



ANEJO N.º 4

ANÁLISIS DEL TRAZADO

AUTOR: NÉSTOR GIMÉNEZ CRIADO

TUTORES: ÁLVARO CUADRADO TARODO

DAVID LLOPIS CASTELLÓ



ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN

2. TRAZADO EN PLANTA.....

2.1 RECTAS.....

2.2 CURVAS CIRCULARES

2.3 CURVAS DE TRANSICIÓN O CLOTOIDES.....

3. TRAZADO EN ALZADO

3.1 RASANTES

3.1 ACUERDOS VERTICALES.....

4. SECCIÓN TRANSVERSAL.....

5. CONDICIONANTES.....

6. CONSISTENCIA DEL DISEÑO GEOMÉTRICO

6.1 CRITERIOS LOCALES

7. CONCLUSIONES.....

8. BIBLIOGRAFÍA.....

APÉNDICE 1: ESTADO DE ALINEACIONES PLANTA.

APÉNDICE 2: ESTADO DE ALINEACIONES PERFIL.....

5

5

5

7

10

14

14

15

16

16

17

17

20

20

22

31





1. INTRODUCCIÓN

Este anejo contempla el estudio de la situación actual en cuanto al trazado geométrico de los aproximadamente seis kilómetros de recorrido que tiene la carretera CV-427, lo que permitirá identificar las deficiencias que presenta la carretera según la normativa Norma 3.1-IC de Trazado. Este estudio será utilizado en el posterior análisis de alternativas, para llevar a cabo la mejora de la vía cumpliendo la normativa vigente.

El trazado de la carretera se proyecta con elementos en planta y alzado correspondientes a una velocidad de proyecto de 40 km/h, que cuenta con curvas con un radio muy pequeño y con un ancho total de sección transversal variable, sin marca vial entre carriles de entre 4,5 y 6 metros.

La herramienta de diseño de carreteras AutoCAD Civil 3D ha sido empleada para la identificación de todas las características geométricas tanto en planta como en alzado. Se ha recreado las condiciones existentes de todos los elementos que forman parte del tramo, obteniéndose de la página web del Plan Nacional de Ortofotografía Aérea (PNOA) la superficie necesaria de la zona para generar todos los datos.

2. TRAZADO EN PLANTA

El trazado en planta está formado por diferentes elementos, dentro de los cuales se encuentran rectas, curvas circulares y clotoides o curvas de transición.

La Figura 1 corresponde a la vista en planta del eje de la carretera actual. Los extremos coinciden con las poblaciones de Yátova (en la zona de la izquierda de la imagen) y Buñol (a la derecha).

Con el objetivo de llevar a cabo un análisis detallado del trazado actual de la carretera, los elementos serán estudiados de manera aislada, en conjunto con que estos sigan una concordancia entre ellos.

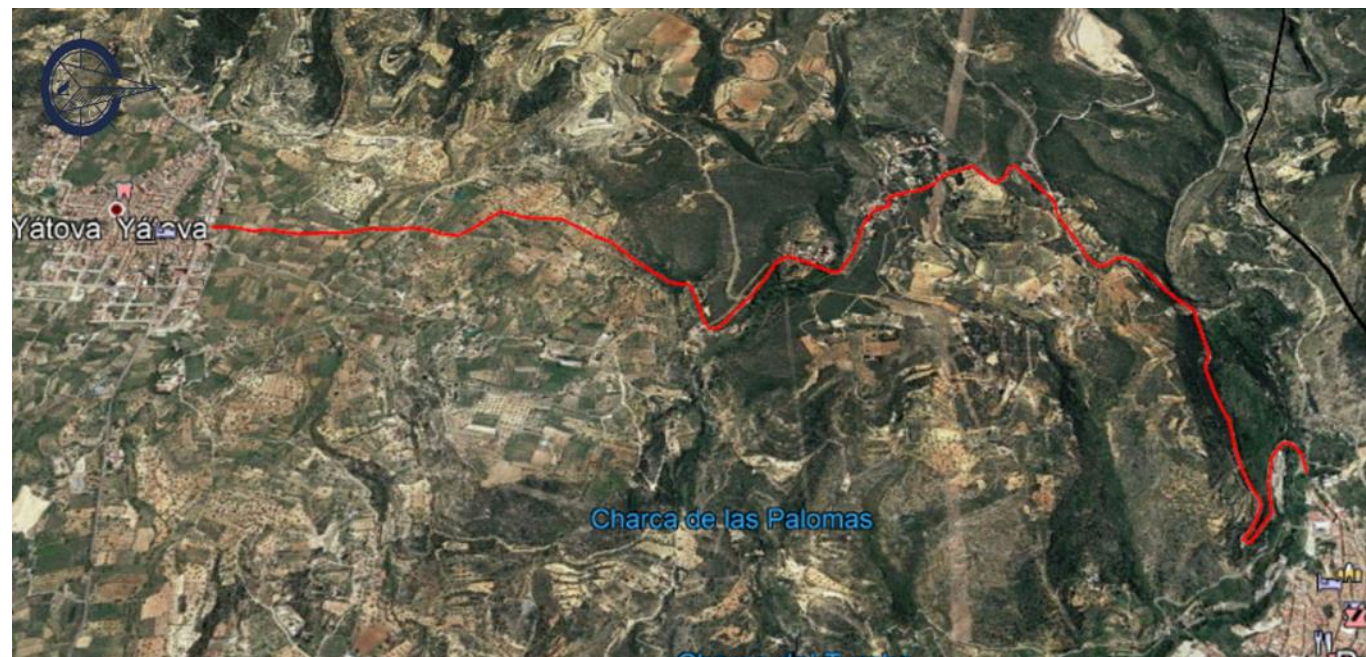


Figura 1: Vista en planta del eje de la carretera CV-427. (Fuente: Elaboración propia).

Para determinar cuántos tramos homogéneos existen en el tramo de estudio se calcula el giro acumulado que se da en la carretera. Este método trata de identificar tramos de carretera con mismo comportamiento geométrico en planta, de manera que diferentes pendientes de este gráfico representan distinto valor de CCR (Change Curvature Rate) y, por tanto, diferente tramo homogéneo. Un cálculo que queda plasmado en la Figura 2:

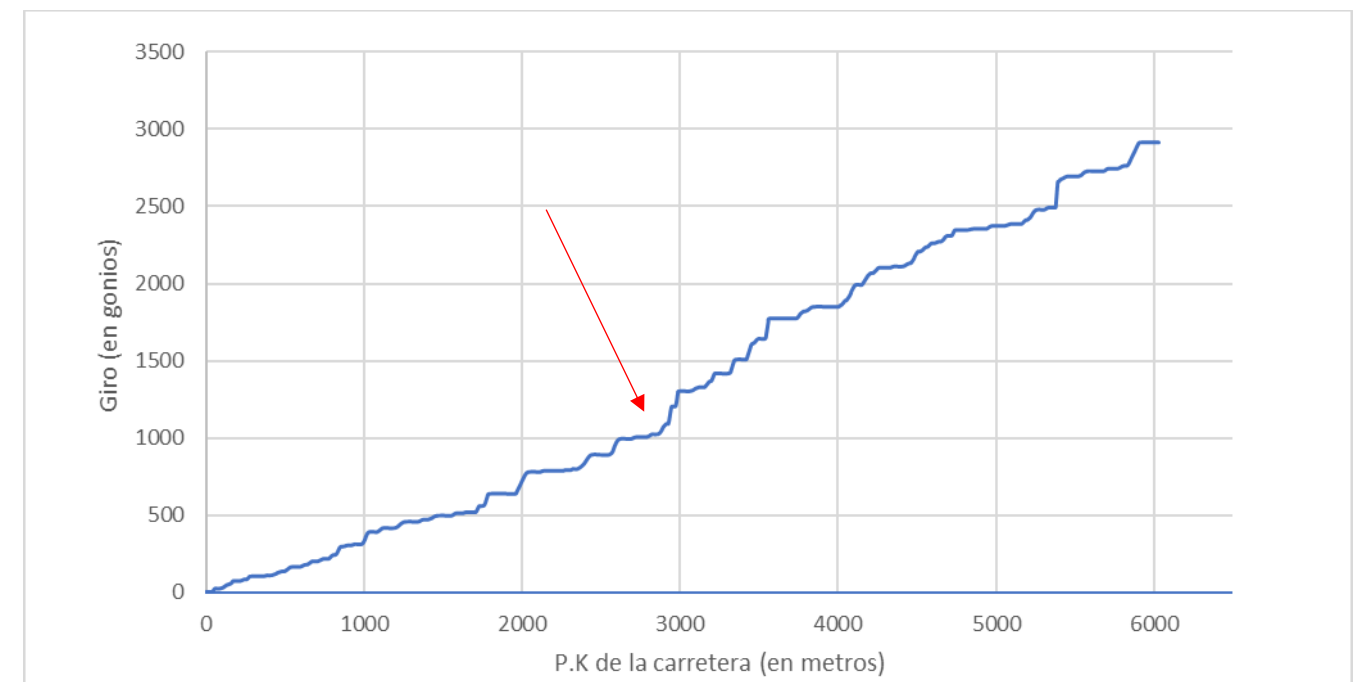


Figura 2: Giro total de la carretera en base al P.K. de esta. (Fuente: Elaboración propia)

Se puede observar como en el PK 02+700 se produce un cambio significativo en la pendiente, de manera que en la carretera se aprecian dos tramos homogéneos. En añadido, se ha calculado el valor de CCR para conocer cuanto se ha girado por cada kilómetro recorrido, en gonios/km. Hasta el PK 02+700 la carretera ha girado un total de 335,288 gonios/km, mientras que el segundo tramo, desde el anterior PK hasta el final de esta se gira un total de 577,847 gonios/km, una diferencia que demuestra la existencia de estos dos tramos perfectamente diferenciados, siendo el primer tramo mucho menos sinuoso que el segundo.

El radio mínimo para el tramo 1 es de 20 metros y el del tramo 2 es de 5 metros. Esta carretera pertenece al grupo 3 según la normativa, por lo que será una C-90, C-80, C-70, C-60, C-50 o C-40. En la Tabla 4.4 de la Norma 3.1-IC, se indica que el radio mínimo para una curva circular que debe disponer una carretera es de 40 metros, por lo que la carretera del estudio presenta radios menores que este mínimo valor por lo que la carretera se considera en su totalidad una C-40. Se infiere a la velocidad de proyecto más pequeña (40 km/h) Para su posterior rediseño y estudio de soluciones, se contemplará la opción de establecer una vía C-50 o C-60, siempre que la orografía lo permita.

2.1 RECTAS

La alineación recta es un elemento de trazado que posee radio infinito y para la cual, la Norma 3.1-IC procura limitar las longitudes mínimas para que se produzca una acomodación y una adaptación a la conducción, así como también las longitudes máximas, evitando así problemas relacionados con el cansancio, deslumbramientos o excesos de velocidad.

En función de la velocidad de proyecto (V_p), la normativa establece las siguientes expresiones para determinación de longitudes máximas y mínimas.

$$L_{min,s} = 1,39 * v_p \quad (\text{trazados en "S"})$$

$$L_{min,o} = 2,78 * v_p \quad (\text{resto de casos})$$

$$L_{max} = 16,70 * v_p$$

Como se ha mencionado anteriormente, se tiene una tipología de vía C-40, es decir, para una velocidad de proyecto (V_p) de 40 km/h, se obtienen los valores de la Tabla 1:

V_p (km/h)	L. min, s (m)	L. min, o (m)	L. max
40	56	111	668

Tabla 1: Longitudes mínimas y máximas para alineaciones rectas. (Fuente: Norma 3.1-IC).

En el trazado se distinguen 71 alineaciones rectas, las cuales aparecen representadas en la Tabla 2. Las que tienen un valor superior a la mínima distancia para una recta en configuración en S (56 metros), contienen al lado de estas si están configuradas en S o en C:

Elemento	P.K. inicial	P.K. final	Longitud (m)	Normativa
Alineación recta 1	0+000,00	0+037,96	37,96	NO CUMPLE
Alineación recta 2	0+059,03	0+089,25	30,22	NO CUMPLE
Alineación recta 3	0+154,55	0+155,33	0,78	NO CUMPLE
Alineación recta 4	0+176,10	0+214,86	38,76	NO CUMPLE
Alineación recta 5	0+247,09	0+256,84	9,75	NO CUMPLE
Alineación recta 6 (S)	0+281,95	0+360,84	78,89	CUMPLE
Alineación recta 7	0+391,12	0+415,91	24,79	NO CUMPLE
Alineación recta 8	0+479,21	0+492,91	13,70	NO CUMPLE
Alineación recta 9	0+542,08	0+588,60	46,51	NO CUMPLE
Alineación recta 10	0+633,30	0+641,01	7,72	NO CUMPLE
Alineación recta 11	0+671,77	0+706,47	34,70	NO CUMPLE
Alineación recta 12	0+742,17	0+774,62	32,45	NO CUMPLE
Alineación recta 13	0+804,08	0+817,76	13,68	NO CUMPLE
Alineación recta 14	0+854,89	0+865,37	10,48	NO CUMPLE
Alineación recta 15	0+900,29	0+919,37	19,08	NO CUMPLE
Alineación recta 16	0+944,57	0+986,35	41,78	NO CUMPLE
Alineación recta 17	1+030,72	1+077,56	46,84	NO CUMPLE
Alineación recta 18 (S)	1+120,28	1+193,55	73,27	CUMPLE
Alineación recta 19 (S)	1+262,69	1+338,09	75,40	CUMPLE
Alineación recta 20	1+377,62	1+406,71	29,09	NO CUMPLE
Alineación recta 21 (S)	1+465,00	1+550,94	85,94	CUMPLE
Alineación recta 22	1+578,12	1+626,83	48,71	NO CUMPLE
Alineación recta 23 (S)	1+640,22	1+709,02	68,80	CUMPLE
Alineación recta 24	1+735,90	1+754,07	18,18	NO CUMPLE

Alineación recta 25	1+790,17	1+962,13	171,96	CUMPLE
Alineación recta 26 (C)	2+033,75	2+105,94	72,19	NO CUMPLE
Alineación recta 27	2+130,02	2+281,65	151,64	CUMPLE
Alineación recta 28	2+297,32	2+321,38	24,06	NO CUMPLE
Alineación recta 29	2+344,75	2+349,74	5,00	NO CUMPLE
Alineación recta 30 (S)	2+448,84	2+551,86	103,01	CUMPLE
Alineación recta 31 (C)	2+613,52	2+678,03	64,51	NO CUMPLE
Alineación recta 32 (S)	2+719,35	2+782,40	63,05	CUMPLE
Alineación recta 33	2+821,47	2+856,38	34,91	NO CUMPLE
Alineación recta 34	2+907,92	2+920,48	12,56	NO CUMPLE
Alineación recta 35	2+942,89	2+968,12	25,22	NO CUMPLE
Alineación recta 36 (S)	2+988,24	3+058,76	70,51	CUMPLE
Alineación recta 37	3+117,43	3+146,88	29,45	NO CUMPLE
Alineación recta 38	3+186,20	3+190,66	4,46	NO CUMPLE
Alineación recta 39 (C)	3+215,61	3+303,90	88,29	NO CUMPLE
Alineación recta 40 (S)	3+347,17	3+412,43	65,26	CUMPLE
Alineación recta 41	3+450,55	3+456,31	5,76	NO CUMPLE
Alineación recta 42	3+490,32	3+533,01	42,69	NO CUMPLE
Alineación recta 43	3+560,51	3+724,84	164,33	CUMPLE
Alineación recta 44	3+774,22	3+777,41	3,19	NO CUMPLE
Alineación recta 45	3+837,66	3+994,02	156,36	CUMPLE
Alineación recta 46	4+010,58	4+012,82	2,24	NO CUMPLE
Alineación recta 47	4+039,80	4+045,67	5,87	NO CUMPLE
Alineación recta 48	4+102,68	4+139,01	36,33	NO CUMPLE
Alineación recta 49	4+201,90	4+215,46	13,57	NO CUMPLE
Alineación recta 50 (S)	4+247,80	4+318,27	70,48	CUMPLE
Alineación recta 51	4+340,92	4+396,75	55,83	NO CUMPLE
Alineación recta 52	4+449,56	4+453,48	3,92	NO CUMPLE
Alineación recta 53	4+496,60	4+508,30	11,69	NO CUMPLE
Alineación recta 54	4+552,63	4+556,82	4,19	NO CUMPLE
Alineación recta 55	4+583,25	4+597,74	14,49	NO CUMPLE
Alineación recta 56	4+628,57	4+641,72	13,15	NO CUMPLE
Alineación recta 57	4+680,25	4+707,69	27,43	NO CUMPLE
Alineación recta 58 (C)	4+732,34	4+801,41	69,07	CUMPLE
Alineación recta 59 (S)	4+843,14	4+928,70	85,56	CUMPLE
Alineación recta 60 (S)	4+964,46	5+038,22	73,76	CUMPLE
Alineación recta 61 (C)	5+089,53	5+151,58	62,05	NO CUMPLE
Alineación recta 62	5+179,21	5+187,96	8,75	NO CUMPLE
Alineación recta 63	5+249,78	5+295,47	45,69	NO CUMPLE
Alineación recta 64	5+324,02	5+368,20	44,18	NO CUMPLE
Alineación recta 65	5+383,39	5+388,22	4,83	NO CUMPLE
Alineación recta 66	5+400,08	5+400,81	0,73	NO CUMPLE
Alineación recta 67 (C)	5+442,17	5+512,18	70,00	NO CUMPLE
Alineación recta 68 (C)	5+569,23	5+670,97	101,74	NO CUMPLE
Alineación recta 69	5+701,06	5+756,08	55,02	NO CUMPLE
Alineación recta 70	5+805,71	5+816,74	11,02	NO CUMPLE
Alineación recta 71 (C)	5+911,16	6+023,34	112,18	CUMPLE

Tabla 2: Análisis de longitudes de alineaciones rectas. (Fuente: Elaboración propia)

Según la Tabla 2, numerosas rectas son las que no cumplen con la normativa impuesta por la Norma 3.1-IC. En el resto de las alineaciones rectas, “el conductor del vehículo podrá adoptar la velocidad máxima alcanzable en dicha alineación recta conforme a sus propias preferencias sobre la conducción y las limitaciones de velocidad señalizadas.”

2.2 CURVAS CIRCULARES

Para enlazar dos rectas con direcciones diferentes es necesario la incorporación de curvas circulares en el trazado. Estas curvas circulares presentan un radio mínimo, el cual depende de aspectos como el peralte máximo, el rozamiento transversal máximo movilizado, la visibilidad de parada en toda su longitud y la coordinación del trazado en planta y alzado, para evitar pérdidas de trazado, de orientación y dinámica.

Se determina el radio mínimo en función de la Tabla 3. Para una tipología de vía C-40 y una velocidad de proyecto de 40 km/h, se obtiene un valor de 50 metros de radio mínimo. Desglosando el estudio para cada curva circular se obtienen los resultados adjuntados en la tabla 4:

VELOCIDAD DE PROYECTO (V _p) (km/h)	GRUPO 1		GRUPO 2		GRUPO 3	
	A-140 y A-130		A-120, A-110, A-100, A-90, A-80 y C-100		C-90, C-80, C-70, C-60, C-50 y C-40	
	RADIO MÍNIMO (m)	PERALTE MÁXIMO (%)	RADIO MÍNIMO (m)	PERALTE MÁXIMO (%)	RADIO MÍNIMO (m)	PERALTE MÁXIMO (%)
140	1 050	8,00	--	--	--	--
130	850	8,00	--	--	--	--
120	--	--	700	8,00	--	--
110	--	--	550	8,00	--	--
100	--	--	450	8,00	--	--
90	--	--	350	8,00	350	7,00
80	--	--	250	8,00	265	7,00
70	--	--	--	--	190	7,00
60	--	--	--	--	130	7,00
50	--	--	--	--	85	7,00
40	--	--	--	--	50	7,00

Tabla 3: Relación velocidad de proyecto - Radio mínimo - Peralte máximo. (Fuente: Norma 3.1-IC).

Tipo	P.K. inicial	P.K. final	Radio mín (m)	Radio curva (m)	Normativa
Curva circular 1	0+042,96	0+054,03	50	45	NO CUMPLE
Curva circular 2	0+114,56	0+129,23	50	80	CUMPLE
Curva circular 3	0+160,33	0+171,10	50	50	CUMPLE
Curva circular 4	0+220,86	0+241,09	50	150	CUMPLE
Curva circular 5	0+264,84	0+273,95	50	50	CUMPLE
Curva circular 6	0+365,84	0+386,12	50	250	CUMPLE
Curva circular 7	0+443,69	0+451,44	50	90	CUMPLE
Curva circular 8	0+503,50	0+531,50	50	85	CUMPLE
Curva circular 9	0+600,03	0+621,87	50	140	CUMPLE
Curva circular 10	0+642,13	0+670,66	50	90	CUMPLE
Curva circular 11	0+711,47	0+737,37	50	130	CUMPLE
Curva circular 12	0+784,62	0+794,08	50	60	CUMPLE
Curva circular 13	0+827,76	0+844,89	50	30	NO CUMPLE
Curva circular 14	0+880,37	0+885,29	50	150	CUMPLE
Curva circular 15	0+923,37	0+940,57	50	190	CUMPLE
Curva circular 16	1+006,35	1+010,72	50	20	NO CUMPLE
Curva circular 17	1+088,81	1+109,03	50	80	CUMPLE
Curva circular 18	1+218,55	1+231,54	50	65	CUMPLE
Curva circular 19	1+352,63	1+363,07	50	110	CUMPLE
Curva circular 20	1+429,21	1+442,50	50	90	CUMPLE
Curva circular 21	1+560,94	1+568,12	50	80	CUMPLE
Curva circular 22	1+633,26	1+633,79	50	140	CUMPLE
Curva circular 23	1+716,52	1+728,40	50	30	NO CUMPLE
Curva circular 24	1+765,32	1+778,92	50	20	NO CUMPLE
Curva circular 25	1+967,13	2+013,75	50	27	NO CUMPLE
Curva circular 26	2+110,94	2+125,02	50	150	CUMPLE
Curva circular 27	2+286,10	2+292,87	50	90	CUMPLE
Curva circular 28	2+325,82	2+340,30	50	90	CUMPLE
Curva circular 29	2+390,24	2+418,84	50	45	NO CUMPLE
Curva circular 30	2+581,86	2+583,52	50	20	NO CUMPLE
Curva circular 31	2+698,03	2+699,35	50	100	CUMPLE
Curva circular 32	2+797,40	2+806,47	50	90	CUMPLE
Curva circular 33	2+876,38	2+887,92	50	30	NO CUMPLE
Curva circular 34	2+925,48	2+937,89	50	10	NO CUMPLE
Curva circular 35	2+973,12	2+983,24	50	10	NO CUMPLE
Curva circular 36	3+083,76	3+092,43	50	90	CUMPLE
Curva circular 37	3+154,38	3+178,70	50	50	CUMPLE
Curva circular 38	3+195,66	3+210,61	50	25	NO CUMPLE
Curva circular 39	3+318,90	3+332,17	50	20	NO CUMPLE
Curva circular 40	3+418,19	3+444,79	50	20	NO CUMPLE
Curva circular 41	3+471,31	3+475,32	50	40	NO CUMPLE
Curva circular 42	3+540,01	3+553,51	50	10	NO CUMPLE
Curva circular 43	3+744,84	3+754,22	50	40	NO CUMPLE

Curva circular 43	3+744,84	3+754,22	50	40	NO CUMPLE
Curva circular 44	3+797,41	3+817,66	50	80	CUMPLE
Curva circular 45	3+998,02	4+005,58	50	70	CUMPLE
Curva circular 46	4+017,82	4+034,80	50	50	CUMPLE
Curva circular 47	4+070,67	4+077,68	50	20	NO CUMPLE
Curva circular 48	4+147,01	4+181,90	50	40	NO CUMPLE
Curva circular 49	4+216,46	4+246,80	50	60	CUMPLE
Curva circular 50	4+328,27	4+330,92	50	120	CUMPLE
Curva circular 51	4+414,52	4+431,79	50	95	CUMPLE
Curva circular 52	4+473,48	4+476,60	50	20	NO CUMPLE
Curva circular 53	4+523,30	4+537,63	50	60	CUMPLE
Curva circular 54	4+561,82	4+578,25	50	60	CUMPLE
Curva circular 55	4+612,74	4+613,57	50	90	CUMPLE
Curva circular 56	4+656,72	4+665,25	50	40	NO CUMPLE
Curva circular 57	4+715,19	4+724,84	50	30	NO CUMPLE
Curva circular 58	4+821,41	4+823,14	50	180	CUMPLE
Curva circular 59	4+938,70	4+954,46	50	90	CUMPLE
Curva circular 60	5+048,22	5+079,80	50	190	CUMPLE
Curva circular 61	5+158,58	5+172,21	50	60	CUMPLE
Curva circular 62	5+207,96	5+229,78	50	40	NO CUMPLE
Curva circular 63	5+305,47	5+314,02	50	100	CUMPLE
Curva circular 64	5+370,20	5+381,39	50	5	NO CUMPLE
Curva circular 65	5+390,72	5+397,58	50	40	NO CUMPLE
Curva circular 66	5+420,81	5+422,17	50	70	CUMPLE
Curva circular 67	5+537,18	5+544,23	50	60	CUMPLE
Curva circular 68	5+685,97	5+686,06	50	60	CUMPLE
Curva circular 69	5+771,08	5+790,71	50	110	CUMPLE
Curva circular 70	5+826,74	5+901,16	50	35	NO CUMPLE

Tabla 4: Análisis radio mínimo de curvas circulares. (Fuente: Elaboración propia)

Es apreciable que son muchas las curvas que no cumplen con la normativa, en especial el tramo comprendido entre el kilómetro 3 y 4.

El análisis anterior contempla los elementos que componen las curvas de manera individual, o lo que es lo mismo, se ha analizado el grado de cumplimiento que presentaba cada elemento de manera aislada, en base a la normativa 3.1-IC.

Con la finalidad de evitar inconsistencias en el trazado, es necesaria la existencia de una cierta coordinación entre los elementos que lo componen. Así, para asegurar esta coordinación se determinarán los radios de las curvas consecutivas de forma que se cumpla lo que dicta la normativa, evitando grandes diferencias entre radios consecutivos, los cuales generarían saltos de velocidades entre curvas de consideración importante.

En la Tabla 6 se han comprobado si los valores reales de radios se encuentran dentro del rango aceptado en la normativa, mediante el cálculo de las limitaciones de radios de las alineaciones curvas. Los cálculos son dependientes de la longitud de la recta intermedia, es decir:

- Si la recta intermedia tiene una longitud igual o mayor de 400m, los radios adyacentes deben ser iguales o mayores que 300m.
- Si la recta intermedia tiene una longitud menor de 400m, el rango de radios admisibles se calculará mediante las siguientes ecuaciones comprendidas en la Tabla 5:

R (m)	R' (m)
50 – 450	$\frac{41}{65} \cdot R + \frac{110}{13} \leq R' < \frac{65}{41} \cdot R - \frac{550}{41}$
450 – 700	$\frac{41}{65} \cdot R + \frac{110}{13} \leq R' < \frac{22}{5} \cdot R - 1280$
700 – 1800	$\frac{5}{22} \cdot R + \frac{3200}{11} \leq R' < \frac{22}{5} \cdot R - 1280$
> 1800	$R' \geq 700$

Tabla 5: Relación entre radios de curvas circulares consecutivas sin recta intermedia o con recta de longitud limitada. (Fuente: Norma 3.1-IC)

Tipo de elemento	P.K. inicial	P.K. final	Longitud	Radio		Radio permitido sentido creciente	Radio permitido sentido decreciente
Recta	0+000,00	0+037,96	37,96				
Curva circular	0+042,96	0+054,03	11,07	45	R _{min}	-	58,923
					R _{max}		113,415
Recta	0+059,03	0+089,25	30,22				
Curva circular	0+114,56	0+129,23	14,67	80	R _{min}	36,846	40,000
					R _{max}	57,927	65,854
Recta	0+154,55	0+155,33	0,78				
Curva circular	0+160,33	0+171,10	10,77	50	R _{min}	58,923	103,077
					R _{max}	113,415	224,390
Recta	0+176,10	0+214,86	38,76				
Curva circular	0+220,86	0+241,09	20,23	150	R _{min}	40,000	40,000
					R _{max}	65,854	65,854
Recta	0+247,09	0+256,84	9,75				
Curva circular	0+264,84	0+273,95	9,11	50	R _{min}	103,077	166,154
					R _{max}	224,390	382,927
Recta	0+281,95	0+360,84	78,89				
Curva circular	0+365,84	0+386,12	20,28	250	R _{min}	40,000	65,231
					R _{max}	65,854	129,268
Recta	0+391,12	0+415,91	24,79				
Curva circular	0+443,69	0+451,44	7,75	90	R _{min}	166,154	62,077
					R _{max}	382,927	121,341
Recta	0+479,21	0+492,91	13,70				
Curva circular	0+503,50	0+531,50	27,99	85	R _{min}	48,308	96,769
					R _{max}	129,268	208,537
Recta	0+542,08	0+588,60	46,51				
Curva circular	0+600,03	0+621,87	21,84	140	R _{min}	62,077	65,231
					R _{max}	121,341	129,268
Recta	0+633,30	0+641,01	7,72				
Curva circular	0+642,13	0+670,66	28,54	90	R _{min}	96,769	90,462
					R _{max}	208,537	192,683
Recta	0+671,77	0+706,47	34,70				
Curva circular	0+711,47	0+737,37	25,90	130	R _{min}	65,231	46,308
					R _{max}	129,268	81,707
Recta	0+742,17	0+774,62	32,45				
Curva circular	0+784,62	0+794,08	9,46	60	R _{min}	90,462	27,385
					R _{max}	192,683	34,146

Recta	0+804,08	0+817,76	13,68				
Curva circular	0+827,76	0+844,89	17,13	30	R _{mín}	46,308	103,077
					R _{máx}	81,707	224,390
Recta	0+854,89	0+865,37	10,48				
Curva circular	0+880,37	0+885,29	4,91	150	R _{mín}	27,385	128,308
					R _{máx}	34,146	287,805
Recta	0+900,29	0+919,37	19,08				
Curva circular	0+923,37	0+940,57	17,20	190	R _{mín}	103,077	21,077
					R _{máx}	224,390	18,293
Recta	0+944,57	0+986,35	41,78				
Curva circular	1+006,35	1+010,72	4,37	20	R _{mín}	128,308	58,923
					R _{máx}	287,805	113,415
Recta	1+030,72	1+077,56	46,84				
Curva circular	1+088,81	1+109,03	20,22	80	R _{mín}	21,077	49,462
					R _{máx}	18,293	89,634
Recta	1+120,28	1+193,55	73,27				
Curva circular	1+218,55	1+231,54	12,98	65	R _{mín}	58,923	77,846
					R _{máx}	113,415	160,976
Recta	1+262,69	1+338,09	75,40				
Curva circular	1+352,63	1+363,07	10,44	110	R _{mín}	49,462	65,231
					R _{máx}	89,634	129,268
Recta	1+377,62	1+406,71	29,09				
Curva circular	1+429,21	1+442,50	13,30	90	R _{mín}	77,846	58,923
					R _{máx}	160,976	113,415
Recta	1+465,00	1+550,94	85,94				
Curva circular	1+560,94	1+568,12	7,18	80	R _{mín}	65,231	96,769
					R _{máx}	129,268	208,537
Recta	1+578,12	1+626,83	48,71				
Curva circular	1+633,26	1+633,79	0,53	140	R _{mín}	58,923	27,385
					R _{máx}	113,415	34,146
Recta	1+640,22	1+709,02	68,80				
Curva circular	1+716,52	1+728,40	11,88	30	R _{mín}	96,769	21,077
					R _{máx}	208,537	18,293
Recta	1+735,90	1+754,07	18,18				
Curva circular	1+765,32	1+778,92	13,60	20	R _{mín}	27,385	25,492
					R _{máx}	34,146	29,390
Recta	1+790,17	1+962,13	171,96				
Curva circular	1+967,13	2+013,75	46,61	27	R _{mín}	21,077	103,077
					R _{máx}	18,293	224,390
Recta	2+033,75	2+105,94	72,19				
Curva circular	2+110,94	2+125,02	14,08	150	R _{mín}	25,492	65,231
					R _{máx}	29,390	129,268
Recta	2+130,02	2+281,65	151,64				
Curva circular	2+286,10	2+292,87	6,77	90	R _{mín}	103,077	65,231
					R _{máx}	224,390	129,268
Recta	2+297,32	2+321,38	24,06				
Curva circular	2+325,82	2+340,30	14,48	90	R _{mín}	65,231	36,846
					R _{máx}	129,268	57,927
Recta	2+344,75	2+349,74	5,00				
Curva circular	2+390,24	2+418,84	28,60	45	R _{mín}	65,231	21,077
					R _{máx}	129,268	18,293
Recta	2+448,84	2+551,86	103,01				
Curva circular	2+581,86	2+583,52	1,67	20	R _{mín}	36,846	71,538
					R _{máx}	57,927	145,122
Recta	2+613,52	2+678,03	64,51				
Curva circular	2+698,03	2+699,35	1,32	100	R _{mín}	21,077	65,231
					R _{máx}	18,293	129,268

Recta	2+719,35	2+782,40	63,05				
Curva circular	2+797,40	2+806,47	9,07	90	R _{mín}	71,538	27,385
					R _{máx}	145,122	34,146
Recta	2+821,47	2+856,38	34,91				
Curva circular	2+876,38	2+887,92	11,54	30	R _{mín}	65,231	14,769
					R _{máx}	129,268	2,439
Recta	2+907,92	2+920,48	12,56				
Curva circular	2+925,48	2+937,89	12,41	10	R _{mín}	27,385	14,769
					R _{máx}	34,146	2,439
Recta	2+942,89	2+968,12	25,22				
Curva circular	2+973,12	2+983,24	10,13	10	R _{mín}	14,769	65,231
					R _{máx}	2,439	129,268
Recta	2+988,24	3+058,76	70,51				
Curva circular	3+083,76	3+092,43	8,67	90	R _{mín}	14,769	40,000
					R _{máx}	2,439	65,854
Recta	3+117,43	3+146,88	29,45				
Curva circular	3+154,38	3+178,70	24,32	50	R _{mín}	65,231	24,231
					R _{máx}	129,268	26,220
Recta	3+186,20	3+190,66	4,46				
Curva circular	3+195,66	3+210,61	14,95	25	R _{mín}	40,000	21,077
					R _{máx}	65,854	18,293
Recta	3+215,61	3+303,90	88,29				
Curva circular	3+318,90	3+332,17	13,27	20	R _{mín}	24,231	21,077
					R _{máx}	26,220	18,293
Recta	3+347,17	3+412,43	65,26				
Curva circular	3+418,19	3+444,79	26,60	20	R _{mín}	21,077	33,692
					R _{máx}	18,293	50,000
Recta	3+450,55	3+456,31	5,76				
Curva circular	3+471,31	3+475,32	4,01	40	R _{mín}	4,154	14,769
					R _{máx}	18,293	2,439
Recta	3+490,32	3+533,01	42,69				
Curva circular	3+540,01	3+553,51	13,50	10	R _{mín}	33,692	33,692
					R _{máx}	50,000	50,000
Recta	3+560,51	3+724,84	164,33				
Curva circular	3+744,84	3+754,22	9,38	40	R _{mín}	14,769	58,923
					R _{máx}	2,439	113,415
Recta	3+774,22	3+777,41	3,19				
Curva circular	3+797,41	3+817,66	20,25	80	R _{mín}	33,692	52,615
					R _{máx}	50,000	97,561
Recta	3+837,66	3+994,02	156,36				
Curva circular	3+998,02	4+005,58	7,56	70	R _{mín}	58,923	40,000
					R _{máx}	113,415	65,854
Recta	4+010,58	4+012,82	2,24				
Curva circular	4+017,82	4+034,80	16,98	50	R _{mín}	52,615	21,077
					R _{máx}	97,561	18,293
Recta	4+039,80	4+045,67	5,87				
Curva circular	4+070,67	4+077,68	7,02	20	R _{mín}	40,000	33,692
					R _{máx}	65,854	50,000
Recta	4+102,68	4+139,01	36,33				
Curva circular	4+147,01	4+181,90	34,89	40	R _{mín}	21,077	46,308
					R _{máx}	18,293	81,707
Recta	4+201,90	4+215,46	13,57				
Curva circular	4+216,46	4+246,80	30,33	60	R _{mín}	33,692	84,154
					R _{máx}	50,000	176,829
Recta	4+247,80	4+318,27	70,48				
Curva circular	4+328,27	4+330,92	2,65	120	R _{mín}	46,308	68,385
					R _{máx}	81,707	137,195

Recta	4+340,92	4+396,75	55,83				
Curva circular	4+414,52	4+431,79	17,26	95	R _{mín}	84,154	21,077
					R _{máx}	176,829	18,293
Recta	4+449,56	4+453,48	3,92				
Curva circular	4+473,48	4+476,60	3,12	20	R _{mín}	68,385	46,308
					R _{máx}	137,195	81,707
Recta	4+496,60	4+508,30	11,69				
Curva circular	4+523,30	4+537,63	14,33	60	R _{mín}	21,077	46,308
					R _{máx}	18,293	81,707
Recta	4+552,63	4+556,82	4,19				
Curva circular	4+561,82	4+578,25	16,44	60	R _{mín}	46,308	65,231
					R _{máx}	81,707	129,268
Recta	4+583,25	4+597,74	14,49				
Curva circular	4+612,74	4+613,57	0,83	90	R _{mín}	46,308	33,692
					R _{máx}	81,707	50,000
Recta	4+628,57	4+641,72	13,15				
Curva circular	4+656,72	4+665,25	8,53	40	R _{mín}	65,231	27,385
					R _{máx}	129,268	34,146
Recta	4+680,25	4+707,69	27,43				
Curva circular	4+715,19	4+724,84	9,65	30	R _{mín}	33,692	122,000
					R _{máx}	50,000	271,951
Recta	4+732,34	4+801,41	69,07				
Curva circular	4+821,41	4+823,14	1,73	180	R _{mín}	27,385	65,231
					R _{máx}	34,146	129,268
Recta	4+843,14	4+928,70	85,56				
Curva circular	4+938,70	4+954,46	15,77	90	R _{mín}	122,000	128,308
					R _{máx}	271,951	287,805
Recta	4+964,46	5+038,22	73,76				
Curva circular	5+048,22	5+079,80	31,58	190	R _{mín}	65,231	46,308
					R _{máx}	129,268	81,707
Recta	5+089,53	5+151,58	62,05				
Curva circular	5+158,58	5+172,21	13,62	60	R _{mín}	128,308	33,692
					R _{máx}	287,805	50,000
Recta	5+179,21	5+187,96	8,75				
Curva circular	5+207,96	5+229,78	21,82	40	R _{mín}	29,385	71,538
					R _{máx}	81,707	145,122
Recta	5+249,78	5+295,47	45,69				
Curva circular	5+305,47	5+314,02	8,55	100	R _{mín}	33,692	11,615
					R _{máx}	50,000	-5,488
Recta	5+324,02	5+368,20	44,18				
Curva circular	5+370,20	5+381,39	11,20	5	R _{mín}	71,538	33,692
					R _{máx}	145,122	50,000
Recta	5+383,39	5+388,22	4,83				
Curva circular	5+390,72	5+397,58	6,86	40	R _{mín}	11,615	52,615
					R _{máx}	-5,488	97,561
Recta	5+400,08	5+400,81	0,73				
Curva circular	5+420,81	5+422,17	1,36	70	R _{mín}	33,692	46,308
					R _{máx}	50,000	81,707
Recta	5+442,17	5+512,18	70,00				
Curva circular	5+537,18	5+544,23	7,05	60	R _{mín}	52,615	46,308
					R _{máx}	97,561	81,707
Recta	5+569,23	5+670,97	101,74				
Curva circular	5+685,97	5+686,06	0,09	60	R _{mín}	46,308	77,846
					R _{máx}	81,707	160,976
Recta	5+701,06	5+756,08	55,02				
Curva circular	5+771,08	5+790,71	19,63	110	R _{mín}	46,308	30,538
					R _{máx}	81,707	42,073
Recta	5+805,71	5+816,74	11,02				
Curva circular	5+826,74	5+901,16	74,42	35	R _{mín}	77,846	8,462
					R _{máx}	160,976	-13,415
Recta	5+911,16	6+023,34	112,18				

Tabla 6: Análisis de coordinación entre alineaciones consecutivas. (Fuente: Elaboración propia)

2.3 CURVAS DE TRANSICIÓN O CLOTOIDES

La Norma 3.1-IC establece que “las curvas de acuerdo (o curvas de transición) tienen por objeto evitar discontinuidades en la curvatura del trazado, por lo que, en su diseño deberán proporcionar las mismas condiciones de comodidad y seguridad que el resto de los elementos del trazado”. Estos elementos se definen a partir de la siguiente expresión:

$$R \cdot L = A^2$$

Como se puede observar, hay una relación directa entre el radio de curvatura en un punto cualquiera de la curva (R), la longitud (L) de la curva entre su punto de inflexión (R = ∞) y el punto de radio R, y el parámetro de la clotoide (A).

Existen diferentes criterios para el cálculo de los valores máximos y mínimos del parámetro A, por lo que se escogerán como valores los mayores que cumplan cada uno de los criterios, establecidos por la Norma. La Tabla 6 de la página 12 comprende todos los cálculos para cada criterio junto con el cumplimiento de normativa de cada curva de transición.

- Criterio I: Limitación de la variación de la aceleración centrífuga en el plano horizontal.

Suponiendo a efectos de cálculo que la clotoide se recorre a velocidad constante igual a la velocidad específica de la curva circular asociada de radio menor, el parámetro (A_{min}) en metros, deberá cumplir la condición siguiente:

$$A_{min} = \sqrt{\frac{R_o \cdot V_e}{46,656 \cdot J} \cdot \left[\frac{V_e^2}{R_o} - 1,27 \cdot \frac{(P_o - P_1)}{\left(1 - \frac{R_o}{R_1}\right)} \right]}$$

Lo que supone una longitud mínima (L_{mín}) de la clotoide en metros dada por la expresión:

$$L_{min} = \frac{V_e}{46,656 \cdot J} \cdot \left[\frac{V_e^2}{R_o} \cdot \left(1 - \frac{R_o}{R_1}\right) - 1,27 \cdot (P_o - P_1) \right]$$

Siendo:

V_e = Velocidad específica de la curva circular asociada de radio menor (km/h).

J = Variación de la aceleración centrífuga (m/s³).

R₁ = Radio de la curva circular asociada de radio mayor (m).

R_o = Radio de la curva circular asociada de radio menor (m).

P₁ = Peralte, con su signo, de la curva circular asociada de radio mayor (%).

P_o = Peralte, con su signo, de la curva circular asociada de radio menor (%).

Este criterio se centra en asegurar la comodidad de los usuarios de la carretera en el momento de tomar una curva.



- Criterio II: Limitación de la variación de la aceleración centrífuga en el plano horizontal.

La variación longitudinal de la pendiente transversal ∇_{ip} (gradiente de la pendiente transversal) en la transición del peralte deberá limitarse por razones de comodidad en la conducción. En este caso, las siguientes expresiones se utilizan para determinar la longitud mínima.

$$\nabla_{ip} = 0,86 - 0,004 \cdot V_p$$

$$L_{min} = \frac{|p_f - p_i|}{\nabla_{ip}} \cdot B \cdot k$$

Siendo:

∇_{ip} = Gradiente de la pendiente transversal del borde que experimenta la mayor variación longitudinal de la calzada respecto al eje de la misma (%).

V_p = Velocidad de proyecto (km/h).

L_{min} = Longitud mínima de transición del peralte (m).

p_f = Peralte final con su signo (%).

p_i = Peralte inicial con su signo al inicio de la clotoide (%).

B = Distancia del borde de la calzada al eje de giro del peralte (m).

k = Factor de ajuste, función del número de carriles que giran; se considerarán los siguientes valores:

$k = 1,00$ si gira un carril

$k = 0,75$ si giran dos carriles

$k = 0,67$ si giran tres o más carriles

Consecuentemente el valor de (A_{min}) será:

$$A_{min} = \sqrt{R \cdot B \cdot k \cdot \frac{|p_f - p_i|}{\nabla_{ip}}}$$

Este criterio asegura una comodidad adecuada, incluso tiene en cuenta la seguridad de los conductores en las curvas.

- Criterio III: Limitaciones por condiciones de percepción visual.

Para que la presencia de una curva de acuerdo resulte fácilmente perceptible por el conductor, se deberá cumplir simultáneamente que:

- La variación de acimut entre los extremos de la clotoide sea mayor o igual que un dieciochoavo de radián ($\geq 1/18$ radianes).
- El retranqueo de la curva circular sea mayor o igual que cincuenta centímetros (≥ 50 cm).

Estos valores se comprueban de manera numérica en las siguientes expresiones:

- Para valores de R_0 mayores o iguales que novecientos setenta y dos metros (≥ 972 m)

$$L_{min} = \frac{R_0}{9} \Rightarrow A_{min} = \frac{R_0}{3}$$

- Para valores de R_0 menores que novecientos setenta y dos metros (≤ 972 m)

$$L_{min} = 2 \cdot \sqrt{3 \cdot R_0} \Rightarrow A_{min} = (12 \cdot R_0^3)^{1/4}$$

Siendo:

L_{min} = Longitud (m).

R_0 = Radio de la curva circular (m).

Se procurará, además, que la variación de acimut entre los extremos de la clotoide sea mayor o igual que la quinta parte del ángulo total de giro (Ω) entre las alineaciones rectas consecutivas en que se inserta la clotoide, lo cual se consigue mediante la ecuación:

$$L_{min} = \frac{\pi \cdot \Omega}{500} \cdot R_0 \Rightarrow A_{min} = R_0 \cdot \sqrt{\frac{\pi \cdot \Omega}{500}}$$

Donde, Ω = Ángulo de giro entre alineaciones rectas (gon).

Mediante este procedimiento se obtienen los valores mínimos del parámetro A que se pueden consultar en la Tabla 7. Para limitar los valores máximos del mismo parámetro, es necesario relacionar los valores mínimos de la ec. 2.

Siendo:

$$A_{min}^2 = R \cdot L_{min}$$

Obteniendo L_{min} , se relaciona proporcionalmente con $L_{máx}$, de manera que:

$$L_{máx} = 1,5 \cdot L_{min}$$

Y así, mediante la ec.2, se obtiene el valor máximo del parámetro A:

$$A_{máx}^2 = R \cdot L_{máx}$$

Tipo de elemento	P.K. inicial	P.K. final	Longitud	A	Giro en gonios	Giro acumulado	Longitud acumulada	Amin (I)	Lmin (I)	Amin (II)	Lmin (II)	Amin (III.1)	Lmin (III.1)	Amin (III.2)	Lmin (III.2)	Amin (III.3)	Lmin (III.3)	Amin	Amáx	Lmin	Lmáx	¿Cumple A?	¿Cumple L?
Clotoide	0+037,96	0+042,96	5,00	15,00	3,537	3,537	42,960	41,270	37,849	29,089	18,803	15,000	5,000	32,337	23,238	17,007	6,427	41,270	50,545	37,849	56,773	NO CUMPLE	NO CUMPLE
Clotoide	0+054,03	0+059,03	5,00	15,00	3,537	22,732	59,028	41,270	37,849	29,089	18,803	15,000	5,000	32,337	23,238	17,007	6,427	41,270	50,545	37,849	56,773	NO CUMPLE	NO CUMPLE
Clotoide	0+089,25	0+114,56	25,31	45,00	10,071	32,803	114,562	59,710	44,565	44,785	25,071	26,667	8,889	49,787	30,984	35,770	15,994	59,710	73,129	44,565	66,848	NO CUMPLE	NO CUMPLE
Clotoide	0+129,23	0+154,55	25,31	45,00	10,071	54,550	154,546	59,710	44,565	44,785	25,071	26,667	8,889	49,787	30,984	35,770	15,994	59,710	73,129	44,565	66,848	NO CUMPLE	NO CUMPLE
Clotoide	0+155,33	0+160,33	5,00	15,81	3,183	57,733	160,329	44,218	39,104	31,481	19,821	16,667	5,556	34,996	24,495	17,758	6,307	44,218	54,155	39,104	58,656	NO CUMPLE	NO CUMPLE
Clotoide	0+171,10	0+176,10	5,00	15,81	3,183	74,626	176,097	44,218	39,104	31,481	19,821	16,667	5,556	34,996	24,495	17,758	6,307	44,218	54,155	39,104	58,656	NO CUMPLE	NO CUMPLE
Clotoide	0+214,86	0+220,86	6,00	30,00	1,273	75,900	220,858	87,118	50,597	71,760	34,330	50,000	16,667	79,774	42,426	39,672	10,492	87,118	106,698	50,597	75,896	NO CUMPLE	NO CUMPLE
Clotoide	0+241,09	0+247,09	6,00	30,00	1,273	85,759	247,089	87,118	50,597	71,760	34,330	50,000	16,667	79,774	42,426	39,672	10,492	87,118	106,698	50,597	75,896	NO CUMPLE	NO CUMPLE
Clotoide	0+256,84	0+264,84	8,00	20,00	5,093	90,852	264,836	44,218	39,104	31,481	19,821	16,667	5,556	34,996	24,495	18,499	6,844	44,218	54,155	39,104	58,656	NO CUMPLE	NO CUMPLE
Clotoide	0+273,95	0+281,95	8,00	20,00	5,093	107,544	281,946	44,218	39,104	31,481	19,821	16,667	5,556	34,996	24,495	18,499	6,844	44,218	54,155	39,104	58,656	NO CUMPLE	NO CUMPLE
Clotoide	0+360,84	0+365,84	5,00	35,36	0,637	108,181	365,837	115,183	53,068	105,262	44,320	83,333	27,778	117,017	54,772	50,279	10,112	117,017	143,316	54,772	82,158	NO CUMPLE	NO CUMPLE
Clotoide	0+386,12	0+391,12	5,00	35,36	0,637	113,982	391,117	115,183	53,068	105,262	44,320	83,333	27,778	117,017	54,772	50,279	10,112	117,017	143,316	54,772	82,158	NO CUMPLE	NO CUMPLE
Clotoide	0+415,91	0+443,69	27,78	50,00	9,824	123,806	443,686	64,238	45,851	48,921	26,592	30,000	10,000	54,385	32,863	35,764	14,212	64,238	78,675	45,851	68,776	NO CUMPLE	NO CUMPLE
Clotoide	0+451,44	0+479,21	27,78	50,00	9,824	139,113	479,215	64,238	45,851	48,921	26,592	30,000	10,000	54,385	32,863	35,764	14,212	64,238	78,675	45,851	68,776	NO CUMPLE	NO CUMPLE
Clotoide	0+492,91	0+503,50	10,59	30,00	3,965	143,078	503,501	62,007	45,233	46,868	25,843	28,333	9,444	52,103	31,937	36,219	15,433	62,007	75,942	45,233	67,850	NO CUMPLE	NO CUMPLE
Clotoide	0+531,50	0+542,08	10,59	30,00	3,965	168,010	542,083	62,007	45,233	46,868	25,843	28,333	9,444	52,103	31,937	36,219	15,433	62,007	75,942	45,233	67,850	NO CUMPLE	NO CUMPLE
Clotoide	0+588,60	0+600,03	11,43	40,00	2,599	170,608	600,026	83,716	50,060	68,142	33,166	46,667	15,556	75,752	40,988	43,163	13,308	83,716	102,531	50,060	75,090	NO CUMPLE	NO CUMPLE
Clotoide	0+621,87	0+633,30	11,43	40,00	2,599	183,138	633,295	83,716	50,060	68,142	33,166	46,667	15,556	75,752	40,988	43,163	13,308	83,716	102,531	50,060	75,090	NO CUMPLE	NO CUMPLE
Clotoide	0+641,01	0+642,13	1,11	10,00	0,393	183,531	642,125	64,238	45,851	48,921	26,592	30,000	10,000	54,385	32,863	32,669	11,858	64,238	78,675	45,851	68,776	NO CUMPLE	NO CUMPLE
Clotoide	0+670,66	0+671,77	1,11	10,00	0,393	204,108	671,771	64,238	45,851	48,921	26,592	30,000	10,000	54,385	32,863	32,669	11,858	64,238	78,675	45,851	68,776	NO CUMPLE	NO CUMPLE
Clotoide	0+706,47	0+711,47	5,00	25,50	1,224	205,333	711,473	80,170	49,440	64,458	31,960	43,333	14,444	71,656	39,497	40,017	12,318	80,170	98,188	49,440	74,160	NO CUMPLE	NO CUMPLE
Clotoide	0+737,37	0+742,17	4,80	24,98	1,175	219,189	742,169	80,170	49,440	64,458	31,960	43,333	14,444	71,656	39,497	40,017	12,318	80,170	98,188	49,440	74,160	NO CUMPLE	NO CUMPLE
Clotoide	0+774,62	0+784,62	10,00	24,50	5,305	224,495	784,620	49,758	41,263	36,094	21,712	20,000	6,667	40,124	26,833	21,609	7,783	49,758	60,940	41,263	61,895	NO CUMPLE	NO CUMPLE
Clotoide	0+794,08	0+804,08	10,00	24,50	5,305	239,834	804,077	49,758	41,263	36,094	21,712	20,000	6,667	40,124	26,833	21,609	7,783	49,758	60,940	41,263	61,895	NO CUMPLE	NO CUMPLE
Clotoide	0+817,76	0+827,76	10,00	17,32	10,610	250,444	827,761	31,495	33,065	21,461	15,353	10,000	3,333	23,858	18,974	18,043	10,852	31,495	38,574	33,065	49,598	NO CUMPLE	NO CUMPLE
Clotoide	0+844,89	0+854,89	10,00	17,32	10,610	297,404	854,890	31,495	33,065	21,461	15,353	10,000	3,333	23,858	18,974	18,043	10,852	31,495	38,574	33,065	49,598	NO CUMPLE	NO CUMPLE
Clotoide	0+865,37	0+880,37	15,00	47,43	3,183	300,587	880,374	87,118	50,597	71,760	34,330	50,000	16,667	79,774	42,426	34,565	7,965	87,118	106,698	50,597	75,896	NO CUMPLE	NO CUMPLE
Clotoide	0+885,29	0+900,29	15,00	47,43	3,183	305,854	900,286	87,118	50,597	71,760	34,330	50,000	16,667	79,774	42,426	34,565	7,965	87,118	106,698	50,597	75,896	NO CUMPLE	NO CUMPLE
Clotoide	0+919,37	0+923,37	4,00	27,57	0,670	306,525	923,369	99,500	52,107	85,680	38,638	63,333	21,111	95,249	47,749	40,144	8,482	99,500	121,862	52,107	78,160	NO CUMPLE	NO CUMPLE
Clotoide	0+940,57	0+944,57	4,00	27,57	0,670	312,959	944,573	99,500	52,107	85,680	38,638	63,333	21,111	95,249	47,749	40,144	8,482	99,500	121,862	52,107	78,160	NO CUMPLE	NO CUMPLE
Clotoide	0+986,35	1+006,35	20,00	20,00	31,831	344,790	1006,349	23,883	28,519	15,834	12,536	6,667	2,222	17,602	15,492	13,964	9,749	23,883	29,250	28,519	42,778	NO CUMPLE	NO CUMPLE
Clotoide	1+010,72	1+030,72	20,00	20,00	31,831	390,541	1030,722	23,883	28,519	15,834	12,536	6,667	2,222	17,602	15,492	13,964	9,749	23,883	29,250	2			

Clotoide	2+968,12	2+973,12	5,00	7,07	15,915	1216,860	2973,115	14,713	21,647	9,415	8,864	3,333	1,111	10,466	10,954	7,779	6,052	14,713	18,020	21,647	32,471	NO CUMPLE	NO CUMPLE
Clotoide	2+983,24	2+988,24	5,00	7,07	15,915	1297,259	2988,244	14,713	21,647	9,415	8,864	3,333	1,111	10,466	10,954	7,779	6,052	14,713	18,020	21,647	32,471	NO CUMPLE	NO CUMPLE
Clotoide	3+058,76	3+083,76	25,00	47,43	8,842	1306,101	3083,758	64,238	45,851	48,921	26,592	30,000	10,000	54,385	32,863	34,815	13,468	64,238	78,675	45,851	68,776	NO CUMPLE	NO CUMPLE
Clotoide	3+092,43	3+117,43	25,00	47,43	8,842	1321,075	3117,427	64,238	45,851	48,921	26,592	30,000	10,000	54,385	32,863	34,815	13,468	64,238	78,675	45,851	68,776	NO CUMPLE	NO CUMPLE
Clotoide	3+146,88	3+154,38	7,50	19,37	4,775	1325,849	3154,379	44,218	39,104	31,481	19,821	16,667	5,556	34,996	24,495	25,229	12,730	44,218	54,155	39,104	58,656	NO CUMPLE	NO CUMPLE
Clotoide	3+178,70	3+186,20	7,50	19,37	4,775	1361,594	3186,203	44,218	39,104	31,481	19,821	16,667	5,556	34,996	24,495	25,229	12,730	44,218	54,155	39,104	58,656	NO CUMPLE	NO CUMPLE
Clotoide	3+190,66	3+195,66	5,00	11,18	6,366	1367,961	3195,661	27,831	30,982	18,719	14,015	8,333	2,778	20,809	17,321	14,126	7,981	27,831	34,085	30,982	46,473	NO CUMPLE	NO CUMPLE
Clotoide	3+210,61	3+215,61	5,00	11,18	6,366	1412,404	3215,614	27,831	30,982	18,719	14,015	8,333	2,778	20,809	17,321	14,126	7,981	27,831	34,085	30,982	46,473	NO CUMPLE	NO CUMPLE
Clotoide	3+303,90	3+318,90	15,00	17,32	23,873	1436,277	3318,900	23,883	28,519	15,834	12,536	6,667	2,222	17,602	15,492	15,038	11,306	23,883	29,250	28,519	42,778	NO CUMPLE	NO CUMPLE
Clotoide	3+332,17	3+347,17	15,00	17,32	23,873	1502,378	3347,166	23,883	28,519	15,834	12,536	6,667	2,222	17,602	15,492	15,038	11,306	23,883	29,250	28,519	42,778	NO CUMPLE	NO CUMPLE
Clotoide	3+412,43	3+418,19	5,76	10,73	9,167	1511,545	3418,190	23,883	28,519	15,834	12,536	6,667	2,222	17,602	15,492	16,089	12,943	23,883	29,250	28,519	42,778	NO CUMPLE	NO CUMPLE
Clotoide	3+444,79	3+450,55	5,76	10,73	9,167	1605,376	3450,548	23,883	28,519	15,834	12,536	6,667	2,222	17,602	15,492	16,089	12,943	23,883	29,250	28,519	42,778	NO CUMPLE	NO CUMPLE
Clotoide	3+456,31	3+471,31	15,00	24,50	11,937	1617,313	3471,311	38,182	36,446	26,629	17,728	13,333	4,444	29,603	21,909	17,439	7,603	38,182	46,763	36,446	54,669	NO CUMPLE	NO CUMPLE
Clotoide	3+475,32	3+490,32	15,00	24,50	11,937	1635,627	3490,318	38,182	36,446	26,629	17,728	13,333	4,444	29,603	21,909	17,439	7,603	38,182	46,763	36,446	54,669	NO CUMPLE	NO CUMPLE
Clotoide	3+533,01	3+540,01	7,00	8,37	22,282	1657,909	3540,010	14,713	21,647	9,415	8,864	3,333	1,111	10,466	10,954	9,056	8,201	14,713	18,020	21,647	32,471	NO CUMPLE	NO CUMPLE
Clotoide	3+553,51	3+560,51	7,00	8,37	22,282	1766,153	3560,513	14,713	21,647	9,415	8,864	3,333	1,111	10,466	10,954	9,056	8,201	14,713	18,020	21,647	32,471	NO CUMPLE	NO CUMPLE
Clotoide	3+724,84	3+744,84	20,00	28,28	15,915	1782,069	3744,843	38,182	36,446	26,629	17,728	13,333	4,444	29,603	21,909	21,682	11,752	38,182	46,763	36,446	54,669	NO CUMPLE	NO CUMPLE
Clotoide	3+754,22	3+774,22	20,00	28,28	15,915	1812,914	3774,224	38,182	36,446	26,629	17,728	13,333	4,444	29,603	21,909	21,682	11,752	38,182	46,763	36,446	54,669	NO CUMPLE	NO CUMPLE
Clotoide	3+777,41	3+797,41	20,00	40,00	7,958	1820,872	3797,409	59,710	44,565	44,785	25,071	26,667	8,889	49,787	30,984	35,890	16,101	59,710	73,129	44,565	66,848	NO CUMPLE	NO CUMPLE
Clotoide	3+817,66	3+837,66	20,00	40,00	7,958	1844,947	3837,662	59,710	44,565	44,785	25,071	26,667	8,889	49,787	30,984	35,890	16,101	59,710	73,129	44,565	66,848	NO CUMPLE	NO CUMPLE
Clotoide	3+994,02	3+998,02	4,00	16,73	1,819	1846,766	3998,017	54,899	43,056	40,517	23,452	23,333	7,778	45,042	28,983	18,378	4,825	54,899	67,237	43,056	64,584	NO CUMPLE	NO CUMPLE
Clotoide	4+005,58	4+010,58	5,00	18,71	2,274	1855,917	4010,579	54,899	43,056	40,517	23,452	23,333	7,778	45,042	28,983	18,378	4,825	54,899	67,237	43,056	64,584	NO CUMPLE	NO CUMPLE
Clotoide	4+012,82	4+017,82	5,00	15,81	3,183	1859,100	4017,819	44,218	39,104	31,481	19,821	16,667	5,556	34,996	24,495	20,968	8,793	44,218	54,155	39,104	58,656	NO CUMPLE	NO CUMPLE
Clotoide	4+034,80	4+039,80	5,00	15,81	3,183	1883,906	4039,802	44,218	39,104	31,481	19,821	16,667	5,556	34,996	24,495	20,968	8,793	44,218	54,155	39,104	58,656	NO CUMPLE	NO CUMPLE
Clotoide	4+045,67	4+070,67	25,00	22,36	39,789	1923,695	4070,667	23,883	28,519	15,834	12,536	6,667	2,222	17,602	15,492	16,004	12,807	23,883	29,250	28,519	42,778	NO CUMPLE	NO CUMPLE
Clotoide	4+077,68	4+102,68	25,00	22,36	39,789	1985,820	4102,684	23,883	28,519	15,834	12,536	6,667	2,222	17,602	15,492	16,004	12,807	23,883	29,250	28,519	42,778	NO CUMPLE	NO CUMPLE
Clotoide	4+139,01	4+147,01	8,00	17,89	6,366	1992,186	4147,009	38,182	36,446	26,629	17,728	13,333	4,444	29,603	21,909	27,968	19,555	38,182	46,763	36,446	54,669	NO CUMPLE	NO CUMPLE
Clotoide	4+181,90	4+201,90	20,00	28,28	15,915	2063,626	4201,896	38,182	36,446	26,629	17,728	13,333	4,444	29,603	21,909	27,968	19,555	38,182	46,763	36,446	54,669	NO CUMPLE	NO CUMPLE
Clotoide	4+215,46	4+216,46	1,00	7,75	0,531	2064,156	4216,461	49,758	41,263	36,094	21,712	20,000	6,667	40,124	26,833	27,423	12,534	49,758	60,940	41,263	61,895	NO CUMPLE	NO CUMPLE
Clotoide	4+246,80	4+247,80	1,00	7,75	0,531	2096,872	4247,795	49,758	41,263	36,094	21,712	20,000	6,667	40,124	26,833	27,423	12,534	49,758	60,940	41,263	61,895	NO CUMPLE	NO CUMPLE
Clotoide	4+318,27	4+328,27	10,00	34,64	2,653	2099,525	4328,274	76,467	48,727	60,702	30,706	40,000	13,333	67,481	37,947	24,639	5,059	76,467	93,652	48,727	73,090	NO CUMPLE	NO CUMPLE
Clotoide	4+330,92	4+340,92	10,00	34,64	2,653	2103,582	4340,922	76,467	48,727	60,702	30,706	40,000	13,333	67,481	37,947	24,639	5,059	76,467	93,652	48,727	73,090	NO CUMPLE	NO CUMPLE
Clotoide	4+396,75	4+																					



3. TRAZADO EN ALZADO

3.1 RASANTES

El trazado en alzado está formado por la combinación de rasantes con inclinación uniforme y las curvas de acuerdo vertical.

Con la misma herramienta que se ha utilizado para obtener la información de la planta, AutoCAD Civil 3D, se obtienen las características de los elementos que forman parte del perfil de la rasante (Tabla 8).

P.K. de VAV	Inclinación de rasante T.E.	Inclinación máxima (%)	Inclinación excepcional (%)
0+085,33m	-1,42%	7%	10%
0+198,74m	2,41%	7%	10%
0+279,12m	-1,93%	7%	10%
0+360,84m	-0,20%	7%	10%
0+503,50m	1,64%	7%	10%
0+600,05m	3,52%	7%	10%
0+719,02m	8,57%	7%	10%
0+801,75m	2,71%	7%	10%
0+936,94m	2,47%	7%	10%
1+011,92m	6,07%	7%	10%
1+141,82m	2,57%	7%	10%
1+199,31m	0,70%	7%	10%
1+239,58m	3,64%	7%	10%
1+373,36m	0,53%	7%	10%
1+443,11m	4,77%	7%	10%
1+492,13m	-3,34%	7%	10%
1+644,23m	-0,10%	7%	10%
1+931,50m	2,65%	7%	10%
2+203,12m	5,77%	7%	10%
2+380,69m	-4,70%	7%	10%
2+466,57m	-0,38%	7%	10%
2+555,77m	-4,13%	7%	10%
3+034,71m	9,81%	7%	10%
3+101,62m	3,21%	7%	10%
3+139,04m	1,06%	7%	10%
3+170,83m	2,75%	7%	10%
3+322,70m	-1,38%	7%	10%
3+541,70m	-3,84%	7%	10%
3+586,97m	1,86%	7%	10%
3+695,38m	-1,53%	7%	10%
4+334,32m	-8,29%	7%	10%
4+493,22m	-6,71%	7%	10%
4+563,08m	-2,27%	7%	10%
4+654,80m	-7,48%	7%	10%
5+409,96m	-9,88%	7%	10%
5+870,90m	-4,48%	7%	10%
5+944,27m	4,91%	7%	10%

Tabla 8: Análisis de las inclinaciones rectas de la rasante de estudio (Fuente: Elaboración propia).

Se puede observar en la Tabla 9 que son varias las rasantes que están cerca de no cumplir con la normativa. En este sentido, la normativa decreta que el valor de inclinación máximo para una rasante correspondiente a la velocidad de proyecto de 40 km/h es de un 7% y de manera excepcional un 10%.

En añadido, la Norma 3.1-IC, contempla que “el valor mínimo de la inclinación de la rasante no será menor que cinco décimas por ciento ($\geq 0,5\%$). Excepcionalmente, la rasante podrá alcanzar un valor menor, no inferior a dos décimas por ciento ($\geq 0,2\%$)”, por lo que una rasante no cumpliría esa condición.

En lo que a longitud se refiere, la Norma 3.1-IC indica que “no se dispondrán ni rampas ni pendientes, salvo justificación en contrario, con la inclinación máxima establecida para cada velocidad de proyecto (V_p) y clase de carretera, cuya longitud supere tres mil metros ($\geq 3\,000\text{ m}$). Esta limitación se considerará independientemente del estudio de carriles adicionales. No se dispondrán ni rampas ni pendientes, salvo justificación en contrario, cuyo tiempo de recorrido, a la velocidad de proyecto (V_p), sea inferior a diez segundos ($\leq 10\text{ s}$) (la longitud correspondiente se medirá entre vértices consecutivos).”

Por tanto, el cálculo de la distancia que puede recorrer un vehículo a la velocidad de proyecto durante 10 segundos será la multiplicación de esos 10 segundos por la velocidad de proyecto, previamente convertida a m/s.

Para la velocidad de proyecto de 40 km/h, se obtiene una longitud mínima de 111,11 m. La Tabla 9 comprende la comprobación de esta longitud mínima.

P.K. inicial	P.K. final	Longitud mínima (m)	Longitud (m)
0+000.00m	0+085.33m	111,11	85,33
0+085.33m	0+198.74m	111,11	113,41
0+198.74m	0+279.12m	111,11	80,38
0+279.12m	0+360.84m	111,11	81,72
0+360.84m	0+503.50m	111,11	142,66
0+503.50m	0+600.05m	111,11	96,55
0+600.05m	0+719.02m	111,11	118,97
0+719.02m	0+801.75m	111,11	82,73
0+801.75m	0+936.94m	111,11	135,19
0+936.94m	1+011.92m	111,11	74,98
1+011.92m	1+141.82m	111,11	129,9
1+141.82m	1+199.31m	111,11	57,49
1+199.31m	1+239.58m	111,11	40,27
1+239.58m	1+373.36m	111,11	133,78
1+373.36m	1+443.11m	111,11	69,75
1+443.11m	1+492.13m	111,11	49,02
1+492.13m	1+644.23m	111,11	152,1
1+644.23m	1+931.50m	111,11	287,27
1+931.50m	2+203.12m	111,11	271,62
2+203.12m	2+380.69m	111,11	177,57
2+380.69m	2+466.57m	111,11	85,88
2+466.57m	2+555.77m	111,11	89,2
2+555.77m	3+034.71m	111,11	478,94
3+034.71m	3+101.62m	111,11	66,91
3+101.62m	3+139.04m	111,11	37,42
3+139.04m	3+170.83m	111,11	31,79



3+170.83m	3+322.70m	111,11	151,87
3+322.70m	3+541.70m	111,11	219
3+541.70m	3+586.97m	111,11	45,27
3+586.97m	3+695.38m	111,11	108,41
3+695.38m	4+334.32m	111,11	638,94
4+334.32m	4+493.22m	111,11	158,9
4+493.22m	4+563.08m	111,11	69,86
4+563.08m	4+654.80m	111,11	91,72
4+654.80m	5+409.96m	111,11	755,16
5+409.96m	5+870.90m	111,11	460,94
5+870.90m	5+944.27m	111,11	73,37
5+944.27m	6+027.73m	111,11	83,46

Tabla 9: Comprobación de cumplimiento de la longitud mínima de rasantes inclinadas. (Fuente: Elaboración propia).

3.1 ACUERDOS VERTICALES

Para la comprobación de los acuerdos verticales se tienen en cuenta varios aspectos.

- Consideración de visibilidad.

Los parámetros Kv de los diferentes acuerdos verticales se obtienen de la representación del perfil de la rasante. En la Tabla 10 aparecen reflejadas las limitaciones mínimas de los parámetros Kv según la normativa. Como se tiene una carretera en la cual el adelantamiento en la mayor parte del tramo está prohibido por sus condiciones geométricas, se comprueba solo el Kv de parada para una velocidad de proyecto de 40 km/h (Tabla 11).

Vp (km/h)	Acuerdos convexos		Acuerdos cóncavos	
	Kv (m) parada	Kv (m) adelantamiento	Kv (m) parada	Kv (m) adelantamiento
40	250	300	760	2.400

Tabla 10: Valores mínimos del parámetro Kv de los acuerdos verticales para la velocidad de proyecto. (Fuente: Norma 3.1-IC)

P.K. de VAV	Parámetro (m)	Tipo de curva de perfil
0+085,33m	1923,338	Cóncavo
0+198,74m	1791,697	Convexo
0+279,12m	1005	Cóncavo
0+360,84m	2984,684	Cóncavo
0+503,50m	1206,264	Cóncavo
0+600,05m	1754,762	Cóncavo
0+719,02m	194,336	Convexo
0+801,75m	2640,374	Convexo
0+936,94m	667,956	Cóncavo
1+011,92m	504,162	Convexo
1+141,82m	2259,83	Convexo
1+199,31m	564	Cóncavo
1+239,58m	390,482	Convexo
1+373,36m	1564,515	Cóncavo
1+443,11m	168,137	Convexo
1+492,13m	474,571	Cóncavo
1+644,23m	465	Cóncavo
1+931,50m	3332,029	Cóncavo
2+203,12m	658	Convexo
2+380,69m	678	Cóncavo
2+466,57m	764	Convexo
2+555,77m	468	Cóncavo
3+034,71m	500	Convexo
3+101,62m	653	Convexo
3+139,04m	965	Cóncavo
3+170,83m	415,966	Convexo
3+322,70m	2369,359	Convexo
3+541,70m	259,989	Cóncavo
3+586,97m	654	Convexo
3+695,38m	1173,536	Convexo
4+334,32m	2879,866	Cóncavo
4+493,22m	567	Cóncavo
4+563,08m	329,721	Convexo
4+654,80m	843	Convexo
5+409,96m	3375,246	Cóncavo
5+870,90m	338,846	Cóncavo
5+944,27m	1328,436	Convexo

Tabla 11: Análisis de cumplimiento mínimo de los parámetros Kv. (Fuente: Elaboración propia).

Consideración estética.

Para evitar la aparición de codos ópticos, los acuerdos verticales deben tener una longitud de desarrollo mínima que viene marcada por la velocidad de proyecto, ya que debe de ser superior a esta (Tabla 12).

P.K. de VAV	Tipo de curva de perfil	Vp (km/h)	Longitud de la curva (m)
0+085,33m	Cóncavo	40	73,554
0+198,74m	Convexo	40	77,758
0+279,12m	Cóncavo	40	17,429
0+360,84m	Cóncavo	40	54,729
0+503,50m	Cóncavo	40	22,726
0+600,05m	Cóncavo	40	88,668
0+719,02m	Convexo	40	11,39
0+801,75m	Convexo	40	6,357
0+936,94m	Cóncavo	40	24,022
1+011,92m	Convexo	40	17,635
1+141,82m	Convexo	40	42,255
1+199,31m	Cóncavo	40	16,558
1+239,58m	Convexo	40	12,118
1+373,36m	Cóncavo	40	66,297
1+443,11m	Convexo	40	13,642
1+492,13m	Cóncavo	40	15,395
1+644,23m	Cóncavo	40	12,761
1+931,50m	Cóncavo	40	104,004
2+203,12m	Convexo	40	68,861
2+380,69m	Cóncavo	40	29,299
2+466,57m	Convexo	40	28,64
2+555,77m	Cóncavo	40	65,198
3+034,71m	Convexo	40	32,987
3+101,62m	Convexo	40	14,05
3+139,04m	Cóncavo	40	16,368
3+170,83m	Convexo	40	17,18
3+322,70m	Convexo	40	58,323
3+541,70m	Cóncavo	40	14,819
3+586,97m	Convexo	40	22,187
3+695,38m	Convexo	40	79,34
4+334,32m	Cóncavo	40	45,659
4+493,22m	Cóncavo	40	25,176
4+563,08m	Convexo	40	17,19
4+654,80m	Convexo	40	20,232
5+409,96m	Cóncavo	40	182,195
5+870,90m	Cóncavo	40	31,831
5+944,27m	Convexo	40	44,89

Tabla 12: Longitud de los acuerdos verticales. (Fuente: Elaboración propia).

4. SECCIÓN TRANSVERSAL

La calzada de la carretera CV-427 está compuesta por dos carriles de circulación con dos sentidos de circulación sin marca vial intermedia. El ancho de la calzada es variable durante el tramo estudiado, tomando valores generalmente entre los 4,5 y 6 metros. En la Norma 3.1.-IC Trazado se establece que, para una carretera convencional de velocidad de proyecto de 40 km/h, los arcenes deben tener un ancho de 0,5 o 1 metro, lo que corrobora que la norma no es cumplida en este aspecto, ya que, en gran medida, la carretera no tiene arcén. Además, no hay bermas, por lo que este es un hecho que obliga a reservar en toda la longitud de la carretera un ancho que permita la colocación de señalización vertical. La Figura 3 muestra la sección transversal, aunque puede diferir de la realidad al no tener información sobre el firme actual.

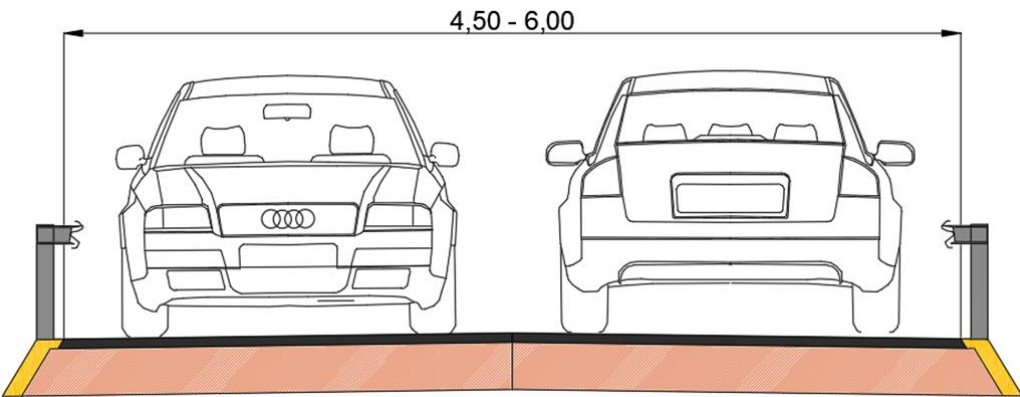


Figura 3: Sección transversal actual con un ancho de sección entre los valores representados. (Fuente: Elaboración propia).

5. CONDICIONANTES

Aproximadamente sobre el PK 02+700 se encuentra la única estructura de la CV-427. Se trata del puente que salva el río Juanes y cuenta con 5,5 metros de anchura, con preferencia para los vehículos que siguen la carretera en favor de los PKs decrecientes. Las Figuras 4 y 5 incluyen imágenes de este puente.

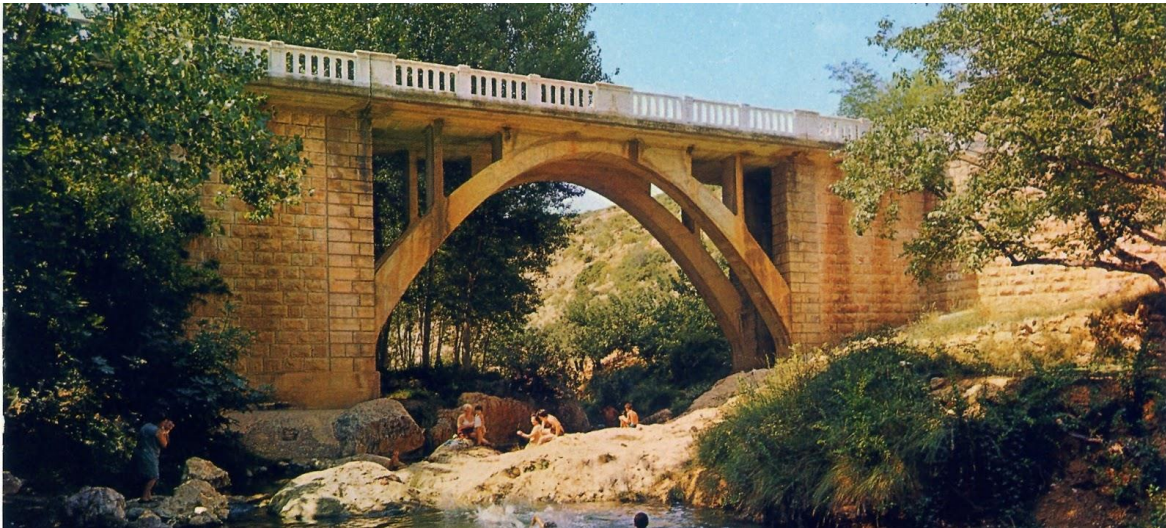


Figura 4: Puente que salva el río Juanes. (Fuente: <http://losmundosdejaimito.blogspot.com/2017/05/rio-juan-es-bunol-valencia-1972.html>)



Figura 5: Puente que salva el río Juanes. (Fuente: Fotografía propia).

6. CONSISTENCIA DEL DISEÑO GEOMÉTRICO

Se estudia la consistencia del trazado con la finalidad de relacionar la infraestructura con el factor humano. Se debe de pretender siempre que estos factores tengan una adecuada relación entre ambos, lo que es beneficioso porque disminuiría las condiciones para que se de un accidente.

Estudiando la consistencia del trazado, se busca la detección de posibles diferencias entre las características geométricas de la carretera y la percepción que los conductores puedan esperar de esta. Si aparece una gran incoherencia entre ambos aspectos esto puede provocar maniobras en falso o inseguras, además de una mayor facilidad para que los conductores puedan cometer errores. El factor vía se encuentra relacionado directamente con el factor humano, por lo que es importante que el trazado de la carretera se mantenga homogéneo y que la velocidad sea uniforme. Con esto se consigue incrementar las condiciones de seguridad.

6.1 CRITERIOS LOCALES

Los criterios más reconocidos y empleados para el análisis de la consistencia son los desarrollados por Lamm, Criterio I y Criterio II. Con estos criterios se busca evaluar la consistencia para un determinado elemento del trazado en planta de una carretera, bien examinando la variación de velocidades de operación a lo largo de la carretera o comparando la velocidad de operación con la velocidad de proyecto del tramo.

Para el cálculo de las velocidades de operación para cada elemento del trazado geométrico, se tienen en cuenta los siguientes modelos:

- Velocidad de operación para alineaciones rectas (Pérez et al.)

$$v_{85} = v_{85c} + (1 - e^{-\lambda \cdot TL}) \cdot (110 - v_{85c})$$
$$\lambda = 0,00135 + (R - 100) \cdot 7,00625 \cdot 10^{-6}$$

- Velocidad de operación para curvas (Pérez et al):

Cuando $70 \text{ m} < R \leq 400 \text{ m}$:

$$v_{85} = 102,048 - \frac{3990,94}{R}$$

Cuando $400 \text{ m} < R \leq 950 \text{ m}$:

$$v_{85} = 97,4254 - \frac{3310,94}{R}$$

La velocidad de operación coincidirá con la velocidad específica (ve) en aquellos casos los cuales las curvas presenten un radio fuera de los rangos anteriores ($R \leq 70 \text{ m}$ o $R > 950 \text{ m}$). En estos determinados casos, se calculará la velocidad específica según la Ecuación 1 reflejada en el apartado 2.

- Cálculo de la tasa de aceleración (Camacho et al.) (m/s^2):

$$TASA \text{ DE } ACELERACIÓN = 0,417 + \frac{65,936}{R}$$

- Cálculo de la tasa de deceleración (García et al.) (m/s^2):

$$TASA \text{ DE } DECELERACIÓN = 0,313 + \frac{114,436}{R}$$

Para la detección de posibles inconsistencias locales en el tramo, se utiliza el Criterio II de Lamm, el cual está basado en el estudio de las variaciones de velocidad de operación (considerando los elementos geométricos) a lo largo de toda la carretera. De esta manera, se comparan las velocidades de operación entre elementos geométricos consecutivos, identificando variaciones bruscas que estén fuera de los rangos establecidos por el criterio, los cuales se muestran en la Tabla 13.

Los resultados obtenidos para los dos tramos identificados, en ambas direcciones, se adjuntan en las Tablas 14, 15, 16 y 17.

Buena	Aceptable	Pobre
$ V_{85i} - V_{85i+1} \leq 10 \text{ km/h}$	$10 \text{ km/h} < V_{85i} - V_{85i+1} \leq 20 \text{ km/h}$	$ V_{85i} - V_{85i+1} > 20 \text{ km/h}$

Tabla 13: Rangos de consistencia según Criterio II de Lamm.

CONSISTENCIA SEGÚN LAMM II TRAMO I					
Sentido creciente					
PK inicial	PK final	Velocidad inicial (km/h)	Velocidad final (km/h)	Decremento de velocidad (km/h)	Tipo de inconsistencia
34	43	59,71	55,61	4,1	Buena
99	115	71,09	66,65	4,44	Buena
135	160	67,92	57,78	10,14	Aceptable
224	265	73,84	57,78	16,06	Aceptable
384	443	83,35	68,68	14,67	Aceptable
480	503	74,08	67,71	6,38	Buena
587	600	78,19	75,63	2,57	Buena
615	642	75,63	68,68	6,95	Buena
706	709	75,16	74,53	0,63	Buena
743	783	75,12	61,37	13,74	Aceptable
802	829	62,76	46,66	16,1	Aceptable
911	924	81,95	79,87	2,08	Buena
945	1007	80,23	36,84	43,38	Pobre
1067	1090	73,12	66,65	6,46	Buena
1170	1217	77,94	62,89	15,05	Aceptable
1312	1354	81,19	71,96	9,23	Buena
1396	1429	77,09	68,68	8,41	Buena
1510	1563	80,94	66,65	14,29	Aceptable
1623	1629	76,78	75,63	1,15	Buena
1654	1713	77,85	46,66	31,18	Pobre
1742	1767	58,36	36,84	21,51	Pobre
1916	1964	73,18	46,66	26,51	Pobre
2115	2116	76,76	76,62	0,14	Buena
2196	2264	85,3	68,68	16,62	Aceptable
2293	2312	73,54	68,68	4,86	Buena
2347	2393	73,9	53,11	20,79	Pobre
2523	2583	79,05	36,84	42,21	Pobre
2691	2702	73,15	70,43	2,72	Buena
2759	2802	79,74	68,68	11,06	Aceptable
2834	2861	72,81	59,27	13,54	Aceptable

Tabla 14: Consistencia según Lamm en el Tramo I para el sentido creciente. (Fuente: Elaboración propia).

Sentido decreciente					
PK inicial	PK final	Velocidad inicial (km/h)	Velocidad final (km/h)	Decremento de velocidad (km/h)	Tipo de inconsistencia
2833	2812	74,29	68,68	5,61	Buena
2741	2703	79,59	70,43	9,16	Buena
2646	2585	79,71	36,84	42,87	Pobre
2461	2416	73,15	53,11	20,04	Pobre
2339	2319	73,9	68,68	5,22	Buena
2286	2267	73,54	68,68	4,86	Buena
2172	2128	84,61	76,62	7,99	Buena
2084	2018	80,82	46,66	34,16	Pobre
1837	1781	76,74	36,84	39,9	Pobre
1751	1724	63,09	46,66	16,43	Aceptable
1644	1638	76,74	75,63	1,11	Buena
1612	1572	77,88	66,65	11,22	Aceptable
1489	1441	80,93	68,68	12,25	Aceptable
1385	1364	76,73	71,96	4,77	Buena
1291	1231	81,62	62,89	18,73	Aceptable
1152	1112	77,88	66,65	11,22	Aceptable
1060	1011	72,78	36,84	35,94	Pobre
906	845	79,03	46,66	32,37	Pobre
802	797	63,26	61,37	1,88	Buena
698	670	76,06	68,68	7,38	Buena
574	531	79,2	67,71	11,5	Aceptable
471	451	73,91	68,68	5,23	Buena
349	273	84,95	57,78	27,17	Pobre
211	170	73,84	57,78	16,06	Aceptable
131	129	67,01	66,65	0,36	Buena
91	54	71,45	55,61	15,84	Aceptable

Tabla 15: Consistencia según Lamm en el Tramo I para el sentido decreciente. (Fuente: Elaboración propia).

CONSISTENCIA SEGÚN LAMM II TRAMO II					
Sentido creciente					
PK inicial	PK final	Velocidad inicial (km/h)	Velocidad final (km/h)	Decremento de velocidad (km/h)	Tipo de inconsistencia
2861	2881	59,27	46,66	12,61	Aceptable
2907	2929	56,21	36,84	19,37	Aceptable
2953	2975	56,21	36,84	19,37	Aceptable
3068	3085	73,15	68,68	4,47	Buena
3120	3159	73	57,78	15,22	Aceptable
3178	3200	57,78	42,35	15,43	Aceptable
3270	3323	75,11	36,84	38,27	Pobre
3374	3423	73,1	36,84	36,26	Pobre
3462	3475	59,76	53,11	6,65	Buena
3509	3544	65	36,84	28,15	Pobre
3707	3751	73,19	53,11	20,08	Pobre
3799	3807	68,76	66,65	2,11	Buena
3936	4005	84,21	64,26	19,94	Aceptable
4007	4023	64,26	57,78	6,48	Buena
4050	4078	60,42	36,84	23,58	Pobre
4110	4154	73,09	53,11	19,98	Aceptable
4216	4223	64	61,37	2,62	Buena
4317	4335	77,05	73,32	3,74	Buena
4382	4422	79,54	69,58	9,96	Buena
4438	4481	69,58	36,84	32,74	Pobre
4505	4530	70,3	61,37	8,92	Buena
4559	4569	65,09	61,37	3,72	Buena
4618	4622	69,78	68,68	1,1	Buena
4629	4665	69,83	53,11	16,72	Aceptable
4696	4722	62,42	46,66	15,76	Aceptable
4879	4943	84,62	68,68	15,94	Aceptable
5039	5055	82,42	79,87	2,55	Buena
5103	5165	81,73	61,37	20,35	Pobre
5192	5214	63,96	53,11	10,85	Aceptable
5293	5310	74,66	70,43	4,24	Buena
5329	5376	71,66	36,84	34,82	Pobre
5396	5397	53,65	53,11	0,54	Buena
5482	5543	81,44	61,37	20,07	Pobre
5632	5692	81,15	61,37	19,78	Aceptable
5755	5778	77,05	71,96	5,1	Buena
5791	5836	71,96	46,66	25,29	Pobre

Tabla 16: Consistencia según Lamm en el Tramo II para el sentido creciente. (Fuente: Elaboración propia).

Sentido decreciente					
PK inicial	PK final	Velocidad inicial (km/h)	Velocidad final (km/h)	Decremento de velocidad (km/h)	Tipo de inconsistencia
5919	5897	59,74	46,66	13,07	Aceptable
5741	5692	77,86	61,37	16,49	Aceptable
5610	5550	81,15	61,37	19,78	Aceptable
5474	5428	78,28	64,26	14,02	Aceptable
5423	5387	65,22	36,84	28,38	Pobre
5333	5322	73,12	70,43	2,69	Buena
5284	5236	74,78	53,11	21,67	Pobre
5188	5182	63,63	61,37	2,26	Buena
5088	5087	80,04	79,87	0,16	Buena
5021	4960	83,76	68,68	15,08	Aceptable
4858	4832	83,41	79,15	4,25	Buena
4802	4732	82,58	46,66	35,92	Pobre
4695	4674	63,51	53,11	10,4	Aceptable
4625	4623	69,12	68,68	0,44	Buena
4612	4586	70,59	61,37	9,21	Buena
4555	4545	65,09	61,37	3,72	Buena
4519	4484	64,39	36,84	27,55	Pobre
4452	4438	73,07	69,58	3,48	Buena
4367	4340	79,13	73,32	5,81	Buena
4304	4254	78	61,37	16,63	Aceptable
4212	4189	64,39	53,11	11,28	Aceptable
4121	4084	66,24	36,84	29,4	Pobre
4061	4042	65,57	57,78	7,79	Buena
3888	3825	83,34	66,65	16,69	Aceptable
3795	3760	69,17	53,11	16,06	Aceptable
3620	3558	79,1	36,84	42,25	Pobre
3521	3480	72,03	53,11	18,92	Aceptable
3470	3449	55,36	36,84	18,52	Aceptable
3387	3337	73,1	36,84	36,26	Pobre
3265	3215	73,12	42,35	30,77	Pobre
3111	3097	72,43	68,68	3,75	Buena
3041	2985	76,73	36,84	39,88	Pobre
2964	2942	56,21	36,84	19,37	Aceptable
2915	2892	60,94	46,66	14,27	Aceptable

Tabla 17: Consistencia según Lamm en el Tramo II para el sentido decreciente. (Fuente: Elaboración propia).



7. CONCLUSIONES

Tras el análisis de los diferentes elementos que componen el trazado de la carretera se pueden extraer las siguientes conclusiones:

- El trazado no cumple con la normativa actual.
- Respecto a las longitudes de las alineaciones rectas, apenas cumplen un 25% del total. Los tramos de alineaciones rectas cuya longitud mínima no cumplen con la normativa afectan de manera significativa a la seguridad vial, ya que esto provoca incertidumbre al conductor a la hora de adaptar la velocidad al trazado. Este hecho se ve claramente reflejado en aquellos usuarios que no suelen conducir por la CV-427, debido a que el trazado cuenta con numerosas curvas con escasa visibilidad que impiden visualizar con claridad las siguientes maniobras.
- 46/70 curvas circulares cumplen con el radio mínimo, en contrapartida con las curvas de transición, las cuales solo 3 cumplen normativa de parámetro y longitud.
- Ninguna rasante supera el máximo % establecido, pero más de la mitad no cumple la longitud mínima establecida.
- El parámetro de los acuerdos verticales cumple con la normativa en más del 70% de estos, siendo 11 los acuerdos que no cumplen esa condición. De los 11, 9 son acuerdos cóncavos.
- La longitud mínima de los acuerdos no es superada para más de la mitad de estos elementos.
- Muchos tramos tienen consistencia pobre según el Criterio de Lamm II, lo que afecta directamente a la funcionalidad y seguridad de la vía, con grandes decrementos de velocidad.
- El tramo comprendido entre el PK 04+200 hasta prácticamente el final de la carretera de la CV-427 está 'encajonado' en la montaña. Resulta complicado mejorar el trazado ya que la orografía impide hacer cambios drásticos sin una gran inversión de recursos financieros, lo cual para el tráfico que abarca esta carretera es un gasto injustificado.

En base a estas conclusiones se justifica la intervención para la mejora del trazado y de la seguridad vial en aquellos tramos en los cuales sea necesario y pueda llevarse a cabo, reduciendo la modificación del tramo 'encajonado' a actuaciones de mejora de la seguridad vial.

8. BIBLIOGRAFÍA

- Orden FOM 273/2016, BOE-A-2016-2217 de 19 de febrero de 2016. Norma 3.1-IC Trazado, de la Instrucción de Carreteras.
- Consistencia del Diseño Geométrico de Carreteras: Concepto y Criterios. García García, Alfredo; Camacho Torregrosa, Fco. Javier y Pérez Zuriaga, Ana María. Departamento de Ingeniería e Infraestructura de los Transportes.
- Diseño Geométrico de Carreteras Seguras Carreteras Autoexplicativas, Alfredo García.
- Perez Zuriaga, A. M., Garcia Garcia, A., Camacho-Torregrosa, F. J., & D'Attoma, P. (2010). Modeling operating speed and deceleration on two-lane rural roads with global positioning system data. Transportation Research Record, 2171, 11-20.
- Camacho-Torregrosa, F. J., Pérez-Zuriaga, A. M., Campoy-Ungría, J. M., & García-García, A. (2013). New geometric design consistency model based on operating speed profiles for road safety evaluation. Accident Analysis & Prevention, 61, 33-42.





APÉNDICE 1. ESTADO DE ALINEACIONES PLANTA





Tipo	P.K. inicial	P.K. final	Longitud (m)	A (m)	Radio (m)	Ángulo de incremento (gc)	Giro acumulado (gc)	Longitud acumulada (m)
Recta	0+000,00	0+037,96	38				0,000	37,960
Clotoide	0+037,96	0+042,96	5	15,00		3,5368	3,537	42,960
Curva	0+042,96	0+054,03	11		45	15,6574	19,195	54,028
Clotoide	0+054,03	0+059,03	5	15,00		3,5368	22,732	59,028
Recta	0+059,03	0+089,25	30				22,732	89,250
Clotoide	0+089,25	0+114,56	25	45,00		10,0715	32,803	114,562
Curva	0+114,56	0+129,23	15		80	11,6755	44,479	129,234
Clotoide	0+129,23	0+154,55	25	45,00		10,0715	54,550	154,546
Recta	0+154,55	0+155,33	0,783				54,550	155,329
Clotoide	0+155,33	0+160,33	5	15,81		3,1831	57,733	160,329
Curva	0+160,33	0+171,10	11		50	13,7097	71,443	171,097
Clotoide	0+171,10	0+176,10	5	15,81		3,1831	74,626	176,097
Recta	0+176,10	0+214,86	39				74,626	214,858
Clotoide	0+214,86	0+220,86	6	30,00		1,2732	75,900	220,858
Curva	0+220,86	0+241,09	20		150	8,5864	84,486	241,089
Clotoide	0+241,09	0+247,09	6	30,00		1,2732	85,759	247,089
Recta	0+247,09	0+256,84	10				85,759	256,836
Clotoide	0+256,84	0+264,84	8	20,00		5,093	90,852	264,836
Curva	0+264,84	0+273,95	9		50	11,5988	102,451	273,946
Clotoide	0+273,95	0+281,95	8	20,00		5,093	107,544	281,946
Recta	0+281,95	0+360,84	79				107,544	360,837
Clotoide	0+360,84	0+365,84	5	35,36		0,6366	108,181	365,837
Curva	0+365,84	0+386,12	20		250	5,1643	113,345	386,117
Clotoide	0+386,12	0+391,12	5	35,36		0,6366	113,982	391,117
Recta	0+391,12	0+415,91	25				113,982	415,908
Clotoide	0+415,91	0+443,69	28	50,00		9,8244	123,806	443,686
Curva	0+443,69	0+451,44	8		90	5,483	129,289	451,437
Clotoide	0+451,44	0+479,21	28	50,00		9,8244	139,113	479,215
Recta	0+479,21	0+492,91	14				139,113	492,913
Clotoide	0+492,91	0+503,50	11	30,00		3,9651	143,078	503,501
Curva	0+503,50	0+531,50	28		85	20,9666	164,045	531,495
Clotoide	0+531,50	0+542,08	11	30,00		3,9651	168,010	542,083
Recta	0+542,08	0+588,60	47				168,010	588,597
Clotoide	0+588,60	0+600,03	11	40,00		2,5984	170,608	600,026
Curva	0+600,03	0+621,87	22		140	9,9314	180,540	621,866
Clotoide	0+621,87	0+633,30	11	40,00		2,5984	183,138	633,295
Recta	0+633,30	0+641,01	8				183,138	641,014
Clotoide	0+641,01	0+642,13	1	10,00		0,393	183,531	642,125
Curva	0+642,13	0+670,66	29		90	20,1841	203,716	670,660
Clotoide	0+670,66	0+671,77	1	10,00		0,393	204,108	671,771
Recta	0+671,77	0+706,47	35				204,108	706,473
Clotoide	0+706,47	0+711,47	5	25,50		1,2243	205,333	711,473
Curva	0+711,47	0+737,37	26		130	12,6812	218,014	737,369
Clotoide	0+737,37	0+742,17	5	24,98		1,1753	219,189	742,169
Recta	0+742,17	0+774,62	32				219,189	774,620
Clotoide	0+774,62	0+784,62	10	24,50		5,3052	224,495	784,620
Curva	0+784,62	0+794,08	9		60	10,0342	234,529	794,077
Clotoide	0+794,08	0+804,08	10	24,50		5,3052	239,834	804,077
Recta	0+804,08	0+817,76	14				239,834	817,761



Clotoide	0+817,76	0+827,76	10	17,32		10,6103	250,444	827,761
Curva	0+827,76	0+844,89	17		30	36,349	286,793	844,890
Clotoide	0+844,89	0+854,89	10	17,32		10,6103	297,404	854,890
Recta	0+854,89	0+865,37	10				297,404	865,374
Clotoide	0+865,37	0+880,37	15	47,43		3,1831	300,587	880,374
Curva	0+880,37	0+885,29	5		150	2,0848	302,671	885,286
Clotoide	0+885,29	0+900,29	15	47,43		3,1831	305,854	900,286
Recta	0+900,29	0+919,37	19				305,854	919,369
Clotoide	0+919,37	0+923,37	4	27,57		0,6701	306,525	923,369
Curva	0+923,37	0+940,57	17		190	5,7646	312,289	940,573
Clotoide	0+940,57	0+944,57	4	27,57		0,6701	312,959	944,573
Recta	0+944,57	0+986,35	42				312,959	986,349
Clotoide	0+986,35	1+006,35	20	20,00		31,831	344,790	1006,349
Curva	1+006,35	1+010,72	4		20	13,9187	358,710	1010,722
Clotoide	1+010,72	1+030,72	20	20,00		31,831	390,541	1030,722
Recta	1+030,72	1+077,56	47				390,541	1077,564
Clotoide	1+077,56	1+088,81	11	30,00		4,4762	395,017	1088,814
Curva	1+088,81	1+109,03	20		80	16,0894	411,107	1109,033
Clotoide	1+109,03	1+120,28	11	30,00		4,4762	415,583	1120,283
Recta	1+120,28	1+193,55	73				415,583	1193,553
Clotoide	1+193,55	1+218,55	25	40,31		12,2427	427,826	1218,553
Curva	1+218,55	1+231,54	13		65	12,7165	440,542	1231,537
Clotoide	1+231,54	1+262,69	31	45,00		15,2563	455,799	1262,691
Recta	1+262,69	1+338,09	75				455,799	1338,090
Clotoide	1+338,09	1+352,63	15	40,00		4,2091	460,008	1352,635
Curva	1+352,63	1+363,07	10		110	6,0415	466,049	1363,074
Clotoide	1+363,07	1+377,62	15	40,00		4,2091	470,258	1377,619
Recta	1+377,62	1+406,71	29				470,258	1406,709
Clotoide	1+406,71	1+429,21	23	45,00		7,9577	478,216	1429,209
Curva	1+429,21	1+442,50	13		90	9,404	487,620	1442,504
Clotoide	1+442,50	1+465,00	23	45,00		7,9577	495,578	1465,004
Recta	1+465,00	1+550,94	86				495,578	1550,945
Clotoide	1+550,94	1+560,94	10	28,28		3,9789	499,557	1560,945
Curva	1+560,94	1+568,12	7		80	5,7113	505,268	1568,122
Clotoide	1+568,12	1+578,12	10	28,28		3,9789	509,247	1578,122
Recta	1+578,12	1+626,83	49				509,247	1626,833
Clotoide	1+626,83	1+633,26	6	30,00		1,4616	510,709	1633,262
Curva	1+633,26	1+633,79	0,528		140	0,2403	510,949	1633,790
Clotoide	1+633,79	1+640,22	6	30,00		1,4616	512,411	1640,219
Recta	1+640,22	1+709,02	69				512,411	1709,017
Clotoide	1+709,02	1+716,52	8	15,00		7,9577	520,368	1716,517
Curva	1+716,52	1+728,40	12		30	25,2072	545,576	1728,396
Clotoide	1+728,40	1+735,90	8	15,00		7,9577	553,534	1735,896
Recta	1+735,90	1+754,07	18				553,534	1754,074
Clotoide	1+754,07	1+765,32	11	15,00		17,9049	571,439	1765,324
Curva	1+765,32	1+778,92	14		20	43,2816	614,720	1778,921
Clotoide	1+778,92	1+790,17	11	15,00		17,9049	632,624	1790,171
Recta	1+790,17	1+962,13	172				632,624	1962,134
Clotoide	1+962,13	1+967,13	5	11,62		5,8946	638,519	1967,134
Curva	1+967,13	2+013,75	47		27	109,9094	748,428	2013,748



Clotoide	2+013,75	2+033,75	20	23,24		23,5785	772,006	2033,748
Recta	2+033,75	2+105,94	72				772,006	2105,935
Clotoide	2+105,94	2+110,94	5	27,39		1,061	773,068	2110,935
Curva	2+110,94	2+125,02	14		150	5,9766	779,044	2125,017
Clotoide	2+125,02	2+130,02	5	27,39		1,061	780,105	2130,017
Recta	2+130,02	2+281,65	152				780,105	2281,655
Clotoide	2+281,65	2+286,10	4	20,00		1,5719	781,677	2286,099
Curva	2+286,10	2+292,87	7		90	4,7907	786,468	2292,872
Clotoide	2+292,87	2+297,32	4	20,00		1,5719	788,040	2297,316
Recta	2+297,32	2+321,38	24				788,040	2321,375
Clotoide	2+321,38	2+325,82	4	20,00		1,5719	789,611	2325,819
Curva	2+325,82	2+340,30	14		90	10,2445	799,856	2340,302
Clotoide	2+340,30	2+344,75	4	20,00		1,5719	801,428	2344,746
Recta	2+344,75	2+349,74	5				801,428	2349,741
Clotoide	2+349,74	2+390,24	41	42,69		28,6479	830,076	2390,241
Curva	2+390,24	2+418,84	29		45	40,4646	870,541	2418,844
Clotoide	2+418,84	2+448,84	30	36,74		21,2207	891,761	2448,844
Recta	2+448,84	2+551,86	103				891,761	2551,855
Clotoide	2+551,86	2+581,86	30	24,50		47,7465	939,508	2581,855
Curva	2+581,86	2+583,52	2		20	5,3023	944,811	2583,521
Clotoide	2+583,52	2+613,52	30	24,50		47,7465	992,557	2613,521
Recta	2+613,52	2+678,03	65				992,557	2678,030
Clotoide	2+678,03	2+698,03	20	44,72		6,3662	998,923	2698,030
Curva	2+698,03	2+699,35	1		100	0,8413	999,765	2699,352
Clotoide	2+699,35	2+719,35	20	44,72		6,3662	1006,131	2719,352
Recta	2+719,35	2+782,40	63				1006,131	2782,402
Clotoide	2+782,40	2+797,40	15	36,74		5,3052	1011,436	2797,402
Curva	2+797,40	2+806,47	9		90	6,4162	1017,853	2806,473
Clotoide	2+806,47	2+821,47	15	36,74		5,3052	1023,158	2821,473
Recta	2+821,47	2+856,38	35				1023,158	2856,379
Clotoide	2+856,38	2+876,38	20	24,50		21,2207	1044,379	2876,379
Curva	2+876,38	2+887,92	12		30	24,4978	1068,876	2887,923
Clotoide	2+887,92	2+907,92	20	24,50		21,2207	1090,096	2907,923
Recta	2+907,92	2+920,48	13				1090,096	2920,480
Clotoide	2+920,48	2+925,48	5	7,07		15,9155	1106,012	2925,480
Curva	2+925,48	2+937,89	12		10	79,0169	1185,029	2937,892
Clotoide	2+937,89	2+942,89	5	7,07		15,9155	1200,945	2942,892
Recta	2+942,89	2+968,12	25				1200,945	2968,115
Clotoide	2+968,12	2+973,12	5	7,07		15,9155	1216,860	2973,115
Curva	2+973,12	2+983,24	10		10	64,4818	1281,343	2983,244
Clotoide	2+983,24	2+988,24	5	7,07		15,9155	1297,259	2988,244
Recta	2+988,24	3+058,76	71				1297,259	3058,758
Clotoide	3+058,76	3+083,76	25	47,43		8,8419	1306,101	3083,758
Curva	3+083,76	3+092,43	9		90	6,132	1312,233	3092,427
Clotoide	3+092,43	3+117,43	25	47,43		8,8419	1321,075	3117,427
Recta	3+117,43	3+146,88	29				1321,075	3146,879
Clotoide	3+146,88	3+154,38	8	19,37		4,7746	1325,849	3154,379
Curva	3+154,38	3+178,70	24		50	30,97	1356,820	3178,703
Clotoide	3+178,70	3+186,20	8	19,37		4,7746	1361,594	3186,203
Recta	3+186,20	3+190,66	4				1361,594	3190,661



Clotoide	3+190,66	3+195,66	5	11,18		6,3662	1367,961	3195,661
Curva	3+195,66	3+210,61	15		25	38,0768	1406,038	3210,614
Clotoide	3+210,61	3+215,61	5	11,18		6,3662	1412,404	3215,614
Recta	3+215,61	3+303,90	88				1412,404	3303,900
Clotoide	3+303,90	3+318,90	15	17,32		23,8732	1436,277	3318,900
Curva	3+318,90	3+332,17	13		20	42,2274	1478,504	3332,166
Clotoide	3+332,17	3+347,17	15	17,32		23,8732	1502,378	3347,166
Recta	3+347,17	3+412,43	65				1502,378	3412,430
Clotoide	3+412,43	3+418,19	6	10,73		9,1673	1511,545	3418,190
Curva	3+418,19	3+444,79	27		20	84,6625	1596,209	3444,788
Clotoide	3+444,79	3+450,55	6	10,73		9,1673	1605,376	3450,548
Recta	3+450,55	3+456,31	6				1605,376	3456,311
Clotoide	3+456,31	3+471,31	15	24,50		11,9366	1617,313	3471,311
Curva	3+471,31	3+475,32	4		40	6,3768	1623,690	3475,318
Clotoide	3+475,32	3+490,32	15	24,50		11,9366	1635,627	3490,318
Recta	3+490,32	3+533,01	43				1635,627	3533,010
Clotoide	3+533,01	3+540,01	7	8,37		22,2817	1657,909	3540,010
Curva	3+540,01	3+553,51	14		10	85,9647	1743,871	3553,513
Clotoide	3+553,51	3+560,51	7	8,37		22,2817	1766,153	3560,513
Recta	3+560,51	3+724,84	164				1766,153	3724,843
Clotoide	3+724,84	3+744,84	20	28,28		15,9155	1782,069	3744,843
Curva	3+744,84	3+754,22	9		40	14,9306	1796,999	3754,224
Clotoide	3+754,22	3+774,22	20	28,28		15,9155	1812,914	3774,224
Recta	3+774,22	3+777,41	3				1812,914	3777,409
Clotoide	3+777,41	3+797,41	20	40,00		7,9577	1820,872	3797,409
Curva	3+797,41	3+817,66	20		80	16,1166	1836,989	3817,662
Clotoide	3+817,66	3+837,66	20	40,00		7,9577	1844,947	3837,662
Recta	3+837,66	3+994,02	156				1844,947	3994,017
Clotoide	3+994,02	3+998,02	4	16,73		1,8189	1846,766	3998,017
Curva	3+998,02	4+005,58	8		70	6,8771	1853,643	4005,579
Clotoide	4+005,58	4+010,58	5	18,71		2,2736	1855,917	4010,579
Recta	4+010,58	4+012,82	2				1855,917	4012,819
Clotoide	4+012,82	4+017,82	5	15,81		3,1831	1859,100	4017,819
Curva	4+017,82	4+034,80	17		50	21,6238	1880,723	4034,802
Clotoide	4+034,80	4+039,80	5	15,81		3,1831	1883,906	4039,802
Recta	4+039,80	4+045,67	6				1883,906	4045,667
Clotoide	4+045,67	4+070,67	25	22,36		39,7887	1923,695	4070,667
Curva	4+070,67	4+077,68	7		20	22,3362	1946,031	4077,684
Clotoide	4+077,68	4+102,68	25	22,36		39,7887	1985,820	4102,684
Recta	4+102,68	4+139,01	36				1985,820	4139,009
Clotoide	4+139,01	4+147,01	8	17,89		6,3662	1992,186	4147,009
Curva	4+147,01	4+181,90	35		40	55,5251	2047,710	4181,896
Clotoide	4+181,90	4+201,90	20	28,28		15,9155	2063,626	4201,896
Recta	4+201,90	4+215,46	14				2063,626	4215,461
Clotoide	4+215,46	4+216,46	1	7,75		0,5305	2064,156	4216,461
Curva	4+216,46	4+246,80	30		60	32,1856	2096,342	4246,795
Clotoide	4+246,80	4+247,80	1	7,75		0,5305	2096,872	4247,795
Recta	4+247,80	4+318,27	70				2096,872	4318,274
Clotoide	4+318,27	4+328,27	10	34,64		2,6526	2099,525	4328,274
Curva	4+328,27	4+330,92	3		120	1,4048	2100,929	4330,922



Clotoide	4+330,92	4+340,92	10	34,64		2,6526	2103,582	4340,922
Recta	4+340,92	4+396,75	56				2103,582	4396,747
Clotoide	4+396,75	4+414,52	18	41,10		5,9567	2109,539	4414,525
Curva	4+414,52	4+431,79	17		95	11,5678	2121,106	4431,787
Clotoide	4+431,79	4+449,56	18	41,10		5,9567	2127,063	4449,565
Recta	4+449,56	4+453,48	4				2127,063	4453,482
Clotoide	4+453,48	4+473,48	20	20,00		31,831	2158,894	4473,482
Curva	4+473,48	4+476,60	3		20	9,9412	2168,835	4476,605
Clotoide	4+476,60	4+496,60	20	20,00		31,831	2200,666	4496,605
Recta	4+496,60	4+508,30	12				2200,666	4508,298
Clotoide	4+508,30	4+523,30	15	30,00		7,9577	2208,624	4523,298
Curva	4+523,30	4+537,63	14		60	15,2086	2223,833	4537,632
Clotoide	4+537,63	4+552,63	15	30,00		7,9577	2231,790	4552,632
Recta	4+552,63	4+556,82	4				2231,790	4556,818
Clotoide	4+556,82	4+561,82	5	17,32		2,6526	2234,443	4561,818
Curva	4+561,82	4+578,25	16		60	17,4394	2251,882	4578,254
Clotoide	4+578,25	4+583,25	5	17,32		2,6526	2254,535	4583,254
Recta	4+583,25	4+597,74	14				2254,535	4597,743
Clotoide	4+597,74	4+612,74	15	36,74		5,3052	2259,840	4612,743
Curva	4+612,74	4+613,57	0,83		90	0,5873	2260,427	4613,573
Clotoide	4+613,57	4+628,57	15	36,74		5,3052	2265,732	4628,573
Recta	4+628,57	4+641,72	13				2265,732	4641,722
Clotoide	4+641,72	4+656,72	15	24,50		11,9366	2277,669	4656,722
Curva	4+656,72	4+665,25	9		40	13,5808	2291,249	4665,255
Clotoide	4+665,25	4+680,25	15	24,50		11,9366	2303,186	4680,255
Recta	4+680,25	4+707,69	27				2303,186	4707,689
Clotoide	4+707,69	4+715,19	8	15,00		7,9577	2311,144	4715,189
Curva	4+715,19	4+724,84	10		30	20,4729	2331,617	4724,837
Clotoide	4+724,84	4+732,34	8	15,00		7,9577	2339,575	4732,337
Recta	4+732,34	4+801,41	69				2339,575	4801,408
Clotoide	4+801,41	4+821,41	20	60,00		3,5368	2343,112	4821,408
Curva	4+821,41	4+823,14	2		180	0,6114	2343,724	4823,137
Clotoide	4+823,14	4+843,14	20	60,00		3,5368	2347,260	4843,137
Recta	4+843,14	4+928,70	86				2347,260	4928,698
Clotoide	4+928,70	4+938,70	10	30,00		3,5368	2350,797	4938,698
Curva	4+938,70	4+954,46	16		90	11,1514	2361,949	4954,463
Clotoide	4+954,46	4+964,46	10	30,00		3,5368	2365,485	4964,463
Recta	4+964,46	5+038,22	74				2365,485	5038,220
Clotoide	5+038,22	5+048,22	10	43,59		1,6753	2367,161	5048,220
Curva	5+048,22	5+079,80	32		190	10,5821	2377,743	5079,803
Clotoide	5+079,80	5+089,53	10	43,00		1,6303	2379,373	5089,535
Recta	5+089,53	5+151,58	62				2379,373	5151,585
Clotoide	5+151,58	5+158,58	7	20,49		3,7136	2383,087	5158,585
Curva	5+158,58	5+172,21	14		60	14,4555	2397,542	5172,209
Clotoide	5+172,21	5+179,21	7	20,49		3,7136	2401,256	5179,209
Recta	5+179,21	5+187,96	9				2401,256	5187,960
Clotoide	5+187,96	5+207,96	20	28,28		15,9155	2417,172	5207,960
Curva	5+207,96	5+229,78	22		40	34,7243	2451,896	5229,778
Clotoide	5+229,78	5+249,78	20	28,28		15,9155	2467,811	5249,778
Recta	5+249,78	5+295,47	46				2467,811	5295,472



Clotoide	5+295,47	5+305,47	10	31,62		3,1831	2470,995	5305,472
Curva	5+305,47	5+314,02	9		100	5,4403	2476,435	5314,018
Clotoide	5+314,02	5+324,02	10	31,62		3,1831	2479,618	5324,018
Recta	5+324,02	5+368,20	44				2479,618	5368,196
Clotoide	5+368,20	5+370,20	2	3,16		12,7324	2492,351	5370,196
Curva	5+370,20	5+381,39	11		5	142,5719	2634,928	5381,394
Clotoide	5+381,39	5+383,39	2	3,16		12,7324	2647,660	5383,394
Recta	5+383,39	5+388,22	5				2647,660	5388,219
Clotoide	5+388,22	5+390,72	3	10,00		1,9894	2649,650	5390,719
Curva	5+390,72	5+397,58	7		40	10,9208	2660,571	5397,581
Clotoide	5+397,58	5+400,08	3	10,00		1,9894	2662,560	5400,081
Recta	5+400,08	5+400,81	0,734				2662,560	5400,815
Clotoide	5+400,81	5+420,81	20	37,42		9,0946	2671,655	5420,815
Curva	5+420,81	5+422,17	1		70	1,2372	2672,892	5422,175
Clotoide	5+422,17	5+442,17	20	37,42		9,0946	2681,986	5442,175
Recta	5+442,17	5+512,18	70				2681,986	5512,177
Clotoide	5+512,18	5+537,18	25	38,73		13,2629	2695,249	5537,177
Curva	5+537,18	5+544,23	7		60	7,4807	2702,730	5544,227
Clotoide	5+544,23	5+569,23	25	38,73		13,2629	2715,993	5569,227
Recta	5+569,23	5+670,97	102				2715,993	5670,970
Clotoide	5+670,97	5+685,97	15	30,00		7,9577	2723,950	5685,970
Curva	5+685,97	5+686,06	0,094		60	0,1	2724,050	5686,064
Clotoide	5+686,06	5+701,06	15	30,00		7,9577	2732,008	5701,064
Recta	5+701,06	5+756,08	55				2732,008	5756,082
Clotoide	5+756,08	5+771,08	15	40,62		4,3406	2736,348	5771,082
Curva	5+771,08	5+790,71	20		110	11,3623	2747,711	5790,715
Clotoide	5+790,71	5+805,71	15	40,62		4,3406	2752,052	5805,715
Recta	5+805,71	5+816,74	11				2752,052	5816,739
Clotoide	5+816,74	5+826,74	10	18,71		9,0946	2761,146	5826,739
Curva	5+826,74	5+901,16	74		35	135,3674	2896,513	5901,161
Clotoide	5+901,16	5+911,16	10	18,71		9,0946	2905,608	5911,161
Recta	5+911,16	6+023,34	112				2905,608	6023,339





APÉNDICE 2. ESTADO DE ALINEACIONES PERFIL





Tipo	P.K. inicial	P.K. final	P.K. de VAV (m)	Elevación de VAV (m)	Inclinación de rasante T.E. (%)	Inclinación de rasante T.S. (%)	Cambio de pendiente (%)	Tipo de curva de perfil	Longitud curva (m)	Valor de K	Radio de curva (m)	Longitud rasante (m)
Tangente	0+000,00m	0+048,55m										48,548
Parábola simétrica	0+048,55m	0+122,10m	0+085,33	431,898	-1,42%	2,41%	3,82%	Cóncavo	73,554	19.233	1923,338	
Tangente	0+122,10m	0+159,86m										37,76
Parábola simétrica	0+159,86m	0+237,62m	0+198,74	434,629	2,41%	-1,93%	-4,34%	Convexo	77,758	17.917	1791,697	
Tangente	0+237,62m	0+270,40m										32,781
Parábola simétrica	0+270,40m	0+287,83m	0+279,12	433,077	-1,93%	-0,20%	1,73%	Cóncavo	17,429	10.050	1005	
Tangente	0+287,83m	0+333,47m										45,642
Parábola simétrica	0+333,47m	0+388,20m	0+360,84	432,916	-0,20%	1,64%	1,83%	Cóncavo	54,729	29.847	2984,684	
Tangente	0+388,20m	0+492,14m										103,937
Parábola simétrica	0+492,14m	0+514,86m	0+503,50	435,251	1,64%	3,52%	1,88%	Cóncavo	22,726	12.063	1206,264	
Tangente	0+514,86m	0+555,72m										40,851
Parábola simétrica	0+555,72m	0+644,38m	0+600,05	438,65	3,52%	8,57%	5,05%	Cóncavo	88,668	17.548	1754,762	
Tangente	0+644,38m	0+713,32m										68,94
Parábola simétrica	0+713,32m	0+724,71m	0+719,02	448,85	8,57%	2,71%	-5,86%	Convexo	11,39	1.943	194,336	
Tangente	0+724,71m	0+798,57m										73,86
Parábola simétrica	0+798,57m	0+804,93m	0+801,75	451,094	2,71%	2,47%	-0,24%	Convexo	6,357	26.404	2640,374	
Tangente	0+804,93m	0+924,93m										120,003
Parábola simétrica	0+924,93m	0+948,95m	0+936,94	454,436	2,47%	6,07%	3,60%	Cóncavo	24,022	6.680	667,956	
Tangente	0+948,95m	1+003,10m										54,149
Parábola simétrica	1+003,10m	1+020,74m	1+011,92	458,986	6,07%	2,57%	-3,50%	Convexo	17,635	5.042	504,162	
Tangente	1+020,74m	1+120,70m										99,958
Parábola simétrica	1+120,70m	1+162,95m	1+141,82	462,325	2,57%	0,70%	-1,87%	Convexo	42,255	22.598	2259,83	
Tangente	1+162,95m	1+191,04m										28,085
Parábola simétrica	1+191,04m	1+207,59m	1+199,31	462,728	0,70%	3,64%	2,94%	Cóncavo	16,558	5.640	564	
Tangente	1+207,59m	1+233,52m										25,924
Parábola simétrica	1+233,52m	1+245,64m	1+239,58	464,192	3,64%	0,53%	-3,10%	Convexo	12,118	3.905	390,482	
Tangente	1+245,64m	1+340,22m										94,58
Parábola simétrica	1+340,22m	1+406,51m	1+373,36	464,905	0,53%	4,77%	4,24%	Cóncavo	66,297	15.645	1564,515	
Tangente	1+406,51m	1+436,29m										29,777
Parábola simétrica	1+436,29m	1+449,93m	1+443,11	468,233	4,77%	-3,34%	-8,11%	Convexo	13,642	1.681	168,137	
Tangente	1+449,93m	1+484,43m										34,5
Parábola simétrica	1+484,43m	1+499,83m	1+492,13	466,594	-3,34%	-0,10%	3,24%	Cóncavo	15,395	4.746	474,571	
Tangente	1+499,83m	1+637,85m										138,019
Parábola simétrica	1+637,85m	1+650,61m	1+644,23	466,443	-0,10%	2,65%	2,74%	Cóncavo	12,761	4.650	465	
Tangente	1+650,61m	1+879,49m										228,886
Parábola simétrica	1+879,49m	1+983,50m	1+931,50	474,042	2,65%	5,77%	3,12%	Cóncavo	104,004	33.320	3332,029	
Tangente	1+983,50m	2+168,69m										185,195
Parábola simétrica	2+168,69m	2+237,55m	2+203,12	489,705	5,77%	-4,70%	-10,47%	Convexo	68,861	6.580	658	
Tangente	2+237,55m	2+366,04m										128,485

2+395,34m	2+380,69	481,362	-4,70%	-0,38%	4,32%	Cóncavo	29,299	6.780	678	
2+452,25m										56,911
2+480,89m	2+466,57	481,038	-0,38%	-4,13%	-3,75%	Convexo	28,64	7.640	764	
2+523,17m										42,277
2+588,36m	2+555,77	477,358	-4,13%	9,81%	13,93%	Cóncavo	65,198	4.680	468	
3+018,22m										429,856
3+051,21m	3+034,71	524,32	9,81%	3,21%	-6,60%	Convexo	32,987	5.000	500	
3+094,60m										43,389
3+108,65m	3+101,62	526,466	3,21%	1,06%	-2,15%	Convexo	14,05	6.530	653	
3+130,86m										22,212
3+147,23m	3+139,04	526,861	1,06%	2,75%	1,70%	Cóncavo	16,368	9.650	965	
3+162,24m										15,012
3+179,42m	3+170,83	527,736	2,75%	-1,38%	-4,13%	Convexo	17,18	4.160	415,966	
3+293,54m										114,123
3+351,86m	3+322,70	525,644	-1,38%	-3,84%	-2,46%	Convexo	58,323	23.694	2369,359	
3+534,29m										182,422
3+549,11m	3+541,70	517,235	-3,84%	1,86%	5,70%	Cóncavo	14,819	2.600	259,989	
3+575,88m										26,772
3+598,07m	3+586,97	518,078	1,86%	-1,53%	-3,39%	Convexo	22,187	6.540	654	
3+655,71m										57,647
3+735,05m	3+695,38	516,417	-1,53%	-8,29%	-6,76%	Convexo	79,34	11.735	1173,536	
4+311,49m										576,44
4+357,15m	4+334,32	463,431	-8,29%	-6,71%	1,59%	Cóncavo	45,659	28.799	2879,866	
4+480,63m										123,483
4+505,81m	4+493,22	452,773	-6,71%	-2,27%	4,44%	Cóncavo	25,176	5.670	567	
4+554,48m										48,675
4+571,67m	4+563,08	451,189	-2,27%	-7,48%	-5,21%	Convexo	17,19	3.297	329,721	
4+644,69m										73,013
4+664,92m	4+654,80	444,328	-7,48%	-9,88%	-2,40%	Convexo	20,232	8.430	843	
5+318,86m										653,945
5+501,06m	5+409,96	369,712	-9,88%	-4,48%	5,40%	Cóncavo	182,195	33.752	3375,246	
5+854,99m										353,927
5+886,82m	5+870,90	349,049	-4,48%	4,91%	9,39%	Cóncavo	31,831	3.388	338,846	
5+921,83m										35,011
5+966,72m	5+944,27	352,653	4,91%	1,53%	-3,38%	Convexo	44,89	13.284	1328,436	
6+027,73m										61,011m