancia, para garantizar la seguridad y buen estado de la carretera.

El drenaje longitudinal está presente a lo largo de todo el trazado y tiene como objetivo recoger las aguas que caen sobre la calzada y conducir las a los puntos de desagüe o drenaje transversal. La actual carretera cuenta con una obra de drenaje longitudinal en forma de cuneta de hormigón convencional la cual presenta el lado exterior vertical y el lado interior con una pendiente reducida (Imagen 8).



Imagen 8. Vista de drenaje longitudinal. Fuente: Google Earth.

5.3.5 Drenaje transversal

Con un total de 21 Obras de Drenaje Transversal (ODT), la carretera CV-790 tiene un buen sistema para evacuar las aguas llevándolas de un lado de la calzada al otro. Debido a las condiciones del terreno, la gran mayoría de estas desaguan del Suroeste al Noreste siguiendo las líneas de nivel.

La cantidad de ODT se mantendrán a lo largo de todo el acondicionamiento, desplazándolos según sea necesario en cada una de las alternativas de acondicionamiento propuestas. Sin embargo, tres puntos específicos deberán de respetarse debido a la presencia de grandes pasos de agua, estos son los drenajes ubicados en el PK 2+920, PK 3+000 y PK 4+600 (Imagen 9).

Además, Entre el PK 6+000 y el PK 6+200 se tiene la presencia de un puente, el cual salva el cauce del río Serpis. Esta obra, debido a su importancia y envergadura, no será sometida a ningún tipo de cambio respetando su trazado actual.

Toda la información referente a la Hidrología y el drenaje se puede ver ampliada en el **“ANEJO Nº5 HIDROLOGÍA Y DRENAJE”**.

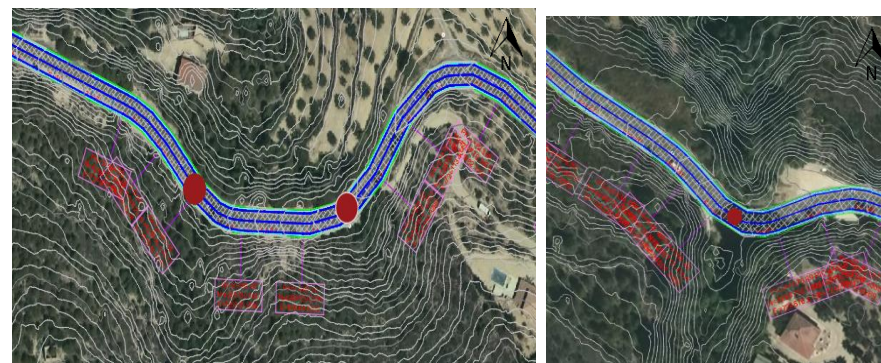


Imagen 9. Obra de drenaje transversal (ODT) de importancia. Fuente: Elaboración propia.

5.4 Planteamiento urbanístico

Las actuaciones que se realizarán en las distintas alternativas propuestas de acondicionamiento vendrán limitadas por la clasificación que tiene el suelo y el uso que se le puede dar.

Para la obtención de estos datos se ha hecho uso del Visor Cartográfico de la Comunidad Valencia (GVA) de la cual se ha observado que prácticamente la totalidad del terreno por el que discurre la traza de la carretera está clasificada como suelo no urbanizable protegido teniendo una zona de aproximadamente 300 m de zona no urbanizable común al final del trazado (Imagen 10).

Además, a partir del PK 4+500 hasta el PK 6+500, la carretera transcurre por una gran extensión de paisaje protegido llamado “Paisaje protegido del Serpis” (Imagen 11). Zona declarada como tal en 2007 acogiendo espacios forestales bien conservados, cultivos de montaña, riberas fluviales y riscos inaccesibles. Según lo dispuesto en la Ley de espacios naturales de la Comunidad Valenciana, dentro del ámbito de este paisaje no podrán otorgarse por parte de las administraciones competentes - autorizaciones, licencias o concesiones para la realización de actos de transformación sin informes favorables de la Conselleria de Territorio y Vivienda.

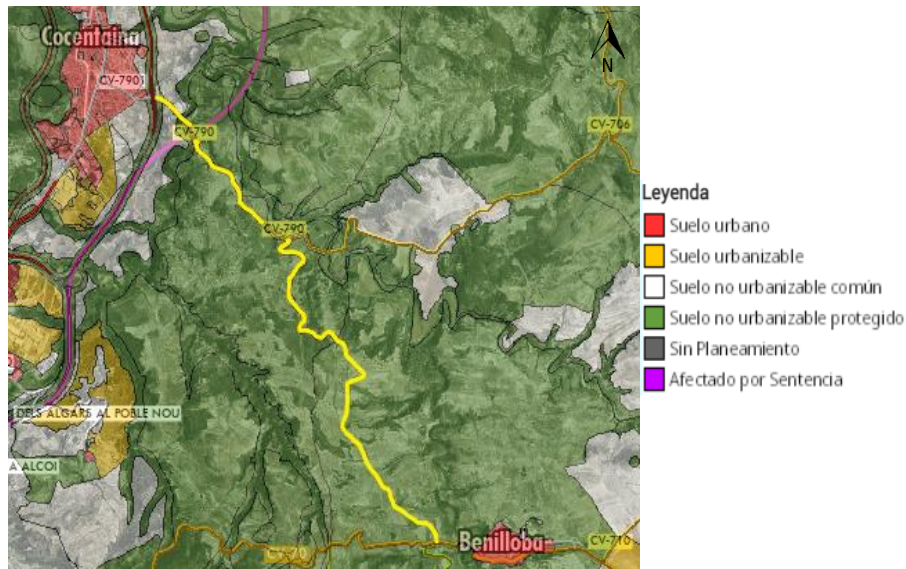


Imagen 10. Clasificación del suelo. Fuente: Elaboración propia a partir de Visor Cartográfico GVA.

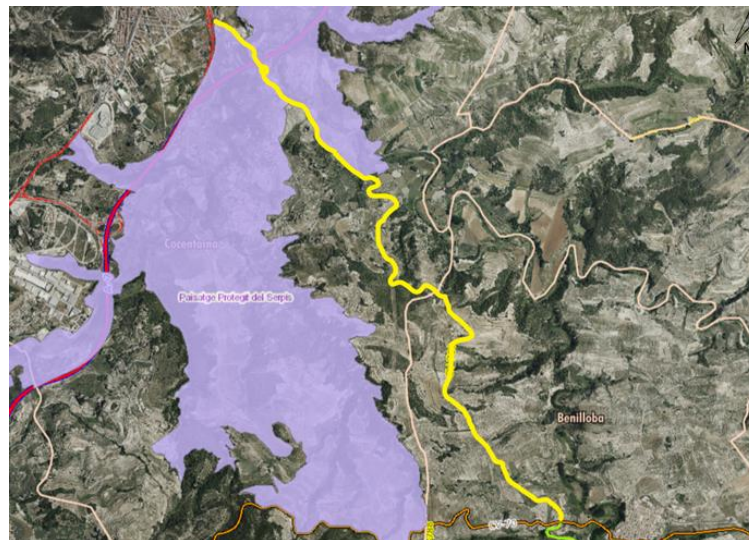


Imagen 11. Zona de paisaje protegido. Fuente: Elaboración propia a partir de Visor Cartográfico GVA.

Para tener más información de las actuaciones permitidas en la zona sometida al estudio, se ha recurrido a los Planes Generales de Ordenación Urbana de cada uno de los municipios afectados.

Término municipal de Benilloba: Este municipio cuenta con un Plan General de Ordenación Urbanística (PGOU) poco definido en donde todo el municipio está clasificado como zona no urbanizable a excepción de las inmediaciones de su núcleo urbano catalogado como urbanizable.

La longitud de la traza perteneciente a este municipio será sometida a modificaciones con la necesidad de contar con una declaración de interés comunitario.

Término municipal de Cocentaina: El Plan General de Ordenación Urbanística (PGOU) de este municipio y su homologación en el año 2005 clasifica la zona en tres grupos distintos.

- Zona no urbanizable por valor agrícola: Que se extiende desde el PK 4+500 al PK 6+020. En estos terrenos se permiten, con las características resultantes de su función y de su legislación reguladora, las obras e instalaciones y los usos requeridos por las infraestructuras y servicios públicos que precisen situarse en esta categoría.
- Zona no urbanizable por protección de cauces: Desde el PK 6+020 al PK 6+200 coincidiendo al área por donde circula el cauce del río Serpis. Zona en la cual, de realizar cualquier tipo de actuación debe de acompañarse de un estudio preciso y exhaustivo que debe de ser aceptado por la Confederación Hidrográfica afectada.
- Zona no urbanizable de régimen general: Del PK 6+200 hasta el final del trazado. En donde podrán autorizarse actividades sujetas a declaración de interés comunitario en los términos previstos en la ley correspondiente.

Por lo tanto, en la zona catalogada como no urbanizable protegida, se intentará mantener la traza de la carretera siempre y cuando se cumpla la normativa o bien tenga niveles aceptables de consistencia y seguridad.

Mientras que, en las zonas correspondientes a las zonas no urbanizables por protección de cauces situada al nivel del puente que salva el río Serpis y sus inmediaciones, no se realizará ningún tipo de actuación.

Finalmente, en la zona clasificada como no urbanizable de régimen general, no se realizarán actuaciones debido a la densidad de edificaciones en las inmediaciones de la traza por lo que se mantendrá el eje actual en todo momento.

En el archivo correspondiente “ANEJO Nº6 PLANEAMIENTO URBANISTICO” se puede extender esta información y obtener así más detalles.

6. ESTUDIO DEL TRÁFICO

6.1 Intensidad Media Diaria (IMD)

Para la obtención de datos sobre la Intensidad Media Diaria, se ha recurrido a la campaña de Aforos del año 2021 de la Conselleria de Política Territorial, Obras Públicas y Movilidad y a los datos históricos de los últimos 5 años.

Este aforo se realizó mediante estaciones móviles, las cuales han tomado datos únicamente en dos días laborales y los dos días de un fin de semana del mes de mayo, utilizando luego una carretera afín (carretera que cuenta con las mismas características y condiciones de tráfico) para así estimar la Intensidad Media Diaria (IMD) durante todo el año.

Debido a que la carretera está dividida en dos tramos, cada uno de estos tiene una IMD y un porcentaje de pesados específicos. El primer tramo que empieza en la intersección con la CV-700 (PK 0+000, Benilloba) hasta la intersección con la CV-706 (PK 4+500) cuenta con una IMD para el año 2021 de 1.981 vh/d y con un porcentaje de pesados de 3,7%, es decir, 73 vh pesados/día. Por otro lado, el segundo tramo que comienza en la intersección con la CV-706 (PK 4+500) y finaliza en la glorieta que la conecta con la N-340 y la entrada a Cocentaina (PK 6+500), cuenta con una IMD bastante más elevada de 3.581 vh/d con un porcentaje de pesados de 4,5%, lo que corresponde a 161 vh pesados/día.

Con el fin de conocer la estimación de la Intensidad Media Diaria (IMD) a lo largo de los años, se ha recurrido a la Orden FOM/3317/2010, del 17 de diciembre, por la que se aprueba la instrucción sobre las medidas específicas para la mejora de la eficiencia en la ejecución de las obras públicas de infraestructuras ferroviarias, carreteras y aeropuertos del Ministerio de Fomento (Ministerio de Fomento, 2010). En donde se establece que el incremento anual de la IMD en función de los años estipulado en un incremento acumulativo del 1.44%.

Realizando los cálculos pertinentes se puede obtener la Intensidad Media Diaria estimada para el año 2025 correspondiente al año de puesta en servicio y para el año 2045 correspondiente al año horizonte (Tabla 1).

	IMD					
	ACTUAL		AÑO PUESTA EN SERVICIO (2025)		AÑO HORIZONTE (2045)	
	Tramo I	Tramo II	Tramo I	Tramo II	Tramo I	Tramo II
IMD(vh/día)	1.981	3.581	2.098	3.792	2.792	5.047
% Pesados	3.7%	4.5%	3.7%	4.5%	3.7%	4.5%
IMDp (Vhp/día)	73	161	78	171	103	227

Tabla 1. Intensidad Media Diaria (IMD). Fuente: Elaboración propia.

6.2 Nivel de Servicio

El nivel de servicio es la medición cualitativa del funcionamiento de un elemento viario. El cual permite la valoración de la calidad de la circulación por parte de los usuarios en cuanto a comodidad, seguridad, economía y fluidez.

La imagen 12 muestra los seis niveles de servicio existentes para una carretera convencional (carretera que cuenta con únicamente un carril para cada sentido de circulación).

A	Fluida	D	Casi inestable
B	Estable a alta velocidad	E	Inestable
C	Estable	F	Forzada

Imagen 12. Niveles de servicio para una carretera convencional. Fuente: Apuntes UPV.

La estimación del nivel de servicio se ha realizado mediante el uso del Manual de Capacidad - Highway Capacity Manual (HCM) 7th Edition. Obteniéndose resultados



favorables en los tres periodos estudiados: Actualidad, Año puesta en servicio (2025), año horizonte (2045), como se ve en la Tabla 2. Dichos cálculos pueden observarse más a fondo en el “ANEJO Nº5 ESTUDIO DEL TRÁFICO”

PERIODO	TRAMO	SENTIDO	NIVEL DE SERVICIO
ACTUAL	I	Creciente	B
		Decreciente	A
	II	Creciente	B
		Decreciente	A
PUESTA EN SERVICIO	I	Creciente	A
		Decreciente	A
	II	Creciente	B
		Decreciente	A
AÑO HORIZONTE	I	Creciente	B
		Decreciente	A
	II	Creciente	B
		Decreciente	A

Tabla 2. Nivel de servicio para año actual, puesta en servicio y horizonte. Fuente: Elaboración propia.

7. ALTERNATIVAS PROPUESTAS

Luego de todos los puntos expuestos, se procede a intentar acondicionar el trazado para así mejorar la calidad de este. Centrándose en:

- Adaptación a la normativa: A partir de la Norma 3.1 IC de la Instrucción de Carreteras, se buscará realizar el diseño que mejor se adapte cumpliendo la mayoría de sus criterios posibles.
- Consistencia: Se buscará eliminar todos los puntos en donde la consistencia local sea catalogada como pobre y se intentará mejorar lo mayor posible la consistencia global. El estudio de consistencia local se basará en el modelo de Lamm et al. (1988) y la consistencia global en el modelo de Camacho-Torregrosa (2018).
- Movimiento de tierras: Se buscará generar el menor movimiento de tierras y además compensarlas entre desmontes y terraplenes.
- Limitantes del acondicionamiento:
 - Acceso de la carretera en el PK 0+000
 - Intersección en glorietas de la carretera en PK 5+940 y PK 6+500
 - Intersección con CV-706 en PK 4+500

- Zona encajonada debido al terreno y viviendas entre el PK 2+830 y el PK 3+225 así como entre el PK 4+220 y el PK 4+620. La cual, debido a su cantidad de curvas de tamaño reducido, no representa un problema de consistencia ya que el conductor está obligado a conducir a bajas velocidades.

Las actuaciones propuestas en cada una de las alternativas van desde actuaciones más localizadas a actuaciones más integrales, es decir, desde diseños respetando y siguiendo al máximo el trazado actual a uno con mayor libertad.

7.1 Alternativa 1

Con una velocidad de proyecto de 40 Km/h, esta alternativa se ha diseñado con el objetivo de realizar la menor cantidad de modificaciones posibles a lo largo de la carretera, en donde dichos cambios son ligeros pero significativos. Buscando así mejorar la consistencia localmente en los puntos más sensibles de la carretera gastando la menor cantidad de recursos posibles y generando muy pocos movimientos de tierras con el fin de hacerla una alternativa bastante económica.

Debido a que esta alternativa tiene cambios puntuales a lo largo de la carretera, su cumplimiento de normativa es bastante escaso al igual que su trazado original, ya que las modificaciones se han realizado únicamente en curvas en donde la consistencia estaba catalogada como pobre, habiendo en algunos casos deceleraciones antes de llegar a la curva de hasta 35 Km/h.

Si bien se ha logrado reducir la deceleración de los conductores, no se ha logrado obtener una consistencia aceptable en estos tramos.

Esta alternativa cuenta con 2.000 metros de carretera aproximadamente, en donde se pueden observar tres zonas de cambios. Se han aumentado ligeramente los radios desviando el eje de la carretera actual e incluido las clotoides asociadas de entrada y salida en algunas curvas.

Esta alternativa tiene sus cambios concentrados en 3 tramos, el primero entre el PK 1+785 y el PK 2+740, el segundo entre el PK 3+460 y el PK 4+420 y el último entre el PK 5+335 y el PK 5+550.



7.2 Alternativa 2

Con un total de 2.600 metros acondicionados, esta propuesta busca el cumplimiento de la normativa y la mejora de la consistencia local. Debido a las actuaciones de ampliación de radios e inclusión de clotoides de entrada y salida, se han producido desvíos ligeros con respecto al eje de la carretera actual.

En esta alternativa, si bien se ha mejorado el cumplimiento de la normativa, aún tiene zonas encajonadas tanto por el terreno natural como por las viviendas a sus alrededores, por lo que en estas zonas se ha tenido que seguir el trazado de la carretera tal cual estaba con anterioridad, aunque no cumpliera la normativa bajo ningún concepto.

En cuanto a la consistencia, la mayoría de las zonas mejoran con los cambios adaptándose a la normativa, sin embargo, aún quedan zonas sensibles en los que el descenso sigue catalogándose como pobre.

Los cambios en esta alternativa se concentran en siete zonas distintas, algunas de estas con extensión reducida como entre el PK 0+360 y el PK 0+790 o zonas más extensas como entre el PK 1+360 y el PK 2+680.

7.3 Alternativa 3

Con 3.940 metros de carretera modificados, en esta alternativa se ha tomado mayores libertades en cuanto al diseño, permitiendo desviar el eje de la carretera con respecto a la original considerablemente con el fin de que cumpla con la normativa en cada uno de sus puntos exceptuando la zona encajonada la cual permite únicamente cambios menores a la entrada y salida de esta zona.

En esta alternativa, además de garantizar el cumplimiento de la normativa en la mayoría de su trazado, se ha puesto bastante énfasis en mejorar la consistencia local, tanto en los puntos críticos de deceleraciones de hasta 35 km/h hasta los puntos en donde la consistencia se clasifica como pobre por deceleraciones de velocidad ligeramente por encima de los 20 Km/h, umbral que separa consistencia pobre y aceptable. Luego de realizar los cambios y adaptaciones pertinentes, se ha logrado obtener una consistencia local aceptable a lo largo de toda la carretera, no dejando así ningún punto pobre, lo que se traduce en una mejora considerable en la seguridad vial.

Los cambios más destacados son la eliminación de curvas de poco desarrollo, inclusión de clotoides de entrada y salida en curvas circulares, la ampliación de radios e inclusión de curvas para obligar a los conductores a decelerar antes de una curva cerrada.

7.4 Alternativa 4

Por último, acondicionando un total de 4.100 metros de carretera, se ha buscado un diseño en donde, además del cumplimiento de la normativa y la consistencia local, se resuelvan los problemas en cuanto a la consistencia global

Es por esto por lo que el trazado se ha desviado considerablemente de la carretera, ya que, siguiendo la traza de la carretera actual es imposible el cumplimiento de este parámetro, aun así, con cambios más considerables que en las demás alternativas, la consistencia global aceptable no se ha logrado, debido a que para este criterio mejor se deben de realizar cambios de mayor envergadura que ya se catalogarían como de una variante y no como de un acondicionamiento.

Por otro lado, la consistencia local a lo largo de toda la traza se ha clasificado como aceptable, así como la normativa también se ha cumplido en gran medida en toda la carretera. Además, los movimientos de tierras, aunque son elevados, se han compensado los volúmenes de tierras de desmonte y terraplén, evitando así el costo de transporte de tierras a vertedero.

Entre los cambios más importantes planteados en esta alternativa están la ampliación de radios reducidos, reducción y eliminación de curvas consecutivas excesivas, inclusión de clotoides en curvas circulares y desvío de traza original para cumplimiento de normativa.

8. ANÁLISIS MULTICRITERIO

Para definir cuál es la alternativa más adecuada, se procede a hacer un análisis multicriterio en donde se tendrán varios criterios en cuenta para así darle un valor numérico a cada alternativa. Para valorar cada criterio se han generado subcriterios que si pueden ser cuantitativos, permitiendo un análisis totalmente objetivo.

Dichos criterios y sus respectivos subcriterios son:

- Económico:
 - Movimiento de tierras.
 - Cantidad de tierras faltante o sobrante.



- Kilómetros de carretera modificados.
- Confort:
 - Rango de radios de la carretera, comparando el radio medio con el mínimo y el máximo.
 - Distancia media entre vértice de acuerdos verticales.
 - Cantidad de curvas que presenta el trazado.
 - Velocidad de operación media en el trazado.
- Seguridad vial:
 - Consistencia local por el modelo de Lam et al. (1988).
 - Consistencia global por el modelo de Camacho-Torregrosa (2018).
- Impacto ambiental y sobre el entorno:
 - Integración paisajística.
 - Aprovechamiento de carretera actual.
 - Movilidad y adaptación de accesos.
 - Zonas invadidas.

Una vez definidos los criterios y subcriterios, se procede a darle valor a cada uno de estos. Debido a que no todos los criterios son valorados en las mismas unidades (estos pueden ser en m³, porcentaje, nivel de consistencia, etc.) es necesario la normalización de los criterios. La normalización también es importante ya que, dependiendo del subcriterio, que un valor sea elevado puede ser poco satisfactorio como en el caso del movimiento de tierras, mientras que, en otros casos, que el nivel sea elevado es algo favorable como en el caso de la consistencia con los modelos utilizados.

Una vez valorados y normalizados cada uno de los criterios se realiza su ponderación, dándole más o menos importancia a cada uno dependiendo de sus características y qué tanto afectan al criterio principal.

Por último, se realiza el análisis propiamente dicho donde con el fin de tomar una decisión más parcial y correctamente fundamentada se ha tenido en cuenta el punto de vista de distintos decisores. Dependiendo del tipo de persona y su actividad, dará una ponderación distinta de cada uno de los criterios.

- **Promotor:** El promotor le dará más importancia al aspecto económico y al referente con la seguridad de los conductores, dando menos peso al confort o a la afección del paisaje (Tabla 3).

- Criterio económico: 40%
- Criterio de confort: 10%
- Criterio de seguridad vial: 35%
- Criterio de impacto: 15%

Promotor (más valor a criterio económico y seguridad)									
CRITERIO	Ponderación	Alternativa 1		Alternativa 2		Alternativa 3		Alternativa 4	
		Sin ponderar	Ponderado	Sin ponderar	Ponderado	Sin ponderar	Ponderado	Sin ponderar	Ponderado
Económico	0.4	6.61	2.64	7.02	2.81	4.09	1.64	1.94	0.78
Confort	0.1	1.43	0.14	3.48	0.35	7.17	0.72	7.26	0.73
Seguridad Vial	0.35	1.49	0.52	4.10	1.43	9.02	3.16	9.16	3.21
Impacto Ambiental	0.15	8.65	1.30	6.20	0.93	2.73	0.41	2.85	0.43
TOTAL PONDERADO			4.61		5.52		5.92		5.14

Tabla 3. Ponderación de criterios según promotor. Fuente: Elaboración propia.

- **Usuario:** Este tipo de decisor les dará mayor importancia a los criterios referentes a la seguridad vial y al confort, restando importancia al impacto ambiental y al criterio económico (Tabla 4).
 - Criterio económico: 10%
 - Criterio de confort: 40%
 - Criterio de seguridad vial: 40%
 - Criterio de impacto: 10%

Usuario (más valor a criterio al confort y seguridad)									
CRITERIO	Ponderación	Alternativa 1		Alternativa 2		Alternativa 3		Alternativa 4	
		Sin ponderar	Ponderado	Sin ponderar	Ponderado	Sin ponderar	Ponderado	Sin ponderar	Ponderado
Económico	0.1	6.61	0.66	7.02	0.70	4.09	0.41	1.94	0.19
Confort	0.4	1.43	0.57	3.48	1.39	7.17	2.87	7.26	2.90
Seguridad Vial	0.4	1.49	0.60	4.10	1.64	9.02	3.61	9.16	3.67
Impacto Ambiental	0.1	8.65	0.86	6.20	0.62	2.73	0.27	2.85	0.29
TOTAL PONDERADO			2.69		4.35		7.16		7.05

Tabla 4. Ponderación de criterios según usuario. Fuente: Elaboración propia.

- **Paisajista:** Definido como el tipo de decisor que se preocupa por el medio ambiente y las afecciones negativas o positivas que puede tener el acondicionamiento al entorno. Tendrá en cuenta como criterio más importante el de la afección al paisaje y entorno, luego la seguridad del usuario y finalmente con una menor importancia al aspecto económico y de confort (Tabla 5).
 - Criterio económico: 10%
 - Criterio de confort: 15%
 - Criterio de seguridad vial: 30%
 - Criterio de impacto: 45%



9. DISEÑO GEOMÉTRICO

Siendo la alternativa 3 la seleccionada como la más adecuada, se desarrollarán más a fondo las características y cambios que aquí se plantean.

9.1 Planta

Al intentar solventar todos los problemas en cuanto a seguridad y normativa que presentaba la carretera actual, se han realizado considerables cambios en el acondicionamiento que han supuesto un 66% de modificaciones en un total de 8 zonas distintas y casi 4 km de longitud.

Los cambios planteados a lo largo de toda la carretera han sido en búsqueda de cumplir la normativa, por lo que se han eliminado una serie de curvas circulares tanto de radios reducidos como de radios muy elevados y poco desarrollo, también en curvas ya existentes se han incluido las clotoides de entrada y salida asociadas. Se han modificado curvas existentes ampliando los radios y dando un mayor desarrollo.

La adaptación de la carretera a la normativa ha supuesto una mejora considerable en la consistencia tanto local como global del trazado. Sin embargo, no se logró la consistencia local aceptable en cada punto de la carretera, por lo que también se realizaron modificaciones en búsqueda de mejorar este aspecto. Esto ha producido que ciertas curvas tuvieran que ampliar su radio aun más y ciertas rectas intermedias entre una curva y otra, debieran reducir su longitud.

Sin embargo, aun realizando todas las mejoras, todavía han quedado zonas fuera de la normativa debido a la naturaleza del terreno, en donde las fuertes inclinaciones del terreno no permitían el desplazamiento de la traza sin suponer movimientos de tierra excesivos. En estas zonas se ha comprobado que la consistencia no era un problema, catalogándose como buena o aceptable. Por esto, se ha dejado como se encuentra actualmente, sin cumplimiento de normativa, pero con una consistencia local aceptable.

9.2 Alzado

Para mejorar el alzado los cambios fueron menores ya que la carretera en este sentido cumplía gran parte con normativa.

Paisajista (más valor a criterio de impacto y seguridad)									
CRITERIO	Ponderación	Alternativa 1		Alternativa 2		Alternativa 3		Alternativa 4	
		Sin ponderar	Ponderado	Sin ponderar	Ponderado	Sin ponderar	Ponderado	Sin ponderar	Ponderado
Económico	0.1	6.61	0.66	7.02	0.70	4.09	0.41	1.94	0.19
Confort	0.15	1.43	0.21	3.48	0.52	7.17	1.08	7.26	1.09
Seguridad Vial	0.3	1.49	0.45	4.10	1.23	9.02	2.71	9.16	2.75
Impacto Ambiental	0.45	8.65	3.89	6.20	2.79	2.73	1.23	2.85	1.28
TOTAL PONDERADO			5,21		5,24		5,42		5,32

Tabla 5. Ponderación de criterios según paisajista. Fuente: Elaboración propia.

- Neutral: Este tipo de decisor no le da más o menos importancia a ninguno de los criterios, considerando que cada uno de los criterios es igual de importante que el otro (Tabla 6).
 - Criterio económico: 25%
 - Criterio de confort: 25%
 - Criterio de seguridad vial: 25%
 - Criterio de impacto: 25%

Neutral (mismo valor a cada criterio)									
CRITERIO	Ponderación	Alternativa 1		Alternativa 2		Alternativa 3		Alternativa 4	
		Sin ponderar	Ponderado	Sin ponderar	Ponderado	Sin ponderar	Ponderado	Sin ponderar	Ponderado
Económico	0.25	6.61	1.65	7.02	1.76	4.09	1.02	1.94	0.48
Confort	0.25	1.43	0.36	3.48	0.87	7.17	1.79	7.26	1.81
Seguridad Vial	0.25	1.49	0.37	4.10	1.02	9.02	2.25	9.16	2.29
Impacto Ambiental	0.25	8.65	2.16	6.20	1.55	2.73	0.68	2.85	0.71
TOTAL PONDERADO			4,54		5,20		5,75		5,30

Tabla 6. Ponderación de criterios según neutral. Fuente: Elaboración propia.

Analizando los datos obtenidos anteriormente se puede apreciar como cada una de las alternativas son mejor o peor dependiendo del punto de vista del decisor.

En la Tabla 7 se observa el resumen de los resultados, en donde se ve claramente que la alternativa 3 es la mejor valorada por cada uno de los decisores. Razón por la cual será la alternativa escogida a desarrollar. De igual manera, el análisis completo se puede obtener en el "ANEJO Nº7 ALTERNATIVAS Y ANALISIS MULTICRITERIO".

Decisor	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	Alternativa 4
Promotor	4,61	5,52	5,92	5,14
Usuario	2,69	4,35	7,16	7,05
Paisajista	5,21	5,24	5,42	5,32
Neutral	4,54	5,20	5,75	5,30

Tabla 7. Resumen valoración de alternativas por decisor. Fuente: Elaboración propia.

Se ha intentado mantener la carretera siguiendo las líneas de nivel del terreno menos en las situaciones en las que el terreno es muy irregular, zonas en las que no se han dispuesto acuerdos y se generarán la mayor concentración de movimientos de tierra.

Se ha adaptado a la normativa en los criterios del parámetro de acuerdo vertical (Kv) y longitud mínimos por visibilidad, la longitud mínima por percepción visual y la pendiente o rampa máxima y mínima permitida en una carretera C-40.

9.3 Visibilidad

Se ha tenido en cuenta a la hora de diseño la visibilidad en donde esta debe de ser mayor a la distancia de parada en todo momento. Este criterio se cumple de buena manera a lo largo de todo el recorrido, tanto en el sentido creciente de PK (Benilloba – Cocentaina) como en el sentido decreciente de PK.

Gráficamente se puede observar el cumplimiento de la normativa en el Gráfico 2.

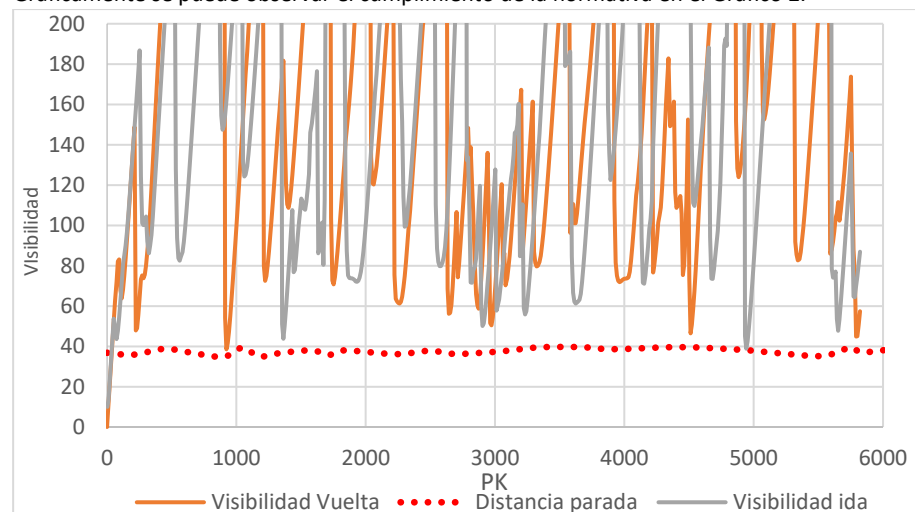


Gráfico 2. Visibilidad en sentido creciente y decreciente de PK. Fuente: Elaboración propia.

9.4 Sección transversal

La sección transversal tipo que se dispondrá a todo lo largo de la CV-790 cuenta con las dimensiones mostradas en la Tabla 8.

Elemento	Dimensión (m)
Carril	3,25
Berma	0,5
Arcén	0,25

Tabla 8: Resumen dimensiones de sección transversal. Fuente: Elaboración propia

9.5 Bombeo y peralte

El bombeo se dispondrá tal y como indica la normativa, donde en la calzada y los arcenes se contará con una misma inclinación transversal mínima de -2% a partir del eje de la calzada. En cuanto a la berma, se dispondrá un bombeo de -4% hacia el exterior de la carretera

El peralte, según La Norma 3.1 I.C de la Instrucción de Carreteras, indica que para carreteras cuyos radios son menores a 350 metros, el peralte deberá de ser del 7%.

La transición de bombeo a peralte y el desvanecimiento de este, se realizará a lo largo de toda la longitud de la clotoide.

En resumen, en la Tabla 9 se pueden observar los valores para cada situación.

Elemento	Valor
Bombeo carril	-2%
Peralte Carril	+/- 7%
Bombeo berma	-4%

Tabla 9. Resumen porcentaje en bombeo y peralte. Fuente: Elaboración propia.

9.6 Movimiento de tierras

El movimiento de tierras generado por el acondicionamiento de la carretera CV-790 no es un movimiento excesivo teniendo en cuenta que se acondicionarán casi 6 km de carretera.

Estos movimientos corresponden a 35.498,28 metros cúbicos de desmonte, mientras que los correspondientes a terraplén son de 28.487,88 metros cúbicos.

Debido a que las tierras que se desmontan en una zona se utilizarán como terraplén en otras, al finalizar las obras habrá un balance de +7.010,4 metros cúbicos de tierras que tendrán que ser transportados y llevados a vertedero.

9.7 Movimiento de accesos

Debido a que el acondicionamiento de la carretera CV-790 empieza y termina en los mismos puntos que la carretera actual. Estos accesos no sufrirán ningún tipo de modificación, permitiendo que permanezcan tal y como están.

La intersección con la carretera CV-706 tampoco necesitará ningún tipo de modificación, ya que, si bien la zona adyacente a la intersección se ha modificado, el tramo específico que conecta una carretera con la otra se ha mantenido siguiendo la traza original.

Por último, los accesos a viviendas contiguas a la traza se verán afectadas, estos accesos no presentan ningún tipo de problema o inconveniente ya que en su gran mayoría son caminos de tierra o de hormigón hechos por los propios habitantes. Este tipo de accesos se deberán adaptar al nuevo trazado y mejorar con respecto a lo que hay actualmente.

10. CONSISTENCIA

Con el fin de tener una estimación del grado de seguridad que tendrá la carretera acondicionada se ha realizado un estudio de consistencia tanto global con el modelo de Camacho-Torregrosa (2018) como local con el modelo II de Lamm et al. (1988).

10.1 Consistencia local

Para el análisis de la consistencia local se utiliza el criterio propuesto en la Normativa de trazado española, la cual se corresponde con el criterio II de Lamm et al. (1988). Este es el criterio más empleado para identificar problemas puntuales en el diseño. Está definido como la diferencia de las velocidades de operación entre elementos consecutivos.

Para esta estimación se ha obtenido la velocidad de operación de todo el trazado, el cual puede observarse en el Gráfico 3, tanto en el sentido de ida como de vuelta.

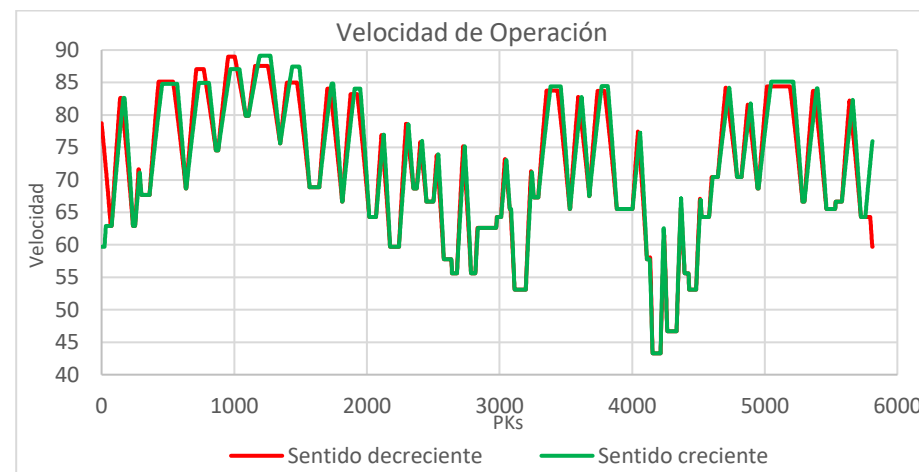


Gráfico 3. Velocidad de operación sentido creciente y decreciente. Fuente: Elaboración propia.

Como resultado del perfil de velocidades, se obtiene que la consistencia local en todos los puntos de la carretera está catalogada como buena o aceptable ya que en ningún momento se genera un decremento de la velocidad mayor a 20 km/h.

10.2 Consistencia global

En cuanto al análisis de la consistencia global se utilizará el modelo de consistencia de Camacho-Torregrosa (2015) el cual está compuesto por dos variables: la velocidad de operación media y la tasa de deceleración media de los conductores a lo largo de un tramo de carretera.

Debido a esto, una carretera que presenta una mayor velocidad de operación media y una tasa de deceleración menor, tendrán un menor número de accidentes.

Como resultados de este modelo, se ha obtenido una consistencia global con un valor de $2.29 \text{ s}^{1/3}$, lo que clasifica como una consistencia pobre debido a que es menor a $2,55 \text{ s}^{1/3}$, valor que limita entre una consistencia global pobre y una aceptable.

10.3 Estimación de accidentes

A través del modelo de Camacho-Torregrosa (2018) se ha realizado la estimación de accidentes con víctimas que se podría producir en los próximos años a partir de la longitud

de la carretera, la intensidad media diaria (IMD) y su consistencia. Dando como resultado que en los próximos 190 años habrá un total de 15 accidentes con víctimas.

11. FIRMES

El diseño de las capas del firme del nuevo trazado de la CV-790 se ha hecho siguiendo la "ORDEN FOM/3460/2003, DE 28 DE NOVIEMBRE, POR LA QUE SE APRUEBA LA NORMA 6.1 IC SECCIONES DE FIRME, DE LA INSTRUCCIÓN DE CARRETERAS (BOE DE 12 DE DICIEMBRE DE 2003)".

11.1 Categoría del tráfico

La categoría del tráfico viene dada por la cantidad de vehículos pesados que transitan por el sentido con más demanda, es decir, por la IMD de pesados del sentido más cargado para el año en puesta en servicio y año horizonte. Tal y como se ha visto en el apartado "Estudio de tráfico", la Intensidad Media Diaria (IMD) será de 171 vehículos por día para el año puesta en servicio. Sin embargo, en el sentido más demandado Benilloba-Cocentaina el cual representa un 60% del total, esta cantidad se reduce a 103 veh/día. Según la Norma 6.1 IC (Imagen 13) esta cantidad de vehículos corresponde a la categoría T31.

CATEGORÍA DE TRÁFICO PESADO	T31	T32	T41	T42
IMDp (vehículos pesados/día)	< 200 ≥ 100	< 100 ≥ 50	< 50 ≥ 25	< 25

Imagen 13. Categoría de tráfico pesado. Fuente: Norma 6.1 IC.

11.2 Explanada

De acuerdo con el "ANEJO Nº3 GEOLOGIA Y GEOTECNIA", se ha obtenido la clasificación del suelo como un suelo marginal. Siendo este un suelo de poca calidad se utilizará en la explanada solo si se realiza su estabilización in situ con cal.

Entre las explanadas disponibles en la Norma 6.1 IC, de la Instrucción de Carreteras, se opta por la E1 debido al reducido número de vehículos pesados que pasan por la carretera. La explanada E1 puede lograrse de 6 maneras distintas dependiendo del tipo de suelo que se utilice y el tratamiento o no de este. Después de un análisis económico se elige la explanada compuesta por dos capas de 30 cm de suelo estabilizado in situ con cal de tipo 1.

11.3 Capa base

Para una explanada E1 y categoría de tráfico T31 las correspondientes opciones para realizar las capas del firme son tres, producto de cuatro materiales distintos: zahorra artificial, mezcla bituminosa, suelo-cemento y hormigón (Imagen 14). La opción de realizar el firme de hormigón se descarta al ser una solución cuyo mantenimiento es bastante costoso y la rodadura se hace más incómoda para el usuario.

Para elegir cuál es la opción más económica entre las otras dos, se hace un pequeño análisis económico en el que se concluye que, por distintos factores, es más beneficioso optar por una capa de zahorras de 40 cm.

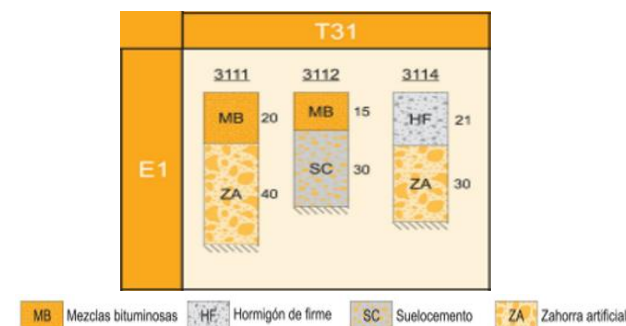


Imagen 14. Tipos de firmes. Fuente: Norma 6.1 IC.

11.4 Mezcla bituminosa

La mezcla bituminosa consiste en 3 capas distintas: capa base, intermedia y capa de rodadura. Las dos primeras están compuestas por una mezcla de hormigón bituminoso denominado como AC, de este tipo de mezcla se tienen varias opciones para elegir dependiendo de su tamaño de árido y el tipo de capa de empleo. Para definir las capas se hace uso del artículo 542 del PG-3. Por lo cual, en la capa base, es decir la más inferior de todas, se utilizará una mezcla "AC32 Base G" para a continuación disponer de una capa intermedia "AC22 Bin S" con espesores de 9 y 6 cm respectivamente. Por último, como los municipios de Cocentaina y Benilloba están clasificados como zonas de pocas lluvias, la capa de rodadura contará también con una mezcla AC, en este caso una "AC16 surf D".

Una vez definida la mezcla bituminosa, consultando el mismo artículo del PG-3, se elige también el tipo de ligante hidrocarbonado a utilizar. En este caso se dispondrá de un

betún asfáltico 50/70, debido a que se puede utilizar en la capa base, intermedia y rodadura, logrando así una homogeneidad en la capa de mezcla bituminosa.

Según la Norma 6.1 IC de la Instrucción de Carreteras, el pavimento del arcén constará de una capa de mezcla bituminosa con el mismo espesor que la capa de rodadura del firme de la calzada

En resumen, la disposición del firme será la siguiente (Tabla 10):

CAPA	SUB-CAPA	MATERIAL	ESPESOR (cm)
FIRME	MB - Rodadura	AC16 surf D 50/70	5
	MB - Intermedia	AC 22 Bin S 50/70	6
	MB - Base	AC32 Base G 50/70	9
	Zahorra Artificial	Zahorra Artificial	40
EXPLANADA	2 capas de suelo	Suelo estabilizado S-EST1	30+30

Tabla 10. Resumen capas y espesor en firme y explanada. Fuente: Elaboración propia.

Gráficamente se pueden observar estas capas en la Imagen 15.

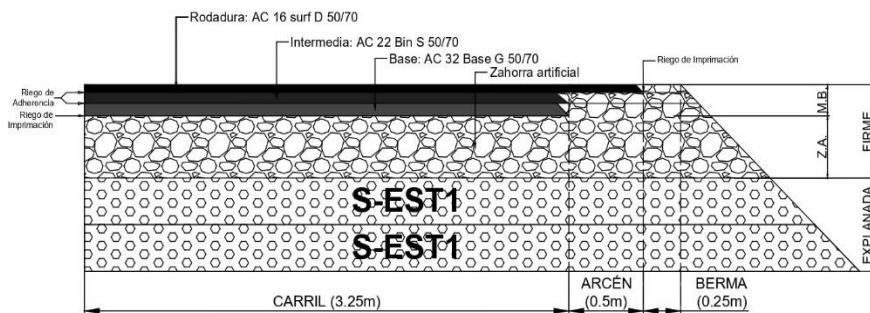


Imagen 15. Disposición de capas y riegos. Fuente: Elaboración propia.

12. VALORACIÓN ECONÓMICA

Con el fin de tener un orden de magnitud del precio de las actuaciones a realizar en el acondicionamiento, se ha realizado una valoración económica estimada, en donde se ha utilizado como guía los precios establecidos en la base de precios de referencia de la Dirección General de Carreteras. Esta valoración se puede apreciar en las siguientes Tablas 11 y 12.

CÓDIGO	UD	DESCRIPCIÓN	MEDICIÓN	PRECIO	IMPORTE
CAPÍTULO 1. ACTUACIONES PREVIAS					
UO1.01	m ²	Demolición de firme o pavimento existente	39.000	3,89	151,71 €
CAPÍTULO 2. MOVIMIENTO DE TIERRAS					
UO2.01	m ²	Despeje y desbroce del terreno por medios mecánicos	5.619	0,59	3.315,21 €
UO2.02	m ³	Excavación en desmonte en tierra con medios mecánicos	35.498,28	1,96	69.576,63 €
UO2.03	m ³	Excavación manual en zanjas, pozos y cimientos	144	46,07	6.634,08 €
UO2.04	m ³	Terraplén o pedraplén o relleno todo-uno con material procedente de excavación	28.487,88	1,09	31.051,79 €
UO2.06	m ³	Relleno localizado en zanjas, pozos, y cimientos con material procedente de la excavación de la traza	144	3,42	492,48 €
CAPÍTULO 3. EXPLANADA					
UO3.01	m ³	Suelo estabilizado "in situ" con cemento o cal, tipo S-EST1 con tierras de la propia excavación	37.820,16	3,71	140.312,8 €
UO3.02	t	Cal cl-90-s para estabilización de suelos	7,56	67,69	512,01 €
CAPÍTULO 7. FIRME					
UO7.01	m ³	Zahorra	23.605,44	18,56	438.116,9 €
UO7.02	t	Emulsión c60b3 adh en riegos de adherencia o c60b3 cur en riegos de curado	46,31	504,19	23.349,24 €
UO7.03	t	Emulsión c60bf4 imp en riego de imprimación	30,87	431,25	13.314,24 €
UO7.04	t	MBC tipo ac32 base g, excepto betún y polvo mineral	7.934,52	26,68	211.692,9 €
UO7.05	t	MBC tipo ac22 bin s, excepto betún y polvo mineral	8.829,85	26,65	235.315,5 €
UO7.06	m ²	MBC tipo ac16 surf d, excepto betún y polvo mineral	6.205,59	2,05	12.721,47 €
UO7.07	t	Betún asfáltico convencional tipo 50/70	1.148,49	492,9	566.094,6 €
CAPÍTULO 5. GESTIÓN DE RESIDUOS					
UO5.01		Gestión de residuos de construcción y tierras a lo largo de toda la obra	1	40.000	40.000 €
CAPÍTULO 6. SEGURIDAD Y SALUD					
UO6.01	Ud	Seguridad y salud durante toda la obra	1	7.000	7.000 €
				TOTAL:	2.109.763 €

Tabla 11. Valoración económica estimada parte 1. Fuente: Elaboración propia.



Precio de Ejecución Material	PEM	2.109.762,8	€
Beneficio industrial	B.I	13%	
		274.269,16	€
Gastos Generales	G.G	6%	
		126.585,77	€
Impuesto sobre el Valor Agregado	IVA	21%	
		443.050,19	€
Presupuesto	TOTAL	2.953.667,92	€

Tabla 12. Valoración económica estimada parte 2. Fuente: Elaboración propia.

13. OBJETIVO DE DESARROLLO SOSTENIBLE (ODS)

El presente estudio tiene relación con algunos de los 17 objetivos de desarrollo sostenible.

ODS 3. Salud y bienestar:

Relacionado con este ODS debido a la mejora en la consistencia global y local de la carretera, así como el cumplimiento de la normativa del trazado que supondrá unas condiciones para seguras para los usuarios

ODS 9: Industria, innovación e infraestructuras

Relacionado con este ODS ya que con todas estas actuaciones se busca garantizar el confort del usuario y disponer de una infraestructura de mayor calidad y durabilidad.

ODS 11: Ciudades y comunidades sostenible

Relacionado con este ODS debido a que el tramo 2 de la carretera entre el PK 4+500 y el PK 6+500 está en una zona de paisaje protegido del Serpis que durante todo el trazado se ha perseguido mantenerlo intacto. Así como que la carretera busca mejorar la seguridad de los usuarios y hacerla más asequible y cómoda.

14. CONCLUSIONES

A lo largo de todo el estudio se ha tenido el objetivo de localizar los problemas de la carretera actual, garantizando así solo una actuación de acondicionamiento en las zonas críticas y no en la totalidad del trazado.

El presente estudio ha supuesto el diseño del acondicionamiento de la carretera CV-790, la cual, si bien no cuenta con un tráfico muy elevado, presenta actualmente un trazado bastante deficiente con respecto a la normativa y la consistencia.

Debido a la zona en donde se sitúa esta carretea, se han conseguido bastantes condicionantes a la hora del diseño tales como zonas protegidas, edificaciones, terreno con fuertes inclinaciones y mantener las actuaciones dentro de un rango económico aceptable.

Sin embargo, se ha logrado obtener la mejor opción de acondicionamiento la cual ha mejorado la gran mayoría de los problemas que presentaba el trazado, con lo cual se espera que aumente su tráfico ya que será más cómoda para el usuario. A pesar de aumentar el tráfico, también se ha logrado disminuir la cantidad de accidentes estimados para los próximos 10 años.

Por último, las actuaciones que propone este estudio van acorde a los objetivos del desarrollo sostenible (ODS) relacionándose con 3 de estos, lo que supone que este acondicionamiento será bueno para el medio ambiente y la sociedad.