INFORME DISEÑO GEOMÉTRICO



SEPTIEMBRE DE 2024

GOBERNACIÓN DE CÓRDOBA	**MEJORAMIENTO DE VÍAS URBANAS EN EL MUNICIPIO DE MONTERÍA, CÓRDOBA.**

ORDEN DE SERVICIO	S-EYD-11052024

CONTROL DE REVISIONES		
REV	**FECHA**	**DESCRIPCIÓN**
1	**(SEPTIEMBRE - 2024)**	PRIMERA ENTREGA DISEÑO GEOMÉTRICO

CONTROL DE COPIAS	
No. Copias	Fisica/Digital
1	Digital

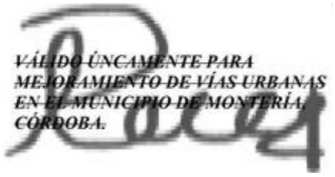
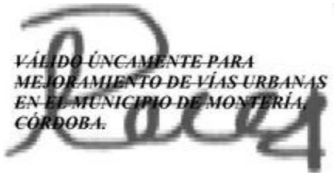
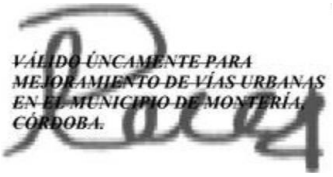
Elaboró:	Revisó:	Aprobó:
		
ERWIN LUDWIG POLO OSORIO	ERWIN LUDWIG POLO OSORIO	ERWIN LUDWIG POLO OSORIO
INGENIERO CIVIL. T.P.091037-0559420 CND	INGENIERO CIVIL. T.P.091037-0559420 CND	INGENIERO CIVIL. T.P.091037-0559420 CND

TABLA DE CONTENIDO

1. RESUMEN EJECUTIVO 5
2. LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO 5
3. CARACTERÍSTICAS DE LAS VÍAS DE DISEÑO 7
3.1. Según espacio público y geometría 7
3.2. Según tipo de terreno 8
4. DISEÑO GEOMÉTRICO HORIZONTAL 9
4.1. Velocidad de diseño 9
4.2. Diseño radio de giro de bordes 10
4.3. Radio de curvatura mínimo (Rcmin) 10
4.4. Elementos calculados del alineamiento y las curvas circulares 11
5. DISEÑO GEOMÉTRICO VERTICAL 13
5.1. Tangente vertical 14
5.2. Curvas verticales 14
5.3. Descripción y cálculos de los elementos geométricos de la curva vertical 15
5.4. Determinación de la longitud de las curvas verticales 16
6. DISEÑO TRANSVERSAL 18
6.1. Ancho de calzada 18
6.2. Bombeo normal o inclinación transversal 18
6.3. Rotación de la calzada 19
6.4. Secciones transversales típica 19
7. MEMORIAS DE CÁLCULO 21
7.1. Cálculo de los elementos de curvatura horizontal y vertical 21
7.2. Cálculo de las cotas de borde de la vía 21
7.3. Cálculo de los volúmenes de movimiento de tierras 22
8. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 22

ILUSTRACIONES

Ilustración 1 Localización general del proyecto. 6
Ilustración 2 Localización especifica del proyecto. 6
Ilustración 3 Radio de giro de borde. 10
Ilustración 4 Tipos de curvas verticales cóncavas y convexas. 16
Ilustración 5 Tipos de curvas verticales simétricas y asimétricas. 16
Ilustración 6 Calzada girada alrededor del eje. 19

Ilustración 7 Sección transversal típica diseñada. 21

TABLAS

Tabla 1 Características de las vías de diseño. 9
Tabla 2 Velocidades de diseño vías urbanas. 10
Tabla 3 Coeficiente de fricción lateral máxima. 11
Tabla 4 Radios mínimos para peralte máximo e máx. = 4 %. 11
Tabla 5 PR de localización del proyecto. 12
Tabla 6 Líneas tangente con sus variables. 12
Tabla 7 Curvas circulares con sus variables Parte I. 13
Tabla 8 Curvas circulares con sus variables Parte II. 13
Tabla 9 Elección de la pendiente máxima en función del tipo de vía. 14
Tabla 10 Valores de K mín. para el control de la distancia de visibilidad de parada. 15
Tabla 11 Acuerdos verticales cóncavos y convexos 18
Tabla 12. Determinación del bombeo de la vía a diseñar 18

ANEXOS

ANEXO 1: CARTERAS DE LOCALIZACIÓN.

ANEXO 2: CARTERAS DE CONTROL DE BOMBEO.

ANEXO 3: CARTERAS DE VOLÚMENES.

ANEXO 4: PLANOS DE DISEÑO GEOMÉTRICO.

ANEXO 5 DIRECCIONAMIENTO DE FLUJO.

1. RESUMEN EJECUTIVO

Para el desarrollo y mejoramiento de la zona urbana de un municipio desde la infraestructura vial, es necesario diseñar tanto estructural como geométricamente las vías del proyecto y sus alrededores. Este informe se centra en el diseño geométrico horizontal, vertical y transversal. Es necesario aclarar que el insumo principal para el diseño geométrico de vías 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.

En el **numeral 3,** se realiza una descripción de la nomenclatura catastral de las vías de diseño con el fin de conocer su ubicación dentro del municipio. Adicional, se describen los parámetros bajos los cuales se define el ancho de la vía y su funcionalidad.

En el **numeral 4** se describen los parámetros horizontales que se tuvieron en cuenta para el diseño horizontal, además se ofrecen los criterios para la selección de los elementos geométricos en planta.

En el **numeral 5** se describen los valores según los parámetros adoptados para el diseño geométrico vertical y los respectivos criterios de control de drenaje.

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** se contemplan las memorias de cálculo de los elementos geométricos los cuales fueron verificados en el programa CIVIL3D 2017 el cual contiene las normas de diseño colombianas.

Por ultimo en **numeral 8** 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

Montería es un municipio colombiano, capital del departamento de Córdoba. Está ubicado al noroccidente del país en la región Caribe Colombiana, se encuentra a orillas del río Sinú, por lo que es conocida como la "Perla del Sinú". Es considerada la capital ganadera de Colombia; anualmente celebra la feria de la Ganadería durante el mes de junio. Es, además, un importante centro comercial y universitario, reconocida como una de las ciudades colombianas con mayor crecimiento y desarrollo en los últimos años y por impulsar el desarrollo sostenible.
El proyecto en estudio se localiza en el casco urbano del municipio de Montería. En la Ilustración 1 **e** Ilustración 2 se observa la localización general y especifica de las vías objeto de estudio respectivamente.



Fuente: Google Earth.
Ilustración 1 Localización general del proyecto.



Fuente: Google Earth.
Ilustración 2 Localización especifica del proyecto.

3. CARACTERÍSTICAS DE LAS VÍAS DE DISEÑO

Para conocer las características y clasificación de las vías urbanas, es necesario tener claro algunos conceptos que se presentan a continuación y tener en cuenta el manual de diseño geométrico de carreteras del instituto nacional de vías para vías rurales.

3.1. Según espacio público y geometría

Los factores a tener en cuenta para la clasificación de las vías son las siguientes:

- ✓ **Características del tránsito:** Hace referencia al volumen, composición y velocidad de operación. Esta variable es de gran relevancia en el momento de diseñar intersecciones a nivel, ya que en función del tránsito (ADES Automóviles Directos Equivalentes) se determina la capacidad o número de carriles. Sin embargo, *esta variable no aplica para este diseño, ya que el ancho de las vías está limitado al espacio público.*

- ✓ **Geometría de la vía:** Hace referencia al ancho total, número de calzadas, carriles por calzada, aislamientos laterales, pendientes y alineamientos. *El diseño geométrico de las vías de estudio, está limitado al espacio público* ***(ancho de calzada),*** *pendientes longitudinales en función del drenaje vial, bombeos transicionales para manejo de escorrentías superficiales y empalmes de intersecciones viales.*

- ✓ **Espacio público:** Se refiere a la disponibilidad de espacio en función del crecimiento población y desarrollo urbanístico. *Con el fin de tener una homogeneidad en todo el corredor vial se tendrá un mismo ancho de calzada, ya que la selección de tal variable depende especialmente de la distancia que existe entre los corredores de las viviendas, considerando la disponibilidad para el diseño de espacio público (****andenes, rampas de acceso, deprimidos y cruces viales peatonales).***

- ✓ **Funcionalidad:** Se refiere a la accesibilidad, continuidad, visibilidad y distribución del tránsito. Teniendo en cuenta estos aspectos, las vías urbanas se clasifican de la siguiente manera.

Vías arterias (VA): Son las que conforman la red básica de la ciudad. El tránsito que canalizan corresponde a desplazamientos entre sectores urbanos y suburbanos distantes, integrándolos a la actividad urbana. No deben tener, en lo posible, limitaciones a su continuidad, con el fin de alojar flujos de tránsito intensos a velocidades medias. Las vías arterias pueden ser principales y secundarias.

Vías colectoras (VC): Son las que distribuyen el tránsito dentro de las distintas áreas que conforman la ciudad, es decir, permiten la accesibilidad directa a zonas residenciales, institucionales, comerciales, industriales y recreacionales. Son el vínculo entre las vías arterías secundarias y las vías locales. Son utilizadas para la operación del sistema de transporte público colectivo urbano en escala local.

Por lo general son de una calzada y tienen asignada circulación en ambos sentidos. No les debe ser permitido cruzar las vías arterias secundarias.

Vías locales (VL): Tienen como función principal el acceso directo a los edificios y propiedades individuales, a partir de las vías colectoras principalmente. Soportan el tránsito de vehículos particulares livianos y permiten el estacionamiento sobre la vía, con preferencia en zonas diseñadas y reguladas para tal fin. No son utilizadas, en promedio, por más de 50 vehículos comerciales en el día por sentido.

Las vías locales pueden ser principales o secundarias, según su dimensión y/o sentidos de circulación. Además de la circulación de vehículos, deben disponer de áreas suficientes para la circulación peatonal hacia las vías colectoras, en procura de acceder al sistema de transporte público colectivo urbano.

Vías marginales (VM): Son aquellas que separan áreas urbanizables de áreas no urbanizables, o áreas construidas de áreas destinadas a áreas libres, de reserva forestal, recreacional, deservicios púbicos, etc.

Vías paisajísticas (VP): Son vías que por su localización y características topográficas y de ocupación de sus zonas colindantes deben tener un tratamiento especial en sus zonas de aislamiento. Son aquellas vías paralelas a los ríos que delimitan zonas de protección de ríos, o localizadas en áreas con visuales paisajísticas de interés, casi siempre ubicadas en las zonas altas de las ciudades. Por su naturaleza también son de carácter marginal, y por eso, con frecuencia, se les denomina vías marginales paisajísticas, VMP.

Según la anterior clasificación, se puede deducir que las vías de estudio cumplen con categorización de vías ***locales*** *y* ***paisajísticas.***

3.2. 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 las vías a intervenir cuentan con una topografía plana ya que se encuentran pendientes longitudinales entre 0° y 3°. Esta clasificación es de gran importancia porque de la variable pendiente, se define los bombeos y la transición de la sección transversal de la calzada, manejo de empalme en intersecciones viales ***(en función del confort del usuario)***, dimensionamiento de estructuras hidráulicas en caso de ser requeridas y valoración de la capacidad hidráulica de la vía.

En la **Tabla 1** se muestran las vías objeto de contrato, con sus características según la clasificación expuesta anteriormente.

SECTOR	Barrio	Nomenclatura Catastral	Ancho de calzada (m)	Ancho de Bordillo (m)	Ancho de Anden (m)	Longitud del tramo (m)
2	IMAT	A-1 CALLE 68 ENTRE CARRERA 9A Y CARRERA 10	7.00	0.20	1.00	159.17
		A-2 CARRERA 13 ENTRE CALLE 68 Y 72	7.00	0.20	1.60	368.127
		A-3 CALLE 73 ENTRE AVEN CIRCUNVALAR Y CRA 7	5.00	0.20	1.00	185
		A-4 CARRERA 7 HASTA CALLE 73	7.00	0.20	1.00	47.245

Fuente: Elaboración propia.
Tabla 1 Características de las vías de diseño.

4. DISEÑO GEOMÉTRICO HORIZONTAL

Es necesario resaltar que no existe un manual de diseño geométrico para vías urbanas, sin embargo, dentro del manual de diseño geométrico para carreteras hay ciertos parámetros de diseño que pueden ser adaptados a las condiciones y necesidades del proyecto. A continuación, se estudiarán los parámetros que se tuvieron en cuenta para el diseño 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 función de la velocidad, debe identificarse a lo largo del corredor tramos homogéneos a los que por las condiciones topográficas se les pueda asignar una misma velocidad. La velocidad de diseño se determina con base al tipo del terreno y a la categoría de la vía, sin embargo como se mencionó anteriormente no existe un manual colombiano de diseño

geométrico para vías urbanas pero convencionalmente, *la velocidad de diseño para vías de este tipo es de **30 a 50 km/h (tabla 2)** siendo 30km/h la velocidad seleccionada para el proyecto*, ya que es un proyecto urbanístico, sin embargo la variable velocidad específica será equivalente a la velocidad de diseño para determinar el radio de curvatura, considerando que estos estarán limitados al espacio y composición espacial existente de las vías de estudio.

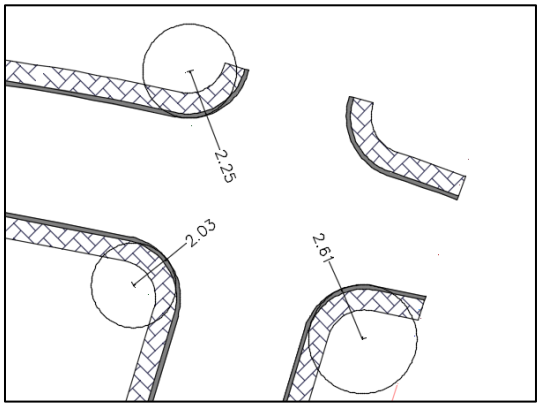
Considerando que la malla vial cumple una función de movilidad urbana y por seguridad de las personas que habitan esta zona, se recomienda el uso de señales de tránsito para garantizar la seguridad de los peatones.

Tipo de Vía	Velocidad de Diseño (km/h)
ARTERIA PRINCIPAL	60 a 80
ARTERIA SECUNDARIA	60
COLECTORA	50
MARGINAL	50
PAISAJISTICA	50
LOCAL	30 a 50
SEMIPEATONAL	30

Fuente: Clase magistral Ing. Efraín Solano.
Tabla 2 Velocidades de diseño vías urbanas.

4.2. Diseño radio de giro de bordes

Esta variable es de gran importancia, ya que la selección del radio de giro de borde está limitada al espacio público, pero no puede afectar la movilidad de los vehículos y mucho menos sus costos operacionales. Por tal motivo se debe seleccionar un radio de giro entre **2 y 5 m** según la disponibilidad de espacio. Ver **Ilustración 3.**



Fuente: Elaboración propia.
Ilustración 3 Radio de giro de borde.

4.3. 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.)

Tabla 3. El radio mínimo de curvatura será usado en situaciones extremas, donde sea imposible la aplicación de radios mayores. 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)	20	30	40	50	60	70	80
COEFICIENTE DE FRICCIÓN TRANSVERSAL MAXIMA	0.35	0.28	0.23	0.19	0.17	0.15	0.14

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

VELOCIDAD ESPECIFICA (Km/h)	**PERALTE MAXIMO (%)**	**COEFICIENTE DE FRICCIÓN TRANSVERSAL fmax**	**TOTAL emax + fmax**	**RADIO MINIMO (m)**	
				CALCULADO	**REDONDEADO**
20	***4.0***	0.35	0.39	8.1	15.0
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

Fuente: Tabla 3.3 M.D.G. INVIAS.
Tabla 4 Radios mínimos para peralte máximo e máx. = 4 %.

Para los tramos viales diseñados, se adoptó una velocidad específica equivalente a la velocidad de diseño de 3**0 Km/h**, para un radio mínimo de **22 metros** y no se tuvo en cuenta el peralte máximo de **4%** para los alineamientos, ya que en áreas urbanas las vías no deben tener peraltes muy elevados.

4.4. Elementos calculados del alineamiento y las curvas circulares

El eje en planta se determina teniendo como referencia el eje existente y los paramentos de viviendas actuales, sin dejar a un lado los parámetros de diseño como radio mínimo de curvatura establecidos en los términos y manual de diseño del INVIAS.

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. En la

Tabla 5, se presenta las coordenadas de inicio y fin de cada alineamiento asociadas a las abscisas de diseño horizontal. En la Tabla 6**,** se consigna las coordenadas y abscisas de las tangentes de cada tramo y en la **Tabla 7 y Tabla 8** se puede observar los elementos de las curvas circulares asociados a los parámetros de diseño establecidos en este numeral.

Sector	Barrio	Nomenclatura Catastral	PR Inicial	PR Final	Coordenadas Inicial		Coordenadas Final	
					Este	Norte	Este	Norte
2	IMAT	A-1 CALLE 68 ENTRE CARRERA 9A Y CARRERA 10	K0+000.00	K0+159.17	1133913.710	1462626.862	1134060.866	1462566.196
		A-2 CARRERA 13 ENTRE CALLE 68 Y 72	K0+000.00	K0+368.13	1134076.545	1462581.919	1134123.464	1462930.642
		A-3 CALLE 73 ENTRE AVEN CIRCUNVALAR Y CRA 7	K0+000.00	K0+185.00	1133870.843	1463192.578	1134044.182	1463128.488
		A-4 CARRERA 7 HASTA CALLE 73	K0+000.00	K0+047.25	1134017.816	1463085.009	1134034.989	1463129.023

Fuente: Elaboración propia

Tabla 5 PR de localización del proyecto.

Barrio	Linea #	Longitud (m)	Rumbo	Abs. Inicial	Coordenadas Punto Inicial	Abs. Final	Coordenadas Punto Final	Alineamiento
IMAT	T1	159.17	S67° 35' 44.43"E	K0+000	1133913.710 - 1462626.862	K0+159	1134060.865 - 1462566.196	A-1 Calle 68 entre Cra 9A Y 10
	T2	12.89	N48° 11' 58.61"E	K0+000	1134076.545 - 1462581.919	K0+013	1134086.155 - 1462590.512	A-2 Carrera 13 entre Calle 68 y 72
	T3	11.83	N2° 00' 21.17"W	K0+029	1134092.313 - 1462604.951	K0+041	1134091.899 - 1462616.773	A-2 Carrera 13 entre Calle 68 y 72
	T4	15.42	N14° 46' 50.47"W	K0+055	1134089.837 - 1462630.750	K0+071	1134085.903 - 1462645.660	A-2 Carrera 13 entre Calle 68 y 72
	T5	176.41	N2° 00' 23.73"W	K0+085	1134083.840 - 1462659.637	K0+261	1134077.663 - 1462835.943	A-2 Carrera 13 entre Calle 68 y 72
	T6	26.18	N34° 51' 47.12"E	K0+306	1134090.184 - 1462878.407	K0+332	1134105.151 - 1462899.891	A-2 Carrera 13 entre Calle 68 y 72
	T7	7.51	N28° 06' 15.80"E	K0+361	1134119.928 - 1462924.020	K0+368	1134123.464 - 1462930.642	A-2 Carrera 13 entre Calle 68 y 72
	T9	199.98	S70° 54' 53.63"E	K0+145	1134006.771 - 1463141.431	K0+345	1134195.758 - 1463076.044	A-3 Calle 73 entre Av. Circunvalar y Cra 7
	T10	3.27	S64° 03' 29.78"E	K0+118	1133981.735 - 1463152.020	K0+121	1133984.674 - 1463150.590	A-3 Calle 73 entre Av. Circunvalar y Cra 7
	T11	79.38	S71° 24' 16.17"E	K0+013	1133882.789 - 1463187.043	K0+093	1133958.021 - 1463161.731	A-3 Calle 73 entre Av. Circunvalar y Cra 7
	T12	1.1	S59° 50' 30.75"E	K0+000	1133870.843 - 1463192.578	K0+001	1133871.796 - 1463192.024	A-3 Calle 73 entre Av. Circunvalar y Cra 7
	T13	47.25	N21° 18' 51.78"E	K0+000	1134017.816 - 1463085.009	K0+047	1134034.989 - 1463129.023	A-4 Carrera 7 hasta Calle 73

Fuente: AutoCAD Civil 3D 2017.

Tabla 6 Líneas tangente con sus variables.

Sector	Barrio	Curva #	Radio (m)	Longitud (m)	Rumbo	Deflexión	T (m)	E (m)	CL (m)	Nomenclatura catastral
2	IMAT	C1	18.50	16.21	N48° 11' 58.61"E	50°12'19.78"	8.67	1.93	15.697	A-2 Carrera 13 entre Calle 68 y 72
		C2	63.5	14.16	N2° 00' 21.17"W	12°46'29.30"	7.109	0.397	14.129	A-2 Carrera 13 entre Calle 68 y 72

Sector	Barrio	Curva #	Radio (m)	Longitud (m)	Rumbo	Deflexión	T (m)	E (m)	CL (m)	Nomenclatura catastral
		C3	63.5	14.16	N14° 46' 50.47"W	12°46'26.75"	7.108	0.397	14.128	A-2 Carrera 13 entre Calle 68 y 72
		C4	70	45.04	N2° 00' 23.73"W	36°52'10.85"	23.333	3.786	44.272	A-2 Carrera 13 entre Calle 68 y 72
		C5	240	28.31	N34° 51' 47.12"E	6°45'31.32"	14.172	0.418	28.294	A-2 Carrera 13 entre Calle 68 y 72
		C6	200	23.93	S64° 03' 29.78"E	6°51'23.84"	11.981	0.359	23.92	A-3 Calle 73 entre Av. Circunvalar y Cra 7
		C7	200	25.64	S71° 24' 16.17"E	7°20'46.39"	12.839	0.412	25.626	A-3 Calle 73 entre Av. Circunvalar y Cra 7
		C8	59.91	12.09	S59° 50' 30.75"E	11°33'45.41"	6.065	0.306	12.069	A-3 Calle 73 entre Av. Circunvalar y Cra 7

Fuente: AutoCAD Civil 3D 2017.

Tabla 7 Curvas circulares con sus variables Parte I.

Sector	Barrio	Curva #	Nomenclatura catastral	Abs. PC	Norte PC	Este PC	Abs. PT	Norte PT	Este PT
2	IMAT	C1	A-2 Carrera 13 entre Calle 68 y 72	0+012.891	1462590.512	1134086.155	0+029.102	1462604.951	1134092.313
		C2	A-2 Carrera 13 entre Calle 68 y 72	0+040.931	1462616.773	1134091.899	0+055.090	1462630.75	1134089.837
		C3	A-2 Carrera 13 entre Calle 68 y 72	0+070.510	1462645.66	1134085.903	0+084.667	1462659.637	1134083.84
		C4	A-2 Carrera 13 entre Calle 68 y 72	0+261.081	1462835.943	1134077.663	0+306.126	1462878.407	1134090.184
		C5	A-2 Carrera 13 entre Calle 68 y 72	0+332.309	1462899.891	1134105.151	0+360.620	1462924.02	1134119.928
		C6	A-3 Calle 73 entre Av. Circunvalar y Cra 7	0+121.479	1463150.59	1133984.674	0+145.413	1463141.431	1134006.771
		C7	A-3 Calle 73 entre Av. Circunvalar y Cra 7	0+092.567	1463161.731	1133958.021	0+118.210	1463152.02	1133981.735
		C8	A-3 Calle 73 entre Av. Circunvalar y Cra 7	0+001.102	1463192.024	1133871.796	0+013.192	1463187.043	1133882.789

Fuente: AutoCAD Civil 3D 2017.

Tabla 8 Curvas circulares con sus variables Parte II.

5. DISEÑO GEOMÉTRICO VERTICAL

El diseño vertical se definió con base en la rasante de diseño por lo cual en los perfiles de diseño las cotas rojas obedecen a las cotas de acabado del pavimento, ajustándose lo mejor posible a la condición actual del terreno.

Durante el diseño geométrico vertical se definieron pendientes longitudinales mínimas del **0.20%,** sin que esto afecte su funcionalidad, adicionalmente se busca garantizar el buen recorrido de las escorrentías superficiales hacia las estructuras hidráulicas con el fin de optimizar los recursos existentes en la vía a diseñar; en casos extremos donde sea necesario definir un PK cóncavo y no exista estructura hidráulica, en los planos de diseño (Planta - Perfil) se hará la recomendación de construir tal estructura como solución al sistema de drenaje. 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

Pendiente mínima: La pendiente mínima longitudinal de la rasante debe garantizar especialmente el escurrimiento fácil de las aguas lluvias en la superficie de rodadura y en las cunetas. La pendiente mínima que garantiza el adecuado funcionamiento de las cunetas debe ser de (0.5%) como pendiente mínima deseable y (0.3%) para diseño en terreno plano o sitios donde no es posible el diseño con la pendiente mínima deseable, aunque se ha demostrado constructivamente que pendientes de 0.20% funcionan adecuadamente. Se hace la salvedad de esta última pendiente ya que la zona de estudio, en algunos sectores presenta tal pendiente.

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 urbanas, la pendiente máxima está asociada indirectamente a las consideraciones presentadas en la **Tabla 9,** sin embargo, se deben asociar directamente a las condiciones del terreno (*pendiente de la rasante natural con la que históricamente ha funcionado la vía urbana).*

Tipo de Vía	Pendiente Máxima (%)
ARTERIA Y COLECTORA	6
MARGINAL Y PAISAJÍSTICA	6
LOCAL	10
SEMIPEATONAL	10

Fuente: Clase magistral Ing. Efraín Solano.
Tabla 9 Elección de la pendiente máxima en función del tipo de vía.

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.

Para una vía con velocidad específica de **30 km/h** se definió un valor de K redondeado equivalente a: 2**.0** para curvas convexas y 6**.0** para curvas cóncavas, ver Tabla **10**. Adicional, se debe mencionar que en ningún caso el valor de K debe exceder un valor numérico de **50** cuando las pendientes de las tangentes sean de signo diferente, razón que será explicada más adelante.

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

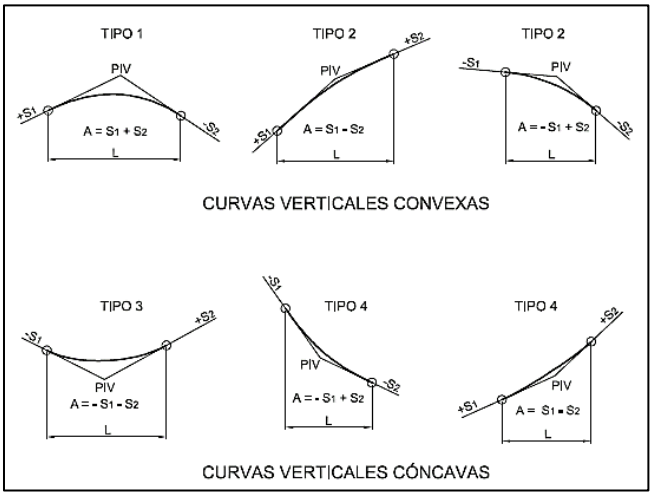
Fuente: Tabla 4.4 M.D.G. INVIAS.

Tabla 10 Valores de K mín. para el control de la distancia de visibilidad de parada.

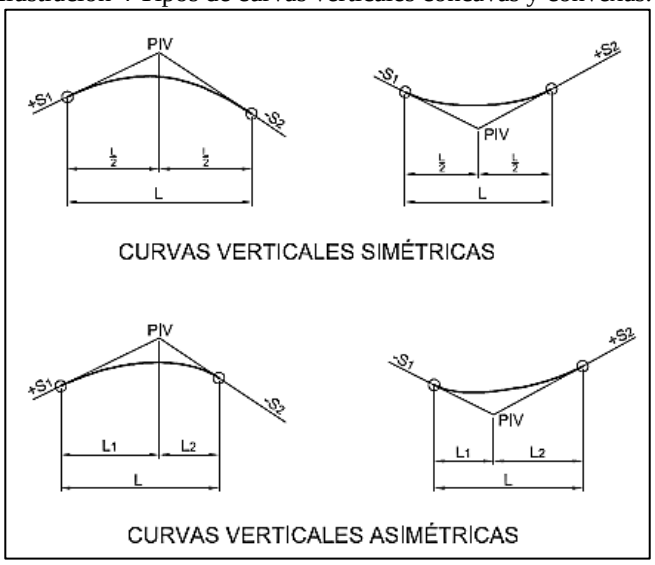
5.3. Descripción y cálculos de los elementos geométricos de la curva vertical

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 **Ilustración 4.**

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 **Ilustración 5** se muestra un claro ejemplo de curvas simétricas y asimétricas.



Fuente: Manual Diseño Geométrico de Vías INVIAS.
Ilustración 4 Tipos de curvas verticales cóncavas y convexas.



Fuente: Manual Diseño Geométrico de Vías INVIAS.
Ilustración 5 Tipos de curvas verticales simétricas y asimétricas.

Durante el diseño geométrico vertical, la selección de las curvas asimétricas o simétricas estarán condicionadas a la distancia de las entre tangencias y a los empalmes con intersecciones viales y estructuras hidráulicas como box culvert o puentes, siempre en lo posible respetando los valores establecidos del parámetro K.

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 puede ser mayor a **50** dado que la curva vertical no presentaría un punto bajo de drenaje ***(curva cóncava)*** o un punto alto de evacuación de escorrentía ***(curva convexa)*** si no una longitud de aplanamiento en la curva vertical, generando una lámina de agua en la superficie del tramo de aplanamiento. Lo anterior genera problemas de almacenamiento de escorrentías superficiales, generando tiempo de retención hidráulica en la calzada, afectando la calidad de drenaje ***(curva cóncava)*** y problemas de hidroplaneo afectando la rugosidad del área afectada poniendo en peligro al usuario y la zona urbana que lo rodea ***(curva convexa).***

En la siguiente tabla se pueden observar los diferentes acuerdos verticales de los alineamientos diseñados considerando el cumplimiento de los diferentes criterios mencionados anteriormente.

Alineación vertical: A-2 (EJE)			
Intervalo de P.K.: inicio: 0+000.000, fin: 0+368.127			
Información de acuerdo vertical: (acuerdo convexo)			
P.K. de PAV:	0+052.500	Elevación:	12.706m
P.K. de VAV:	0+070.000	Elevación:	12.743m
P.K. de PTV:	0+087.500	Elevación:	12.706m
Punto alto:	0+070.057	Elevación:	12.724m
Inclinación de rasante T.E.:	0.21%	Inclinación de rasante T.S.:	-0.21%
Cambiar:	0.42%	K:	83.601m
Longitud de curva:	35.000m	Radio de curva	8,360.128m
Distancia de adelantamiento:	3,711.154m	Distancia de parada:	1,604.910m
Alineación vertical: A-3 (EJE)			
Intervalo de P.K.: inicio: 0+000.000, fin: 0+345.392			
Información de acuerdo vertical: (acuerdo cóncavo)			
P.K. de PAV:	0+015.392	Elevación:	12.657m
P.K. de VAV:	0+030.392	Elevación:	12.110m
P.K. de PTV:	0+045.392	Elevación:	12.147m
Punto bajo:	0+043.494	Elevación:	12.145m
Inclinación de rasante T.E.:	-3.65%	Inclinación de rasante T.S.:	0.25%
Cambiar:	3.90%	K:	7.700m
Longitud de curva:	30.000m	Radio de curva	770.007m
Distancia de iluminación:	120.174m		
Información de acuerdo vertical: (acuerdo convexo)			
P.K. de PAV:	0+072.892	Elevación:	12.215m
P.K. de VAV:	0+085.392	Elevación:	12.245m
P.K. de PTV:	0+097.892	Elevación:	12.218m

Punto alto:	0+086.196	Elevación:	12.231m
Inclinación de rasante T.E.:	0.25%	Inclinación de rasante T.S.:	-0.22%
Cambiar:	0.46%	K:	53.962m
Longitud de curva:	25.000m	Radio de curva	5,396.238m
Distancia de adelantamiento:	3,350.316m	Distancia de parada:	1,446.982m
Alineación vertical: A-4 (EJE)			
Intervalo de P.K.: inicio: 0+000.000, fin: 0+047.245			
Información de acuerdo vertical: (acuerdo convexo)			
P.K. de PAV:	0+025.000	Elevación:	12.073m
P.K. de VAV:	0+035.000	Elevación:	12.102m
P.K. de PTV:	0+045.000	Elevación:	12.018m
Punto alto:	0+030.063	Elevación:	12.081m
Inclinación de rasante T.E.:	0.29%	Inclinación de rasante T.S.:	-0.84%
Cambiar:	1.13%	K:	17.722m
Longitud de curva:	20.000m	Radio de curva	1,772.193m
Distancia de adelantamiento:	1,380.227m	Distancia de parada:	598.878m

Fuente: Tabla 4.4 M.D.G. INVIAS.
Tabla 11 Acuerdos verticales cóncavos y convexos

6. DISEÑO TRANSVERSAL

El diseño transversal de la vía se define en función del nivel de los paramentos y corredores de las casas, con la finalidad de evitar que por ningún motivo los bordes de diseño queden por encima del nivel de las viviendas y así evitar alguna posibilidad de inundación de las mismas; adicional se contemplan bombeos normales y transicionales que garanticen seguridad a los usuarios y drenaje superficial.

6.1. Ancho de calzada

En el estudio se propone un ancho de calzada variable según los alineamientos (Ver **Ilustración 7**), con el fin de buscar una sección uniforme, que brinde seguridad y comodidad a lo largo del trayecto.

Para el diseño del ancho de las vías, como se mencionó anteriormente el ancho de calzada está sujeto a las condiciones geométricas y espaciales de los alrededores de la vía. El ancho que mejor se ajusta a las condiciones es de 5.00 y 7.00 metros dejando espacios para la construcción de bordillos y andenes.

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 **Tabla 12** 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 12. Determinación del bombeo de la vía a diseñar.

Para el presente estudio geométrico se adopta un doble bombeo de -2.0%, desde el eje de la vía el cual tendrá un comportamiento transicional en las curvas horizontales, en algunos tramos que requieran criterios de drenaje y escurrimiento superficial, empalmes y adecuación de la vía.

6.3. Rotación de la calzada

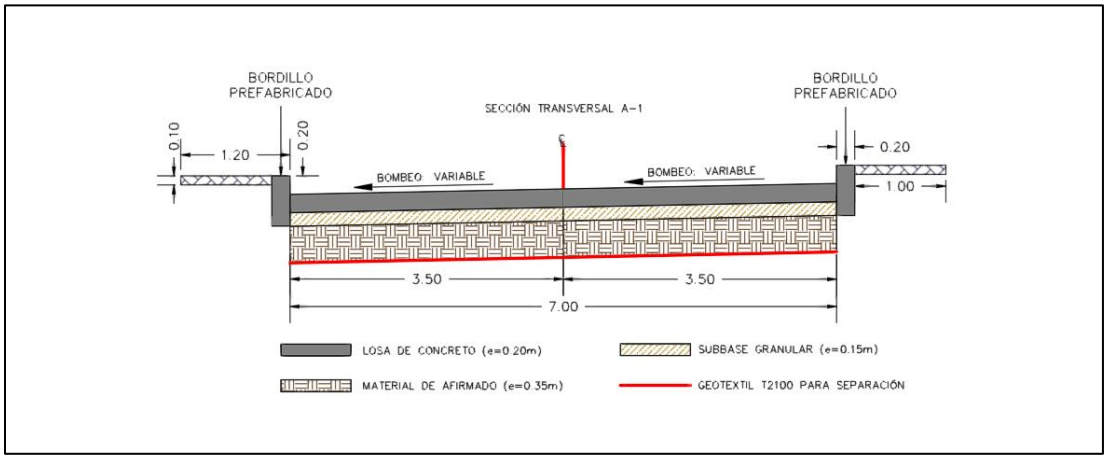
La rotación de la sección transversal se diseña girando el pavimento de la calzada alrededor de su línea central. Este es el método más empleado en el diseño de carreteras urbanas, porque permite un desarrollo más armónico y genera menor distorsión de los bordes, adicional permite repartir las escorrentías superficiales de forma equivalente a ambos lados de la vía y así evitar cargar un solo costado.

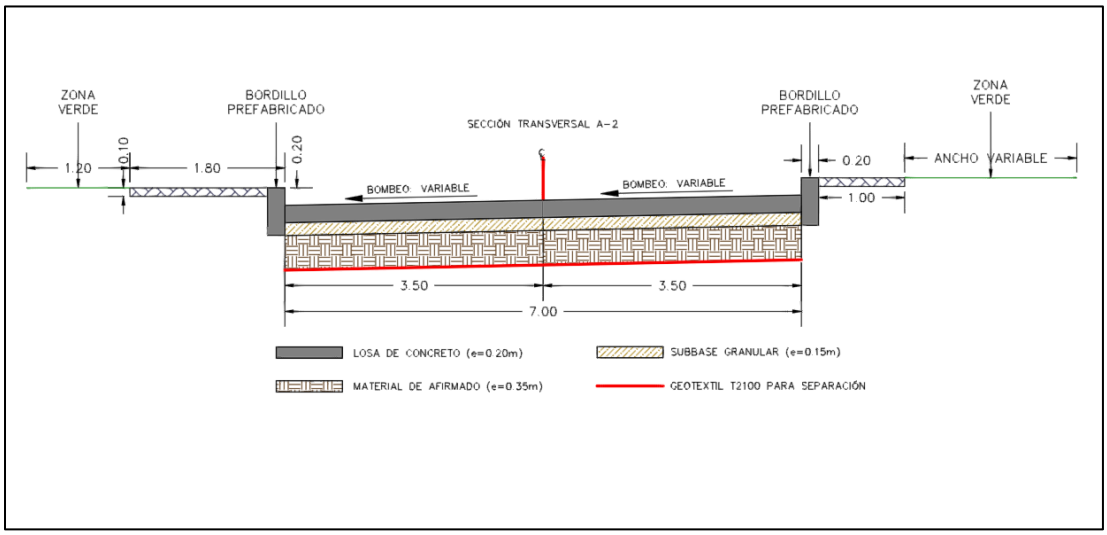
 Sección en Bombeo	El desarrollo transversal de los diferentes tamos viales a lo largo del recorrido se platea bajo esta configuración, conservando un bombeo del 2% cumpliendo con lo establecido de la Tabla 5.3 M.D.G. INVIAS
 Sección girada	En tramos donde se encuentren las curvas horizontales o halla empalmes viales la calzada debe girar de tal manera que el bombeo transite de un -2% desde el eje de la calzada a un 2% y -2% a los bordes de la vía.

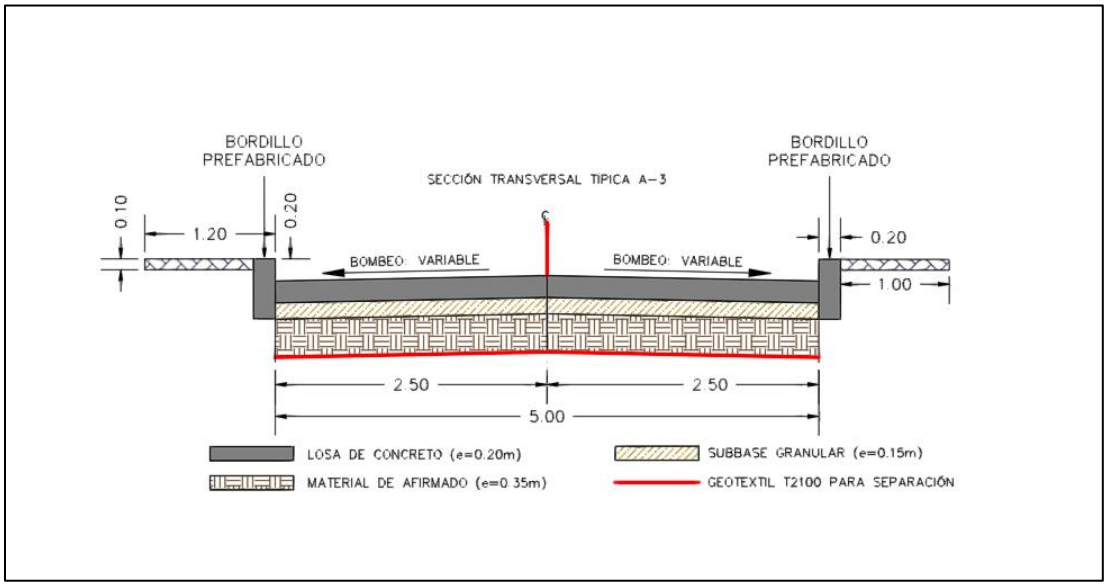
Ilustración 6 Calzada girada alrededor del eje.

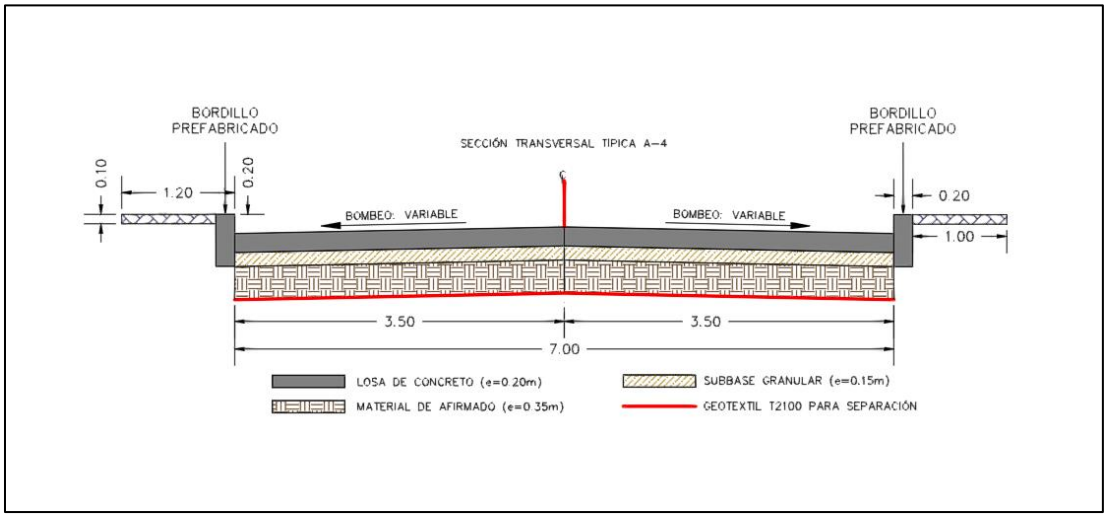
6.4. Secciones transversales típica

En este numeral, se presenta la sección trasversal típica de diseño, la cual obedece a un trabajo interdisciplinario de la mano del diseñador de la estructura de pavimento con la cual se establece la estructura de pavimento y con el apoyo del diseñador hidráulico, se valida que la altura adoptada de los bordillos si cumpla con la capacidad hidráulica en función del análisis hidráulico e hidrológico. En la **Ilustración 7**, se presentan las secciones transversales de diseño.


BORDILLO PREFABRICADO
SECCIÓN TRANSVERSAL A-1
BORDILLO PREFABRICADO
0.10
1.20
0.20
BOMBEO: VARIABLE
BOMBEO: VARIABLE
0.20
1.00
3.50
3.50
7.00
LOSA DE CONCRETO (e=0.20m)
SUBBASE GRANULAR (e=0.15m)
MATERIAL DE AFIRMADO (e=0.35m)
GEOTEXTIL T2100 PARA SEPARACIÓN


ZONA VERDE
BORDILLO PREFABRICADO
SECCIÓN TRANSVERSAL A-2
BORDILLO PREFABRICADO
ZONA VERDE
1.20
0.10
1.80
0.20
BOMBEO: VARIABLE
BOMBEO: VARIABLE
0.20
ANCHO VARIABLE
1.00
3.50
3.50
7.00
LOSA DE CONCRETO (e=0.20m)
SUBBASE GRANULAR (e=0.15m)
MATERIAL DE AFIRMADO (e=0.35m)
GEOTEXTIL T2100 PARA SEPARACIÓN


BORDILLO PREFABRICADO
SECCIÓN TRANSVERSAL TIPICA A-3
BORDILLO PREFABRICADO
0.10
1.20
0.20
BOMBEO: VARIABLE
BOMBEO: VARIABLE
0.20
1.00
2.50
2.50
5.00
LOSA DE CONCRETO (e=0.20m)
SUBBASE GRANULAR (e=0.15m)
MATERIAL DE AFIRMADO (e=0.35m)
GEOTEXTIL T2100 PARA SEPARACIÓN



Fuente: Imagen extraída del diseño transversal
Ilustración 7 Sección transversal típica diseñada.

En los **anexos del 1 al 3** se pueden observar las características de los diferentes tramos viales:

- ✓ *Cotas del terreno natural.*
- ✓ *Cotas de diseño en eje y bordes de la vía.*
- ✓ *Ancho de las calzadas.*
- ✓ *Bombeo seleccionado.*
- ✓ *Pendiente longitudinal.*
- ✓ *Espesores del diseño de la estructura del pavimento.*
- ✓ *Volumen de excavación y relleno.*

Adicional se puede observar la composición de cada sección transversal para cada tramo vial.

7. MEMORIAS DE CÁLCULO

7.1. Cálculo de los elementos de curvatura horizontal y vertical

Con base en la velocidad de diseño se definieron los diferentes parámetros de diseño vertical y horizontal de la vía diseñada los cuales se verán reflejados dentro del informe en una cartera de localización que exterioriza la información mínima para la localización del proyecto como es las coordenadas norte, este y cota rasante. Tal información se puede encontrar en el **anexo 1**. Adicional en los planos de diseño planta perfil se pueden observar los parámetros de diseño horizontal como lo es la abscisa de diseño, el **PI** de las curvas horizontales, el **PC** y **PT** de las curvas circulares; de igual forma en los perfiles se encuentran los elementos verticales como longitud de la curva circular, el parámetro de control de visibilidad K, las cotas de diseño de la rasante con su respectivo abscisado. Ver **anexo 4.**

7.2. Cálculo de las cotas de borde de la vía

Con base en las secciones transversales de diseño y los bombeos de la sección transversal se generó la cartera de control de cotas de borde de diseño, la cual garantiza las especificaciones transversales de diseño, el sentido de rotación del bombeo en la calzada, transiciones de bombeo y pendiente del bombeo, adicional en la cartera se puede observar el ancho de la vía abscisado cada 2.5 m. Tal información se puede encontrar en el **anexo 2.**

7.3. Cálculo de los volúmenes de movimiento de tierras

Con base en las secciones transversales de diseño, se calculó la cartera de movimientos de tierra (Corte y Lleno) conservando el mismo abscisado. Tal información se puede encontrar en el **anexo 3.**

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 y urbanismo.

- ✓ Durante la etapa de diseño vertical se cumplió con los requerimientos mínimos para los acuerdos verticales tanto cóncavos como convexos, de igual manera la mayoría de las pendientes longitudinales cumplen con el valor mínimo establecido por INVIAS del 0.5%, en casos puntuales la pendiente longitudinal se diseñó con una pendiente inferior sin embargo se ha demostrado en diferentes procesos de construcción de vías que pendientes de **0.20%** funcionan adecuadamente.

- ✓ Se adoptó un ancho de calzada de 5.00 y 7.00m, según alineamiento, contemplando dejar un área útil para la construcción de bordillos y andenes como se muestra en la **Ilustración 7.**

- ✓ 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 diseñaron bombeos transicionales que permiten mejorar la movilidad de los usuarios, contrarrestando los efectos de la fuerza centrífuga, pero sin recurrir a diseñar con peraltes mínimos contemplados en el manual de INVIAS.

- ✓ Se generaron carteras de localización, control y volúmenes las cuales pueden ser utilizadas para cuestiones presupuestales y de localizaciones y replanteos del proyecto durante la etapa constructiva.

- ✓ Para un buen control y revisión del proyecto, se editaron planos de diseño geométrico (Planta – Perfil y Secciones), con el fin de tener control tridimensional de las vías diseñadas, en los cuales se pueden observar: Elementos de diseño geométrico horizontal, Acuerdos de diseño vertical, cotas de diseño tanto del eje como de los bordes de la vía, secciones de control transversal con (cotas de diseño, cota terreno, volúmenes parciales y acumulados de corte y lleno) y montaje de la estructura de pavimento.

- ✓ Se recomienda la implementación de señales de tránsito en los sectores de la vía que lo requiera a lo largo de todo el trazado vial con el fin de aumentar la seguridad de los usuarios vehiculares como de los peatones.

- ✓ 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 recolectada del levantamiento topográfico y el diseño geométrico realizado reflejaran el direccionamiento de flujo de escorrentías superficiales.