DISEÑO GEOMÉTRICO PARA LA VÍA EL QUEMADO EN EL MUNICIPIO DE CERETÉ, DEPARTAMENTO DE CÓRDOBA.



JUNIO DE 2021

CONTROL DE REVISIONES		
REV	**FECHA**	**DESCRIPCIÓN**
1	**(JUNIO - 2021)**	EMITIDO PARA CONSTRUCCIÓN

CONTROL DE COPIAS	
No. Copias	Fisica/Digital
1	Fisica (Ejemplo)

Elaboró:	Revisó:	Aprobó:
MARCIO CANABAL PATERNINA	LAURA MARTÍNEZ MORALES	JAMILTON ECHEVERRI DIAZ
		
INGENIERO CIVIL. ESP. M.P. 22202-272228 COR	INGENIERO SANITARIO SANITARIO. ESP. M.P. 22236-345950 COR	INGENIERO CIVIL. ESP. M.P. 22202-269762 COR

TABLA DE CONTENIDO

1 RESUMEN EJECUTIVO 6

2 LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO 7

3 CARACTERISTICAS ACTUALES DE VÍA 9

3.1 Clasificación de las carreteras 9

3.1.1 Según su funcionalidad 9

3.1.2 Según tipo de terreno 9

4 DISEÑO GEOMETRICO HORIZONTAL 11

4.1 Velocidad de diseño 11

4.2 Velocidad especifica de la curva horizontal 12

4.3 Coeficiente de fricción transversal máxima 12

4.4 Radio de curvatura mínimo (Rcmin) 12

4.5 Elementos calculados del alineamiento 13

4.6 Selección del peralte en función del radio seleccionado y la velocidad especifica. 17

4.7 Transición del peralte 18

4.8 Rampa de peralte. 18

4.9 Cálculo de la longitud de transición 20

4.10 Entretangencia Horizontal 21

4.10.1 Entretangencia mínima 21

4.10.2 Entretangencia máxima 22

4.11 Longitud mínima de la curva circular 22

5 DISEÑO GEOMETRICO VERTICAL 22

5.1 Tangente vertical 23

5.1.1 Pendiente mínima 23

5.1.2 Pendiente máxima 23

5.1.3 Longitud mínima 23

5.1.4 Longitud máxima 24

5.2 Curvas verticales 24

5.3 Descripción y cálculo de los elementos geométricos de la curva vertical 25

5.4 Determinación de la longitud de las curvas verticales 26
6 DISEÑO TRANSVERSAL.....37
6.1 Ancho de calzada.....37
6.2 Bombeo normal o inclinación transversal.....38
6.3 Seccion transversal tipica de diseño. 39
7 CARACTERISTICAS DE DISEÑO DE LA VÍA 39
7.1 Características propuestas de diseño geométrico de la vía.....39
8 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 40

FIGURAS

Figura 1 Localización General del Proyecto.....8
Figura 2 Localización específica de la vía a diseñar.....8
Figura 3 Desarrollo de Peralte.....20
Figura 4 Rotación de los carriles respecto a su eje. 21
Figura 5 Tipos de curvas verticales cóncavas y convexas. 26
Figura 6 Tipos de curvas verticales simétricas y asimétricas.....26
Figura 7 Sección transversal típica diseñada vía El Quemado.....39

TABLAS

Tabla 1 Nomenclatura de la vía.....7
Tabla 2 Valores de la Velocidad de Diseño de los Tramos Homogéneos (VTR) en función de la categoría de la carretera y el tipo de terreno (Ref. tabla 2.1. M.D.G. INVIAS).....11
Tabla 3 Coeficiente de fricción lateral máxima.....12
Tabla 4 Radios mínimos para peralte máximo e máx. = 4% y fricción máxima.....13
Tabla 5 PR de localización del proyecto. 14
Tabla 6 Líneas tangentes con sus variables vía El Quemado.....15
Tabla 7 Curvas Circulares con sus variables parte I vía El Quemado.....16
Tabla 8 Curvas Circulares con sus variables parte II vía El Quemado. 17
Tabla 9 Radios (Rc) según Velocidad Especifica (Vch) y Peraltes (e) para emax = 4%. 17

Tabla 10 Valores máximos y mínimos de la pendiente longitudinal para rampas de peraltes máxima. 19
Tabla 11 Factor de ajuste para el número de carriles girados. 21
Tabla 12 Radios para pequeñas deflexiones entre alineamientos rectos. 22
Tabla 13 Elección de la pendiente máxima de la vía en función de la velocidad de diseño del tramo homogéneo. 23
Tabla 14 Longitud mínima de tangente vertical. 24
Tabla 15 Valores de K mín. para el control de la distancia de visibilidad de parada y longitudes mínimas según criterio de operación en curvas verticales (Ref. tabla 4.4. M.D.G. INVIAS). 25
Tabla 16 Acuerdos verticales cóncavos y convexos vía El Quemado. 37
Tabla 17 Ancho de calzada en metros. 38
Tabla 18 Determinación del bombeo de la vía a diseñar. 38
Tabla 19 Características geométricas implementadas para el diseño. 39

ANEXOS

ANEXO 1: CARTERAS DE LOCALIZACIÓN.
ANEXO 2: CARTERAS DE CONTROL DE BOMBEO.
ANEXO 3: CARTERAS DE VOLUMENES.
ANEXO 4: PLANOS DE DISEÑO GEOMETRICO.

1 RESUMEN EJECUTIVO

Para el desarrollo y mejoramiento de un municipio desde la infraestructura vial, es necesario diseñar tanto estructural como geométricamente las vías del proyecto. Este informe se centra en el diseño geométrico horizontal, vertical y transversal. Es necesario aclarar que el insumo principal para el diseño geométrico de la vía es la topografía, el cual fue realizado por la presente consultoría. A continuación, se hace un breve resumen que describe en términos generales el contenido y los parámetros de diseño empleados.

En el **numeral 2** se realiza una descripción de la zona de influencia del proyecto, donde se describe la localización geográfica del proyecto ilustrando con imágenes satelitales de Google Earth la ubicación espacial de las vías a intervenir. Adicional en este apartado se realiza una descripción con la nomenclatura de la vía de estudio con su ancho y longitud.

En el **numeral 3,** se realiza una breve descripción de los parámetros de control para la caracterización de una vía para lo cual se tienen dos parámetros relevantes: caracterización en función del terreno, donde es de gran importancia el levantamiento topográfico para identificar las pendientes longitudinales y transversales de la vía y caracterización en función de la funcionalidad de la vía, donde se describe su uso para posteriormente definir una velocidad de diseño.

En el **numeral 4** se describen los parámetros horizontales que se tuvieron en cuenta para el diseño horizontal, donde se observan los elementos de cada curva, todo en función de las recomendaciones del manual de diseño geométrico del INVIAS, además se ofrecen los criterios para la selección de los elementos geométricos en planta.

En el **numeral 5** se realiza el diseño geométrico vertical, donde se calculan las pendientes mínimas, longitudes de las curvas y parámetro K (control de visibilidad de parada). Es necesario aclarar que el diseño geométrico vertical se ajusta según las recomendaciones del manual de diseño del INVIAS.

En el **numeral 6** se describen los principales elementos de la sección transversal como lo son el ancho y la inclinación transversal. En el **numeral 7 y 8** se aprecian las características de diseño de la vía las cuales deben estar relacionados para garantizar que la carretera sea funcional y opere de madera segura, adicional a eso se contemplan las memorias de cálculo de los elementos geométricos los

cuales fueron verificados en el programa CIVIL3D 2020 el cual contiene las normas de diseño colombianas.

Por último, en **numeral 9** se consignan una serie de recomendaciones las cuales se deben respetar con el fin de garantizar un buen desarrollo de la geometría de la vía, también se consignan las conclusiones relacionadas con el tipo de diseño a emplear.

2 LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO

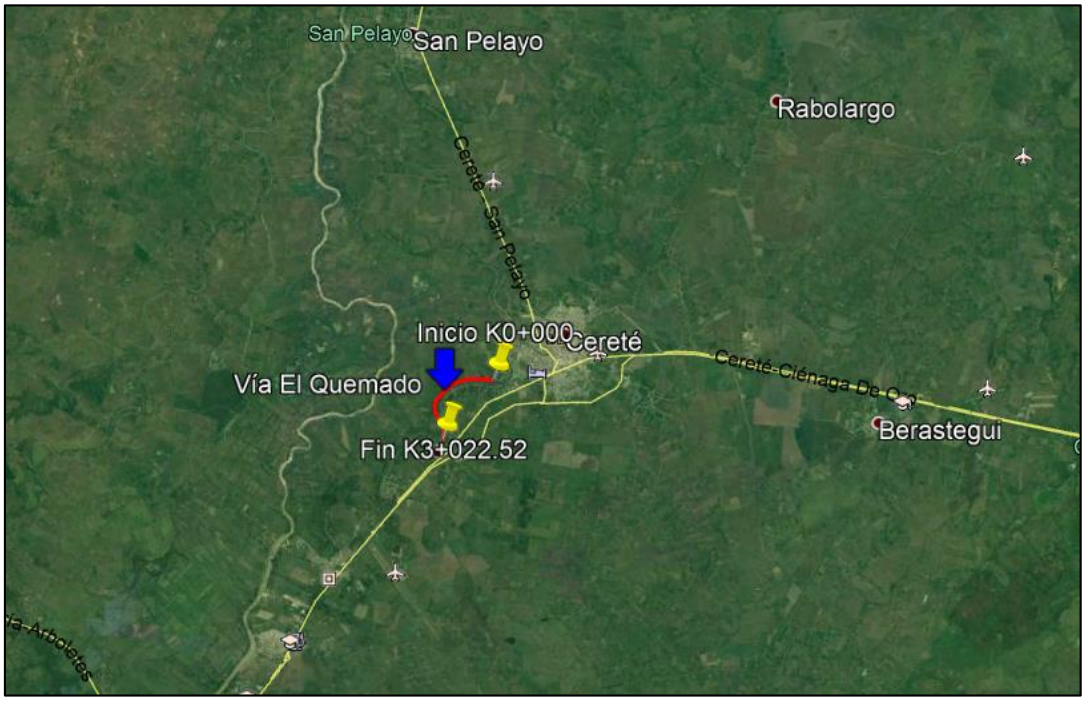
El proyecto se encuentra localizado en el municipio de Cereté, en el departamento de Córdoba, Colombia. El municipio de Cereté limita por el norte con los municipios de San Pelayo y Chimá, por el este con el municipio de Ciénaga de Oro, por el oeste con el municipio de Montería y por el sur con los municipios de San Carlos y Montería.

El proyecto en estudio se localiza en zona rural del municipio de Cereté en el corregimiento de El Quemado, en la siguiente tabla se muestran las características de las vías.

Nomenclatura Catastral	Ancho de calzada (m)	Longitud del tramo (m)	Funcionalidad	Tipo de terreno
El Quemado	5.50	3022.52	Terciaria	Plano

Fuente: Elaboración propia.
Tabla 1 Nomenclatura de la vía.

A continuación, se muestra una imagen general y especifica de la ubicación de la vía en el municipio de Cereté, departamento de Córdoba.



Fuente: Google Earth
Figura 1 Localización General del Proyecto.



Fuente: Google Earth.
Figura 2 Localización específica de la vía a diseñar.

3 CARACTERISTICAS ACTUALES DE VÍA

Para conocer las características actuales de la vía es necesario tener claro algunos conceptos que se presentan a continuación:

3.1 Clasificación de las carreteras

Teniendo en cuenta el manual de diseño geométrico de carreteras del instituto nacional de vías, las carreteras se clasifican según su funcionalidad y el tipo de terreno.

3.1.1 Según su funcionalidad

- ✓ **Primarias**

Son aquellas carreteras troncales, transversales y accesos a capitales de departamento que cumplen una función básica de integración. Este tipo de carreteras generalmente son de doble calzadas.

- ✓ **Secundarias**

Son aquellas vías que unen las cabeceras municipales entre sí y/o que provienen de una cabecera municipal y conectan con una carretera Primaria.

- ✓ **Terciarias**

Son aquellas vías de acceso que unen las cabeceras municipales con sus veredas o unen veredas entre sí.

3.1.2 Según tipo de terreno

- ✓ **Plano**

Son carreteras en donde sus pendientes longitudinales son normalmente menores de tres por ciento, y su pendiente transversal al eje de la vía es menor a 5 grados. Presenta un movimiento de tierra mínimo durante su construcción.

- ✓ **Ondulado**

Tiene pendientes transversales al eje de la vía entre seis y trece grados (6° - 13°).Requiere moderado movimiento de tierras durante la construcción, lo que permite alineamientos más o menos rectos, sin mayores dificultades en el trazado y en la explanación. Sus pendientes longitudinales se encuentran entre tres y seis por ciento.

- ✓ **Montañoso**

Tiene pendientes transversales al eje de la vía entre trece y cuarenta grados (13° - 40°). Generalmente requiere grandes movimientos de tierra durante la construcción, razón por la cual presenta dificultades en el trazado y en la explanación. Sus pendientes longitudinales predominantes se encuentran entre seis y ocho por ciento.

- ✓ **Escarpado**

Tiene pendientes transversales al eje de la vía generalmente superiores a cuarenta grados (40°). Exigen el máximo movimiento de tierras durante la construcción, lo que acarrea grandes dificultades en el trazado y en la explanación, puesto que generalmente los alineamientos se encuentran definidos por divisorias de aguas. Generalmente sus pendientes longitudinales son superiores a ocho por ciento.

Teniendo en cuenta los conceptos anteriores podemos inferir que la vía de estudio cuenta con una topografía plana debido a que las pendientes longitudinales y transversales que se presentan en la zona son menores al 3%, por lo cual los movimientos de tierra durante su construcción son mínimo, adicional a eso según su funcionalidad la carretera se considera terciaria, ya que es una carretera que une cabeceras municipales con sus veredas.

4 DISEÑO GEOMETRICO HORIZONTAL

4.1 Velocidad de diseño

En el proceso de asignación de la velocidad de diseño se debe otorgar la máxima prioridad a la seguridad de los usuarios. Por ello la velocidad de diseño a lo largo del trazado debe ser tal que los conductores no sean sorprendidos por cambios bruscos y/o muy frecuentes en la velocidad a la que pueden realizar con seguridad el recorrido.

También se busca garantizar la consistencia en la velocidad, debe identificarse a lo largo del corredor de ruta tramos homogéneos a los que por las condiciones topográficas se les pueda asignar una misma velocidad. Esta velocidad, se denomina velocidad de diseño del tramo homogéneo (Vtr), esta velocidad se determina con base al tipo del terreno y a la categoría de la vía. En la **tabla 2** se puede ver las velocidades de diseño en función de la categoría de la carretera y del tipo de terreno.

CATEGORÍA DE LA CARRETERA	TIPO DE TERRENO	VELOCIDAD DE DISEÑO DE UN TRAMO HOMOGÉNEO V_{TR} (km/h)									
		20	30	40	50	60	70	80	90	100	110
Primaria de dos calzadas	Plano										
	Ondulado										
	Montañoso										
	Escarpado										
Primaria de una calzada	Plano										
	Ondulado										
	Montañoso										
	Escarpado										
Secundaria	Plano										
	Ondulado										
	Montañoso										
	Escarpado										
Terciaria	Plano										
	Ondulado										
	Montañoso										
	Escarpado										

Fuente: Tabla 2.1 M.D.G. INVIAS.

Tabla 2 Valores de la Velocidad de Diseño de los Tramos Homogéneos (VTR) en función de la categoría de la carretera y el tipo de terreno (Ref. tabla 2.1. M.D.G. INVIAS).

El corredor vial en estudio está constituido por un terreno plano para una vía de categoría terciaria de una calzada. Según la tabla anterior, la velocidad de diseño es **30 Km/h**, para este caso escogeremos una velocidad de diseño de **30 Km/h** para el corredor vial teniendo en cuenta las condiciones del terreno, como nos sugiere INVIAS. En los casos puntuales donde no se cumpla con esta velocidad de

diseño debido a la condición vertical de la vía se pondrán señales de tránsito que informaran al conductor a la velocidad que debe circular por dicha zona.

4.2 Velocidad especifica de la curva horizontal

Para asignar la velocidad específica (VCH) a las curvas horizontales incluidas en un tramo homogéneo, se considera como parámetro la velocidad de diseño del tramo homogéneo (VTR) en que se encuentra la curva horizontal.

La velocidad específica de las curvas horizontales (VCH) no puede ser menor que la velocidad de diseño del tramo (VCH ≥ VTR) ni superior a ésta en veinte Kilómetros por hora (VCH ≤ VTR + 20). Por lo tanto, la velocidad específica se encuentra entre 30 y 70 km/h.

4.3 Coeficiente de fricción transversal máxima

El coeficiente de fricción es un valor que depende de varios factores entre los cuales se encuentra el estado de rodadura, la velocidad del vehículo, el tipo de llantas de los vehículos etc. En la tabla se indican los valores del coeficiente de fricción indicados por los estudios de la AASHTO.

VELOCIDAD ESPECÍFICA V_{CH} (km/h)	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130
COEFICIENTE DE FRICCIÓN TRANSVERSAL MÁXIMA f_{Tmax}	0.35	0.28	0.23	0.19	0.17	0.15	0.14	0.13	0.12	0.11	0.09	0.08

Fuente: Tabla 3.1 M.D.G. INVIAS.
Tabla 3 Coeficiente de fricción lateral máxima.

4.4 Radio de curvatura mínimo (Rcmin)

El radio mínimo (RC mín.) es el valor límite de curvatura para una velocidad específica (VCH) de acuerdo con el peralte máximo (e máx.) y el coeficiente de fricción transversal máxima (fT máx.) Ver **tabla 3**. El radio mínimo de curvatura será usado en situaciones extremas, donde sea imposible la aplicación de radios mayores; en carreteras terciarias es difícil disponer de entre tangencias que permitan realizar transiciones, adicional por condiciones de seguridad y por la geometría horizontal de la vía utilizamos un peralte máximo de **4.00%.** El cálculo se realiza por medio de la siguiente ecuación.

$$Rc = \frac{Vch^2}{127\ x\ (e + ft)}$$

$$e = \frac{Vch^2}{127\ x\ Rc} - ft$$

Donde:

- ✓ *Rc= Radio de la curva circular (m).*
- ✓ *Vch = Velocidad especifica con que se diseña la curva (Km/h).*
- ✓ *e= Peralte de la calzada en la curva (m/m).*
- ✓ *ft = Coeficiente de fricción lateral.*

VELOCIDAD ESPECIFICA (Km/h)	PERALTE MAXIMO (%)	COEFICIENTE DE FRICCIÓN TRANSVERSAL fmax	TOTAL emax + fmax	RADIO MINIMO (m)	
				CALCULADO	REDONDEADO
20	*4*	0,35	0,39	8,1	8,0
30		0,28	0,32	22,1	22,0
40		0,23	0,27	46,7	47,0
50		0,19	0,23	85,6	86,0
60		0,17	0,21	135,0	135,0
70		0,15	0,19	203,1	203,0
80		0,14	0,18	280,0	280,0
90		0,13	0,17	375,2	375,0
100		0,12	0,16	492,1	492,0
110		0,11	0,15	635,2	635,0
120		0,09	0,13	872,2	872,0
130		0,08	0,12	1108,9	1109,0

Fuente: Tabla 3.3 M.D.G. INVIAS.

Tabla 4 Radios mínimos para peralte máximo e máx. = 4% y fricción máxima.

Para el tramo vial diseñado, se adoptó una velocidad específica de **30 Km/h**, para un radio mínimo de **22 metros**. Ver **tabla 4,** y se tuvo en cuenta el peralte máximo de **4.0%** porque es un factor determinante en la seguridad y movilidad de los accesos, ya que predominan los tramos en rectas y en curvas.

4.5 Elementos calculados del alineamiento

Considerando los parámetros mencionados en los numerales anteriores se realiza el diseño geométrico de la vía para la cual se calculan los diferentes elementos geométricos de diseño; adicional con el radio calculado y la velocidad específica se determina el peralte en función de las dos variables

mencionadas, el cual se puede observar en el **Anexo 4**, En las siguientes tablas se pueden observar los elementos geométricos.

Alineamiento/Nomenclatura Catastral	PR Inicial	PR Final	Coordenadas PR Inicial		Coordenadas PR Final	
			Este	Norte	Este	Norte
El Quemado	K0+000.00	K3+022.52	1139826.672	1473460.431	1138590.536	1471627.372

Fuente: Elaboración propia.
Tabla 5 PR de localización del proyecto.

Vía El Quemado

Tangente #	Longitud (m)	Rumbo	Abscisa Inicio	Coordenadas Abscisa de Inicio	Abscisa Fin	Coordenadas Abscisa de Fin
L1	10,43	S86° 06' 10.24W"	0+000.00	(1139826.67,1473460.43)	0+010.43	(1139816.26,1473459.72)
L2	64,60	N88° 59' 04.47W"	0+066.16	(1139760.57,1473458.32)	0+130.77	(1139695.98,1473459.47)
L3	207,82	S88° 15' 02.40W"	0+166.96	(1139659.79,1473459.23)	0+374.78	(1139452.06,1473452.89)
L4	28,59	S86° 03' 27.82W"	0+397.74	(1139429.13,1473451.75)	0+426.33	(1139400.61,1473449.78)
L5	85,46	S83° 40' 49.87W"	0+447.08	(1139379.95,1473447.93)	0+532.53	(1139295.01,1473438.52)
L6	12,48	S80° 38' 10.15W"	0+564.42	(1139263.43,1473434.17)	0+576.89	(1139251.12,1473432.14)
L7	34,33	S78° 12' 06.41W"	0+610.88	(1139217.71,1473425.90)	0+645.21	(1139184.11,1473418.88)
L8	56,46	S80° 08' 47.92W"	0+667.27	(1139162.44,1473414.74)	0+723.73	(1139106.82,1473405.08)
L9	31,11	S71° 20' 05.41W"	0+769.87	(1139062.14,1473393.73)	0+800.98	(1139032.67,1473383.77)
L10	48,67	S69° 29' 11.78W"	0+842.91	(1138993.16,1473369.71)	0+891.59	(1138947.57,1473352.65)
L11	31,19	S61° 06' 17.59W"	0+942.79	(1138901.10,1473331.27)	0+973.98	(1138873.79,1473316.20)
L12	54,48	S60° 01' 52.41W"	1+030.20	(1138824.83,1473288.58)	1+084.68	(1138777.63,1473261.36)
L13	25,96	S56° 32' 44.69W"	1+115.10	(1138751.76,1473245.38)	1+141.06	(1138730.10,1473231.06)
L14	19,70	S59° 28' 19.33W"	1+161.49	(1138712.77,1473220.24)	1+181.19	(1138695.80,1473210.23)
L15	32,67	S39° 30' 11.11W"	1+218.92	(1138667.26,1473185.85)	1+251.59	(1138646.48,1473160.64)
L16	12,79	S42° 06' 55.54W"	1+288.07	(1138622.64,1473133.03)	1+300.86	(1138614.07,1473123.55)
L17	6,57	S36° 16' 56.77W"	1+326.31	(1138597.99,1473103.83)	1+332.87	(1138594.10,1473098.54)
L18	55,91	S40° 52' 06.44W"	1+352.88	(1138581.63,1473082.90)	1+408.80	(1138545.04,1473040.62)
L19	15,99	S45° 24' 55.17W"	1+432.60	(1138528.77,1473023.25)	1+448.59	(1138517.38,1473012.03)
L20	26,50	S36° 10' 14.12W"	1+488.93	(1138491.06,1472981.52)	1+515.43	(1138475.42,1472960.13)
L21	98,91	S42° 01' 23.66W"	1+556.29	(1138449.66,1472928.44)	1+655.20	(1138383.45,1472854.96)
L22	58,46	S32° 21' 39.03W"	1+714.22	(1138347.81,1472807.99)	1+772.68	(1138316.52,1472758.61)
L23	1,12	S15° 40' 47.30W"	1+830.91	(1138292.90,1472705.61)	1+832.03	(1138292.60,1472704.54)
L24	13,23	S0° 46' 50.49W"	1+852.83	(1138289.63,1472684.00)	1+866.06	(1138289.45,1472670.78)
L25	32,05	S11° 11' 41.95W"	1+927.86	(1138283.01,1472609.40)	1+959.91	(1138276.79,1472577.96)
L26	36,32	S8° 46' 48.30E"	1+980.83	(1138276.35,1472557.15)	2+017.15	(1138281.89,1472521.26)
L27	20,49	S13° 53' 11.12E"	2+039.43	(1138286.27,1472499.42)	2+059.92	(1138291.19,1472479.53)
L28	9,01	S19° 22' 52.03E"	2+079.10	(1138296.68,1472461.16)	2+088.11	(1138299.67,1472452.66)
L29	9,71	S13° 01' 35.35E"	2+110.29	(1138305.85,1472431.37)	2+120.00	(1138308.04,1472421.91)
L30	37,09	S17° 09' 01.80E"	2+141.59	(1138313.66,1472401.07)	2+178.67	(1138324.60,1472365.63)

Tangente #	Longitud (m)	Rumbo	Abscisa Inicio	Coordenadas Abscisa de Inicio	Abscisa Fin	Coordenadas Abscisa de Fin
L31	78,48	S33° 24' 14.15E"	2+226.90	(1138345.12,1472322.17)	2+305.38	(1138388.32,1472256.66)
L32	103,24	S35° 15' 09.61E"	2+327.96	(1138401.06,1472238.00)	2+431.21	(1138460.65,1472153.69)
L33	68,81	S39° 02' 56.79E"	2+464.34	(1138480.66,1472127.29)	2+533.15	(1138524.01,1472073.85)
L34	29,15	S26° 15' 32.05E"	2+566.64	(1138542.04,1472045.72)	2+595.79	(1138554.94,1472019.57)
L35	26,38	S18° 46' 11.17E"	2+628.47	(1138567.44,1471989.41)	2+654.85	(1138575.93,1471964.43)
L36	40,75	S12° 45' 18.28E"	2+699.99	(1138588.19,1471921.01)	2+740.74	(1138597.18,1471881.26)
L37	42,34	S6° 55' 45.15E"	2+761.08	(1138600.66,1471861.23)	2+803.42	(1138605.77,1471819.20)
L38	37,22	S14° 16' 47.44E"	2+830.36	(1138610.72,1471792.74)	2+867.59	(1138619.90,1471756.66)
L39	21,48	S17° 30' 26.48E"	2+890.12	(1138626.07,1471734.99)	2+911.60	(1138632.53,1471714.51)
L40	5,13	S1° 13' 26.55W"	2+936.12	(1138635.99,1471690.34)	2+941.25	(1138635.88,1471685.21)
L41	25,13	S27° 28' 30.91W"	2+964.16	(1138630.25,1471663.21)	2+989.29	(1138618.66,1471640.91)
L42	6,25	S89° 17' 06.98W"	3+016.26	(1138596.79,1471627.45)	3+022.52	(1138590.54,1471627.37)

Fuente: AutoCAD Civil 3D 2020.

Tabla 6 Líneas tangentes con sus variables vía El Quemado.

Curva #	Radio (m)	Longitud de Curva (m)	Deflexión	Tangente (m)	Externa (m)	Cuerda Larga (m)
C1	650,00	55,73	4°54'45.3"	27.88	0,597	55.71
C2	750,00	36,19	2°45'53.1"	18.10	0,218	36.19
C3	600,00	22,96	2°11'34.6"	11.48	0,110	22.96
C4	500,00	20,75	2°22'38.0"	10.37	0,108	20.74
C5	600,00	31,88	3°02'39.7"	15.94	0,212	31.88
C6	800,00	33,99	2°26'03.7"	17.00	0,181	33.99
C7	650,00	22,06	1°56'41.5"	11.03	0,094	22.06
C8	300,00	46,14	8°48'42.5"	23.12	0,887	46.09
C9	1300,00	41,94	1°50'53.6"	20.97	0,169	41.93
C10	350,00	51,20	8°22'54.2"	25.65	0,936	51.16
C11	3000,00	56,22	1°04'25.2"	28.11	0,132	56.22
C12	500,00	30,42	3°29'07.7"	15.21	0,231	30.41
C13	400,00	20,43	2°55'34.6"	10.22	0,130	20.43
C14	108,26	37,73	19°58'08.2"	19.06	1.64	37.54
C15	800,00	36,48	2°36'44.4"	18.24	0,208	36.47
C16	250,00	25,45	5°49'58.8"	12.74	0,324	25.44
C17	250,00	20,01	4°35'09.7"	10.01	0,200	20.01
C18	300,00	23,81	4°32'48.7"	11.91	0,236	23.80
C19	250,00	40,34	9°14'41.0"	20.21	0,813	40.29
C20	400,00	40,86	5°51'09.5"	20.45	0,522	40.84
C21	350,00	59,02	9°39'44.6"	29.58	1.24	58.95
C22	200,00	58,23	16°40'51.7"	29.32	2.12	58.02
C23	80,00	20,80	14°53'56.8"	10.46	0,675	20.75
C24	340,00	61,80	10°24'51.5"	30.99	1.40	61.72

Curva #	Radio (m)	Longitud de Curva (m)	Deflexión	Tangente (m)	Externa (m)	Cuerda Larga (m)
C25	60,00	20,92	19°58'30.3"	10.57	0,909	20.81
C26	250,00	22,28	5°06'22.8"	11.15	0,248	22.27
C27	200,00	19,18	5°29'40.9"	9.60	0,230	19.17
C28	200,00	22,18	6°21'16.7"	11.10	0,307	22.17
C29	300,00	21,59	4°07'26.4"	10.80	0,194	21.59
C30	170,00	48,22	16°15'12.4"	24.28	1.71	48.06
C31	700,00	22,59	1°50'55.5"	11.29	0,091	22.59
C32	500,00	33,13	3°47'47.2"	16.57	0,274	33.12
C33	150,00	33,48	12°47'24.7"	16.81	0,933	33.42
C34	250,00	32,68	7°29'20.9"	16.36	0,534	32.65
C35	430,00	45,14	6°00'52.9"	22.59	0,592	45.12
C36	200,00	20,34	5°49'33.1"	10.18	0,258	20.33
C37	210,00	26,94	7°21'02.3"	13.49	0,432	26.92
C38	400,00	22,53	3°13'39.0"	11.27	0,159	22.53
C39	75,00	24,52	18°43'53.0"	12.37	1.00	24.41
C40	50,00	22,91	26°15'04.4"	11.66	1.31	22.71
C41	25,00	26,97	61°48'36.1"	14.97	3.55	25.68

Fuente: AutoCAD Civil 3D 2020.

Tabla 7 Curvas Circulares con sus variables parte I vía El Quemado.

Curva #	Abscisa PC	Norte PC	Este PC	Abscisa PT	Norte PT	Este PT
C24	2+687.622	1474925.66	1145299.99	2+704.614	1474909.21	1145304.12
C23	2+588.385	1475018.87	1145265.93	2+602.747	1475005.33	1145270.73
C22	2+494.379	1475107.79	1145235.44	2+510.447	1475092.65	1145240.82
C21	2+410.426	1475184.22	1145201.11	2+470.428	1475130.24	1145227.11
C20	2+392.280	1475200.30	1145192.75	2+407.529	1475186.70	1145199.61
C19	2+342.801	1475246.30	1145174.57	2+357.290	1475232.66	1145179.43
C18	1+847.400	1475720.51	1145031.24	1+863.061	1475705.59	1145035.99
C17	1+674.532	1475884.42	1144976.32	1+694.439	1475865.64	1144982.92
C16	1+448.072	1476096.73	1144897.54	1+462.664	1476083.11	1144902.77
C15	1+358.426	1476179.81	1144863.87	1+384.169	1476156.10	1144873.90
C14	1+300.577	1476232.72	1144840.49	1+318.793	1476215.97	1144847.64
C13	0+981.641	1476522.62	1144707.74	0+989.370	1476515.60	1144710.98
C12	1+061.506	1476450.52	1144742.09	1+070.551	1476442.30	1144745.86
C11	1+226.750	1476300.92	1144812.23	1+244.963	1476284.26	1144819.59
C10	0+749.489	1476751.12	1144681.61	0+753.889	1476746.76	1144682.16
C9	0+935.665	1476565.82	1144693.35	0+956.359	1476545.70	1144697.43
C8	0+833.078	1476668.31	1144692.96	0+864.577	1476636.89	1144694.79
C7	0+629.277	1476870.14	1144665.30	0+667.661	1476832.41	1144672.23
C6	0+462.288	1477030.29	1144619.11	0+510.798	1476984.97	1144636.13
C5	0+181.904	1477270.80	1144480.99	0+217.268	1477248.21	1144507.12
C4	0+094.104	1477294.09	1144396.80	0+130.029	1477287.93	1144432.03
C3	0+046.372	1477300.67	1144349.82	0+082.927	1477294.19	1144385.62

Curva #	Abscisa PC	Norte PC	Este PC	Abscisa PT	Norte PT	Este PT
C2	0+019.412	1477312.77	1144325.96	0+036.944	1477303.89	1144340.96
C1	0+003.533	1477323.82	1144314.60	0+012.196	1477317.54	1144320.54

Fuente: AutoCAD Civil 3D 2020.

Tabla 8 Curvas Circulares con sus variables parte II vía El Quemado.

4.6 Selección del peralte en función del radio seleccionado y la velocidad especifica.

Una vez asignada la velocidad específica (VCH) a cada curva horizontal y con el radio de curvatura elegido (RC), que es el que permite ajustar de la mejor manera la trayectoria de la curva a la topografía del terreno, es necesario asignar el peralte que debe tener dicha curva para que con su radio (RC) permita que los vehículos puedan circular con plena seguridad a la velocidad específica (VCH), por lo tanto las curvas de radios superiores al mínimo no cumplen con la fricción transversal máxima (fTmáx) sino con las fricción transversal demandada.

En la **tabla 9** se presenta el valor del peralte en función de la velocidad y el radio de curva para carreteras terciaria y peralte máximo del **4.00%.**

emax 4 (%)	Velocidad especifica Vch (km/h)					
	20	30	40	50	60	70
	R (m)					
1,50	**163**	**371**	**679**	**951**	**1310**	**1740**
2,00	102	237	441	632	877	1180
2,20	75	187	363	534	749	1020
2,40	51	132	273	435	626	865
2,60	38	99	209	345	508	720
2,80	30	79	167	283	422	605
3,00	24	64	137	236	356	516
3,20	20	54	114	199	303	443
3,40	17	45	96	170	260	382
3,60	14	38	81	144	222	329
3,80	12	31	67	121	187	278
4,00	**8**	**22**	**47**	**86**	**135**	**203**

Fuente: Tabla 3.5 M.D.G. INVIAS.

Tabla 9 Radios (Rc) según Velocidad Especifica (Vch) y Peraltes (e) para emax = 4%.

Se adopta un radio de curvatura mínimo redondeado de 22 m para una velocidad específica de 30 Km/h, con un peralte máximo del 4%, un coeficiente de fricción transversal de 0.28, sin descartar que

cada curva tendrá su propio radio y peralte en función de las condiciones de seguridad y topografía de la vía. Los valores mencionados de radio de curvatura y peralte se pueden observar en el **Anexo 4 (Planos de Diseño).**

4.7 Transición del peralte

Las longitudes de transición se consideran a partir del punto donde el borde exterior del pavimento comienza a elevarse partiendo de un bombeo normal, hasta el punto donde se forma el peralte total de la curva. La longitud de transición está constituida por dos tramos principales:

- La distancia (N) necesaria para levantar el borde exterior, del bombeo normal a la nivelación con el eje de la vía, llamado aplanamiento.
- La distancia (L) necesaria para pasar de este punto al peralte total en la curva circular. La longitud total de transición se define mediante la siguiente expresión:

$$Lt = L + N$$

$$N = \frac{BN \text{ x } L}{e_f}$$

Donde:

Lt: Longitud total de transición, (m).
L: Longitud del punto donde el peralte es cero al punto del peralte total en la curva circular (m).
N: aplanamiento, (m).
BN: Bombeo normal, (%).
Ef: Peralte total, (%).

4.8 Rampa de peralte.

La rampa de peralte se define como la diferencia relativa que existe entre la inclinación del eje horizontal de la calzada y la inclinación del borde de la misma y se determina por la siguiente expresión:

$$\Delta s = a \text{ x } (\frac{e_f - e_i}{L})$$

Donde:

Δs: Inclinación longitudinal de la rampa de peraltes, (%).

L: longitud de transición, L= Lt - N, (m).
ef: Peralte al finalizar el tramo de transición o peralte total, (%)
ei: Peralte al iniciar el tramo de transición, (%).
A: Distancia del eje de giro al borde exterior de la calzada, (m).

Estos valores de la inclinación de la rampa garantizan no solamente la comodidad de la marcha de los vehículos, sino una adecuada apariencia de la carretera y cualquiera que sea el sistema seguido para conformar el peralte total, no deben ser excedidos. La **tabla 10** presenta valores máximos y mínimos de la pendiente longitudinal para la rampa de peralte.

Se adoptan valores sugeridos por la AASHTO – 2004 para la pendiente relativa de la rampa de peraltes para las velocidades comprendida entre (60 - 120 km/h). Para las velocidades entre veinte a cincuenta kilómetros por hora (20 - 50 km/h) se adoptan valores ajustados a las necesidades de las carreteras secundarias y terciarias donde el espacio para realizar la transición de peraltado es muy limitado.

VELOCIDAD ESPECÍFICA (V_{CH}) (km/h)	PENDIENTE RELATIVA DE LA RAMPA DE PERALTES Δs	
	MÁXIMA (%)	MÍNIMA (%)
20	1.35	0.1 x a
30	1.28	
40	0.96	
50	0.77	
60	0.60	
70	0.55	
80	0.50	
90	0.47	
100	0.44	
110	0.41	
120	0.38	
130	0.38	

Fuente: Tabla 3.6 M.D.G. INVIAS.
Tabla 10 Valores máximos y mínimos de la pendiente longitudinal para rampas de peraltes máxima.

La siguiente ilustración muestra el desarrollo de peralte a emplear, rotando la calzada desde el eje de la vía.

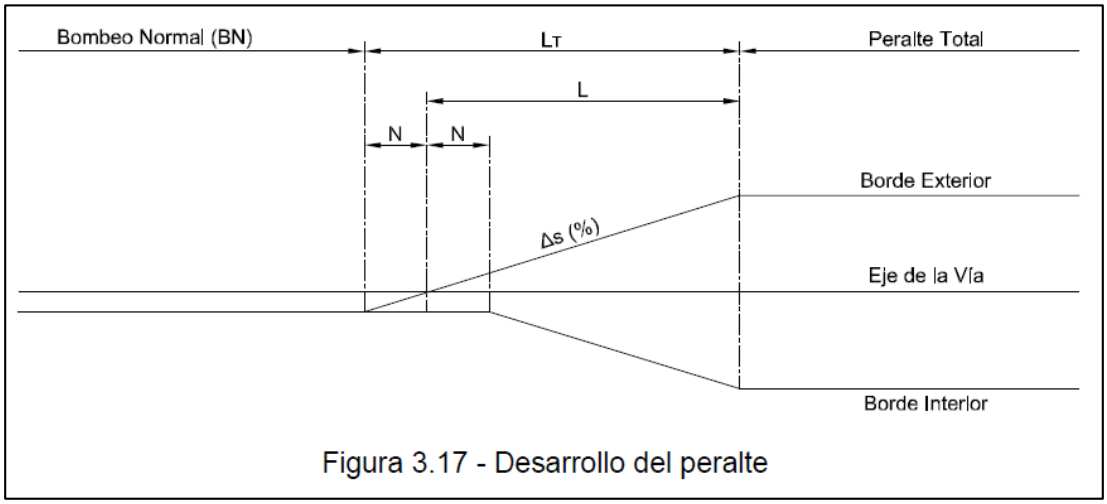


Figura 3.17 - Desarrollo del peralte

Fuente: Manual Diseño Geométrico de Vías INVIAS.
Figura 3 Desarrollo de Peralte.

4.9 Cálculo de la longitud de transición

Las longitudes de transición para este caso se toman a partir del bombeo normal, hasta el punto donde se forma el peralte máximo.

La longitud de transición se calcula de acuerdo con la relación indicada en el **numeral 4.8**, rampa de peralte, en donde se puede obtener la longitud de transición en función de la inclinación relativa de la rampa de peralte, ancho de calzada que gira y los cambios de peralte, variables ya definidas, por lo tanto, la ecuación para el cálculo queda de la siguiente manera:

$$\boldsymbol{L = a * bw * \left(\frac{ef - ei}{\Delta s}\right)} \qquad \boldsymbol{a = w * n}$$

Donde:

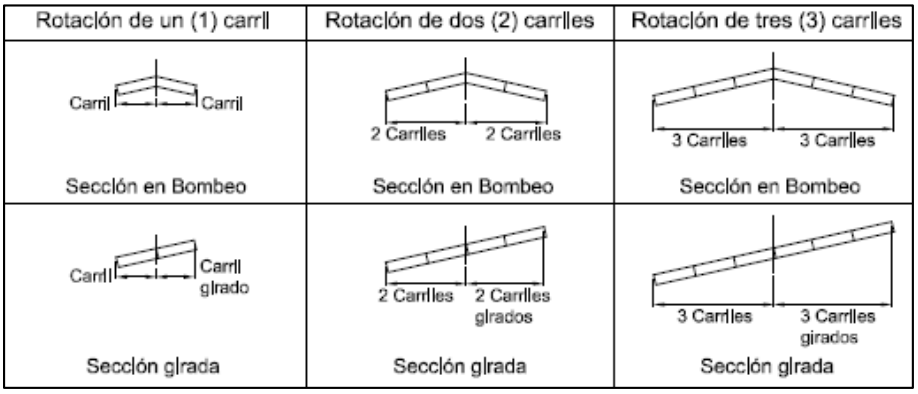
- ✓ *a= Ancho de la calzada que gira (m).*
- ✓ *L: Longitud de transición (m).*
- ✓ *ef - ei = Cambio de peralte (%), donde ei = peralte inicial = 0.*
- ✓ *bw = factor de ajuste debido al número de carriles que giran (m).*
- ✓ *Δs = inclinación relativa de la rampa de peraltes.*
- ✓ *w = Ancho de carril (m).*
- ✓ *n = número de carriles que giran.*

El valor de la inclinación relativa de la rampa de peralte (Δs) se obtiene de la **tabla 11**, los demás datos de la ecuación se definen al seleccionar los peraltes y el ancho de la sección transversal.

El valor del ancho de calzada que gira (a) es igual al ancho de los carriles que giran. Cuando el número de carriles que rotan es mayor que uno (1) es conveniente el uso de un factor de ajuste (bw) para evitar una excesiva longitud de transición y desniveles muy altos entre el borde exterior y el eje de giro. En la **tabla 11** se indican los factores de ajuste (AASHTO - 2004) y en la **figura 4** los bosquejos que indican los carriles que giran respecto a su eje de giro.

NÚMERO DE CARRILES QUE GIRAN (n)	FACTOR DE AJUSTE (b_w)	INCREMENTO EN LOS CARRILES DE GIRO RESPECTO A UN CARRIL GIRADO
1.0	1.00	1.00
1.5	0.83	1.25
2.0	0.75	1.50
2.5	0.70	1.75
3.0	0.67	2.00
3.5	0.64	2.25

Fuente: Tabla 3.6ª M.D.G. INVIAS.
Tabla 11 Factor de ajuste para el número de carriles girados.



Fuente: Manual Diseño Geométrico de Vías INVIAS.
Figura 4 Rotación de los carriles respecto a su eje.

La longitud total de transición del peralte (Longitud de transición más longitud de aplanamiento) se puede observar en el perfil de diseño geométrico de la vía. **Anexo 4 (Planos de Diseño).**

4.10 Entretangencia Horizontal

4.10.1 Entretangencia mínima

- ✓ **Para curvas de distinto sentido:** si el alineamiento se hace con curvas circulares únicamente, la longitud de entretangencia debe satisfacer la mayor de las condiciones dadas

por longitud de transición, de acuerdo con los valores de pendiente máxima para rampa de peraltes y por la distancia recorrido en un tiempo de 5 segundos a la menos de las velocidades específicas de las curvas adyacentes a la entretangencia en estudio.

- ✓ **Para curvas del mismo sentido:** para curvas circulares especialmente en terreno plano, la entretangencia no puede ser menor al espacio recorrido en un tiempo de quince segundos a la velocidad específica de la entretangencia horizontal.

4.10.2 Entretangencia máxima

Se deben acondicionar entretangencias suficientemente largas que permitan cumplir con la Distancia de Visibilidad de Adelantamiento (Da), pero en el caso que se excedan estas distancias por razones propias del diseño es necesario procurar que la longitud máxima de recta no sea superior a quince (15) veces la Velocidad Específica de la entretangencia horizontal (VETH) expresada en kilómetros por hora (km/h). Este criterio se aplica de igual forma para curvas de igual sentido como para curvas de diferente sentido.

4.11 Longitud mínima de la curva circular

Para ángulos de deflexión entre tangentes menores o iguales a seis grados (6°), en el caso de que no se puedan evitar, se realizará la unión de las mismas mediante una curva circular simple de tal forma que se cumplan los criterios indicados en la **tabla 12**. La aplicación de estos criterios define la longitud mínima de las curvas circulares puesto que evita diseñar curvas circulares con longitudes demasiado cortas que generan una defectuosa apariencia de la vía y producen la sensación de quiebre forzado entre dos alineamientos rectos.

ANGULO ENTRE ALINEAMIENTOS	6°	5°	4°	3°	2°
RADIO MÍNIMO (m)	2000	2500	3500	5500	9000

Fuente: Tabla 3.10 M.D.G. INVIAS.
Tabla 12 Radios para pequeñas deflexiones entre alineamientos rectos.

5 DISEÑO GEOMETRICO VERTICAL

El alineamiento vertical está formado por segmentos rectos enlazados por arcos parabólicos, a estos tramos rectos se les conocen como tangentes, cuya inclinación vertical depende principalmente de la topografía de la zona, del alineamiento horizontal y del porcentaje de vehículos pesados. A

continuación, se mencionarán las variables que interviene en el diseño vertical y que se tuvieron en cuenta para que el diseño sea el más óptimo y funcional.

5.1 Tangente vertical

5.1.1 Pendiente mínima

La pendiente mínima longitudinal de la rasante debe garantizar especialmente el escurrimiento fácil de las aguas lluvias en la superficie de rodadura. La pendiente mínima que garantiza el adecuado funcionamiento debe ser de cero punto cinco por ciento (0.5%) como pendiente mínima deseable y cero punto tres por ciento (0.3%) para diseño en terreno plano o sitios donde no es posible el diseño con la pendiente mínima deseable.

5.1.2 Pendiente máxima

Para determinar la pendiente máxima debemos saber que esta se encuentra relacionada con la velocidad a la cual van a circular los vehículos, es decir que está pendiente varia del tipo de vía que estemos estudiando. Para vías primarias y secundarias la pendiente máxima se debe establecer considerando velocidades altas (60 – 130 km/h).

Para la selección de la pendiente máxima es necesario adoptar la pendiente media máxima del corredor, la cual debe estar en consonancia con la velocidad de diseño del tramo homogéneo en la **tabla 13** se presentan los valores correspondientes.

CATEGORÍA DE LA CARRETERA	VELOCIDAD DE DISEÑO DEL TRAMO HOMOGÉNEO V_{TR} (km/h)									
	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110
Primaria de dos calzadas	-	-	-	-	-	6	6	6	5	5
Primaria de una calzada	-	-	-	-	7	7	6	6	5	-
Secundaria	-	-	7	7	7	7	6	-	-	-
Terciaria	7	7	7	-	-	-	-	-	-	

Fuente: M.D.G. INVIAS.

Tabla 13 Elección de la pendiente máxima de la vía en función de la velocidad de diseño del tramo homogéneo.

5.1.3 Longitud mínima

Las longitudes mínimas de las tangentes verticales dependen de la velocidad específica, es decir, para velocidades menores a 40 km/h la longitud será la distancia recorrida en siete segundos, medida como

proyección horizontal. Las tangentes verticales cuyas velocidades específicas son mayores a 40 km/h no tendrán una longitud menor a la distancia recorrida en diez segundos, a continuación, se presentan los valores para diferentes velocidades específicas de la tangente vertical.

VELOCIDAD ESPECÍFICA DE LA TANGENTE VERTICAL V_{TV} (km/h)	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130
LONGITUD MÍNIMA DE LA TANGENTE VERTICAL (m)	40	60	80	140	170	195	225	250	280	305	335	360

Fuente: M.D.G. INVIAS.
Tabla 14 Longitud mínima de tangente vertical.

5.1.4 Longitud máxima

- ✓ **Longitud critica de la tangente vertical:** Se considera que la Longitud crítica de la tangente vertical es aquella en la que el vehículo pesado seleccionado para el diseño sufre una reducción en su velocidad de veinticinco kilómetros por hora (25 km/h) con respecto a su velocidad media de operación en tramos a nivel de la carretera que se diseña.

- ✓ **Pendiente de la tangente vertical siguiente a la de longitud critica:** La pendiente recomendable para que el vehículo pesado alcance a recuperar la velocidad inicial que tenía antes de entrar a la tangente de longitud crítica, es de uno por ciento (1%) en una longitud igual o mayor a la longitud crítica anteriormente superada.

5.2 Curvas verticales

El diseño vertical se definió con base al nivel superior de la capa de rodadura, ajustándose lo mejor posible a la condición actual del terreno.

El diseño de curvas verticales se realizó con base al parámetro K, de igual manera buscando la mejor acomodación al terreno y mejora en la visibilidad de parada. En ningún caso se excedió la pendiente longitudinal máxima recomendada de acuerdo con la velocidad de diseño adoptada para cada sector.

En algunas abscisas se realizó las mejoras del alineamiento vertical para proporcionar condiciones adecuadas de visibilidad, comodidad y seguridad a los usuarios de la vía; sin dejar a un lado la importancia de optimizar los movimientos de tierra para no afectar el proyecto económicamente.

VELOCIDAD ESPECÍFICA V_{CV} (km/h)	DISTANCIA DE VISIBILIDAD DE PARADA (m)	VALORES DE $K_{mín}$				LONGITUD MÍNIMA SEGÚN CRITERIO DE OPERACIÓN (m)
		CURVA CONVEXA		CURVA CÓNCAVA		
		CALCULADO	REDONDEADO	CALCULADO	REDONDEADO	
20	20	0.6	1.0	2.1	3.0	20 (1)
30	35	1.9	2.0	5.1	6.0	20 (1)
40	50	3.8	4.0	8.5	9.0	24
50	65	6.4	7.0	12.2	13.0	30
60	85	11.0	11.0	17.3	18.0	36
70	105	16.8	17.0	22.6	23.0	42
80	130	25.7	26.0	29.4	30.0	48
90	160	38.9	39.0	37.6	38.0	54
100	185	52.0	52.0	44.6	45.0	60
110	220	73.6	74.0	54.4	55.0	66
120	250	95.0	95.0	62.8	63.0	72
130	285	123.4	124.0	72.7	73.0	78

Fuente: Tabla 4.4 M.D.G. INVIAS.

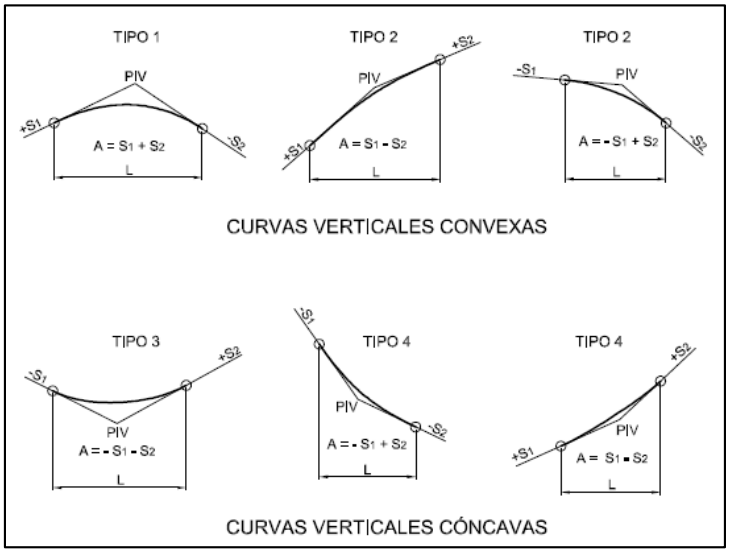
Tabla 15 Valores de K mín. para el control de la distancia de visibilidad de parada y longitudes mínimas según criterio de operación en curvas verticales (Ref. tabla 4.4. M.D.G. INVIAS).

Para una vía con velocidad específica de 30 km/h se definió un valor de K redondeado equivalente a: 2 para curvas convexas y 6 para curvas cóncavas, en casos puntuales se pondrán señales de tránsito que prevendrán al conductor a disminuir la velocidad de circulación con fin de que tenga un recorrido seguro y cómodo.

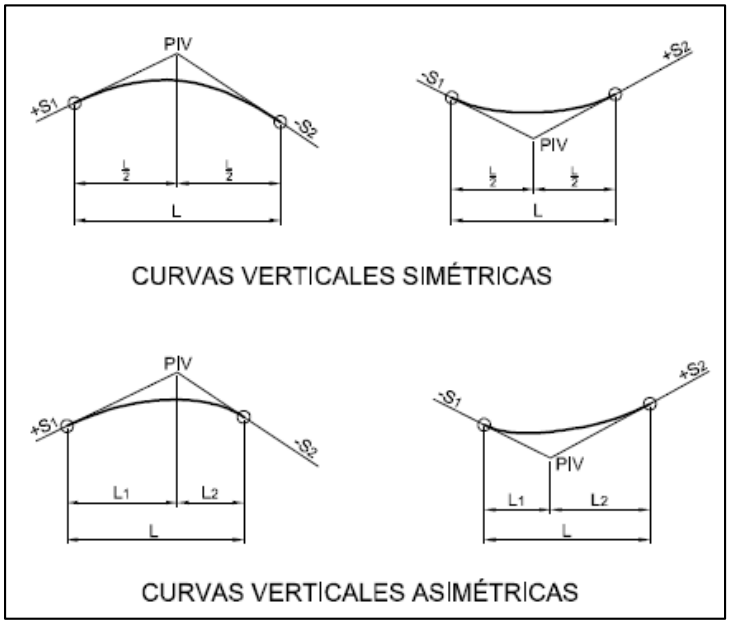
5.3 Descripción y cálculo de los elementos geométricos de la curva vertical

Las curvas verticales pueden ser de dos tipos, Cóncavas o convexas dependiendo de su forma, y simétricas o asimétricas de acuerdo a su proporción entre sus ramas. Ver **figura 5**

Las curvas simétricas están conformadas por dos parábolas de igual longitud que se unen en la proyección vertical del PIV, para las curvas asimétricas su determinación es diferente ya que sus parábolas son de diferente longitud. En la **figura 6** se muestra un claro ejemplo de curvas simétricas y asimétricas.



Fuente: Manual Diseño Geométrico de Vías INVIAS.
Figura 5 Tipos de curvas verticales cóncavas y convexas.



Fuente: Manual Diseño Geométrico de Vías INVIAS.
Figura 6 Tipos de curvas verticales simétricas y asimétricas.

5.4 Determinación de la longitud de las curvas verticales

Para la determinación de las curvas verticales ya sean simétricas o asimétricas, cóncavas o convexas se deben considerar diferentes criterios.

- ✓ **Criterio de seguridad**

Establece una longitud mínima que debe tener la curva vertical para que en toda su trayectoria la distancia de visibilidad sea mayor o igual a la de parada (DP). Es pertinente manifestar que en algunos casos el nivel de servicio deseado puede obligar a diseñar curvas verticales que satisfagan la distancia de visibilidad de adelantamiento (Da).

- ✓ **Criterio de operación**

Establece una longitud mínima que debe tener la curva vertical para evitar al usuario la impresión de un cambio súbito de pendiente.

- ✓ **Criterio de drenaje**

Establece una longitud máxima que puede tener la curva vertical para evitar que, por ser muy extensa, en su parte central resulte muy plana dificultándose el drenaje de la calzada, por lo cual el parámetro K para control de visibilidad de parada en ningún caso para curvas cóncavas puede ser mayor a 50 ya que podría convertir la curva vertical en un tramo de la vía con pendiente cero lo que ocasionaría durante un día de precipitación estancamiento de aguas lluvias.

- ✓ **Parámetro Visibilidad de Parada (K)**

La longitud de la curva es la relación del parámetro K con la sumatoria de las pendientes longitudinales, proceso de calculo que generalmente se realiza durante el proceso de cálculo con el software AutoCAD Civil 3D, este es el método más usado para el cálculo de la longitud de la curva vertical.

En las siguientes tablas se pueden observar los diferentes acuerdos verticales del alineamiento diseñado considerando el cumplimiento de los diferentes criterios mencionados anteriormente.

Vía El Quemado.

Alineación vertical: Perfil de diseño (EJE)			
Intervalo de P.K.: inicio: 0+000.00, fin: 3+022.52			
Información de acuerdo vertical: (acuerdo cóncavo)			
P.K. de PAV:	0+050.000	Elevación:	12.533m
P.K. de VAV:	0+060.000	Elevación:	12.510m
P.K. de PTV:	0+070.000	Elevación:	12.542m

Alineación vertical: Perfil de diseño (EJE)			
Intervalo de P.K.: inicio: 0+000.00, fin: 3+022.52			
Punto bajo:	0+058.385	Elevación:	12.524m
Inclinación de rasante T.E.:	-0.23%	Inclinación de rasante T.S.:	0.32%
Cambiar:	0.56%	K:	35.946m
Longitud de curva:	20.000m	Radio de curva	3,594.587m
Distancia de iluminación:			
Información de acuerdo vertical: (acuerdo convexo)			
P.K. de PAV:	0+215.000	Elevación:	13.011m
P.K. de VAV:	0+230.000	Elevación:	13.059m
P.K. de PTV:	0+245.000	Elevación:	13.009m
Punto alto:	0+229.675	Elevación:	13.035m
Inclinación de rasante T.E.:	0.32%	Inclinación de rasante T.S.:	-0.34%
Cambiar:	0.66%	K:	45.414m
Longitud de curva:	30.000m	Radio de curva	4,541.384m
Distancia de adelantamiento:	2,355.875m	Distancia de parada:	1,021.030m
Información de acuerdo vertical: (acuerdo cóncavo)			
P.K. de PAV:	0+305.000	Elevación:	12.806m
P.K. de VAV:	0+320.000	Elevación:	12.756m
P.K. de PTV:	0+335.000	Elevación:	12.835m
Punto bajo:	0+316.700	Elevación:	12.787m
Inclinación de rasante T.E.:	-0.34%	Inclinación de rasante T.S.:	0.53%
Cambiar:	0.87%	K:	34.672m
Longitud de curva:	30.000m	Radio de curva	3,467.248m
Distancia de iluminación:			
Información de acuerdo vertical: (acuerdo convexo)			
P.K. de PAV:	0+395.000	Elevación:	13.152m
P.K. de VAV:	0+410.000	Elevación:	13.231m
P.K. de PTV:	0+425.000	Elevación:	13.181m
Punto alto:	0+413.408	Elevación:	13.200m
Inclinación de rasante T.E.:	0.53%	Inclinación de rasante T.S.:	-0.33%
Cambiar:	0.86%	K:	34.879m
Longitud de curva:	30.000m	Radio de curva	3,487.872m

Alineación vertical: Perfil de diseño (EJE)			
Intervalo de P.K.: inicio: 0+000.00, fin: 3+022.52			
Distancia de adelantamiento:	1,812.838m	Distancia de parada:	787.651m
Información de acuerdo vertical: (acuerdo cóncavo)			
P.K. de PAV:	0+495.000	Elevación:	12.948m
P.K. de VAV:	0+510.000	Elevación:	12.898m
P.K. de PTV:	0+525.000	Elevación:	12.957m
Punto bajo:	0+508.812	Elevación:	12.925m
Inclinación de rasante T.E.:	-0.33%	Inclinación de rasante T.S.:	0.39%
Cambiar:	0.72%	K:	41.561m
Longitud de curva:	30.000m	Radio de curva	4,156.144m
Distancia de iluminación:			
Información de acuerdo vertical: (acuerdo convexo)			
P.K. de PAV:	0+565.000	Elevación:	13.113m
P.K. de VAV:	0+580.000	Elevación:	13.171m
P.K. de PTV:	0+595.000	Elevación:	13.120m
Punto alto:	0+580.964	Elevación:	13.144m
Inclinación de rasante T.E.:	0.39%	Inclinación de rasante T.S.:	-0.34%
Cambiar:	0.73%	K:	40.989m
Longitud de curva:	30.000m	Radio de curva	4,098.867m
Distancia de adelantamiento:	2,127.778m	Distancia de parada:	923.002m
Información de acuerdo vertical: (acuerdo cóncavo)			
P.K. de PAV:	0+645.000	Elevación:	12.948m
P.K. de VAV:	0+660.000	Elevación:	12.897m
P.K. de PTV:	0+675.000	Elevación:	12.943m
Punto bajo:	0+660.788	Elevación:	12.921m
Inclinación de rasante T.E.:	-0.34%	Inclinación de rasante T.S.:	0.31%
Cambiar:	0.65%	K:	46.105m
Longitud de curva:	30.000m	Radio de curva	4,610.542m
Distancia de iluminación:			
Información de acuerdo vertical: (acuerdo convexo)			
P.K. de PAV:	0+745.000	Elevación:	13.159m
P.K. de VAV:	0+760.000	Elevación:	13.205m
P.K. de PTV:	0+775.000	Elevación:	13.160m

Alineación vertical: Perfil de diseño (EJE)			
Intervalo de P.K.: inicio: 0+000.00, fin: 3+022.52			
Punto alto:	0+760.190	Elevación:	13.182m
Inclinación de rasante T.E.:	0.31%	Inclinación de rasante T.S.:	-0.30%
Cambiar:	0.61%	K:	49.278m
Longitud de curva:	30.000m	Radio de curva	4,927.810m
Distancia de adelantamiento:	2,555.060m	Distancia de parada:	1,106.633m
Información de acuerdo vertical: (acuerdo cóncavo)			
P.K. de PAV:	0+837.500	Elevación:	12.972m
P.K. de VAV:	0+850.000	Elevación:	12.935m
P.K. de PTV:	0+862.500	Elevación:	12.972m
Punto bajo:	0+850.022	Elevación:	12.954m
Inclinación de rasante T.E.:	-0.30%	Inclinación de rasante T.S.:	0.30%
Cambiar:	0.60%	K:	41.666m
Longitud de curva:	25.000m	Radio de curva	4,166.553m
Distancia de iluminación:			
Información de acuerdo vertical: (acuerdo convexo)			
P.K. de PAV:	0+945.000	Elevación:	13.219m
P.K. de VAV:	0+960.000	Elevación:	13.264m
P.K. de PTV:	0+975.000	Elevación:	13.218m
Punto alto:	0+959.823	Elevación:	13.242m
Inclinación de rasante T.E.:	0.30%	Inclinación de rasante T.S.:	-0.31%
Cambiar:	0.61%	K:	49.494m
Longitud de curva:	30.000m	Radio de curva	4,949.406m
Distancia de adelantamiento:	2,566.192m	Distancia de parada:	1,111.417m
Información de acuerdo vertical: (acuerdo cóncavo)			
P.K. de PAV:	1+107.500	Elevación:	12.812m
P.K. de VAV:	1+120.000	Elevación:	12.774m
P.K. de PTV:	1+132.500	Elevación:	12.812m
Punto bajo:	1+119.961	Elevación:	12.793m
Inclinación de rasante T.E.:	-0.31%	Inclinación de rasante T.S.:	0.31%
Cambiar:	0.62%	K:	40.637m
Longitud de curva:	25.000m	Radio de curva	4,063.714m

Alineación vertical: Perfil de diseño (EJE)			
Intervalo de P.K.: inicio: 0+000.00, fin: 3+022.52			
Distancia de iluminación:			
Información de acuerdo vertical: (acuerdo convexo)			
P.K. de PAV:	1+245.000	Elevación:	13.159m
P.K. de VAV:	1+260.000	Elevación:	13.206m
P.K. de PTV:	1+275.000	Elevación:	13.157m
Punto alto:	1+259.712	Elevación:	13.182m
Inclinación de rasante T.E.:	0.31%	Inclinación de rasante T.S.:	-0.32%
Cambiar:	0.63%	K:	47.679m
Longitud de curva:	30.000m	Radio de curva	4,767.927m
Distancia de adelantamiento:	2,472.648m	Distancia de parada:	1,071.215m
Información de acuerdo vertical: (acuerdo cóncavo)			
P.K. de PAV:	1+320.000	Elevación:	13.013m
P.K. de VAV:	1+335.000	Elevación:	12.965m
P.K. de PTV:	1+350.000	Elevación:	13.028m
Punto bajo:	1+333.014	Elevación:	12.992m
Inclinación de rasante T.E.:	-0.32%	Inclinación de rasante T.S.:	0.42%
Cambiar:	0.74%	K:	40.587m
Longitud de curva:	30.000m	Radio de curva	4,058.729m
Distancia de iluminación:			
Información de acuerdo vertical: (acuerdo convexo)			
P.K. de PAV:	1+355.000	Elevación:	13.049m
P.K. de VAV:	1+370.000	Elevación:	13.112m
P.K. de PTV:	1+385.000	Elevación:	13.046m
Punto alto:	1+369.724	Elevación:	13.080m
Inclinación de rasante T.E.:	0.42%	Inclinación de rasante T.S.:	-0.43%
Cambiar:	0.85%	K:	35.183m
Longitud de curva:	30.000m	Radio de curva	3,518.261m
Distancia de adelantamiento:	1,828.502m	Distancia de parada:	794.383m
Información de acuerdo vertical: (acuerdo cóncavo)			
P.K. de PAV:	1+405.000	Elevación:	12.960m
P.K. de VAV:	1+420.000	Elevación:	12.894m
P.K. de PTV:	1+435.000	Elevación:	12.942m

Alineación vertical: Perfil de diseño (EJE)			
Intervalo de P.K.: inicio: 0+000.00, fin: 3+022.52			
Punto bajo:	1+422.361	Elevación:	12.922m
Inclinación de rasante T.E.:	-0.43%	Inclinación de rasante T.S.:	0.32%
Cambiar:	0.75%	K:	39.985m
Longitud de curva:	30.000m	Radio de curva	3,998.515m
Distancia de iluminación:			
Información de acuerdo vertical: (acuerdo convexo)			
P.K. de PAV:	1+540.000	Elevación:	13.274m
P.K. de VAV:	1+560.000	Elevación:	13.337m
P.K. de PTV:	1+580.000	Elevación:	13.235m
Punto alto:	1+555.278	Elevación:	13.298m
Inclinación de rasante T.E.:	0.32%	Inclinación de rasante T.S.:	-0.51%
Cambiar:	0.83%	K:	48.336m
Longitud de curva:	40.000m	Radio de curva	4,833.555m
Distancia de adelantamiento:	1,888.607m	Distancia de parada:	823.065m
Información de acuerdo vertical: (acuerdo cóncavo)			
P.K. de PAV:	1+615.000	Elevación:	13.056m
P.K. de VAV:	1+630.000	Elevación:	12.979m
P.K. de PTV:	1+645.000	Elevación:	13.032m
Punto bajo:	1+632.765	Elevación:	13.010m
Inclinación de rasante T.E.:	-0.51%	Inclinación de rasante T.S.:	0.35%
Cambiar:	0.86%	K:	34.733m
Longitud de curva:	30.000m	Radio de curva	3,473.310m
Distancia de iluminación:			
Información de acuerdo vertical: (acuerdo convexo)			
P.K. de PAV:	1+670.000	Elevación:	13.120m
P.K. de VAV:	1+685.000	Elevación:	13.173m
P.K. de PTV:	1+700.000	Elevación:	13.120m
Punto alto:	1+685.068	Elevación:	13.146m
Inclinación de rasante T.E.:	0.35%	Inclinación de rasante T.S.:	-0.35%
Cambiar:	0.70%	K:	42.775m
Longitud de curva:	30.000m	Radio de curva	4,277.495m

Alineación vertical: Perfil de diseño (EJE)			
Intervalo de P.K.: inicio: 0+000.00, fin: 3+022.52			
Distancia de adelantamiento:	2,219.853m	Distancia de parada:	962.572m
Información de acuerdo vertical: (acuerdo cóncavo)			
P.K. de PAV:	1+737.500	Elevación:	12.989m
P.K. de VAV:	1+750.000	Elevación:	12.946m
P.K. de PTV:	1+762.500	Elevación:	12.991m
Punto bajo:	1+749.849	Elevación:	12.968m
Inclinación de rasante T.E.:	-0.35%	Inclinación de rasante T.S.:	0.36%
Cambiar:	0.71%	K:	35.375m
Longitud de curva:	25.000m	Radio de curva	3,537.493m
Distancia de iluminación:			
Información de acuerdo vertical: (acuerdo convexo)			
P.K. de PAV:	1+825.000	Elevación:	13.214m
P.K. de VAV:	1+840.000	Elevación:	13.268m
P.K. de PTV:	1+855.000	Elevación:	13.213m
Punto alto:	1+839.843	Elevación:	13.241m
Inclinación de rasante T.E.:	0.36%	Inclinación de rasante T.S.:	-0.37%
Cambiar:	0.72%	K:	41.505m
Longitud de curva:	30.000m	Radio de curva	4,150.461m
Distancia de adelantamiento:	2,154.372m	Distancia de parada:	934.431m
Información de acuerdo vertical: (acuerdo cóncavo)			
P.K. de PAV:	1+905.000	Elevación:	13.030m
P.K. de VAV:	1+920.000	Elevación:	12.976m
P.K. de PTV:	1+935.000	Elevación:	13.043m
Punto bajo:	1+918.452	Elevación:	13.006m
Inclinación de rasante T.E.:	-0.37%	Inclinación de rasante T.S.:	0.45%
Cambiar:	0.81%	K:	36.836m
Longitud de curva:	30.000m	Radio de curva	3,683.626m
Distancia de iluminación:			
Información de acuerdo vertical: (acuerdo convexo)			
P.K. de PAV:	1+970.000	Elevación:	13.200m
P.K. de VAV:	1+990.000	Elevación:	13.290m
P.K. de PTV:	2+010.000	Elevación:	13.217m
Punto alto:	1+992.044	Elevación:	13.250m

Alineación vertical: Perfil de diseño (EJE)			
Intervalo de P.K.: inicio: 0+000.00, fin: 3+022.52			
Inclinación de rasante T.E.:	0.45%	Inclinación de rasante T.S.:	-0.37%
Cambiar:	0.82%	K:	49.070m
Longitud de curva:	40.000m	Radio de curva	4,906.970m
Distancia de adelantamiento:	1,916.988m	Distancia de parada:	835.263m
Información de acuerdo vertical: (acuerdo cóncavo)			
P.K. de PAV:	2+035.000	Elevación:	13.125m
P.K. de VAV:	2+050.000	Elevación:	13.070m
P.K. de PTV:	2+065.000	Elevación:	13.115m
Punto bajo:	2+051.593	Elevación:	13.095m
Inclinación de rasante T.E.:	-0.37%	Inclinación de rasante T.S.:	0.30%
Cambiar:	0.66%	K:	45.346m
Longitud de curva:	30.000m	Radio de curva	4,534.564m
Distancia de iluminación:			
Información de acuerdo vertical: (acuerdo convexo)			
P.K. de PAV:	2+165.000	Elevación:	13.410m
P.K. de VAV:	2+180.000	Elevación:	13.455m
P.K. de PTV:	2+195.000	Elevación:	13.400m
Punto alto:	2+178.461	Elevación:	13.430m
Inclinación de rasante T.E.:	0.30%	Inclinación de rasante T.S.:	-0.36%
Cambiar:	0.66%	K:	45.531m
Longitud de curva:	30.000m	Radio de curva	4,553.110m
Distancia de adelantamiento:	2,361.919m	Distancia de parada:	1,023.628m
Información de acuerdo vertical: (acuerdo cóncavo)			
P.K. de PAV:	2+305.000	Elevación:	13.001m
P.K. de VAV:	2+320.000	Elevación:	12.946m
P.K. de PTV:	2+335.000	Elevación:	13.038m
Punto bajo:	2+316.183	Elevación:	12.980m
Inclinación de rasante T.E.:	-0.36%	Inclinación de rasante T.S.:	0.61%
Cambiar:	0.97%	K:	30.787m
Longitud de curva:	30.000m	Radio de curva	3,078.733m
Distancia de iluminación:			
Información de acuerdo vertical: (acuerdo convexo)			

Alineación vertical: Perfil de diseño (EJE)			
Intervalo de P.K.: inicio: 0+000.00, fin: 3+022.52			
P.K. de PAV:	2+380.000	Elevación:	13.313m
P.K. de VAV:	2+400.000	Elevación:	13.435m
P.K. de PTV:	2+420.000	Elevación:	13.349m
Punto alto:	2+403.483	Elevación:	13.385m
Inclinación de rasante T.E.:	0.61%	Inclinación de rasante T.S.:	-0.43%
Cambiar:	1.04%	K:	38.421m
Longitud de curva:	40.000m	Radio de curva	3,842.094m
Distancia de adelantamiento:	1,505.318m	Distancia de parada:	658.340m
Información de acuerdo vertical: (acuerdo cóncavo)			
P.K. de PAV:	2+435.000	Elevación:	13.285m
P.K. de VAV:	2+450.000	Elevación:	13.220m
P.K. de PTV:	2+465.000	Elevación:	13.337m
Punto bajo:	2+445.687	Elevación:	13.262m
Inclinación de rasante T.E.:	-0.43%	Inclinación de rasante T.S.:	0.78%
Cambiar:	1.21%	K:	24.859m
Longitud de curva:	30.000m	Radio de curva	2,485.898m
Distancia de iluminación:			
Información de acuerdo vertical: (acuerdo convexo)			
P.K. de PAV:	2+465.000	Elevación:	13.337m
P.K. de VAV:	2+480.000	Elevación:	13.453m
P.K. de PTV:	2+495.000	Elevación:	13.391m
Punto alto:	2+484.541	Elevación:	13.413m
Inclinación de rasante T.E.:	0.78%	Inclinación de rasante T.S.:	-0.42%
Cambiar:	1.19%	K:	25.153m
Longitud de curva:	30.000m	Radio de curva	2,515.266m
Distancia de adelantamiento:	1,311.504m	Distancia de parada:	572.194m
Información de acuerdo vertical: (acuerdo cóncavo)			
P.K. de PAV:	2+505.000	Elevación:	13.349m
P.K. de VAV:	2+520.000	Elevación:	13.287m
P.K. de PTV:	2+535.000	Elevación:	13.337m
Punto bajo:	2+521.586	Elevación:	13.315m
Inclinación de rasante T.E.:	-0.42%	Inclinación de rasante T.S.:	0.34%

Alineación vertical: Perfil de diseño (EJE)			
Intervalo de P.K.: inicio: 0+000.00, fin: 3+022.52			
Cambiar:	0.75%	K:	39.888m
Longitud de curva:	30.000m	Radio de curva	3,988.778m
Distancia de iluminación:			
Información de acuerdo vertical: (acuerdo convexo)			
P.K. de PAV:	2+585.000	Elevación:	13.506m
P.K. de VAV:	2+600.000	Elevación:	13.556m
P.K. de PTV:	2+615.000	Elevación:	13.512m
Punto alto:	2+601.021	Elevación:	13.533m
Inclinación de rasante T.E.:	0.34%	Inclinación de rasante T.S.:	-0.29%
Cambiar:	0.63%	K:	47.639m
Longitud de curva:	30.000m	Radio de curva	4,763.879m
Distancia de adelantamiento:	2,470.561m	Distancia de parada:	1,070.319m
Información de acuerdo vertical: (acuerdo cóncavo)			
P.K. de PAV:	2+655.000	Elevación:	13.395m
P.K. de VAV:	2+670.000	Elevación:	13.351m
P.K. de PTV:	2+685.000	Elevación:	13.407m
Punto bajo:	2+668.108	Elevación:	13.375m
Inclinación de rasante T.E.:	-0.29%	Inclinación de rasante T.S.:	0.38%
Cambiar:	0.67%	K:	44.668m
Longitud de curva:	30.000m	Radio de curva	4,466.784m
Distancia de iluminación:			
Información de acuerdo vertical: (acuerdo convexo)			
P.K. de PAV:	2+725.000	Elevación:	13.559m
P.K. de VAV:	2+740.000	Elevación:	13.615m
P.K. de PTV:	2+755.000	Elevación:	13.567m
Punto alto:	2+741.208	Elevación:	13.589m
Inclinación de rasante T.E.:	0.38%	Inclinación de rasante T.S.:	-0.32%
Cambiar:	0.70%	K:	42.859m
Longitud de curva:	30.000m	Radio de curva	4,285.881m
Distancia de adelantamiento:	2,224.175m	Distancia de parada:	964.430m
Información de acuerdo vertical: (acuerdo cóncavo)			
P.K. de PAV:	2+805.000	Elevación:	13.406m
P.K. de VAV:	2+820.000	Elevación:	13.358m

Alineación vertical: Perfil de diseño (EJE)			
Intervalo de P.K.: inicio: 0+000.00, fin: 3+022.52			
P.K. de PTV:	2+835.000	Elevación:	13.410m
Punto bajo:	2+819.409	Elevación:	13.383m
Inclinación de rasante T.E.:	-0.32%	Inclinación de rasante T.S.:	0.35%
Cambiar:	0.67%	K:	44.777m
Longitud de curva:	30.000m	Radio de curva	4,477.712m
Distancia de iluminación:			
Información de acuerdo vertical: (acuerdo convexo)			
P.K. de PAV:	2+900.000	Elevación:	13.636m
P.K. de VAV:	2+920.000	Elevación:	13.706m
P.K. de PTV:	2+940.000	Elevación:	13.605m
Punto alto:	2+916.288	Elevación:	13.665m
Inclinación de rasante T.E.:	0.35%	Inclinación de rasante T.S.:	-0.51%
Cambiar:	0.86%	K:	46.780m
Longitud de curva:	40.000m	Radio de curva	4,677.981m
Distancia de adelantamiento:	1,828.462m	Distancia de parada:	797.217m

Fuente: Programa AutoCAD Civil 3D.

Tabla 16 Acuerdos verticales cóncavos y convexos vía El Quemado.

6 DISEÑO TRANSVERSAL

6.1 Ancho de calzada

En estudio se propone 5.50 m de calzada para todo el alineamiento, buscando una sección uniforme, que brinde seguridad y comodidad a lo largo del trayecto.

Se indica el ancho de la calzada en función de la categoría de la carretera, del tipo de terreno y de la velocidad de diseño del tramo homogéneo (VTR).

CATEGORÍA DE LA CARRETERA	TIPO DE TERRENO	VELOCIDAD DE DISEÑO DEL TRAMO HOMOGÉNEO (V_{TR}) (km/h)									
		20	30	40	50	60	70	80	90	100	110
Primaria de dos calzadas	Plano	-	-	-	-	-	-	7.30	7.30	7.30	7.30
	Ondulado	-	-	-	-	-	-	7.30	7.30	7.30	7.30
	Montañoso	-	-	-	-	-	7.30	7.30	7.30	7.30	-
	Escarpado	-	-	-	-	-	7.30	7.30	7.30	-	-
Primaria de una calzada	Plano	-	-	-	-	-	-	7.30	7.30	7.30	-
	Ondulado	-	-	-	-	-	7.30	7.30	7.30	7.30	-
	Montañoso	-	-	-	-	7.30	7.30	7.30	7.30	-	-
	Escarpado	-	-	-	-	7.00	7.00	7.00	-	-	-
Secundaria	Plano	-	-	-	-	7.30	7.30	7.30	-	-	-
	Ondulado	-	-	-	7.00	7.30	7.30	7.30	-	-	-
	Montañoso	-	-	6.60	7.00	7.00	7.00	-	-	-	-
	Escarpado	-	-	6.00	6.60	7.00	-	-	-	-	-
Terciaria	Plano	-	-	6.00	-	-	-	-	-	-	-
	Ondulado	-	6.00	6.00	-	-	-	-	-	-	-
	Montañoso	6.00	6.00	6.00	-	-	-	-	-	-	-
	Escarpado	6.00	6.00	-	-	-	-	-	-	-	-

Fuente: Tabla 5.2 M.D.G. INVIAS.
Tabla 17 Ancho de calzada en metros.

El ancho seleccionado según la **tabla 17** debe ser de 6.00 m para una vía terciaria de una calzada en terreno plano, pero por las condiciones de la vía se adoptó un ancho de cazada de **5.50 metros** a lo largo de todo el corredor vial.

6.2 Bombeo normal o inclinación transversal

El bombeo normal es la pendiente que se le da a la calzada con el objeto de facilitar el escurrimiento superficial del agua. En la siguiente **tabla 18** se indica la inclinación transversal denominada bombeo, que depende del tipo de superficie de rodadura.

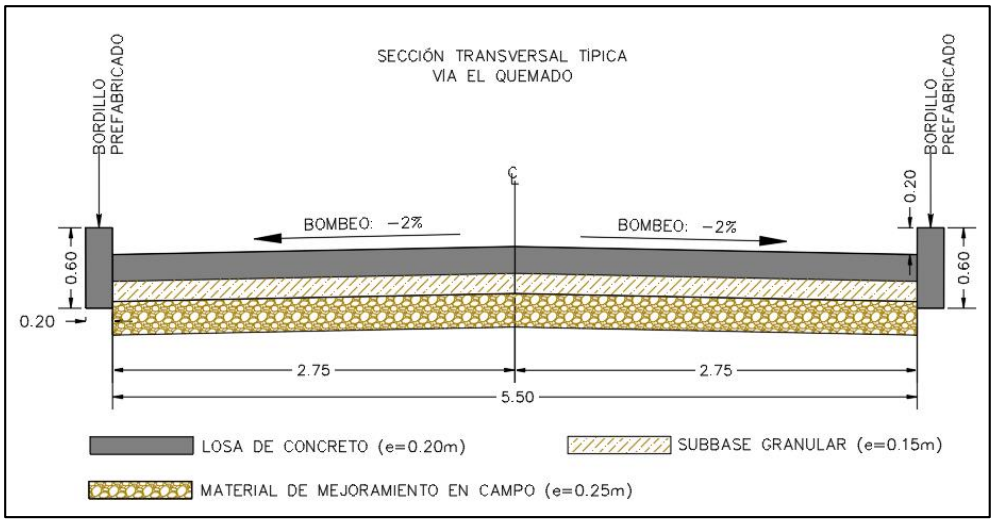
TIPO DE SUPERFICIE DE RODADURA	BOMBEO (%)
Superficie de concreto hidráulico o asfáltico	2
Tratamientos superficiales	2 – 3
Superficie de tierra o grava	2 – 4

Fuente: Tabla 5.3 M.D.G. INVIAS.
Tabla 18 Determinación del bombeo de la vía a diseñar.

Para el presente estudio geométrico se adopta un bombeo del 2%, ya que la sección transversal tiene un bombeo desde el eje de la vía.

6.3 Seccion transversal tipica de diseño.

Vía El Quemado



Fuente: Imagen extraída del diseño transversal.
Figura 7 Sección transversal típica diseñada vía El Quemado.

7 CARACTERISTICAS DE DISEÑO DE LA VÍA

La vía se localiza en terreno plano con un ancho de calzada de 5.50 m. Los vehículos circulan a velocidades de operación de 30 km/h, en casos en donde por condiciones geométricas no se puede circular a esa velocidad se avisará al conductor que disminuya la velocidad por medio de señales de tránsito.

7.1 Características propuestas de diseño geométrico de la vía

Longitud:	K3+022.52
Tipo de terreno:	Plano
Velocidad de diseño:	30 Km/h
Ancho de Calzada:	5.5 m
Ancho de Carril:	2.75 m
Bombeo Normal:	2.00%
Emax	4%

Fuente: Elaboración Propia.
Tabla 19 Características geométricas implementadas para el diseño.

Los elementos geométricos de una carretera deben estar convenientemente relacionados, para garantizar una operación segura, a una velocidad de operación continua en tramos rectos homogéneos y tramos con curvas horizontales y acorde con las condiciones generales de la vía.

8 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- ✓ Los parámetros de diseño de curvatura se calcularon a partir de una velocidad específica de **30 Km/h**, ajustando el diseño al manual de diseño geométrico de INVIAS, en algunos casos se ajustó a las condiciones actuales de la vía.

- ✓ Se adoptó un ancho de calzada de **5.50 m** a lo largo de todo el alineamiento.

- ✓ Se recomienda durante el proceso de localización y replanteo, conservar el mismo sistema de coordenadas y hacer uso de los puntos de control materializados en campo con la finalidad de conservar el mismo sistema de elevaciones que aparece en las carteras de control y localización.

- ✓ Se recomienda conservar las pendientes longitudinales planteadas en el presente informe durante el proceso constructivo, ya que la información fue recolectada del levantamiento topográfico.

- ✓ Durante el proceso de diseño transversal, se contemplaron bombeos del 2.0% para los tramos homogéneos y rectos de las vías, en los tramos con curvas horizontales se tuvo en cuenta el peralte máximo de 4.0% contemplado en el manual de INVIAS que permiten mejorar la movilidad de los usuarios, contrarrestando los efectos de la fuerza centrífuga.

- ✓ El terreno natural en mal estado será debidamente conformado, luego se regará una capa de afirmado y se compactará hasta cumplir con las especificaciones.