



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR
INGENIEROS DE CAMINOS,
CANALES Y PUERTOS



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

ANEJO Nº8

DISEÑO GEOMETRICO

Autor:

Victor Manuel Ramos Meléndez

Tutor:

Francisco Javier Camacho Torregrosa

Cotutor:

David Llopis Castelló





ÍNDICE

1. Introducción.....	4
2. Mejoras en el trazado.....	4
3. Estado de alineaciones y rasantes	7
3.1 Estado de alineaciones.....	7
3.2 Estado de rasantes	9
4. Coordinación planta alzado.....	10
5. Visibilidad	10
6. Sección transversal	12
7. Bombeo y peralte	12
8. Movimiento de tierras.....	12
9. Movimiento de accesos.....	13
10. Bibliografía.....	13

1. Introducción

En el presente anejo se comentarán las características geométricas de la alternativa seleccionada en el “Anejo Nº7 Alternativas y análisis multicriterio”, mostrando en detalle sus diferentes modificaciones y mejoras con respecto a la carretera original.

2. Mejoras en el trazado

La carretera CV-790 presenta bastantes carencias en su trazado actual, siendo una carretera bastante incómoda para el usuario debido a curvas muy cerradas y seguidas sin presentar tramos rectos en casi la totalidad de su traza en planta. Además, en cuanto a su rasante cuenta con un exceso de acuerdos verticales muy pronunciados creando sensación de montaña rusa en ciertas zonas.

Es por esto que en la alternativa seleccionada se realizan modificaciones en el 66% de la carretera, yendo de cambios minúsculos a desvíos considerables de su traza o elevaciones del firme con el fin de evitar tantas subidas y bajadas.

- Cambio 1 (PK 0+191 – PK 0+353)

El primer cambio en el trazado se realiza en el PK 0+191 en donde anteriormente se tenían dos curvas circulares seguidas de radios reducidos. Estas se han modificado, haciendo la primera curva de un radio mayor con sus clotoides correspondientes, mientras que la segunda curva se mantuvo como únicamente una curva circular. Sin embargo, se ha ampliado su radio mejorando así la consistencia y adaptándose más a la normativa en este pequeño tramo. Dichos cambios afectan un total de 162 metros de carretera, para luego volver a seguir la traza original de la carretera. (Imagen 1)

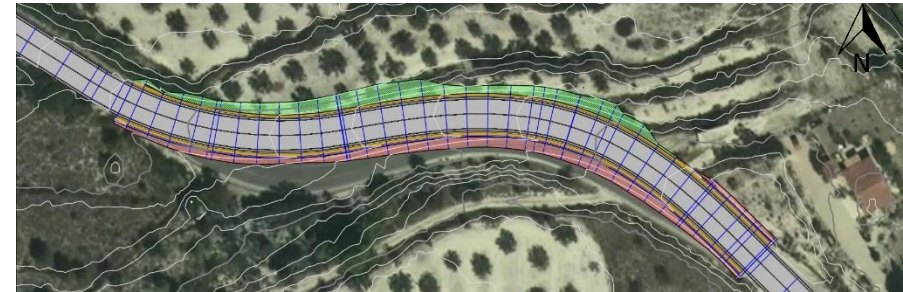


Imagen 1: Acondicionamiento entre PK 0+191 y PK 0+353. Fuente: Elaboración propia

- Cambio 2 (PK 0+642 – PK 1+110)

El segundo cambio en la carretera se realizó en el PK 0+642 hasta el PK 1+110, este tramo presenta actualmente una consecución de curvas circulares con poco desarrollo y radios reducidos los cuales no cumplen normativa. Con una distancia total de 468 metros nuevos de carretera, se han eliminado estas pequeñas curvas adaptando así el trazado colocando una sola curva con sus respectivas clotoides, haciendo así el recorrido más homogéneo y evitando curvas innecesarias. (Imagen 2)

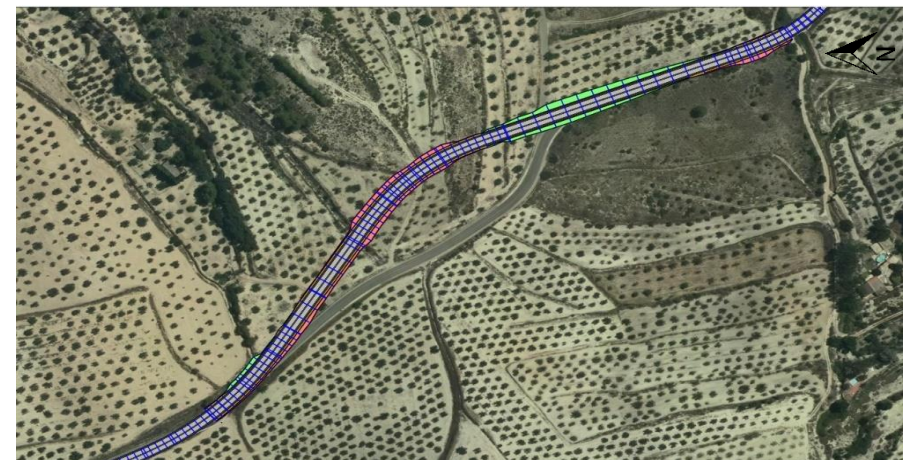


Imagen 2: Acondicionamiento entre PK 0+642 y PK 1+110. Fuente: Elaboración propia

- Cambio 3 (PK 1+539 – PK 2+500)

A continuación, el siguiente tramo sometido a modificaciones empieza en el PK 1+539 hasta el PK 2+500, dando así un total de casi un kilómetro modificado. Este tramo de la carretera presenta en su inicio un tramo bastante recto para luego, presentar curvas de radio muy reducido, haciéndolo un tramo con bastante peligrosidad y una consistencia bastante pobre. Además, los tramos curvos no cumplen normativa debido a su radio reducido y falta de clotoides.

Para el acondicionamiento de este tramo se han dispuesto curvas en el tramo recto logrando así el decremento de la velocidad de los conductores antes de llegar a las dos curvas de radios cerrados, las cuales también se han modificado haciendo sus radios más grandes, mejorando así la consistencia y seguridad a lo largo de este tramo (imagen 3)



Imagen 3: Acondicionamiento entre PK 1+539 y PK 2+500. Fuente: Elaboración propia

- Cambio 4 (PK 2+696 – PK 2+987)

Entre el PK 2+696 y el PK 2+987 el trazado original presenta una consecución de curvas bastante reducidas debido a que atraviesa una zona bastante montañosa, por lo que, en esta zona, las curvas no presentan clotoides, las rectas intermedias son muy reducidas y los radios bastante inferiores a los exigidos por normativa.

Para la mejora de este tramo se ha decidido aumentar el radio en la curva antes de entrar a una zona encajonada por las montañas en donde el trazado puede ser difícilmente

mejorado, para posteriormente, sin recta intermedia, agregar una sola curva amplia, eliminando así dos curvas de radio reducido. (Imagen 4)

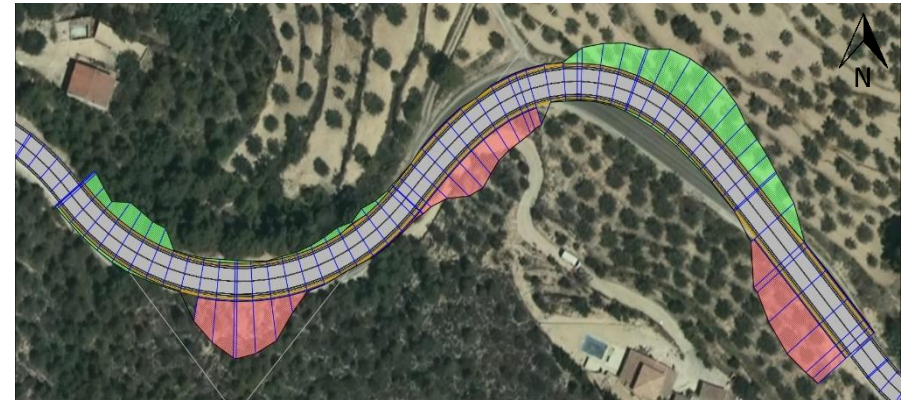


Imagen 4: Acondicionamiento entre PK 2+696 y PK 2+987. Fuente: Elaboración propia

- Cambio 5 (PK 3+089 – PK 4+134)

Posteriormente, iniciando en el PK 3+089, se han realizado cambios en los radios de las curvas, ya que, el trazado actual presenta una curva inicial en este tramo (Punto A en imagen 5) de radio bastante reducido sin clotoides no cumpliendo normativa, para luego tener una serie de curvas con rectas intermedias de escasos 10 metros. Estas curvas se han eliminado sustituyéndolas por únicamente dos curvas de radio mayor con sus correspondientes clotoides adecuándose a normativa y mejorando la consistencia.

A continuación, se han reducido ligeramente los radios de las dos siguientes curvas para así hacer que los conductores reduzcan ligeramente la velocidad para las siguientes curvas. Estos cambios, aunque son ligeros, hacen que el eje de la modificación se desvíe ligeramente del eje actual (Punto B en imagen 5)

Finalmente, en el punto C de la imagen 5, se han eliminado una serie de curvas de radios variados, para agregar así una única curva de mayor desarrollo y radio aceptable.



Imagen 5 : Acondicionamiento entre PK 3+089 y PK 4+134. Fuente: Elaboración propia

- Cambio 6 (PK 4+279 – PK 4+340) y Cambio 7 (PK 4+500 – PK 4+653)

En el siguiente tramo sometido a cambios está el correspondiente a la curva en donde se encuentra la intersección con la CV-706, en donde la curva es de radio bastante reducido. Para mejorar esta curva se ha aumentado ligeramente su radio, intentando así hacerla menos peligrosa. Esta curva no ha podido tener mayores modificaciones ya que de aumentar su radio, la intersección con la CV-706 se vería bastante afectada y quedaría en un lugar aún más peligroso que en donde se encuentra actualmente. (Imagen 6)



Imagen 6: Acondicionamiento entre PK 4+279 y PK 4+340 y entre PK 4+500 y PK 4+653. Fuente: Elaboración propia

Para mejorar la seguridad en esta zona se han agregado dos curvas circulares con el fin de que los conductores que se acercan a esta intersección en sentido decrecientes de PKs (de izquierda a derecha en imagen 6) reduzcan la velocidad, haciéndolos llegar a esta intersección con la velocidad adecuada para o bien entrar a la intersección o tomar la curva cerrada sin peligro alguno.

- Cambio 8 (PK 4+759 – PK 5+735)

Finalmente, las últimas modificaciones para acondicionar la carretera se presentan entre el PK 4+759 y el PK 5+735. En este tramo la única modificación importante es la eliminación de dos curvas (Imagen 7 punto A) las cuales eran de radio reducido y poco desarrollo, lo que hacía que este tramo de la carretera fuera peligroso.

Posterior a este cambio, se han reducido ciertos radios y aumentado otros incluyendo también clotoides en curvas que carecían de ellas, con el fin de adaptar el trazado a la normativa vigente. Estos cambios, aunque han sido pequeños, han generado un desvío con respecto al eje de la carretera original.

Por último, en la Imagen 8 muestra la eliminación de curvas de radios bastante grades y desarrollo muy reducido, lo que hacía el tramo bastante sinuoso, con el fin de hacerlo más recto y poder así ser de mayor comodidad para el usuario.



Imagen 7 : Acondicionamiento entre PK 4+759 – PK 5+735 punto A. Fuente: Elaboración propia



Imagen 8 : Acondicionamiento entre PK 4+759 – PK 5+735 punto B. Fuente: Elaboración propia

3. Estado de alineaciones y rasantes

3.1 Estado de alineaciones

El estado de alineaciones de la alternativa seleccionada se puede apreciar que se ha mejorado el cumplimiento de la normativa en gran medida en comparación con la carretera actual (ver Tabla1). Concretamente, se aprecia cómo la mayoría de las zonas cumple con normativa. Sin embargo, debido a que el presente estudio se corresponde únicamente con un acondicionamiento no se pueden mejorar ciertas zonas debido a que en estas para lograr un cumplimiento total de normativa deben de ser sometidas a una serie de modificaciones que alterarían prácticamente la totalidad del trazado.

En la Tabla 1 se muestra el estudio de cumplimiento de normativa, en donde la nomenclatura es la siguiente:

A: Parámetro de Acuerdo min (A Min) o máximo (A Max) en clotoides.

L: Longitud mínima (L Min) o máxima (L Max).

R: Radios consecutivos en curvas.

Elemento	P.K. Inicial	P.K. final	Longitud	Radio	A	Parametros Maximos y Minimos					Cumplimiento Normativa		
						A max.	L min	L Max	R. max	R. min	A	L	R
Recta	0	22.02	22.025										
Clotoide	22.02	68.56	46.538		55	65.882	44.517	66.776			Cumple	Cumple	
Circulo	68.56	76.22	7.656	-65					89.634	49.462			Cumple
Clotoide	76.22	122.76	46.538		55	65.882	44.517	66.776			Cumple	Cumple	
Recta	122.76	190.59	67.837				111.2	668				No cumple	
Clotoide	190.59	237.13	46.538		55	65.882	44.517	66.776			Cumple	Cumple	
Circulo	237.13	252.69	15.556	-65					89.634	49.462			Cumple
Clotoide	252.69	299.23	46.538		55	65.882	44.517	66.776			Cumple	Cumple	
Recta	299.23	299.71	0.483										
Circulo	299.71	362.53	62.822	85					121.341	62.077			Cumple
Recta	362.53	580.48	217.949				111.2	668				Cumple	
Clotoide	580.48	634.93	54.444		70	84.094	52.383	78.575			Cumple	Cumple	
Circulo	634.93	639.24	4.316	90					129.268	65.231			Cumple
Clotoide	639.24	693.69	54.444		70	84.094	52.383	78.575			Cumple	Cumple	
Recta	693.69	799.33	105.646				55.6	668				Cumple	
Clotoide	799.33	861.64	62.308		90	110.160	62.714	94.071			Cumple	Cumple	
Circulo	861.64	878.81	17.171	-129					191.098	89.831			Cumple
Clotoide	878.81	941.12	62.308		90	110.160	62.714	94.071			Cumple	Cumple	
Recta	941.12	1010.32	69.203				55.6	668				Cumple	
Clotoide	1010.32	1086.11	75.789		120	146.699	75.910	113.866			Cumple	Cumple	
Circulo	1086.11	1108.33	22.216	189					286.220	127.677			Cumple
Clotoide	1108.33	1184.12	75.789		120	146.699	75.910	113.866			Cumple	Cumple	
Recta	1184.12	1281.14	97.027				55.6	668				Cumple	
Clotoide	1281.14	1345.61	64.464		95	115.875	64.865	97.297			Cumple	Cumple	
Circulo	1345.61	1346.93	1.325	-138					205.366	95.508			Cumple
Clotoide	1346.93	1411.4	64.464		95	115.875	64.865	97.297			Cumple	Cumple	
Recta	1411.4	1514.63	103.238				55.6	668				Cumple	
Clotoide	1514.63	1568.48	53.846		70	84.793	52.673	79.010			Cumple	Cumple	
Circulo	1568.48	1641.14	72.66	91					130.854	65.862			No cumple
Clotoide	1641.14	1694.99	53.846		70	84.793	52.673	79.010			Cumple	Cumple	
Recta	1694.99	1761.15	66.169				55.6	668				Cumple	
Clotoide	1761.15	1813.97	52.812		65	76.984	49.387	74.081			Cumple	Cumple	
Circulo	1813.97	1816.45	2.478	-80					113.415	58.923			Cumple
Clotoide	1816.45	1869.26	52.812		65	76.984	49.387	74.081			Cumple	Cumple	
Recta	1869.26	1957.74	88.479				55.6	668				Cumple	
Clotoide	1957.74	2018.09	60.357		65	69.647	46.198	69.296			Cumple	Cumple	
Circulo	2018.09	2068.52	50.423	70					97.561	52.615			Cumple
Clotoide	2068.52	2128.87	60.357		65	69.647	46.198	69.296			Cumple	Cumple	
Clotoide	2129.71	2175.16	45.455		50	58.124	40.950	61.425			Cumple	Cumple	
Circulo	2175.16	2241.88	66.716	-55					73.780	43.154			Cumple
Clotoide	2241.88	2287.34	45.455		50	58.124	40.950	61.425			Cumple	Cumple	
Recta	2287.34	2350.75	63.41				111.2	668				No cumple	
Circulo	2350.75	2376.79	26.047	-90					129.268	65.231			No cumple
Recta	2376.79	2448.52	71.723				55.6	668				Cumple	
Circulo	2448.52	2502.75	54.236	80					113.415	58.923			Cumple
Recta	2502.75	2580.36	77.605				55.6	668				Cumple	
Circulo	2580.36	2642.08	61.721	-50					65.854	40.000			No cumple
Circulo	2642.08	2679.61	37.53	45					57.927	36.846			Cumple
Recta	2679.61	2739.55	59.945				55.6	668				Cumple	
Clotoide	2739.55	2784.55	45		45	50.002	37.041	55.561			Cumple	Cumple	
Circulo	2784.55	2817.87	33.315	-45					57.927	36.846			Cumple
Clotoide	2817.87	2862.87	45		45	50.002	37.041	55.561			Cumple	Cumple	
Circulo	2862.87	2975.61	112.74	64					88.049	48.831			No cumple
Circulo	2975.61	3013.29	37.68	-70					97.561	52.615			Cumple
Recta	3013.29	3076.57	63.285				111.2	668				No cumple	
Circulo	3076.57	3112.57	35.993	-75					105.488	55.769			Cumple
Circulo	3112.57	3199.08	86.51	40					50.000	33.692			No cumple



Clotoide	3199.16	3258.2	59.036		70	79.139	50.305	75.457		Cumple	Cumple	
Círculo	3258.2	3292.17	33.972	-83					118.171	60.815		No cumple
Clotoide	3292.17	3351.21	59.036		70	79.139	50.305	75.457		Cumple	Cumple	
Recta	3351.21	3480.82	129.613					55.6	668			
Clotoide	3480.82	3528.82	48		60	73.346	47.819	71.729		Cumple	Cumple	
Círculo	3528.82	3531.85	3.03	75					105.488	55.769		Cumple
Clotoide	3531.85	3579.85	48		60	73.346	47.819	71.729		Cumple	Cumple	
Recta	3579.85	3626.52	46.674					111.2	668			No cumple
Clotoide	3626.52	3676.82	50.298		65	79.139	50.305	75.457		Cumple	Cumple	
Círculo	3676.82	3676.87	0.046	83					118.171	60.815		Cumple
Clotoide	3676.87	3727.16	50.298		65	79.139	50.305	75.457		Cumple	Cumple	
Recta	3727.16	3836.18	109.021					55.6	668			
Clotoide	3836.18	3884.18	48		60	73.346	47.819	71.729		Cumple	Cumple	
Círculo	3884.18	4003.03	118.841	-75					105.488	55.769		Cumple
Clotoide	4003.03	4051.03	48		60	73.346	47.819	71.729		Cumple	Cumple	
Recta	4051.03	4111.24	60.213					55.6	668			
Círculo	4111.24	4136.15	24.909	50					65.854	40.000		No cumple
Recta	4136.15	4153.3	17.152					111.2	668			No cumple
Círculo	4153.3	4215.42	62.119	26					27.805	24.862		No cumple
Recta	4215.42	4263.71	48.295					55.6	668			No cumple
Círculo	4263.71	4336.41	72.697	-30					34.146	27.385		No cumple
Recta	4336.41	4394.61	58.202					111.2	668			No cumple
Círculo	4394.61	4429.58	34.964	-45					57.927	36.846		No cumple
Círculo	4429.58	4482.64	53.06	40					50.000	33.692		Cumple
Recta	4482.64	4524.42	41.78					55.6	668			No cumple
Círculo	4524.42	4580.5	56.085	-70					97.561	52.615		No cumple
Círculo	4580.5	4646.53	66.03	100					145.122	71.538		No cumple
Recta	4646.53	4790.77	144.236					55.6	668			Cumple
Círculo	4790.77	4825.11	34.344	-100					145.122	71.538		Cumple
Recta	4825.11	4890.45	65.341					55.6	668			Cumple
Clotoide	4890.45	4944.9	54.444		70	84.094	52.383	78.575		Cumple	Cumple	
Círculo	4944.9	4953.41	8.514	90					129.268	65.231		Cumple
Clotoide	4953.41	5007.85	54.444		70	84.094	52.383	78.575		Cumple	Cumple	
Recta	5007.85	5230.93	223.074					55.6	668			Cumple
Clotoide	5230.93	5283.74	52.812		65	76.984	49.387	74.081		Cumple	Cumple	
Círculo	5283.74	5299.24	15.5	-80					113.415	58.923		Cumple
Clotoide	5299.24	5352.05	52.812		65	76.984	49.387	74.081		Cumple	Cumple	
Recta	5352.05	5464.35	112.301					55.6	668			Cumple
Círculo	5464.35	5530.79	66.434	75					105.488	55.769		Cumple
Círculo	5530.79	5582.14	50.791	-80					113.415	58.923		Cumple
Recta	5582.14	5672.14	90.004					55.6	668			Cumple
Clotoide	5672.14	5723.57	51.429		60	69.647	46.198	69.296		Cumple	Cumple	
Círculo	5723.57	5758.16	34.591	70					97.561	52.615		Cumple
Clotoide	5758.16	5809.59	51.429		60	69.647	46.198	69.296		Cumple	Cumple	
Recta	5809.59	5811.24	1.648					55.6	668			
Recta	5811.24	5919.52	108.281					55.6	668			
Círculo	5919.52	5965.4	45.883	60					81.7073	46.3077		No cumple
Recta	5965.4	5973.39	7.99					55.6	668			No cumple
Círculo	5973.39	6019.9	46.515	-50					65.854	40.000		Cumple
Recta	6019.9	6187.72	167.812					55.6	668			Cumple
Círculo	6187.72	6215.76	28.041	80					113.415	58.923		No cumple
Recta	6215.76	6252.52	36.757					55.6	668			No cumple
Círculo	6252.52	6282.31	29.798	-50					65.854	40.000		No cumple
Recta	6282.31	6432.19	149.88					55.6	668			Cumple

Tabla 1: Estadillo de alineaciones y cumplimiento normativa Fuente: Elaboración propia

Como se puede ver en la Tabla 1, el trazado presenta ciertas zonas en donde no hay cumplimiento de normativa, específicamente 3 zonas en concreto las cuales son:

- Zona 1 sin cumplimiento de normativa:

Esta zona se corresponde a un tramo de la carretera el cual su modificación es prácticamente imposible debido a sus condiciones de contorno, ya que a la margen izquierda en el sentido creciente de PKs se encuentran montañas con taludes muy pronunciados y a la margen derecha barrancos con también taludes bastante inclinados. Es por esto que los movimientos del eje de la carretera se traducirían en grandes movimientos de tierras lo que supondría un sobrecoste para el acondicionamiento como se puede ver en la imagen 9.

En esta zona se han realizado pequeñas modificaciones con el fin de mejorar la consistencia para tener así una carretera segura a pesar del no cumplimiento de la normativa.



Imagen 9 : Zona 1 sin cumplimiento de normativa. Fuente: Elaboración propia

- Zona 2 sin cumplimiento de normativa:

La siguiente zona sin cumplimiento de normativa también se debe al entorno de la carretera ya que, de mover la traza para garantizar el cumplimiento, se verían afectadas varias viviendas cercanas. También, debido a la presencia de la intersección con la CV-706 la modificación del trazado se hace más complicado. Finalmente, se puede ver cómo existe

la presencia de un barranco (Imagen 10), que de modificar el eje de la carretera, se necesitaría proyectar también una obra de drenaje transversal para permitir el paso del agua durante las fuertes lluvias, lo que supondría un sobrecoste al acondicionamiento.

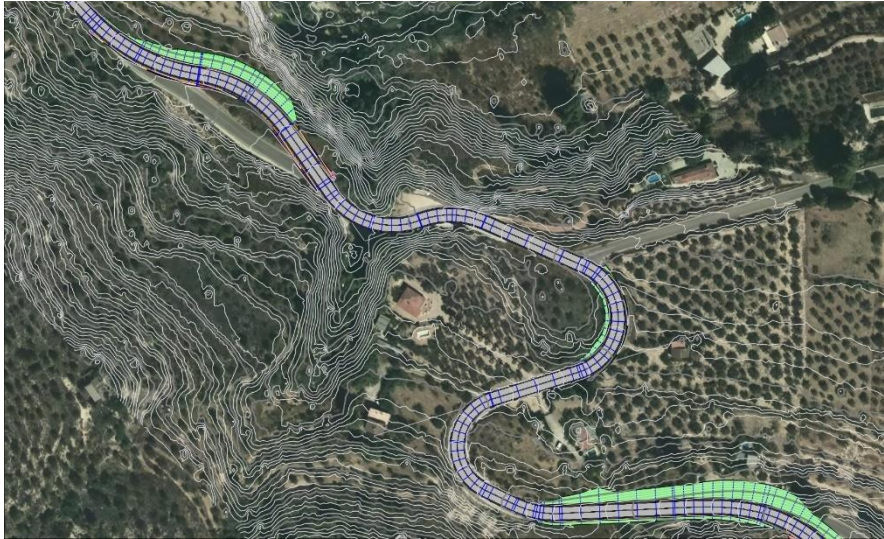


Imagen10 : Zona 2 sin cumplimiento de normativa. Fuente: Elaboración propia

- Zona 3 sin cumplimiento de normativa:

Por último, alrededor del PK 5+820 con la presencia de una glorieta, la carretera CV-790 se ve rodeada de zonas más urbanizada con entradas a viviendas o comercios contiguos a la carretera, por lo que de modificar la traza se verían fuertemente afectadas una gran cantidad de viviendas y comercios. Además, esta zona tiene la presencia de un puente que salva el paso del río Serpis (Imagen 11).

Por esto, esta zona de la carretera no se ha visto modificada en ningún punto, dejándola tal cual está. Aunque no se cumpla normativa, no existe ningún problema, ya que al ser una zona urbana los conductores transitan a menor velocidad por lo que hay pocas probabilidades de la existencia de accidentes de tráfico asociados a la geometría de la carretera.



Imagen 11 : Zona 3 sin cumplimiento de normativa Fuente: Elaboración propia

3.2 Estado de rasantes

En cuanto al estado de rasantes, si bien la carretera actual ya cumplía en gran parte con toda la normativa vigente, se han mejorado ciertas zonas en las que, debido a la presencia de acuerdos excesivos a lo largo del trazado, daba una sensación de subir y bajar que se hacía incomodo al conductor.

En la tabla 2 se puede observar cómo se cumplen todas las condiciones marcadas en la Norma 6.1 de la instrucción de carreteras.

En relación con el cumplimiento de normativa la nomenclatura es la siguiente:

Kv: cumplimiento de parámetro mínimo de la parábola

Longitud: Cumplimiento de la longitud mínima del acuerdo

Estética: Cumplimiento de la estética de los acuerdos

Rasante: Cumplimiento de los mínimos y máximos de rampas y pendientes



Nº	DATOS					CRITERIOS			NORMATIVA			
	PK	Inclinación	Acuerdo	Valor de K	Longitud	Dp	Kv, min	L, min	Kv	Longitud	Estética	Rasante
2	200.08	3.12%	Convexo	5.293	44.476m	35.82	145.82	17.48	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple
3	437.99	-5.28%	Cóncavo	15.362	72.864m	38.83	812.68	38.52	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple
4	638.68	-0.54%	Cóncavo	7943	60.078m	36.99	763.78	57.74	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple
5	897.39	7.00%	Convexo	7.983	109.733m	34.77	137.38	26.90	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple
6	1049.03	-6.72%	Cóncavo	11422	152.086m	39.49	830.11	110.49	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple
7	1174.63	6.59%	Convexo	7.659	46.587m	34.87	138.20	11.99	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple
8	1334.98	0.51%	Convexo	12444	48.001m	36.63	152.50	8.40	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple
9	1583.33	-3.35%	Cóncavo	8.404	58.440m	38.03	791.33	55.08	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple
10	1712.99	3.61%	Convexo	7500	51.811m	35.68	144.66	14.26	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple
11	1835.98	-3.30%	Cóncavo	8.947	48.160m	38.01	790.80	42.55	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple
12	2230.68	2.08%	Convexo	16790	81.968m	36.13	148.37	10.33	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple
13	2495.49	-2.80%	Cóncavo	14.676	65.489m	37.81	785.63	35.04	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple
14	2693.83	1.66%	Convexo	29829	104.692m	36.26	149.44	7.49	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple
15	3034.6	-1.85%	Convexo	12.724	62.636m	37.46	159.43	11.19	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple
16	3340.98	-6.77%	Convexo	330071	53.158m	39.51	177.42	0.41	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple
17	3671.39	-6.93%	Cóncavo	45.571	102.334m	39.59	832.77	18.65	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple
18	3911.35	-4.69%	Convexo	23163	53.198m	38.58	169.13	5.53	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple
19	4427.37	-6.98%	Cóncavo	51.640	155.091m	39.61	833.41	25.00	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple
20	4902.64	-3.98%	Cóncavo	14372	64.779m	38.28	798.06	35.99	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple
21	5198.37	0.53%	Cóncavo	18.200	84.116m	36.63	754.24	34.85	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple
22	5537.61	5.15%	Convexo	12551	148.545m	35.25	141.20	23.86	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple
23	5754.51	-6.69%	Cóncavo	10.777	66.168m	39.48	829.73	50.95	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple
24	5841.3	-0.55%	Convexo	13201	51.565m	36.99	155.50	8.65	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple
25		-4.45%	Cóncavo	9.762	94.275m	38.48	803.23	77.59	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple

Tabla 2: Estadillo de rasantes y cumplimiento normativa Fuente: Elaboración propia

4. Coordinación planta alzado

Para lograr un trazado satisfactorio en todos los aspectos no vale únicamente con realizar un buen diseño en planta y un buen diseño en alzado por separados, sino que se debe buscar un equilibrio y coordinación entre uno y otro para así lograr el trazado ideal. Para lograr este objetivo la Norma 3.1 de la instrucción de carretera indica que:

- En carreteras con velocidad de proyecto (V_p) igual o menor a sesenta kilómetros por hora (60 Km/h), se deberá de cumplir cuando sea posible que $K_v = (100 \cdot R) / P$
- Si esta condición no se puede cumplir, sí que se debe de cumplir que $K_v / R \geq 6$

En la Tabla 3 se puede ver el análisis de esta normativa.

Estado alineaciones			Estado Rasante		Normativa		Cumplimiento	
PK Centro de Curva	Radio	Peralte	PK Centro de acuerdo	KV	$(100 \cdot R) / p = K_v$	$K_v / R \geq 6$	$(100 \cdot R) / p = K_v$	$K_v / R \geq 6$
237.13	65	7	200.08	529.3	928.57	8.14	No Cumple	Cumple
634.93	90	7	638.72	794.3	1285.71	8.83	No Cumple	Cumple
861.64	129	7	897.39	798	1842.86	6.19	No Cumple	Cumple
1086.11	189	7	1049.06	1142	2700.00	6.04	No Cumple	Cumple
1345.61	138	7	1334.98	1244.4	1971.43	9.02	No Cumple	Cumple
1568.48	91	7	1583.33	840.4	1300.00	9.24	No Cumple	Cumple
1813.97	80	7	1835.98	894.7	1142.86	11.18	No Cumple	Cumple
2175.16	55	7	2230.68	1679	785.71	30.53	No Cumple	Cumple
2448.52	80	7	2495.49	1467.6	1142.86	18.35	No Cumple	Cumple
3676.82	83	7	3671.39	4557.1	1185.71	54.90	No Cumple	Cumple
3884.18	75	7	3911.35	2316.3	1071.43	30.88	No Cumple	Cumple
4394.61	45	7	4427.37	5164	642.86	114.76	No Cumple	Cumple
5531.35	80	7	5537.61	1255.1	1142.86	15.69	No Cumple	Cumple
5723.57	70	7	5754.51	1077.7	1000.00	15.40	No Cumple	Cumple

Tabla 3: Cumplimiento normativa coordinación planta-alzado. Fuente: Elaboración propia

Como se puede ver en la tabla 3, el primer criterio no se ha podido lograr, con un K_v que dista bastante de lo recomendado por la normativa. Sin embargo, la segunda condición, la cual, sí que es de obligado cumplimiento, se cumple en todos los acuerdos verticales que coinciden con curvas en planta, por lo que se puede decir que tiene una coordinación de planta con alzado aceptable.

5. Visibilidad

La visibilidad, así como las características geométricas, es un factor de gran importancia en la seguridad de la carretera y el confort de sus usuarios ya que, a mayor visibilidad, el conductor tendrá más tiempo para realizar cualquier maniobra. Es por esto que la normativa vigente indica que se debe de cumplir una visibilidad mínima al momento de diseñar la carretera.



Para hacer un análisis de la visibilidad en el nuevo trazado de la carretera CV-790 y comprobar que esta sea la adecuada, se toma como referencia la distancia de parada, la cual es la distancia total recorrida por un vehículo obligado a detenerse tan rápidamente como sea posible.

La distancia de parada se obtiene con la expresión:

$$Dp = \frac{V \cdot tp}{3,6} + \frac{V^2}{254 * (f + i)}$$

En donde:

V= Velocidad (km/h)

F= Coeficiente = 0.432 (para Vp=40)

I= Inclinação de la rasante

Tp= Tiempo de percepción y reacción = 2seg

Con estos datos se obtiene la distancia de parada para cada uno de los puntos de la carretera la cual será variable dependiendo de la rasante de la carretera. Estas distancias se representan en el grafico 1 y 2 como una línea puntuada roja, la cual marca el límite mínimo de visibilidad que puede tener la carretera en cada uno de sus puntos.

Por otro lado, la visibilidad del nuevo trazado se obtiene a través del software informático Autodesk Civil 3D que se ha usado para el diseño. Este software toma de referencia cada 10 metros de la carretera para así estimar la visibilidad de la carretera en cada uno de estos puntos, generando una tabla de datos de los cuales a posteriori se puede obtener una gráfica en la cual se pueden analizar con mayor facilidad los datos obtenidos (Grafico 1 y 2).

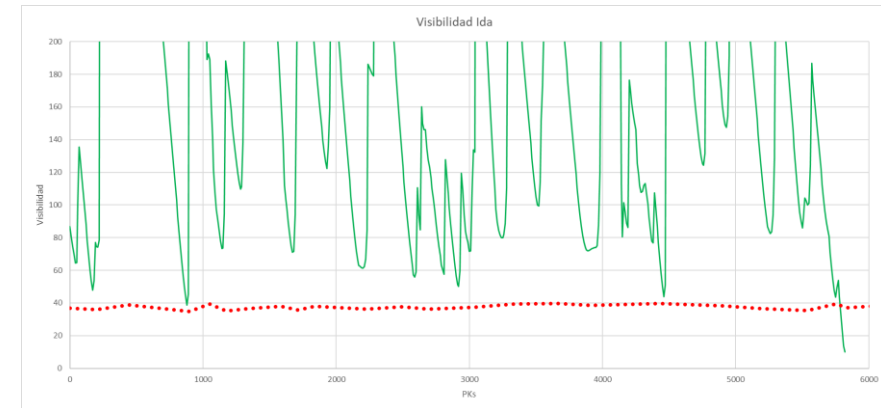


Gráfico 1: Perfil de visibilidad sentido creciente de PKs Fuente: Elaboración propia

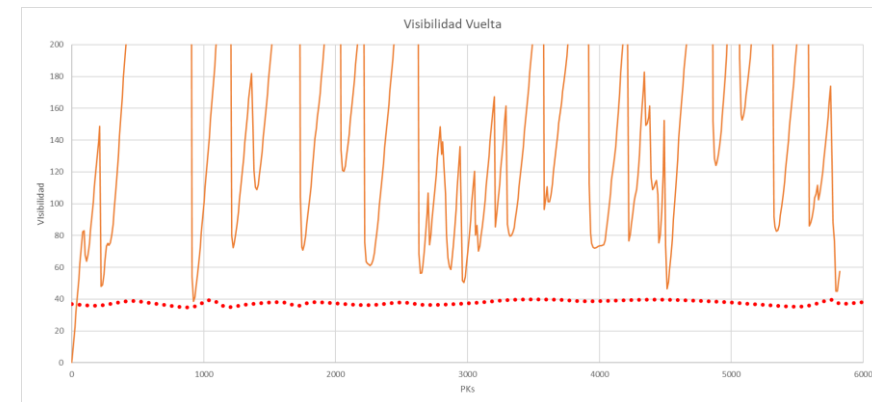


Gráfico 2: Perfil de visibilidad sentido decreciente de PKs Fuente: Elaboración propia

Como se pueden ver en el grafico 1 y 2, la visibilidad del trazado (líneas verde y naranja según gráfico) siempre están por arriba de la distancia de parada, por lo que se puede decir que la visibilidad a lo largo de la totalidad de la carretera es la adecuada para la velocidad de proyecto de 40 Km/h.



6. Sección transversal

Para el diseño de la sección transversal del acondicionamiento se ha tenido en cuenta la tabla 7.1. "Dimensiones de la sección transversal" de la Norma 3.1 IC de la instrucción de carreteras. Se ha dispuesto de un solo carril por sentido de 3.25 metros, un arcén de 0.5 metros y una berma reducida de 0.25 metros debido al poco espacio y poca libertad de diseño en algunos puntos de la carretera. En la tabla 3 se resume esta información.

Elemento	Dimensión
Carril	3,25
Berma	0,5
Arcén	0,25

Tabla 3: Resumen dimensiones de sección transversal Fuente: Elaboración propia

7. Bombeo y peralte

El bombeo se corresponde a la inclinación transversal de la plataforma de una carretera en los tramos rectos para poder así evacuar el agua hacia el exterior. Este se dispone tal y como indica la normativa, la cual indica que para carretera de calzada única y doble sentido de circulación, en la calzada y los arcenes se dispondrá 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 es la inclinación transversal de la plataforma que conforma una carretera en los tramos curvos, con el fin de contrarrestar la aceleración centrífuga no compensada por el rozamiento y para la evacuación del agua. La Norma 3.1 I.C de la instrucción de carreteras indica que para carreteras cuyos radios son menor 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 4 se pueden observar los valores para cada situación.

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

Tabla 4: Resumen porcentaje en bombeo y peralte Fuente: Elaboración propia

8. 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. Esto debido a que se ha intentado respetar el trazado actual en planta y las líneas de nivel del terreno en alzado, logrando reducir los movimientos de tierra.

El movimiento de tierras se genera únicamente en los tramos modificados especificados en el punto 2 del presente anejo. En la Tabla 5 se pueden observar los movimientos de tierras generados, organizados diferenciando entre los tramos de cambios y dividiéndolos en desmonte y terraplén.

Movimiento de tierras		
Zona	Desmonte (m³)	Terraplén (m³)
Cambio 1	3.748,27	3.401,61
Cambio 2	950,92	4.925,89
Cambio 3	1.328,66	777,75
Cambio 4	17,11	215,91
Cambio 5	610,73	2.234,14
Cambio 6	9.717,29	9.237,44
Cambio 7	950,9	4.925,89
Cambio 8	18.174,4	2.769,25
TOTAL	35.498,28	28.487,88
Déficit/Sobrante		+7.010,40

Tabla 5: Tabla resumen movimientos de tierras Fuente: Elaboración propia



Como se puede ver en la Tabla 5, los movimientos de tierras correspondientes a desmontes son de 35.498,28 metros cúbicos, mientras que los correspondientes a terraplén son de 28.487,88 metros cúbicos.

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

9. 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 acceso se deberán adaptar al nuevo trazado y mejorándolos con respecto a lo que hay actualmente, colocando señalización de tráfico como carteles de "STOP" o precaución.

10. Bibliografía

Orden FOM/273/2016, de 19 de febrero, por la que se aprueba la Norma 3.1-IC Trazado, de la Instrucción de Carreteras. Julio de 2022. Disponible en:
<https://www.boe.es/boe/dias/2016/03/04/pdfs/BOE-A-2016-2217.pdf>