$$\tau = \gamma \cdot R \cdot S$$

Donde:

- **τ:** esfuerzo cortante (N/m²),
- **γ:** peso específico del agua (N/m³),
- **R:** radio hidráulico de la sección (m),
- **S:** pendiente de la tubería (m/m).

Para garantizar la eficiencia del sistema pluvial, el esfuerzo cortante medio debe ser igual o superior a 3.0 N/m² para el caudal de diseño, en caso de requerirse tubería se debe garantizar que al menos 1.5 N/m² para el 10% de la capacidad de la tubería a flujo lleno. Estos valores aseguran que la velocidad mínima sea suficiente para mantener el flujo en condiciones de autolimpieza, evitando obstrucciones y acumulación de sólidos.

Para los canales se tomarán valores de 0.60 y 0.90 m/s según lo indica el manual de drenaje para carreteras en el numeral 4.6.1 Diseño de canales.

8.5 VELOCIDADES MÁXIMAS

Los valores máximos permitidos para la velocidad en los canales dependen del tipo de material y su sensibilidad a la abrasión. En el caso de canales construidos con materiales resistentes, como el concreto, es posible soportar velocidades relativamente altas sin comprometer la integridad de la estructura. No obstante, para velocidades superiores a 6 m/s, se deben considerar medidas adicionales, como la instalación de estructuras disipadoras de energía y la correcta cimentación de los canales para evitar daños estructurales.

Para canales excavados en tierra, las velocidades deben ser cuidadosamente controladas para evitar erosión, pero en ningún caso se permitirá que superen los 2 m/s. Esta limitación se establece para garantizar la estabilidad del canal y prevenir la degradación de sus paredes. Los valores de velocidad máxima y fuerza tractiva permisibles para distintos tipos de material se encuentran detallados en la tabla 4.9 del *Manual de Drenaje para Carreteras* del INVÍAS, que debe ser consultada para establecer los valores específicos en cada caso.

Carrera 23 N° 124-87
Edificio Torre Zental - Oficina 404 II
Bogotá - Colombia
T: +57 (1) 221 1077
M: +57 300 517 38 99
E: gerencia.convialsas@gmail.com

Tabla 58. Velocidades y fuerza tractiva máximas permisibles.

TIPO DE TERRENO	AGUA CLARA		AGUA CON SEDIMENTOS COLOIDALES (*)	
	V(m/s)	$\tau(kg/m^2)$	V(m/s)	$\tau(kg/m^2)$
Arena fina coloidal	0.45	0.13	0.75	0.37
Limo arenoso no coloidal	0.50	0.18	0.75	0.37
Sedimentos limosos	0.60	0.23	0.90	0.54
Sedimentos aluviales no coloidal	0.60	0.23	1.00	0.73
Limo	0.75	0.37	1.00	0.73
Ceniza volcánica	0.75	0.37	1.00	0.73
Arcilla dura	1.15	1.27	1.50	2.25
Sedimentos aluviales coloidal	1.15	1.27	1.50	2.25
Pizarras	1.80	3.27	1.80	3.27
Grava	0.75	0.37	1.50	1.56
Limo a ripio, suelo no coloidales	1.15	1.86	1.50	3.23
Limo a ripio, suelo coloidal	1.20	2.10	1.60	3.91
Grava gruesa	1.20	1.47	1.80	3.27
Bolos	1.50	4.44	1.60	5.38

(*) Por partículas coloidales se entienden aquellas de diámetro menor a 2 micrones en las cuales los efectos de las fuerzas de superficie prevalecen sobre los de las fuerzas gravitacionales.

Fuente. INVIAS

Carrera 23 N° 124 -87
Edificio Torre Zental - Oficina 404 II
Bogotá - Colombia
T: +57 (1) 221 1077
M: +57 300 517 38 99
E: gerencia@convialsas.com

Tabla 59. Análisis hidráulico de drenajes superficiales eje 1.

EJE 1																	
ABSCISA		LONGITUD	PENDIENTE (m/m)	LONGITUD	PROFUNDIDAD (Y)	BORDE LIBRE (L)	ALTURA BORDILLO	T1	P	ÁREA	RH	COEF. MANNING	V	Q DISEÑO	Q HIDROLOGICO	CHEQUEO CAUDALES	OBS.
INICIAL	FINAL	(m)	TERRENO	(km)	m	m	m		m	m2	m	n	m/s	m3/s	m3/s		
K0+000.00	K0+005.07	5.07	0.0195	0.01	0.12	0.03	0.15	5.00	5.24	0.60	0.11	0.014	2.352	1.411	0.003949	CUMPLE	DRENAJE EN PAVIMENTO
K0+005.07	K0+013.89	8.82	0.0010	0.01	0.12	0.03	0.15	5.00	5.24	0.60	0.11	0.014	0.533	0.320	0.006869	CUMPLE	DRENAJE EN PAVIMENTO
K0+013.89	K0+019.88	5.99	0.0010	0.01	0.12	0.03	0.15	5.00	5.24	0.60	0.11	0.014	0.533	0.320	0.004665	CUMPLE	DRENAJE EN PAVIMENTO
K0+019.88	K0+025.89	6.01	0.0565	0.01	0.12	0.03	0.15	5.00	5.24	0.60	0.11	0.014	4.004	2.402	0.004681	CUMPLE	DRENAJE EN PAVIMENTO
K0+025.89	K0+026.27	0.38	0.0565	0.00	0.12	0.03	0.15	5.00	5.24	0.60	0.11	0.014	4.004	2.402	0.000296	CUMPLE	DRENAJE EN PAVIMENTO
K0+026.27	K0+032.27	6.00	0.0565	0.01	0.12	0.03	0.15	5.00	5.24	0.60	0.11	0.014	4.004	2.402	0.004673	CUMPLE	DRENAJE EN PAVIMENTO
K0+032.27	K0+038.27	6.00	0.0150	0.01	0.12	0.03	0.15	5.00	5.24	0.60	0.11	0.014	2.063	1.238	0.004673	CUMPLE	DRENAJE EN PAVIMENTO
K0+038.27	K0+049.68	11.41	0.0150	0.01	0.12	0.03	0.15	5.00	5.24	0.60	0.11	0.014	2.063	1.238	0.008886	CUMPLE	DRENAJE EN PAVIMENTO
K0+049.68	K0+059.68	10.00	0.0150	0.01	0.12	0.03	0.15	5.00	5.24	0.60	0.11	0.014	2.063	1.238	0.007788	CUMPLE	DRENAJE EN PAVIMENTO
K0+059.68	K0+069.68	10.00	0.0127	0.01	0.12	0.03	0.15	5.00	5.24	0.60	0.11	0.014	1.898	1.139	0.007788	CUMPLE	DRENAJE EN PAVIMENTO
K0+069.68	K0+078.45	8.77	0.0127	0.01	0.12	0.03	0.15	5.00	5.24	0.60	0.11	0.014	1.898	1.139	0.006830	CUMPLE	DRENAJE EN PAVIMENTO
K0+078.45	K0+081.52	3.07	0.0285	0.00	0.12	0.03	0.15	5.00	5.24	0.60	0.11	0.014	2.843	1.706	0.002391	CUMPLE	DRENAJE EN PAVIMENTO
K0+081.52	K0+085.00	3.48	0.0235	0.00	0.12	0.03	0.15	5.00	5.24	0.60	0.11	0.014	2.582	1.549	0.002710	CUMPLE	DRENAJE EN PAVIMENTO
K0+085.00	K0+110.61	25.61	0.0188	0.03	0.12	0.03	0.15	5.00	5.24	0.60	0.11	0.014	2.309	1.386	0.019946	CUMPLE	DRENAJE EN PAVIMENTO
K0+110.61	K0+115.02	4.41	0.0162	0.00	0.12	0.03	0.15	5.00	5.24	0.60	0.11	0.014	2.144	1.286	0.003435	CUMPLE	DRENAJE EN PAVIMENTO
K0+115.02	K0+118.92	3.90	0.0198	0.00	0.12	0.03	0.15	5.00	5.24	0.60	0.11	0.014	2.370	1.422	0.003034	CUMPLE	DRENAJE EN PAVIMENTO
K0+118.92	K0+128.94	10.02	0.0156	0.01	0.12	0.03	0.15	5.00	5.24	0.60	0.11	0.014	2.104	1.262	0.007807	CUMPLE	DRENAJE EN PAVIMENTO

Carrera 23 N° 124-87
Edificio Torre Zental - Oficina 404 II
Bogotá - Colombia
T : +57 (1) 221 1077
M: +57 300 517 38 99
E : gerencia.convialsas@gmail.com

EJE 1																	
ABSCISA		LONGITUD	PENDIENTE (m/m)	LONGITUD	PROFUNDIDAD (Y)	BORDE LIBRE (L)	ALTURA BORDILLO	T1	P	ÁREA	RH	COEF. MANNING	V	Q DISEÑO	Q HIDROLOGICO	CHEQUEO CAUDALES	OBS.
INICIAL	FINAL	(m)	TERRENO	(km)	m	m	m		m	m2	m	n	m/s	m3/s	m3/s		
K0+128.94	K0+138.94	10.00	0.0156	0.01	0.12	0.03	0.15	5.00	5.24	0.60	0.11	0.014	2.104	1.262	0.007788	CUMPLE	DRENAJE EN PAVIMENTO
K0+138.94	K0+148.94	10.00	0.0163	0.01	0.12	0.03	0.15	5.00	5.24	0.60	0.11	0.014	2.150	1.290	0.007788	CUMPLE	DRENAJE EN PAVIMENTO
K0+148.94	K0+157.25	8.31	0.0163	0.01	0.12	0.03	0.15	5.00	5.24	0.60	0.11	0.014	2.150	1.290	0.006472	CUMPLE	DRENAJE EN PAVIMENTO
K0+157.25	K0+160.20	2.95	0.0042	0.00	0.12	0.03	0.15	5.00	5.24	0.60	0.11	0.014	1.092	0.655	0.002298	CUMPLE	DRENAJE EN PAVIMENTO
K0+160.20	K0+164.43	4.23	0.0241	0.00	0.12	0.03	0.15	5.00	5.24	0.60	0.11	0.014	2.615	1.569	0.003294	CUMPLE	DRENAJE EN PAVIMENTO
K0+164.43	K0+176.37	11.94	0.0160	0.01	0.12	0.03	0.15	5.00	5.24	0.60	0.11	0.014	2.130	1.278	0.009299	CUMPLE	DRENAJE EN PAVIMENTO
K0+176.37	K0+186.37	10.00	0.0160	0.01	0.12	0.03	0.15	5.00	5.24	0.60	0.11	0.014	2.130	1.278	0.007788	CUMPLE	DRENAJE EN PAVIMENTO
K0+186.37	K0+196.37	10.00	0.0156	0.01	0.12	0.03	0.15	5.00	5.24	0.60	0.11	0.014	2.104	1.262	0.007788	CUMPLE	DRENAJE EN PAVIMENTO
K0+196.37	K0+216.67	20.30	0.0156	0.02	0.12	0.03	0.15	5.00	5.24	0.60	0.11	0.014	2.104	1.262	0.015810	CUMPLE	DRENAJE EN PAVIMENTO
K0+216.67	K0+223.47	6.80	0.0068	0.01	0.12	0.03	0.15	5.00	5.24	0.60	0.11	0.014	1.389	0.833	0.005296	CUMPLE	DRENAJE EN PAVIMENTO
K0+223.47	K0+242.10	18.63	0.0095	0.02	0.12	0.03	0.15	5.00	5.24	0.60	0.11	0.014	1.642	0.985	0.014509	CUMPLE	DRENAJE EN PAVIMENTO
K0+242.10	K0+252.10	10.00	0.0095	0.01	0.12	0.03	0.15	5.00	5.24	0.60	0.11	0.014	1.642	0.985	0.007788	CUMPLE	DRENAJE EN PAVIMENTO
K0+252.10	K0+262.10	10.00	0.0082	0.01	0.12	0.03	0.15	5.00	5.24	0.60	0.11	0.014	1.525	0.915	0.007788	CUMPLE	DRENAJE EN PAVIMENTO
K0+262.10	K0+283.15	21.05	0.0082	0.02	0.12	0.03	0.15	5.00	5.24	0.60	0.11	0.014	1.525	0.915	0.016394	CUMPLE	DRENAJE EN PAVIMENTO

Fuente. Esta consultoría, 2024

Carrera 23 N° 124-87
Edificio Torre Zentral Oficina 404 II
Bogotá - Colombia
T: +57 (1) 2211077
M: +57 300 517 38 99
E: gerencia.convialsas@gmail.com

Tabla 60. Análisis hidráulico de drenajes superficiales eje 2.

EJE 2																	
ABSCISA		LONGITUD	PENDIENTE (m/m)	LONGITUD	PROFUNDIDAD (Y)	BORDE LIBRE (L)	ALTURA BORDILLO	T1	P	ÁREA	RH	COEF. MANNING	V	Q DISEÑO	Q HIDROLOGICO	CHEQUEO CAUDALES	OBS.
INICIAL	FINAL	(m)	TERRENO	(km)	m	m	m		m	m2	m	n	m/s	m3/s	m3/s		
K0+000.00	K0+003.35	3.35	0.0067	0.00	0.12	0.03	0.15	5.00	5.24	0.60	0.11	0.014	1.379	0.827	0.001544	CUMPLE	DRENAJE EN PAVIMENTO
K0+003.35	K0+006.64	3.29	0.0732	0.00	0.12	0.03	0.15	5.00	5.24	0.60	0.11	0.014	4.557	2.734	0.001516	CUMPLE	DRENAJE EN PAVIMENTO
K0+006.64	K0+014.64	8.00	0.0732	0.01	0.12	0.03	0.15	5.00	5.24	0.60	0.11	0.014	4.557	2.734	0.003687	CUMPLE	DRENAJE EN PAVIMENTO
K0+014.64	K0+022.64	8.00	0.0079	0.01	0.12	0.03	0.15	5.00	5.24	0.60	0.11	0.014	1.497	0.898	0.003687	CUMPLE	DRENAJE EN PAVIMENTO
K0+022.64	K0+114.36	91.72	0.0079	0.09	0.12	0.03	0.15	5.00	5.24	0.60	0.11	0.014	1.497	0.898	0.042273	CUMPLE	DRENAJE EN PAVIMENTO
K0+114.36	K0+129.00	14.64	0.0017	0.01	0.12	0.03	0.15	5.00	5.24	0.60	0.11	0.014	0.694	0.417	0.006747	CUMPLE	DRENAJE EN PAVIMENTO
K0+129.00	K0+132.10	3.10	0.0306	0.00	0.12	0.03	0.15	5.00	5.24	0.60	0.11	0.014	2.946	1.768	0.001429	CUMPLE	DRENAJE EN PAVIMENTO
K0+132.10	K0+136.09	3.99	0.0219	0.00	0.12	0.03	0.15	5.00	5.24	0.60	0.11	0.014	2.493	1.496	0.001839	CUMPLE	DRENAJE EN PAVIMENTO
K0+136.09	K0+160.04	23.95	0.0020	0.02	0.12	0.03	0.15	5.00	5.24	0.60	0.11	0.014	0.753	0.452	0.011038	CUMPLE	DRENAJE EN PAVIMENTO
K0+160.04	K0+184.37	24.33	0.0080	0.02	0.12	0.03	0.15	5.00	5.24	0.60	0.11	0.014	1.506	0.904	0.011214	CUMPLE	DRENAJE EN PAVIMENTO
K0+184.37	K0+189.85	5.48	0.0053	0.01	0.12	0.03	0.15	5.00	5.24	0.60	0.11	0.014	1.226	0.736	0.002526	CUMPLE	DRENAJE EN PAVIMENTO
K0+189.85	K0+206.24	16.39	0.0040	0.02	0.12	0.03	0.15	5.00	5.24	0.60	0.11	0.014	1.065	0.639	0.007554	CUMPLE	DRENAJE EN PAVIMENTO
K0+206.24	K0+216.24	10.00	0.0040	0.01	0.12	0.03	0.15	5.00	5.24	0.60	0.11	0.014	1.065	0.639	0.004609	CUMPLE	DRENAJE EN PAVIMENTO
K0+216.24	K0+226.24	10.00	0.0121	0.01	0.12	0.03	0.15	5.00	5.24	0.60	0.11	0.014	1.853	1.112	0.004609	CUMPLE	DRENAJE EN PAVIMENTO
K0+226.24	K0+253.46	27.22	0.0121	0.03	0.12	0.03	0.15	5.00	5.24	0.60	0.11	0.014	1.853	1.112	0.012546	CUMPLE	DRENAJE EN PAVIMENTO
K0+253.46	K0+258.91	5.45	0.0121	0.01	0.12	0.03	0.15	5.00	5.24	0.60	0.11	0.014	1.853	1.112	0.002512	CUMPLE	DRENAJE EN PAVIMENTO
K0+258.91	K0+281.04	22.13	0.0058	0.02	0.12	0.03	0.15	5.00	5.24	0.60	0.11	0.014	1.283	0.770	0.010200	CUMPLE	DRENAJE EN PAVIMENTO

Carrera 23 N° 124-87
Edificio Torre Zentai - Oficina 404 II
Bogotá - Colombia
T : +57 (1) 221 1077
M: +57 300 517 38 99
E : gerencia.convialsas@gmail.com

EJE 2																	
ABSCISA		LONGITUD	PENDIENTE (m/m)	LONGITUD	PROFUNDIDAD (Y)	BORDE LIBRE (L)	ALTURA BORDILLO	T1	P	ÁREA	RH	COEF. MANNING	V	Q DISEÑO	Q HIDROLOGICO	CHEQUEO CAUDALES	OBS.
INICIAL	FINAL	(m)	TERRENO	(km)	m	m	m		m	m2	m	n	m/s	m3/s	m3/s		
K0+281.04	K0+346.00	64.96	0.0033	0.06	0.12	0.03	0.15	5.00	5.24	0.60	0.11	0.014	0.968	0.581	0.029940	CUMPLE	DRENAJE EN PAVIMENTO
K0+346.00	K0+352.23	6.23	0.0029	0.01	0.12	0.03	0.15	5.00	5.24	0.60	0.11	0.014	0.907	0.544	0.002871	CUMPLE	DRENAJE EN PAVIMENTO
K0+352.23	K0+376.36	24.13	0.0012	0.02	0.12	0.03	0.15	5.00	5.24	0.60	0.11	0.014	0.583	0.350	0.011121	CUMPLE	DRENAJE EN PAVIMENTO
K0+376.36	K0+409.46	33.10	0.0072	0.03	0.12	0.03	0.15	5.00	5.24	0.60	0.11	0.014	1.429	0.858	0.015256	CUMPLE	DRENAJE EN PAVIMENTO
K0+409.46	K0+412.49	3.03	0.0405	0.00	0.12	0.03	0.15	5.00	5.24	0.60	0.11	0.014	3.390	2.034	0.001397	CUMPLE	DRENAJE EN PAVIMENTO
K0+412.49	K0+416.41	3.92	0.0241	0.00	0.12	0.03	0.15	5.00	5.24	0.60	0.11	0.014	2.615	1.569	0.001807	CUMPLE	DRENAJE EN PAVIMENTO
K0+416.41	K0+455.49	39.08	0.0041	0.04	0.12	0.03	0.15	5.00	5.24	0.60	0.11	0.014	1.078	0.647	0.018012	CUMPLE	DRENAJE EN PAVIMENTO
K0+455.49	K0+458.69	3.20	0.0339	0.00	0.12	0.03	0.15	5.00	5.24	0.60	0.11	0.014	3.101	1.861	0.001475	CUMPLE	DRENAJE EN PAVIMENTO
K0+458.69	K0+461.52	2.83	0.0211	0.00	0.12	0.03	0.15	5.00	5.24	0.60	0.11	0.014	2.447	1.468	0.001304	CUMPLE	DRENAJE EN PAVIMENTO
K0+461.52	K0+501.78	40.26	0.0093	0.04	0.12	0.03	0.15	5.00	5.24	0.60	0.11	0.014	1.624	0.975	0.018556	CUMPLE	DRENAJE EN PAVIMENTO
K0+501.78	K0+508.73	6.95	0.0241	0.01	0.12	0.03	0.15	5.00	5.24	0.60	0.11	0.014	2.615	1.569	0.003203	CUMPLE	DRENAJE EN PAVIMENTO

Fuente. Esta consultoría, 2024

Tabla 61. Análisis hidráulico de drenajes superficiales eje 3.

EJE 3																	
ABSCISA		LONGITUD	PENDIENTE (m/m)	LONGITUD	PROFUNDIDAD (Y)	BORDE LIBRE (L)	ALTURA BORDILLO	T1	P	ÁREA	RH	COEF. MANNING	V	Q DISEÑO	Q HIDROLOGICO	CHEQUEO CAUDALES	OBS.
INICIAL	FINAL	(m)	TERRENO	(km)	m	m	m		m	m2	m	n	m/s	m3/s	m3/s		
K0+000.00	K0+003.62	3.62	0.0049	0.00	0.12	0.03	0.15	5.00	5.24	0.60	0.11	0.014	1.179	0.707	0.003849	CUMPLE	DRENAJE EN PAVIMENTO
K0+003.62	K0+029.10	25.48	0.0031	0.03	0.12	0.03	0.15	5.00	5.24	0.60	0.11	0.014	0.938	0.563	0.027089	CUMPLE	DRENAJE EN PAVIMENTO
K0+029.10	K0+042.93	13.83	0.0111	0.01	0.12	0.03	0.15	5.00	5.24	0.60	0.11	0.014	1.775	1.065	0.014704	CUMPLE	DRENAJE EN PAVIMENTO

Carrera 23 N° 124-87
Edificio Torre Zental - Oficina 404 II
Bogotá - Colombia
T: +57 (1) 221 1077
M: +57 300 517 38 99
E: gerencia.convialsas@gmail.com

EJE 3																	
ABSCISA		LONGITUD	PENDIENTE (m/m)	LONGITUD	PROFUNDIDAD (Y)	BORDE LIBRE (L)	ALTURA BORDILLO	T1	P	ÁREA	RH	COEF. MANNING	V	Q DISEÑO	Q HIDROLOGICO	CHEQUEO CAUDALES	OBS.
INICIAL	FINAL	(m)	TERRENO	(km)	m	m	m		m	m2	m	n	m/s	m3/s	m3/s		
K0+042.93	K0+059.57	16.64	0.0030	0.02	0.12	0.03	0.15	5.00	5.24	0.60	0.11	0.014	0.923	0.554	0.017691	CUMPLE	DRENAJE EN PAVIMENTO
K0+059.57	K0+069.57	10.00	0.0030	0.01	0.12	0.03	0.15	5.00	5.24	0.60	0.11	0.014	0.923	0.554	0.010632	CUMPLE	DRENAJE EN PAVIMENTO
K0+069.57	K0+079.57	10.00	0.0157	0.01	0.12	0.03	0.15	5.00	5.24	0.60	0.11	0.014	2.110	1.266	0.010632	CUMPLE	DRENAJE EN PAVIMENTO
K0+079.57	K0+084.40	4.83	0.0157	0.00	0.12	0.03	0.15	5.00	5.24	0.60	0.11	0.014	2.110	1.266	0.005135	CUMPLE	DRENAJE EN PAVIMENTO
K0+084.40	K0+094.40	10.00	0.0157	0.01	0.12	0.03	0.15	5.00	5.24	0.60	0.11	0.014	2.110	1.266	0.010632	CUMPLE	DRENAJE EN PAVIMENTO
K0+094.40	K0+104.40	10.00	0.0047	0.01	0.12	0.03	0.15	5.00	5.24	0.60	0.11	0.014	1.155	0.693	0.010632	CUMPLE	DRENAJE EN PAVIMENTO
K0+104.40	K0+106.86	2.46	0.0047	0.00	0.12	0.03	0.15	5.00	5.24	0.60	0.11	0.014	1.155	0.693	0.002615	CUMPLE	DRENAJE EN PAVIMENTO
K0+106.86	K0+130.29	23.43	0.0018	0.02	0.12	0.03	0.15	5.00	5.24	0.60	0.11	0.014	0.715	0.429	0.024910	CUMPLE	DRENAJE EN PAVIMENTO

Fuente. Esta consultoría, 2024

Tabla 62. Análisis hidráulico de drenajes superficiales eje 4.

EJE 4																	
ABSCISA		LONGITUD	PENDIENTE (m/m)	LONGITUD	PROFUNDIDAD (Y)	BORDE LIBRE (L)	ALTURA BORDILLO	T1	P	ÁREA	RH	COEF. MANNING	V	Q DISEÑO	Q HIDROLOGICO	CHEQUEO CAUDALES	OBS.
INICIAL	FINAL	(m)	TERRENO	(km)	m	m	m		m	m2	m	n	m/s	m3/s	m3/s		
K0+000.00	K0+036.10	36.10	0.0034	0.04	0.12	0.03	0.15	5.00	5.24	0.60	0.11	0.014	0.982	0.589	0.048001	CUMPLE	DRENAJE EN PAVIMENTO
K0+036.10	K0+114.97	78.87	0.0037	0.08	0.12	0.03	0.15	5.00	5.24	0.60	0.11	0.014	1.025	0.615	0.104870	CUMPLE	DRENAJE EN PAVIMENTO
K0+114.97	K0+119.58	4.61	0.0203	0.00	0.12	0.03	0.15	5.00	5.24	0.60	0.11	0.014	2.400	1.440	0.006130	CUMPLE	DRENAJE EN PAVIMENTO

Fuente. Esta consultoría, 2024

Carrera 23 N° 124 -57
Edificio Torre Zental - Oficina 404 II
Bogotá - Colombia
T.: +57 (1) 221 1077
M: +57 300 517 38 99
E: gerencia.convialsas@gmail.com

Tabla 63. Análisis hidráulico de drenajes superficiales eje 5.

EJE 5																	
ABSCISA		LONGITUD	PENDIENTE (m/m)	LONGITUD	PROFUNDIDAD (Y)	BORDE LIBRE (L)	ALTURA BORDILLO	T1	P	ÁREA	RH	COEF. MANNING	V	Q DISEÑO	Q HIDROLOGICO	CHEQUEO CAUDALES	OBS.
INICIAL	FINAL	(m)	TERRENO	(km)	m	m	m		m	m2	m	n	m/s	m3/s	m3/s		
K0+000.00	K0+013.78	13.78	0.0141	0.01	0.12	0.03	0.15	5.00	5.24	0.60	0.11	0.014	2.000	1.200	0.012106	CUMPLE	DRENAJE EN PAVIMENTO
K0+013.78	K0+023.78	10.00	0.0141	0.01	0.12	0.03	0.15	5.00	5.24	0.60	0.11	0.014	2.000	1.200	0.008786	CUMPLE	DRENAJE EN PAVIMENTO
K0+023.78	K0+033.78	10.00	0.0099	0.01	0.12	0.03	0.15	5.00	5.24	0.60	0.11	0.014	1.676	1.006	0.008786	CUMPLE	DRENAJE EN PAVIMENTO
K0+033.78	K0+047.35	13.57	0.0099	0.01	0.12	0.03	0.15	5.00	5.24	0.60	0.11	0.014	1.676	1.006	0.011922	CUMPLE	DRENAJE EN PAVIMENTO
K0+047.35	K0+051.03	3.68	0.0627	0.00	0.12	0.03	0.15	5.00	5.24	0.60	0.11	0.014	4.217	2.530	0.003233	CUMPLE	DRENAJE EN PAVIMENTO
K0+051.03	K0+056.42	5.39	0.0092	0.01	0.12	0.03	0.15	5.00	5.24	0.60	0.11	0.014	1.616	0.969	0.004735	CUMPLE	DRENAJE EN PAVIMENTO
K0+056.42	K0+060.19	3.77	0.0232	0.00	0.12	0.03	0.15	5.00	5.24	0.60	0.11	0.014	2.565	1.539	0.003312	CUMPLE	DRENAJE EN PAVIMENTO
K0+060.19	K0+069.84	9.65	0.0224	0.01	0.12	0.03	0.15	5.00	5.24	0.60	0.11	0.014	2.521	1.512	0.008478	CUMPLE	DRENAJE EN PAVIMENTO
K0+069.84	K0+125.52	55.68	0.0012	0.06	0.12	0.03	0.15	5.00	5.24	0.60	0.11	0.014	0.583	0.350	0.048918	CUMPLE	DRENAJE EN PAVIMENTO
K0+125.52	K0+176.35	50.83	0.0060	0.05	0.12	0.03	0.15	5.00	5.24	0.60	0.11	0.014	1.305	0.783	0.044657	CUMPLE	DRENAJE EN PAVIMENTO
K0+176.35	K0+219.93	43.58	0.0032	0.04	0.12	0.03	0.15	5.00	5.24	0.60	0.11	0.014	0.953	0.572	0.038287	CUMPLE	DRENAJE EN PAVIMENTO
K0+219.93	K0+229.93	10.00	0.0032	0.01	0.12	0.03	0.15	5.00	5.24	0.60	0.11	0.014	0.953	0.572	0.008786	CUMPLE	DRENAJE EN PAVIMENTO
K0+229.93	K0+239.93	10.00	0.0603	0.01	0.12	0.03	0.15	5.00	5.24	0.60	0.11	0.014	4.136	2.482	0.008786	CUMPLE	DRENAJE EN PAVIMENTO
K0+239.93	K0+245.72	5.79	0.0603	0.01	0.12	0.03	0.15	5.00	5.24	0.60	0.11	0.014	4.136	2.482	0.005087	CUMPLE	DRENAJE EN PAVIMENTO

Fuente. Esta consultoría, 2024

Carrera 23 N° 124-87
Edificio Torre Zental - Oficina 404 II
Bogotá - Colombia
T: +57 (1) 221 1077
M: +57 300 517 38 99
E: gerencia.convialsas@gmail.com

Tabla 64. Análisis hidráulico de drenajes superficiales eje 6.

EJE 6																	
ABSCISA		LONGITUD	PENDIENTE (m/m)	LONGITUD	PROFUNDIDAD (Y)	BORDE LIBRE (L)	ALTURA BORDILLO	T1	P	ÁREA	RH	COEF. MANNING	V	Q DISEÑO	Q HIDROLOGICO	CHEQUEO CAUDALES	OBS.
INICIAL	FINAL	(m)	TERRENO	(km)	m	m	m		m	m2	m	n	m/s	m3/s	m3/s		
K0+000.00	K0+001.38	1.38	0.0233	0.00	0.12	0.03	0.15	5.00	5.24	0.60	0.11	0.014	2.571	1.543	0.001385	CUMPLE	DRENAJE EN PAVIMENTO
K0+001.38	K0+014.51	13.13	0.0068	0.01	0.12	0.03	0.15	5.00	5.24	0.60	0.11	0.014	1.389	0.833	0.013180	CUMPLE	DRENAJE EN PAVIMENTO
K0+014.51	K0+024.51	10.00	0.0068	0.01	0.12	0.03	0.15	5.00	5.24	0.60	0.11	0.014	1.389	0.833	0.010038	CUMPLE	DRENAJE EN PAVIMENTO
K0+024.51	K0+034.51	10.00	0.0071	0.01	0.12	0.03	0.15	5.00	5.24	0.60	0.11	0.014	1.419	0.852	0.010038	CUMPLE	DRENAJE EN PAVIMENTO
K0+034.51	K0+034.98	0.47	0.0071	0.00	0.12	0.03	0.15	5.00	5.24	0.60	0.11	0.014	1.419	0.852	0.000472	CUMPLE	DRENAJE EN PAVIMENTO
K0+034.98	K0+042.98	8.00	0.0071	0.01	0.12	0.03	0.15	5.00	5.24	0.60	0.11	0.014	1.419	0.852	0.008031	CUMPLE	DRENAJE EN PAVIMENTO
K0+042.98	K0+050.98	8.00	0.0041	0.01	0.12	0.03	0.15	5.00	5.24	0.60	0.11	0.014	1.078	0.647	0.008031	CUMPLE	DRENAJE EN PAVIMENTO
K0+050.98	K0+055.54	4.56	0.0041	0.00	0.12	0.03	0.15	5.00	5.24	0.60	0.11	0.014	1.078	0.647	0.004577	CUMPLE	DRENAJE EN PAVIMENTO
K0+055.54	K0+103.20	47.66	0.0016	0.05	0.12	0.03	0.15	5.00	5.24	0.60	0.11	0.014	0.674	0.404	0.047842	CUMPLE	DRENAJE EN PAVIMENTO
K0+103.20	K0+113.20	10.00	0.0016	0.01	0.12	0.03	0.15	5.00	5.24	0.60	0.11	0.014	0.674	0.404	0.010038	CUMPLE	DRENAJE EN PAVIMENTO
K0+113.20	K0+123.20	10.00	0.0120	0.01	0.12	0.03	0.15	5.00	5.24	0.60	0.11	0.014	1.845	1.107	0.010038	CUMPLE	DRENAJE EN PAVIMENTO
K0+123.20	K0+145.14	21.94	0.0120	0.02	0.12	0.03	0.15	5.00	5.24	0.60	0.11	0.014	1.845	1.107	0.022024	CUMPLE	DRENAJE EN PAVIMENTO
K0+145.14	K0+147.60	2.46	0.0225	0.00	0.12	0.03	0.15	5.00	5.24	0.60	0.11	0.014	2.526	1.516	0.002469	CUMPLE	DRENAJE EN PAVIMENTO

Fuente. Esta consultoría, 2024

Carrera 23 N° 124-87
Edificio Torre Zental - Oficina 404 II
Bogotá - Colombia
T: +57 (1) 221 1077
M: +57 300 517 38 99
E: gerencia.convialsas@gmail.com

Tabla 65. Análisis hidráulico de drenajes superficiales eje 7.

EJE 7																	
ABSCISA		LONGITUD	PENDIENTE (m/m)	LONGITUD	PROFUNDIDAD (Y)	BORDE LIBRE (L)	ALTURA BORDILLO	T1	P	ÁREA	RH	COEF. MANNING	V	Q DISEÑO	Q HIDROLOGICO	CHEQUEO CAUDALES	OBS.
INICIAL	FINAL	(m)	TERRENO	(km)	m	m	m		m	m2	m	n	m/s	m3/s	m3/s		
K0+000.00	K0+003.00	3.00	0.0477	0.00	0.12	0.03	0.15	5.00	5.24	0.60	0.11	0.014	3.679	2.207	0.004042	CUMPLE	DRENAJE EN PAVIMENTO
K0+003.00	K0+035.79	32.79	0.0030	0.03	0.12	0.03	0.15	5.00	5.24	0.60	0.11	0.014	0.923	0.554	0.044178	CUMPLE	DRENAJE EN PAVIMENTO
K0+035.79	K0+142.46	106.67	0.0046	0.11	0.12	0.03	0.15	5.00	5.24	0.60	0.11	0.014	1.142	0.685	0.143718	CUMPLE	DRENAJE EN PAVIMENTO
K0+142.46	K0+144.67	2.21	0.0488	0.00	0.12	0.03	0.15	5.00	5.24	0.60	0.11	0.014	3.721	2.232	0.002978	CUMPLE	DRENAJE EN PAVIMENTO

Fuente. Esta consultoría, 2024

Tabla 66. Análisis hidráulico de drenajes superficiales eje 8.

EJE 8																	
ABSCISA		LONGITUD	PENDIENTE (m/m)	LONGITUD	PROFUNDIDAD (Y)	BORDE LIBRE (L)	ALTURA BORDILLO	T1	P	ÁREA	RH	COEF. MANNING	V	Q DISEÑO	Q HIDROLOGICO	CHEQUEO CAUDALES	OBS.
INICIAL	FINAL	(m)	TERRENO	(km)	m	m	m		m	m2	m	n	m/s	m3/s	m3/s		
K0+000.00	K0+002.82	2.82	0.0407	0.00	0.12	0.03	0.15	5.00	5.24	0.60	0.11	0.014	3.398	2.039	0.002913	CUMPLE	DRENAJE EN PAVIMENTO
K0+002.82	K0+004.70	1.88	0.0341	0.00	0.12	0.03	0.15	5.00	5.24	0.60	0.11	0.014	3.110	1.866	0.001942	CUMPLE	DRENAJE EN PAVIMENTO
K0+004.70	K0+018.89	14.19	0.0078	0.01	0.12	0.03	0.15	5.00	5.24	0.60	0.11	0.014	1.488	0.893	0.014656	CUMPLE	DRENAJE EN PAVIMENTO
K0+018.89	K0+060.86	41.97	0.0033	0.04	0.12	0.03	0.15	5.00	5.24	0.60	0.11	0.014	0.968	0.581	0.043349	CUMPLE	DRENAJE EN PAVIMENTO
K0+060.86	K0+070.86	10.00	0.0033	0.01	0.12	0.03	0.15	5.00	5.24	0.60	0.11	0.014	0.968	0.581	0.010329	CUMPLE	DRENAJE EN PAVIMENTO
K0+070.86	K0+080.86	10.00	0.0439	0.01	0.12	0.03	0.15	5.00	5.24	0.60	0.11	0.014	3.529	2.117	0.010329	CUMPLE	DRENAJE EN PAVIMENTO
K0+080.86	K0+083.16	2.30	0.0439	0.00	0.12	0.03	0.15	5.00	5.24	0.60	0.11	0.014	3.529	2.117	0.002376	CUMPLE	DRENAJE EN PAVIMENTO
K0+083.16	K0+086.11	2.95	0.0220	0.00	0.12	0.03	0.15	5.00	5.24	0.60	0.11	0.014	2.498	1.499	0.003047	CUMPLE	DRENAJE EN PAVIMENTO

Fuente. Esta consultoría, 2024

Carrera 27 N° 124-87
Edificio Torre Zental - Oficina 404 II
Bogotá - Colombia
T: +57 (1) 221 1077
M: +57 300 517 38 99
E: gerencia.convialsas@gmail.com

Tabla 67. Análisis hidráulico de drenajes superficiales eje 9.

EJE 9																	
ABSCISA		LONGITUD	PENDIENTE (m/m)	LONGITUD	PROFUNDIDAD (Y)	BORDE LIBRE (L)	ALTURA BORDILLO	T1	P	ÁREA	RH	COEF. MANNING	V	Q DISEÑO	Q HIDROLOGICO	CHEQUEO CAUDALES	OBS.
INICIAL	FINAL	(m)	TERRENO	(km)	m	m	m		m	m2	m	n	m/s	m3/s	m3/s		
K0+000.00	K0+004.40	4.40	0.0014	0.00	0.12	0.03	0.15	5.00	5.24	0.60	0.11	0.014	0.630	0.378	0.004629	CUMPLE	DRENAJE EN PAVIMENTO
K0+004.40	K0+146.51	142.11	0.0026	0.14	0.12	0.03	0.15	5.00	5.24	0.60	0.11	0.014	0.859	0.515	0.149502	CUMPLE	DRENAJE EN PAVIMENTO
K0+146.51	K0+227.90	81.39	0.0007	0.08	0.12	0.03	0.15	5.00	5.24	0.60	0.11	0.014	0.446	0.267	0.085623	CUMPLE	DRENAJE EN PAVIMENTO
K0+227.90	K0+231.28	3.38	0.0212	0.00	0.12	0.03	0.15	5.00	5.24	0.60	0.11	0.014	2.452	1.471	0.003556	CUMPLE	DRENAJE EN PAVIMENTO

Fuente. Esta consultoría, 2024

Tabla 68. Análisis hidráulico de drenajes superficiales eje 10.

EJE 10																	
ABSCISA		LONGITUD	PENDIENTE (m/m)	LONGITUD	PROFUNDIDAD (Y)	BORDE LIBRE (L)	ALTURA BORDILLO	T1	P	ÁREA	RH	COEF. MANNING	V	Q DISEÑO	Q HIDROLOGICO	CHEQUEO CAUDALES	OBS.
INICIAL	FINAL	(m)	TERRENO	(km)	m	m	m		m	m2	m	n	m/s	m3/s	m3/s		
K0+000.00	K0+003.00	3.00	0.0161	0.00	0.12	0.03	0.15	5.00	5.24	0.60	0.11	0.014	2.137	1.282	0.002599	CUMPLE	DRENAJE EN PAVIMENTO
K0+003.00	K0+166.40	163.40	0.0024	0.16	0.12	0.03	0.15	5.00	5.24	0.60	0.11	0.014	0.825	0.495	0.141562	CUMPLE	DRENAJE EN PAVIMENTO
K0+166.40	K0+226.96	60.56	0.0020	0.06	0.12	0.03	0.15	5.00	5.24	0.60	0.11	0.014	0.753	0.452	0.052466	CUMPLE	DRENAJE EN PAVIMENTO
K0+226.96	K0+236.96	10.00	0.0020	0.01	0.12	0.03	0.15	5.00	5.24	0.60	0.11	0.014	0.753	0.452	0.008664	CUMPLE	DRENAJE EN PAVIMENTO
K0+236.96	K0+246.96	10.00	0.0159	0.01	0.12	0.03	0.15	5.00	5.24	0.60	0.11	0.014	2.124	1.274	0.008664	CUMPLE	DRENAJE EN PAVIMENTO
K0+246.96	K0+278.37	31.41	0.0159	0.03	0.12	0.03	0.15	5.00	5.24	0.60	0.11	0.014	2.124	1.274	0.027212	CUMPLE	DRENAJE EN PAVIMENTO
K0+278.37	K0+280.88	2.51	0.0036	0.00	0.12	0.03	0.15	5.00	5.24	0.60	0.11	0.014	1.011	0.606	0.002175	CUMPLE	DRENAJE EN PAVIMENTO

Fuente. Esta consultoría, 2024

Carrera 23 N° 124 -87
Edificio Torre Zentai - Oficina 404 II
Bogóta - Colombia
T : +57 (1) 2211077
M: +57 300 517 38 99
E : gerencia.convialsas@gmail.com

Tabla 69. Análisis hidráulico de drenajes superficiales eje 11.

EJE 11																	
ABSCISA		LONGITUD	PENDIENTE (m/m)	LONGITUD	PROFUNDIDAD (Y)	BORDE LIBRE (L)	ALTURA BORDILLO	T1	P	ÁREA	RH	COEF. MANNING	V	Q DISEÑO	Q HIDROLOGICO	CHEQUEO CAUDALES	OBS.
INICIAL	FINAL	(m)	TERRENO	(km)	m	m	m		m	m2	m	n	m/s	m3/s	m3/s		
K0+000.00	K0+006.48	6.48	0.0203	0.01	0.12	0.03	0.15	5.00	5.24	0.60	0.11	0.014	2.400	1.440	0.004912	CUMPLE	DRENAJE EN PAVIMENTO
K0+006.48	K0+016.48	10.00	0.0203	0.01	0.12	0.03	0.15	5.00	5.24	0.60	0.11	0.014	2.400	1.440	0.007581	CUMPLE	DRENAJE EN PAVIMENTO
K0+016.48	K0+026.48	10.00	0.0040	0.01	0.12	0.03	0.15	5.00	5.24	0.60	0.11	0.014	1.065	0.639	0.007581	CUMPLE	DRENAJE EN PAVIMENTO
K0+026.48	K0+073.54	47.06	0.0040	0.05	0.12	0.03	0.15	5.00	5.24	0.60	0.11	0.014	1.065	0.639	0.035674	CUMPLE	DRENAJE EN PAVIMENTO
K0+073.54	K0+076.54	3.00	0.0200	0.00	0.12	0.03	0.15	5.00	5.24	0.60	0.11	0.014	2.382	1.429	0.002274	CUMPLE	DRENAJE EN PAVIMENTO
K0+076.54	K0+079.55	3.01	0.0200	0.00	0.12	0.03	0.15	5.00	5.24	0.60	0.11	0.014	2.382	1.429	0.002282	CUMPLE	DRENAJE EN PAVIMENTO
K0+079.55	K0+128.10	48.55	0.0042	0.05	0.12	0.03	0.15	5.00	5.24	0.60	0.11	0.014	1.092	0.655	0.036804	CUMPLE	DRENAJE EN PAVIMENTO
K0+128.10	K0+138.10	10.00	0.0042	0.01	0.12	0.03	0.15	5.00	5.24	0.60	0.11	0.014	1.092	0.655	0.007581	CUMPLE	DRENAJE EN PAVIMENTO
K0+138.10	K0+148.10	10.00	0.0099	0.01	0.12	0.03	0.15	5.00	5.24	0.60	0.11	0.014	1.676	1.006	0.007581	CUMPLE	DRENAJE EN PAVIMENTO
K0+148.10	K0+155.65	7.55	0.0099	0.01	0.12	0.03	0.15	5.00	5.24	0.60	0.11	0.014	1.676	1.006	0.005723	CUMPLE	DRENAJE EN PAVIMENTO
K0+155.65	K0+158.49	2.84	0.0087	0.00	0.12	0.03	0.15	5.00	5.24	0.60	0.11	0.014	1.571	0.943	0.002153	CUMPLE	DRENAJE EN PAVIMENTO

Fuente. Esta consultoría, 2024

Carrera 23 N° 124-87
Edificio Torre Zental - Oficina 404 II
Bogotá - Colombia
T: +57 (1) 221 1077
M: +57 300 517 38 99
E: gerencia.convialsas@gmail.com

Tabla 70. Análisis hidráulico de drenajes superficiales eje 12.

EJE 12																	
ABSCISA		LONGITUD	PENDIENTE (m/m)	LONGITUD	PROFUNDIDAD (Y)	BORDE LIBRE (L)	ALTURA BORDILLO	T1	P	ÁREA	RH	COEF. MANNING	V	Q DISEÑO	Q HIDROLOGICO	CHEQUEO CAUDALES	OBS.
INICIAL	FINAL	(m)	TERRENO	(km)	m	m	m		m	m2	m	n	m/s	m3/s	m3/s		
K0+000.00	K0+098.94	98.94	0.0019	0.10	0.12	0.03	0.15	5.00	5.24	0.60	0.11	0.014	0.734	0.441	0.086091	CUMPLE	DRENAJE EN PAVIMENTO
K0+098.94	K0+108.94	10.00	0.0019	0.01	0.12	0.03	0.15	5.00	5.24	0.60	0.11	0.014	0.734	0.441	0.008701	CUMPLE	DRENAJE EN PAVIMENTO
K0+108.94	K0+118.94	10.00	0.0120	0.01	0.12	0.03	0.15	5.00	5.24	0.60	0.11	0.014	1.845	1.107	0.008701	CUMPLE	DRENAJE EN PAVIMENTO
K0+118.94	K0+155.07	36.13	0.0120	0.04	0.12	0.03	0.15	5.00	5.24	0.60	0.11	0.014	1.845	1.107	0.031438	CUMPLE	DRENAJE EN PAVIMENTO

Fuente. Esta consultoría, 2024

Tabla 71. Análisis hidráulico de drenajes superficiales eje 26.

EJE 26																	
ABSCISA		LONGITUD	PENDIENTE (m/m)	LONGITUD	PROFUNDIDAD (Y)	BORDE LIBRE (L)	ALTURA BORDILLO	T1	P	ÁREA	RH	COEF. MANNING	V	Q DISEÑO	Q HIDROLOGICO	CHEQUEO CAUDALES	OBS.
INICIAL	FINAL	(m)	TERRENO	(km)	m	m	m		m	m2	m	n	m/s	m3/s	m3/s		
K0+000.00	K0+007.01	7.01	0.0221	0.01	0.12	0.03	0.15	5.00	5.24	0.60	0.11	0.014	2.504	1.502	0.005796	CUMPLE	DRENAJE EN PAVIMENTO
K0+007.01	K0+045.64	38.63	0.0012	0.04	0.12	0.03	0.15	5.00	5.24	0.60	0.11	0.014	0.583	0.350	0.031942	CUMPLE	DRENAJE EN PAVIMENTO
K0+045.64	K0+053.81	8.17	0.0094	0.01	0.12	0.03	0.15	5.00	5.24	0.60	0.11	0.014	1.633	0.980	0.006756	CUMPLE	DRENAJE EN PAVIMENTO
K0+053.81	K0+056.62	2.81	0.0188	0.00	0.12	0.03	0.15	5.00	5.24	0.60	0.11	0.014	2.309	1.386	0.002324	CUMPLE	DRENAJE EN PAVIMENTO

Fuente. Esta consultoría, 2024

Tabla 72. Análisis hidráulico de drenajes superficiales acceso a calle 41 -1

ACCESO CALLE 41-1																	
ABSCISA		LONGITUD	PENDIENTE (m/m)	LONGITUD	PROFUNDIDAD (Y)	BORDE LIBRE (L)	ALTURA BORDILLO	T1	P	ÁREA	RH	COEF. MANNING	V	Q DISEÑO	Q HIDROLOGICO	CHEQUEO CAUDALES	OBS.
INICIAL	FINAL	(m)	TERRENO	(km)	m	m	m		m	m2	m	n	m/s	m3/s	m3/s		
K0+000.00	K0+114.78	114.78	0.0050	0.11	0.12	0.03	0.15	5.00	5.24	0.60	0.11	0.014	1.191	0.715	0.043206	CUMPLE	DRENAJE EN PAVIMENTO
K0+114.78	K0+129.78	15.00	0.0050	0.02	0.12	0.03	0.15	5.00	5.24	0.60	0.11	0.014	1.191	0.715	0.005646	CUMPLE	DRENAJE EN PAVIMENTO

Carrera 23 N° 124-67
Edificio Torre Zental - Oficina 404 II
Bogotá - Colombia
T : +57 (1) 221 1077
M: +57 300 517 38 99
E : gerencia.convialsas@gmail.com

ACCESO CALLE 41-1																	
ABSCISA		LONGITUD	PENDIENTE (m/m)	LONGITUD	PROFUNDIDAD (Y)	BORDE LIBRE (L)	ALTURA BORDILLO	T1	P	ÁREA	RH	COEF. MANNING	V	Q DISEÑO	Q HIDROLOGICO	CHEQUEO CAUDALES	OBS.
INICIAL	FINAL	(m)	TERRENO	(km)	m	m	m		m	m2	m	n	m/s	m3/s	m3/s		
K0+129.78	K0+144.78	15.00	0.0050	0.02	0.12	0.03	0.15	5.00	5.24	0.60	0.11	0.014	1.191	0.715	0.005646	CUMPLE	DRENAJE EN PAVIMENTO
K0+144.78	K0+296.17	151.39	0.0050	0.15	0.12	0.03	0.15	5.00	5.24	0.60	0.11	0.014	1.191	0.715	0.056987	CUMPLE	DRENAJE EN PAVIMENTO

Tabla 73. Análisis hidráulico de drenajes superficiales acceso a calle 41 -2

ACCESO CALLE 41-2																	
ABSCISA		LONGITUD	PENDIENTE (m/m)	LONGITUD	PROFUNDIDAD (Y)	BORDE LIBRE (L)	ALTURA BORDILLO	T1	P	ÁREA	RH	COEF. MANNING	V	Q DISEÑO	Q HIDROLOGICO	CHEQUEO CAUDALES	OBS.
INICIAL	FINAL	(m)	TERRENO	(km)	m	m	m		m	m2	m	n	m/s	m3/s	m3/s		
K0+000.00	K0+124.47	124.47	0.0030	0.12	0.12	0.03	0.15	5.00	5.24	0.60	0.11	0.014	0.923	0.554	0.434377	CUMPLE	DRENAJE EN PAVIMENTO
K0+124.47	K0+148.96	24.49	0.0050	0.02	0.12	0.03	0.15	5.00	5.24	0.60	0.11	0.014	1.191	0.715	0.085466	CUMPLE	DRENAJE EN PAVIMENTO

Fuente. Esta consultoría, 2024

Carrera 23 N° 124-87
Edificio Torre Zental - Oficina 404 II
Bogotá - Colombia
T: +57 (1) 2213077
M: +57 300 517 38 99
E: gerencia.convialsas@gmail.com

9 SISTEMA PLUVIAL

9.1 CONSIDERACIONES GENERALES

No todos los sectores requieren necesariamente un sistema de drenaje pluvial. Dependiendo de las condiciones topográficas, las características de las vías, la estructura urbana y el desarrollo de la zona, la evacuación de la escorrentía podría lograrse de manera efectiva a través de las calles o cunetas. En aquellos sectores donde sea necesario, los sistemas pluviales pueden cubrir toda la zona o enfocarse en las áreas específicas que presentan problemas de inundación.

Los sistemas de recolección y evacuación de aguas pluviales se diseñarán y construirán con el objetivo de:

- Facilitar la evacuación adecuada de la escorrentía pluvial de las vías públicas.
- Prevenir la generación de caudales excesivos en las calzadas.
- Evitar la entrada de aguas pluviales a propiedades públicas y privadas.
- Impedir la acumulación de aguas en vías de tránsito.
- Asegurar la continuidad del tráfico vehicular y peatonal durante eventos de precipitación intensa.
- Evitar conexiones incorrectas hacia el sistema de recolección y evacuación de aguas residuales.
- Mitigar los efectos negativos sobre los cuerpos de agua receptores causados por la contaminación de la escorrentía pluvial urbana.

Algunos de los factores clave a considerar en el estudio de los problemas de recolección y evacuación de aguas pluviales en áreas urbanas incluyen:

- Evaluación de soluciones utilizando canales abiertos o conductos cerrados.
- Determinación de la profundidad adecuada para los colectores.
- Selección de los tipos de tuberías más adecuados para el sistema.

9.2 DRENAJE SUPERFICIAL

El objetivo principal del drenaje superficial es captar y desalojar las aguas lluvias que corren directamente sobre la calzada y sus zonas aledañas. Un sistema de drenaje superficial está constituido por los siguientes elementos:

Carrera 23 N° 124-87
Edificio Torre Zental - Oficina 404 II
Bogotá - Colombia
T: +57 (1) 221 1077
M: +57 300 517 38 99
E: gerencia.convialsas@gmail.com

- Pendiente longitudinal
- Cunetas o canaletas
- Sumideros
- Pendiente transversal

Las cunetas longitudinales deben proyectarse para satisfacer una o varias finalidades siguientes:

- Recoger las aguas de escorrentía procedentes de calzada, de taludes de cortes y laderas adyacentes.
- Recoger las aguas infiltradas en base, subbase y terrenos adyacentes.
- Controlar el nivel freático.
- Al proyectarse una cuneta, mediante los cálculos hidráulicos, se debe tener en cuenta su sección transversal, pendiente longitudinal, puntos de drenaje, así como el tipo de revestimiento en caso de requerirse.
- La velocidad de circulación de agua debe limitarse para evitar erosión, sin reducirla tanto que pueda dar origen a depósitos de sedimentos. La velocidad mínima recomendable 0.35 m/s.
- El cálculo hidráulico de las cunetas debe realizarse según los requisitos establecidos en la normas RAS.
- Cálculo de escorrentía, o sea, caudales a eliminar - Determinación de capacidad hidráulica de la cuneta con el fin de definir sus dimensiones.

Aparte del aspecto estructural del pavimento, el drenaje es absolutamente indispensable para facilitar el tránsito de los peatones y vehículos en épocas de lluvia, disminuir los accidentes y evitar la reducción de la capacidad de la vía por anegación de la calzada. Los límites tolerables de inundación de cunetas en vías urbanas se indican en la Tabla 74.

Carrera 23 N° 124-87
Edificio Torre Zentai - Oficina 404 II
Bogotá - Colombia
T.: +57-(1) 221 1077
M: +57 300 517 38 99
E: gerencia.convialsas@gmail.com

Tabla 74. Límites de Inundación permisibles de cunetas en vías urbanas.

Cuadro 1. Limites de inundación permisible de cunetas en vías urbanas

CARACTERÍSTICAS DEL DRENAJE	LÍMITE PERMISIBLE DE LA ZONA INUNDABLE	FRECUENCIA DE LA LLUVIA DE DISEÑO (años)		
		VIAS RÁPIDAS	AVENIDAS	CALLES
Sardineles, cunetas	 Un metro y medio del ancho de la calzada	15	10	10

Fuente. INVIAS

NOTA: El drenaje superficial de las vías en zonas urbanas debe ser coordinado con las autoridades competentes de la localidad.

9.2.1 LOCALIZACIÓN DE LAS CUNETAS Y CANALETAS

Las cunetas y canaletas deben ubicarse según lo indicado en los planos de diseño o en las áreas donde sea necesaria su construcción o reconstrucción, de acuerdo con el criterio técnico del proyecto.

En el presente diseño, se consideró que la pendiente transversal de la vía, en conjunto con el sardinel, formaban una cuneta longitudinal. Esta configuración se complementa con una pendiente longitudinal en la vía, y se ha garantizado la ausencia de puntos bajos. Con base en este criterio, se adoptó una pendiente transversal (bombeo normal) del 2.0 %.

De acuerdo con los cálculos presentados en el Anexo *3*, el ancho de inundación T se confina en los sardineles por cada costado de la vía y en algunas casos supera la cuña conformada por el peralte, pero nunca presenta desborde por encima de los sardineles.

A continuación, se detallan los parámetros de diseño utilizados para el cálculo de las zonas de inundación sobre la vía.

Carrera 23 N° 124-87
Edificio Torre Zental - Oficina 404 II
Bogotá - Colombia

T : +57 (1) 221 1077
M: +57 300 517 38 99
E : gerencia.convialsas@gmail.com

Tabla 75. Parámetros de diseño zona de Inundación.

DRENAJE SUPERFICIAL		
Base 1	3.00	m
Base 2	0.00	m
Altura	0.06	m
1/n	66.67	
Área	0.27	m2
Perímetro	6.181	m
Radio H	0.044	m
Intensidad	160.45	mm/h
c	0.75	
Ancho de zona	20.00	m

Fuente. Esta consultoría, 2024

De acuerdo con las pendientes que se pudiesen considerar de acuerdo con la zona del proyecto se presenta la curva de capacidad y longitud de saturación correspondiente.

Tabla 76. Longitud máxima de saturación Cuña para un ancho de calzada de 6.00 m.

Pendiente	Caudal m3/s	V (m/s)	Froud	L máx. Cuneta
0.05	0.05	0.18	0.24	68.0
0.1	0.07	0.26	0.34	96.0
0.15	0.09	0.32	0.42	118.0
0.2	0.10	0.37	0.48	136.0
0.25	0.11	0.41	0.54	152.0
0.3	0.12	0.45	0.59	167.0
0.35	0.13	0.49	0.64	180.0
0.4	0.14	0.52	0.68	193.0
0.45	0.15	0.55	0.72	205.0
0.5	0.16	0.58	0.76	216.0
0.55	0.17	0.61	0.80	226.0
0.6	0.17	0.64	0.83	236.0
0.65	0.18	0.67	0.87	246.0
0.7	0.19	0.69	0.90	255.0
0.75	0.19	0.72	0.93	264.0
0.8	0.20	0.74	0.96	273.0

Carrera 23 N° 124-87
Edificio Torre Zentar - Oficina 404 II
Bogotá - Colombia
T.: +57 (1) 221 1077
M: +57 300 517 38 99
E.: gerencia.convialsas@gmail.com

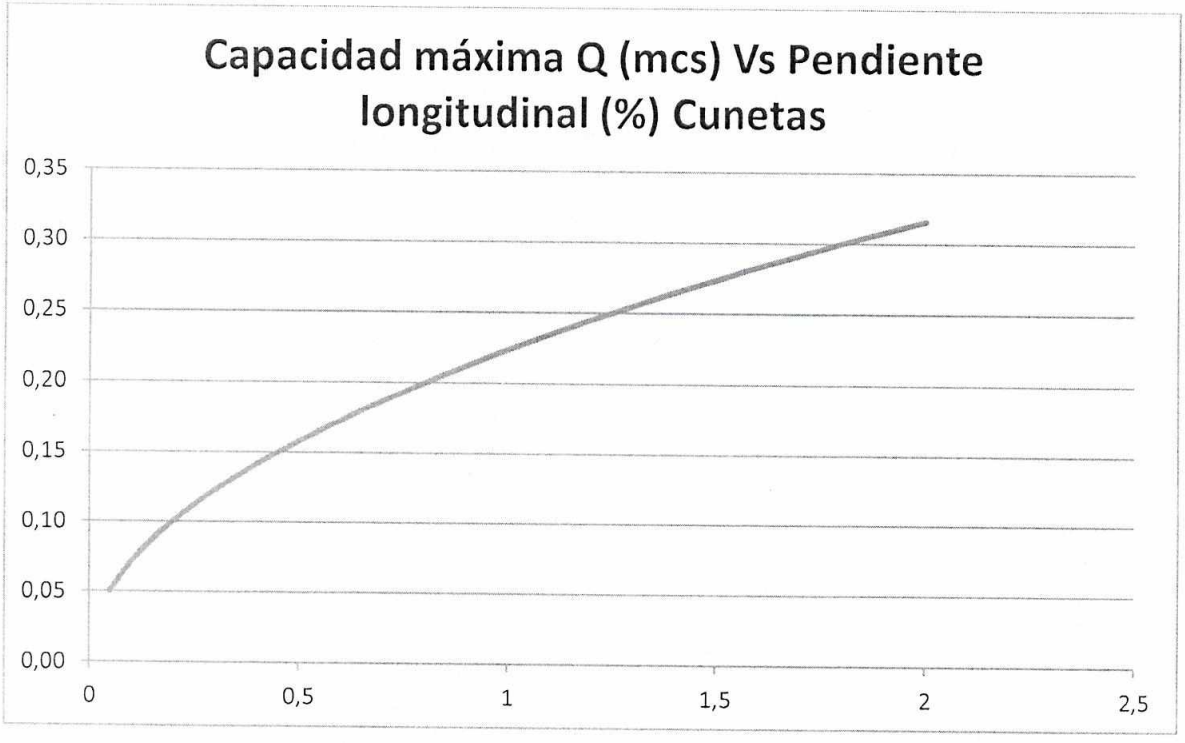
Pendiente	Caudal m3/s	V (m/s)	Froud	L máx. Cuneta
0.85	0.21	0.76	0.99	281.0
0.9	0.21	0.78	1.02	289.0
0.95	0.22	0.81	1.05	297.0
1	0.22	0.83	1.08	305.0
1.05	0.23	0.85	1.10	312.0
1.1	0.23	0.87	1.13	320.0
1.15	0.24	0.89	1.16	327.0
1.2	0.24	0.91	1.18	334.0
1.25	0.25	0.92	1.21	341.0
1.3	0.25	0.94	1.23	348.0
1.35	0.26	0.96	1.25	354.0
1.4	0.26	0.98	1.28	361.0
1.45	0.27	1.00	1.30	367.0
1.5	0.27	1.01	1.32	373.0
1.55	0.28	1.03	1.34	380.0
1.6	0.28	1.05	1.36	386.0
1.65	0.29	1.06	1.38	392.0
1.7	0.29	1.08	1.41	397.0
1.75	0.30	1.09	1.43	403.0
1.8	0.30	1.11	1.45	409.0
1.85	0.30	1.12	1.47	415.0
1.9	0.31	1.14	1.49	420.0
1.95	0.31	1.15	1.51	426.0
2	0.32	1.17	1.52	431.0

Fuente. Esta consultoría, 2024

Carrera 23 N° 124-87
Edificio Torre Zental - Oficina 404 II
Bogotá - Colombia

T : +57 (1) 221 1077
M: +57 300 517 38 99
E : gerencia.convialsas@gmail.com

Figura 10. Curva Capacidad Vs Pendiente para un ancho de calzada de 6.00 m.

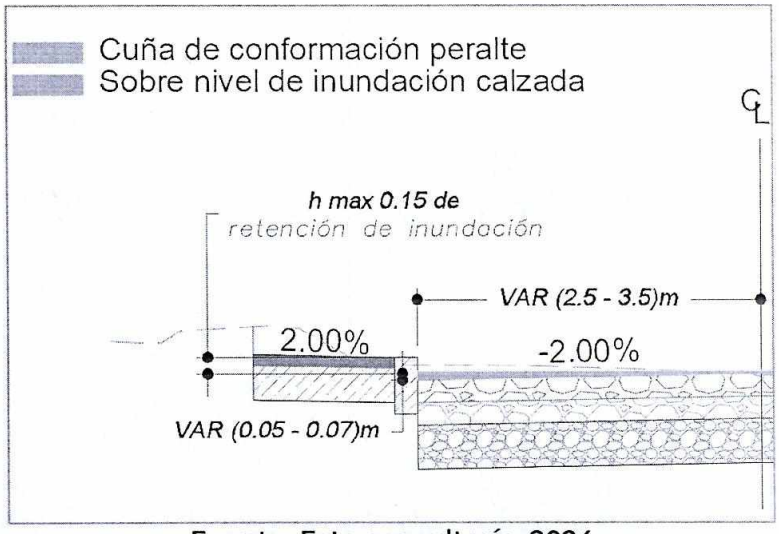


Fuente. Esta consultoría, 2024

A continuación se presenta disposición de la inundación en la sección de la vía proyectada:

Carrera 23 Nº 124-67
Edificio Torre Zentai - Oficina 404 II
Bogotá - Colombia
T : +57 (1) 221 1077
M: +57 300 517 38 99
E : gerencia.convialsas@gmail.com

Figura 11. Zona de Inundación en Sección de Vía.



Fuente. Esta consultoría, 2024

Como se puede observar en la figura 11 la inundación se produce de forma variable de acuerdo con el ancho de calzada, la pendiente longitudinal y la longitud de captación. El análisis de resultados se presenta en el numeral 9.2.2 Análisis de resultados.

Carrera 23 N° 124-87
Edificio Torre Zental - Oficina 404 II
Bogotá - Colombia
T : +57 (1) 221 1077
M: +57 300 517 38 99
E : gerencia.convialsas@gmail.com

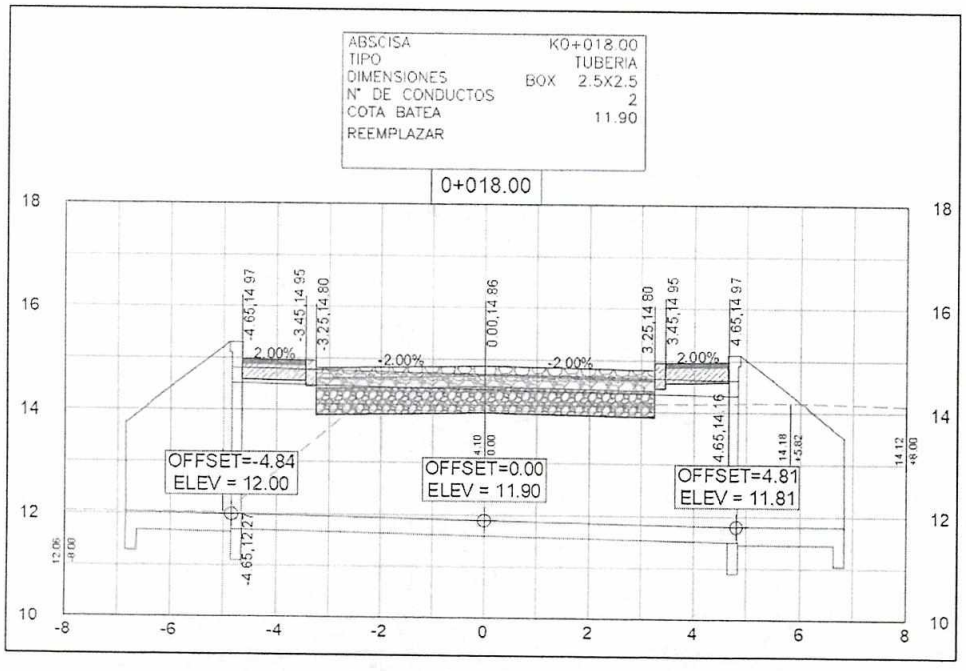
9.2.2 ANÁLISIS DE RESULTADOS

A continuación, se presenta la descripción de los resultados obtenidos y presentados en el Anexo 3 Evaluación Hidráulica Zona de Inundación

Eje 1 - Carrera 15B entre las Calles 29 y 34

Para este tramo se consideró el reemplazo de la obra existe sobre el canal por box Culvert doble de 2.5 X 2.5 sobre el canal localizado en la abscisa K0+018, una cota de fondo de la estructura de 11.90 msnm y una longitud de 7 metros.

Figura 12. Box Culvert doble de 2.5 X 2.5



Fuente. Esta consultoría, 2024

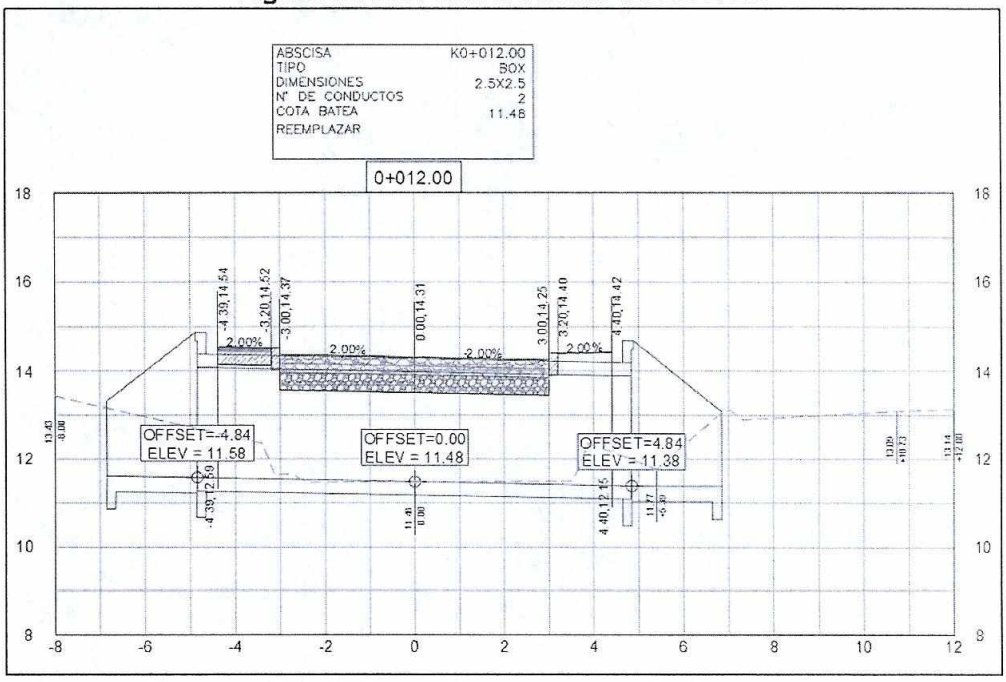
Este tramo posee una longitud de 263.15 m con un ancho de calzada de diseño de 6 m con pendientes entre el 0.42% y el 2.85%, para este tramo se estima que la lámina de agua para un periodo de retorno de diez años no supere la altura de 6 cm que es la que se conforma entre el eje de la vía y el bombeo del 2%.

Carrera 23 N° 124-87
Edificio Torre Zental - Oficina 404 II
Bogotá - Colombia
T: +57 (1) 221 1077
M: +57 300 517 38 99

Eje 2 - Carrera 16B entre las Calles 29 y 38

Para este tramo se consideró el reemplazo de la obra existe sobre el canal por box Culvert doble de 2.5 X 2.5 sobre el canal localizado en la abscisa K0+012, una cota de fondo de la estructura de 11.48 msnm. y una longitud de 7 metros

Figura 13. Box Culvert doble de 2.5 X 2.5



Fuente. Esta consultoría, 2024

Este tramo posee una longitud de 502.73 m con un ancho de calzada de diseño de 6 m con pendientes entre el 0.12% y el 6.76%, para este tramo se estima que la lámina de agua para un periodo de retorno de diez años no supere la altura de 12 cm que es la que se conforma entre el eje de la vía y el bombeo del 2%, sin embargo, en el tramo comprendido entre el K0+108.36 y el K0+123 que posee una pendiente de 0.17% se presenta sobre el eje un sobre nivel de 1 cm sin presentar desborde.

Eje 3 - Carrera 15C entre las Calles 40A y 41

Este tramo posee una longitud de 130.29 m con un ancho de calzada de diseño de 5.5 m con pendientes entre el 0.18% y el 1.57%, para este tramo se estima que la lámina de agua para un periodo de retorno de diez años supere

Carrera 23 N° 124-87
Edificio Torre Zental - Oficina 404 II
Bogotá - Colombia
T : +57 (1) 221 1077
M: +57 300 517 38 99
E : gerencia.convialsas@gmail.com

el nivel de la cuña conformada entre el eje de la vía y el bombeo del 2% en 1 cm, sin embargo, en los tramos comprendidos entre el K0+000 y el K0+003.62 y el K0+003.62 y el K0+029.10 poseen unas pendientes de 0.49% y 0.31% respectivamente, se presenta sobre el eje un sobre nivel de 3 cm sin presentar desborde.

Eje 4 - Carrera 15D entre las Calles 40A y 40B

Este tramo posee una longitud de 119.58 m con un ancho de calzada de diseño de 5.5 m con pendientes entre el 0.34% y el 2.03%, para este tramo se estima que la lámina de agua para un periodo de retorno de diez años supere el nivel de la cuña conformada entre el eje de la vía y el bombeo del 2% en 2 cm, sin embargo, en el tramo comprendido entre el K0+036.10 y el K0+114.97 posee una pendiente de 0.37%, se presenta sobre el eje un sobre nivel de 4 cm sin presentar desborde.

Eje 5 - Carrera 16A entre las Calles 40 y 41

Este tramo posee una longitud de 245.72 m con un ancho de calzada de diseño de 6.5 m con pendientes entre el 0.12% y el 6.27%, para este tramo se estima que la lámina de agua para un periodo de retorno de diez años no supere la altura de 7 cm que es la que se conforma entre el eje de la vía y el bombeo del 2%, , sin embargo, en los tramos comprendidos entre el K0+069.84 y el K0+125.52, entre el K0+125.52 y el K0+176.35 y entre el K0+176.35 y el K0+229.93 poseen unas pendientes de 0.12%, 0.60% y 0.32% respectivamente, se presenta sobre el eje un sobre nivel de 4 cm sin presentar desborde.

Eje 6 - Carrera 18 entre las Calles 38 y 39

Este tramo posee una longitud de 147.60 m con un ancho de calzada de diseño de 7 m con pendientes entre el 0.16% y el 2.33%, para este tramo se estima que la lámina de agua para un periodo de retorno de diez años no supere la altura de 7 cm que es la que se conforma entre el eje de la vía y el bombeo del 2%, sin embargo, en los tramos comprendidos entre el K0+055.54 y el K0+113.20, y entre el K0+113.20 y el K0+145.14 poseen unas pendientes de 0.16% y 1.20% respectivamente, se presenta sobre el eje un sobre nivel de 3 cm sin presentar desborde.

Carrera 23 N° 124-87
Edificio Torre Zental - Oficina 404 II
Bogotá - Colombia

T : +57 (1) 221 1077
M: +57 300 517 38 99
E : gerencia.convialsas@gmail.com

Eje 7 - Carrera 20 entre las Calles 38 y 39

Este tramo posee una longitud de 144.97 m con un ancho de calzada de diseño de 5.5 m con pendientes entre el 0.30% y el 4.88%, para este tramo se estima que la lámina de agua para un periodo de retorno de diez años no supere la altura de 6 cm que es la que se conforma entre el eje de la vía y el bombeo del 2%, sin embargo, en el tramo comprendido entre el K0+035.79 y el K0+142.46 posee una pendiente de 0.46%, se presenta sobre el eje un sobre nivel de 4 cm sin presentar desborde.

Eje 8 - Carrera 22 entre las Calles 29 y 38

Este tramo posee una longitud de 86.11 m con un ancho de calzada de diseño de 5.5 m con pendientes entre el 0.33% y el 4.39%, para este tramo se estima que la lámina de agua para un periodo de retorno de diez años no supere la altura de 6 cm que es la que se conforma entre el eje de la vía y el bombeo del 2%, sin embargo, en los tramos comprendidos entre el K0+002.82 y el K0+004.70, entre el K0+004.70 y el K0+018.99 y entre el K0+018.99 y el K0+070.86 poseen unas pendientes de 3.41%, 0.78% y 0.33% respectivamente, se presenta sobre el eje un sobre nivel de 3 cm sin presentar desborde.

Eje 9 - Calle 39 entre la Carrera 22 y Calle 29

Este tramo posee una longitud de 231.28 m con un ancho de calzada de diseño de 5.5 m con pendientes entre el 0.07% y el 2.12%, para este tramo se estima que la lámina de agua para un periodo de retorno de diez años no supere la altura de 6 cm que es la que se conforma entre el eje de la vía y el bombeo del 2%, sin embargo, en el tramo comprendido entre el K0+146.51 y el K0+227.90 posee una pendiente de 0.07%, se presenta sobre el eje un sobre nivel de 15 cm por esta razón se recomienda instalar sardineles de 0.20m para evitar desborde.

Eje 10 - Calle 46 entre la Carrera 18 y la vía Montería – San Carlos

Este tramo posee una longitud de 280.88 m con un ancho de calzada de diseño de 6 m con pendientes entre el 0.20% y el 1.61%, para este tramo se estima que la lámina de agua para un periodo de retorno de diez años no supere la altura de 6 cm que es la que se conforma entre el eje de la vía y el bombeo del 2%, sin embargo, en los tramos comprendidos entre el K0+000.00 y el K0+003.00, entre el K0+003.00 y el K0+166.40 y entre el K0+166.40 y el K0+236.96 poseen unas pendientes de 1.61%, 0.24% y 0.20%

Carrera 23 N° 124-87
Edificio Torre Zental - Oficina 404 II
Bogotá - Colombia
T.: +57 (1) 221 1077
M: +57 300 517 38 99
E.: gerencia.convialsas@gmail.com

respectivamente, se presenta sobre el eje un sobre nivel de 7 cm sin presentar desborde.

Eje 11 - Carrera 18 B entre las Calles 44 A y 48

Este tramo posee una longitud de 158.49 m con un ancho de calzada de diseño de 6 m con pendientes entre el 0.40% y el 2.03%, para este tramo se estima que la lámina de agua para un periodo de retorno de diez años no supere la altura de 6 cm que es la que se conforma entre el eje de la vía y el bombeo del 2%, sin embargo, en los tramos comprendidos entre el K0+016.48.00 y el K0+073.54, y entre el K0+079.55 y el K0+138.10 poseen unas pendientes de 0.40% y 0.42% respectivamente, se presenta sobre el eje un sobre nivel de 2 cm sin presentar desborde.

Eje 12 - Carrera 16 C entre las Calles 38 y 39

Este tramo posee una longitud de 155.07 m con un ancho de calzada de diseño de 6 m con pendientes entre el 0.19% y el 1.20%, para este tramo se estima que la lámina de agua para un periodo de retorno de diez años no supere la altura de 6 cm que es la que se conforma entre el eje de la vía y el bombeo del 2%, sin embargo, en el tramo comprendido entre el K0+000.00 y el K0+108.94 posee una pendiente de 0.19%, se presenta sobre el eje un sobre nivel de 6 cm sin presentar desborde.

Eje 26 - Calle 40 B entre las Carreras 15 y 15 D

Este tramo posee una longitud de 56.62 m con un ancho de calzada de diseño de 7 m con pendientes entre el 0.12% y el 2.21%, para este tramo se estima que la lámina de agua para un periodo de retorno de diez años no supere la altura de 7 cm que es la que se conforma entre el eje de la vía y el bombeo del 2%, sin embargo, en el tramo comprendido entre el K0+007.01 y el K0+045.64 posee una pendiente de 0.12%, se presenta sobre el eje un sobre nivel de 2 cm sin presentar desborde.

Carrera 23 N° 124-67
Edificio Torre Zentar - Oficina 404 II
Bogotá - Colombia

T.: +57 (1) 221 1077
M. +57 300 517 38 99
E.: gerencia.convialsas@gmail.com

10 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- Para realizar el análisis hidrológico para los tramos de vía en estudio se seleccionó la información histórica de la estación Bocas de la Ceiba.

- La estación Bocas de La Ceiba se ubica en una elevación 20 msnm, la precipitación promedio total multianual es igual a 1415.38 mm, presentando un promedio mensual multianual de 117.95 mm.

- Para la determinación de los caudales para obras menores a 0.90 km² se utilizó el método Racional.

- El tiempo de concentración mínimo que se utilizó es el establecido por el Manual de drenaje para carreteras del INVIAS que corresponde a 15 minutos.

- Para la descarga de agua desde la calle 30 hasta el box culvert de la calle 29 se debe proyectar canales andenes de 80 cm de base por 40 cm de altura con sumideros a cada lado sobre la abscisa K0+032.27 de 1.0 m de apertura y 0.10 m de H hidráulica.

- De acuerdo con el análisis realizado las inundaciones analizadas no presentan desborde hacia los predios

Carrera 23 N° 124-87
Edificio Torre Zentai - Oficina 404 II
Bogotá - Colombia

T : +57 (1) 221 1077
M +57 300 517 38 99
E : gerencia.convialsas@gmail.com

11 BIBLIOGRAFÍA

• Manual de Drenaje de Carreteras, Instituto Nacional de Vías - 2009.

• Ray Linsley. Max Kohler y Joseph Paulus. Hidrología para ingenieros. Segunda Edición. McGraw Hill. 1977.

• Rodrigo Vargas y Mario Díaz-Granados. Curvas sintéticas regionalizadas de intensidad – duración – frecuencia para Colombia.

• Ven Te Chow y otros. Hidrología Aplicada. Mc Graw Hill. 1994.

• Jimmy Williams y Roy Hann. User Manual. Problem oriented computer language for hydrologic modeling. United States Departament of Agriculture. 1973.

• CHOW. Ven Te. Hidráulica de Canales Abiertos. Ed. Mc Graw Hill.1994.

Fin del documento.

Carrera 23 N° 124-67
Edificio Torre Zental - Oficina 404 II
Bogotá - Colombia

T: +57 (1) 221 1077
M: +57 300 517 38 99
E: gerencia.convialltda@gmail.com

Anexo 1. Información hidro climatológica

Carrera 23 N° 124-87
Edificio Torre Zental - Oficina 404 II
Bogotá - Colombia
T : +57 (1) 221 1077
M: +57 300 517 38 99
E : gerencia.convialsas@gmail.com

Anexo 2. Análisis Hidrológico

Carrera 23 N° 124-87
Edificio Torre Zentai - Oficina 404 II
Bogotá - Colombia
T : +57 (1) 221 1077
M: +57 300 517 38 99
E : gerencia.convialsas@gmail.com

Anexo 3. Evaluación hidráulica Zona de inundación.

Carrera 23 N° 124-87
Edificio Torre Zental - Oficina 404 II
Bogotá - Colombia
T: +57 (1) 221 1077
M: +57 300 517 38 99
E: gerencia.convialsas@gmail.com

Anexo 4. Análisis de áreas aferentes

Carrera 23 N° 124-87
Edificio Torre Zentar - Oficina 404 II
Bogotá - Colombia
T : +57 (1) 221 1077
M: +57 300 517 38 99
E : gerencia.convialsas@gmail.com

DISEÑO HIDROLOGICO E HIDRAULICO VIAS URBANAS MONTERIA - PLAYA BRIGIDA

ESTUDIO HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO PARA CONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTO EN CONCRETO HIDRÁULICO DE LAS VÍAS EN LOS BARRIOS SUCRE Y PLAYA BRÍGIDA EN EL MUNICIPIO DE MONTERÍA

Consultor:
JUAN FRANCISCO DURANGO GRISALES

Ingeniero Civil
Magister en Recursos Hídricos

MAYO DE 2021

CONTENIDO

1. GENERALIDADES 4
2. ALCANCE 4
3. CÓDIGOS Y NORMATIVIDAD APLICABLE 5
4. LOCALIZACIÓN GENERAL DEL PROYECTO 5
5. OBJETIVOS 7
5.1 OBJETIVO GENERAL. 7
5.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS. 7
6. ANÁLISIS HIDROLÓGICO 7
6.1 PRECIPITACIÓN DE DISEÑO 7
6.2 PERIODO DE RETORNO (Tr) 9
6.3 INTENSIDAD DE DISEÑO 10
6.4 ÁREA DE DRENAJE (A) 13
6.5 PENDIENTE MEDIA DEL CAUCE 15
6.6 CARACTERIZACIÓN MORFOMÉTRICA 16
6.7 CARACTERIZACIÓN DEL RELIEVE 18
6.8 CARACTERIZACIÓN DE LA RED DE DRENAJE 18
- PENDIENTE DEL CAUCE PRINCIPAL 18
- COTA MAYOR Y MENOR DEL CAUCE PRINCIPAL 19
- LONGITUD HIDRÁULICA LM 19
6.9 PERÍODO DE RETORNO DE DISEÑO 19
6.10 COEFICIENTE DE ESCORRENTÍA (C) 19
6.11 ESCORRENTÍA 22
6.12 TIEMPO DE CONCENTRACIÓN (Tc) 23

6.13 ESTIMACIÓN DE CAUDAL POR EL MÉTODO RACIONAL 23

7. ANÁLISIS HIDRÁULICO 25

7.1 COEFICIENTE DE MANNING 27

7.2 ÁREA SECCIÓN 28

7.3 SUMIDEROS DE REJILLA SOBRE UN PUNTO BAJO O UNA DEPRESIÓN 28

8. ALCANTARILLADO PLUVIAL 31

8.1 SISTEMAS DE ALCANTARILLADO PLUVIAL. 32

8.2 ALCANTARILLADO PLUVIAL PARTICULAR 32

8.3 ALCANTARILLADO PLUVIAL GENERAL PARTICULAR. 32

8.4 ALCANTARILLADO PLUVIAL MUNICIPAL. 32

8.5 COMPONENTES DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO PLUVIAL... 33

- Estructuras de captación: 33
- Estructuras de conducción: 33
- Estructuras de conexión y mantenimiento: 33
- Estructuras de descarga: 33
- Estructuras complementarias: 33
- Disposición final: 34

9. DISEÑO DE DIÁMETRO DE TUBERÍAS 34

10. 14.4.1 Resultados análisis de tuberías proyectadas 36

11. RECOMENDACIONES Y CONCLUSIONES 38

12. REFERENCIAS 40

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Estación seleccionada UNIVERSIDAD DE CÓRDOBA. Fuente: Catalogo Nacional de Estaciones, IDEAM. 8
Tabla 2: Periodos de retorno especificados por el INVIAS para obras de drenaje. Fuente: INVIAS (2013). 9
Tabla 3: Precitaciones máximas en 24 horas anual multianual. Fuente: Elaboración propia (2021).. 10
Tabla 4: Distribuciones de probabilidad y parámetros Gumbel. Fuente: Elaboración propia (2021). 12
Tabla 5: Cálculo de variables probabilísticas y precipitaciones máximas diarias para distintas frecuencias. Fuente: Elaboración propia (2021). 12
Tabla 6: Intensidades estimadas para la estación UNIVERSIDAD DE CÓRDOBA. Fuente: Elaboración propia (2021). 12
Tabla 7: Áreas de drenaje de la vía. Fuente: Elaboración propia (2021). 15
Tabla 8: Características de la cuenca de acuerdo con el coeficiente de compacidad. Fuente. GÁMEZ MORALES, William. Texto básico de hidrología (Gámez Morales, 2009). 17
Tabla 9: Periodos de retorno especificados por el INVIAS para obras de drenaje. Fuente: INVIAS (2013). 19
Tabla 10: Coeficiente de Escorrentía. Fuente: Manual de drenaje para carreteras, INVIAS (2011). 20
Tabla 11: Coeficientes de escorrentía para vía. Fuente: Elaboración propia (2021). 21
Tabla 12: Caudales de drenaje para pavimento rígido. Fuente: Elaboración propia (2021). 25
Tabla 13: Capacidad de evacuación de pavimento. Fuente: INVIAS (2011). 26
Tabla 14: Diseño hidráulico de sumidero de ventana con pendiente. Fuente: Elaboración propia (2021). 30
Tabla 15: Caudal de diseño de Tubería proyectada. 35
Tabla 16: Diámetro para tuberías proyectadas. 35

Ingeniero Civil
Universidad Pontificia Bolivariana

juan.durangogr@gmail.com
juandurangogrisales@hotmail.com
3207675124

Tabla 17:Resultados de tuberías proyectadas. 36
Tabla 18: Evaluación y revisión hidráulica alcantarillado pluvial. 37

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1: Localización del municipio de Montería, Córdoba. Fuente: IGAC (2009). 6
Ilustración 2: Localización de puntos críticos a intervenir. Fuente: Elaboración propia (2020). 6
Ilustración 3: Ubicación de estación UNIVERSIDAD DE CÓRDOBA, cercana la zona del proyecto. Fuente: IDEAM, 2021. 8
Ilustración 4: Curvas INTENSIDAD – DURACIÓN – FRECUENCIA de la estación UNIVERSIDAD DE CÓRDOBA. Fuente: Elaboración propia (2021). 13
Ilustración 5: Coeficiente de Manning. Fuente: Manual de drenaje de carreteras, INVIAS, 2011 27
Ilustración 6: Elementos geométricos e hidráulicos de la sección transversal de vía. Fuente: Chow (1994). 28

Ingeniero Civil
Universidad Pontificia Bolivariana

juan.durangogr@gmail.com
juandurangogrisales@hotmail.com
3207675124

1. GENERALIDADES

En este informe se presentarán los cálculos y resultados del estudio hidrológico y el diseño hidráulico de cunetas y obras de drenaje del proyecto de "VÍAS URBANAS UBICADAS EN LA COMUNA 7 DEL MUNICIPIO DE MONTERÍA, DEPARTAMENTO DE CÓRDOBA".

El estudio consiste en el análisis y diseño hidráulico de las obras de conducción de aguas lluvias que afectan la vía en consideración. Se diseñan las estructuras necesarias siguiendo las recomendaciones hechas en el manual de drenaje del INVIAS y el drenaje urbanos de la Escuela Colombiana de Ingenieros.

Para el diseño de las estructuras se tomó base del estudio hidrológico para utilizar los caudales que circularan por las obras hidráulicas.

2. ALCANCE

El alcance de este informe comprende los cálculos necesarios para definir las obras de drenaje superficial del proyecto de "CONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTO EN CONCRETO HIDRÁULICO DE LAS VÍAS EN LOS BARRIOS SUCRE Y PLAYA BRÍGIDA EN EL MUNICIPIO DE MONTERÍA".

El alcance del proyecto debe cumplir con las expectativas propuestas:

- Ejecutar visitas de campo al sitio del proyecto para poder visualizar y evaluar las condiciones actuales del pavimento a construir.
- Inspeccionar los datos del levantamiento topográfico para poder realizar el modelamiento hidrológico e hidráulico.
- Recopilar y revisar datos disponibles más cercanos de precipitación proporcionados por el IDEAM, para poder analizar la escorrentía superficial que se genera en la cuenca que hace parte de la zona de influencia del proyecto.
- Elaborar un Modelo digital de elevación a partir de las curvas de nivel, con cotas y coordenadas reales.

- Realizar el estudio hidrológico de la cuenca aferente al pavimento y a sus estructuras hidráulicas, considerando los datos morfológicos, de uso del suelo, la precipitación, la información generada en el modelo digital de terreno y softwares especializados que permitan procesar toda la información base. Este estudio permitirá la estimación de los caudales de escorrentía superficial que se generan en cada período de retorno evaluado.

3. CÓDIGOS Y NORMATIVIDAD APLICABLE

Los elementos considerados dentro del alcance del proyecto cumplirán con las normas vigentes, estándares de diseño, decretos y resoluciones legales nacionales que Se listan a Continuación:

- ✓ INVIAS, MANUAL DE DRENAJE DE CARRETERAS.
- ✓ HIDROLOGÍA URBANA
- ✓ RES 0330 DE 2017
- ✓ DRENAJE URBANO - ECI.

4. LOCALIZACIÓN GENERAL DEL PROYECTO

El proyecto se localiza en el municipio de Montería en el departamento de Córdoba, específicamente desde su casco urbano, en la comuna 7, zona centro. En la Ilustración 1 se muestra la localización del municipio en la división política del departamento de Córdoba.

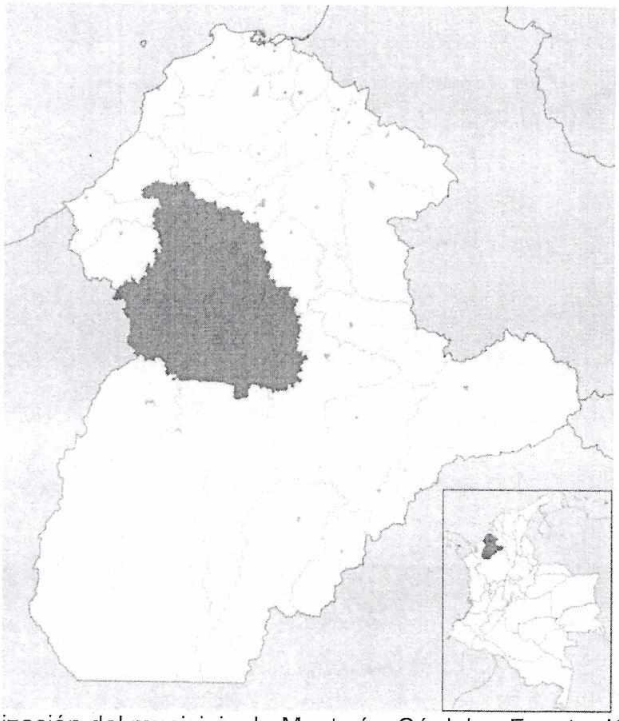


Ilustración 1: Localización del municipio de Montería, Córdoba. Fuente: IGAC (2009).

En la Figura 2 se muestra la localización del sitio en evaluación en el software Google Earth.



Ilustración 2: Localización de puntos críticos a intervenir. Fuente: Elaboración propia (2020).

5. OBJETIVOS

5.1 OBJETIVO GENERAL.

Realizar el diseño hidráulico de las obras de drenaje superficial transversal requeridas el proyecto de "ESTUDIO HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO PARA CONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTO EN CONCRETO HIDRÁULICO DE LAS VÍAS EN LOS BARRIOS SUCRE Y PLAYA BRÍGIDA EN EL MUNICIPIO DE MONTERÍA" y su respectiva comprobación mediante herramientas computacionales.

5.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.

- ✓ Ejecutar el diseño y verificación de las secciones hidráulicas que se requieren para evacuar satisfactoriamente el caudal máximo probable de las estructuras requeridas en el proyecto y la optimización de las estructuras existentes.

6. ANÁLISIS HIDROLÓGICO

6.1 PRECIPITACIÓN DE DISEÑO

Una precipitación de diseño es un patrón de precipitación definido para utilizarse en el diseño de un sistema hidrológico. Usualmente la tormenta de diseño conforma la entrada al sistema, y los caudales resultantes a través de este se calculan utilizando procedimientos de lluvia — escorrentía y tránsito de caudales. Una precipitación de diseño puede definirse mediante un valor de profundidad de lluvia en un punto, mediante un hietograma de diseño que especifique la distribución temporal de la precipitación, o mediante un mapa de isoyetas que especifique el patrón espacial de la precipitación.

Se selecciona la estación más cerca al área del proyecto del catálogo de estaciones climatológicas del IDEAM, encontrándose que la estación UNIVERSIDAD DE CÓRDOBA, cuya información se muestra en la Tabla 1.

Tabla 1: Estación seleccionada UNIVERSIDAD DE CÓRDOBA. Fuente: Catalogo Nacional de Estaciones, IDEAM.

DATOS ESTACIÓN	
CÓDIGO	13075050
NOMBRE	UNIV DE CORDOBA [13075050]
CATEGORÍA	Agrometeorológica
ELEVACIÓN (m.s.n.m)	15
LATITUD	8.79388889
LONGITUD	-75.86152778
DEPARTAMENTO	Córdoba
MUNICIPIO	Montería

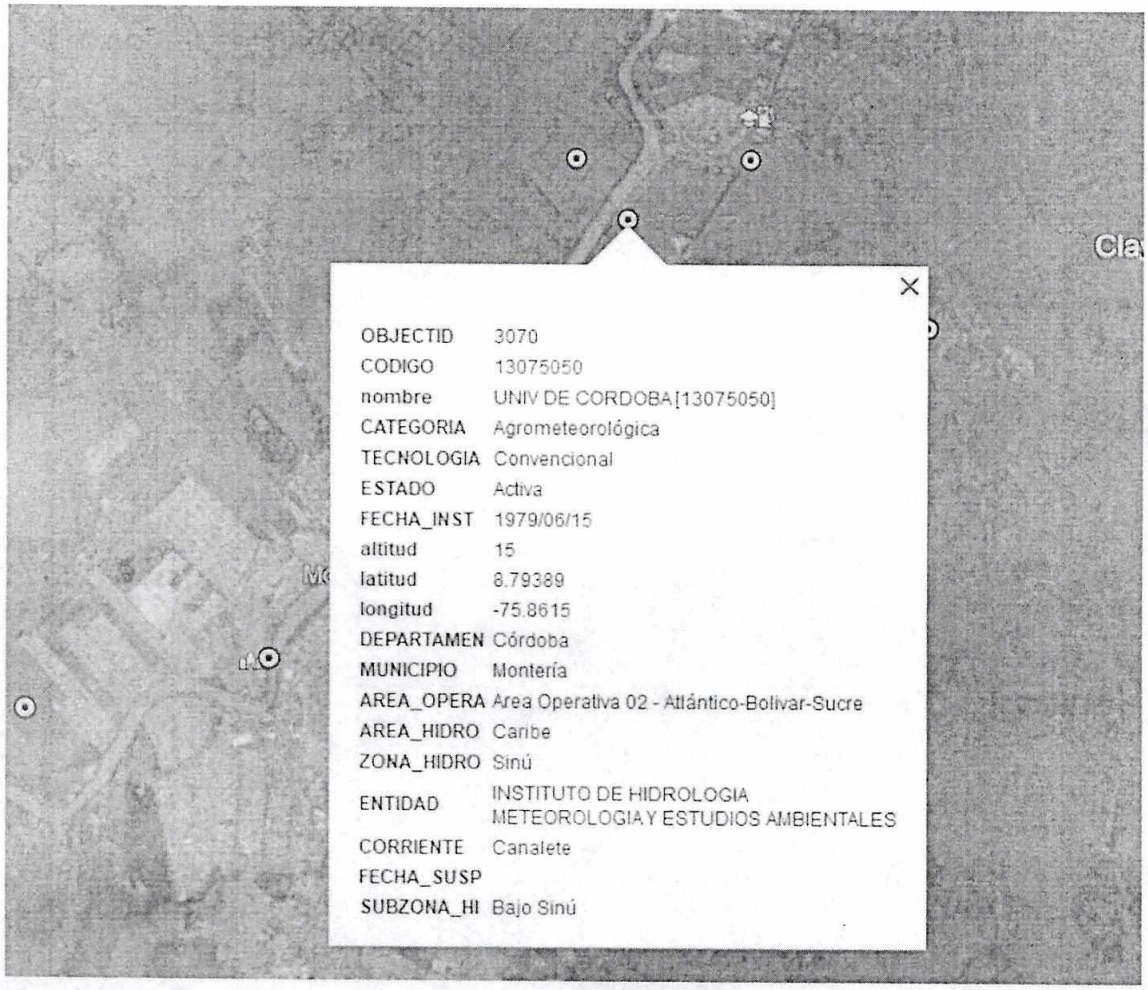


Ilustración 3: Ubicación de estación UNIVERSIDAD DE CÓRDOBA, cercana la zona del proyecto. Fuente: IDEAM, 2021.

6.2 PERIODO DE RETORNO (Tr)

El periodo de retorno puede definirse como el intervalo de recurrencia promedio entre eventos que igualan o exceden una magnitud especifica. La probabilidad de ocurrencia del evento $X \geq xt$ en cualquier observación puede relacionarse con el periodo de retorno de la siguiente manera:

$$T = \frac{1}{P(X \geq xt)} = \frac{1}{1 - P(X \leq xt)}$$

Siguiendo las indicaciones establecidas por el INVIAS (2009, 2013) se recomiendan unos periodos de retorno para diferentes obras de drenaje vial, las cuales se relacionan en la Tabla 2.

Tabla 2: Periodos de retorno especificados por el INVIAS para obras de drenaje. Fuente: INVIAS (2013).

OBRAS DE DRENAJE	Tr
Drenaje superficial	2
Cunetas	5
Zanjas de coronación	10
Estructuras de caída	10
Alcantarillas de 0,9 m de diámetro	10
Alcantarillas mayores de 0,9 m de diámetro	20
Puentes menores (luz menor a 10 m)	25
Puentes de luz entre 10 m y 50 m	50
Puentes de luz mayor o igual a 50 m	100

El período de retorno de diseño debe determinarse de acuerdo con la importancia de las áreas y con los daños, perjuicios o molestias que las inundaciones periódicas puedan ocasionar a los habitantes, tráfico vehicular. La selección del período de diseño está asociada entonces con las características de protección e importancia del área de estudio.

6.3 INTENSIDAD DE DISEÑO

Se utiliza la metodología de valores Gumbel de Chen (1983) modificada por Aparicio (2001) y Campos Aranda (2010) para obtener valores de intensidad a partir de los datos pluviométricas de una estación.

Con base a los registros de la estación de UNIVERSIDAD DE CÓRDOBA, las precipitaciones máximas en 24 horas por año son las que se muestran en la Tabla 3:

Tabla 3: Precitaciones máximas en 24 horas anual multianual. Fuente: Elaboración propia (2021)..

Año	No. Días Lluvia	Prec. Máx 24h
1979	135	84.65
1980	145	78.6
1981	169	100
1982	139	57.3
1983	129	96.2
1984	149	69
1985	146	71.4
1986	137	73
1987	139	82
1988	150	102.8
1989	132	83
1990	135	142.6
1991	116	60
1992	120	68.2
1993	142	83.8

Año	No. Días Lluvia	Prec. Máx 24h
1994	123	76
1995	142	64
1996	147	84
1997	96	182
1998	124	79
1999	152	57
2000	135	80
2001	116	71
2002	108	51
2003	128	145
2004	129	54
2005	121	93.5
2006	113	101.2
2007	127	85
2008	116	88
2009	104	83.5
2010	114	51.76
2011	144	83
2012	116	110
2013	112	100.72
2014	123	66.58
2015	122	87.73

Se realizó la distribución de probabilidades pluviométricas mediante Gumbel (Tabla 4) y el cálculo de variables probabilísticas (Tabla 5), se calculó para precipitaciones diarias máximas probables distintas frecuencias y por último las intensidades.

Tabla 4: Distribuciones de probabilidad y parámetros Gumbel. Fuente: Elaboración propia (2021).

DISTRIBUCIÓN DE PROBABILIDAD GUMBEL			
		$\alpha = \frac{(\sqrt{6} * S)}{\pi}$	
Media	85.04		
Desviación Estandar	26.7		
		$\mu = \overline{x} - (0.5772 * \alpha)$	
Alpha	20.82		
Miu	73.02		
Factor Yt	$Yt = -ln\left[\ln(\frac{Tr}{Tr-1})\right]$	Factor Xt	$Xt = \mu + (\alpha * Yt)$

Tabla 5: Cálculo de variables probabilísticas y precipitaciones máximas diarias para distintas frecuencias. Fuente: Elaboración propia (2021).

Tr (años)	Yt (mm)	Xt (mm)
2	0.37	80.72
5	1.5	104.25
10	2.25	119.87
25	3.2	139.64
50	3.9	154.22
100	4.6	168.79

Tabla 6: Intensidades estimadas para la estación UNIVERSIDAD DE CÓRDOBA. Fuente: Elaboración propia (2021).

	Intensidades (mm/h)					
Tr (años)	10	20	30	60	120	360
2	136.62	98.01	77.12	48.01	28.23	11.41
5	167.64	120.30	94.64	58.92	34.65	14.00
10	191.10	137.13	107.88	67.17	39.50	15.96
25	222.18	159.39	125.40	78.08	45.91	18.56
50	245.64	176.25	138.66	86.34	50.76	20.52
100	269.10	193.11	151.92	94.59	55.62	22.48

Las curvas intensidad-duración-frecuencia (IDF) para la zona del proyecto se muestran en la Ilustración 4:

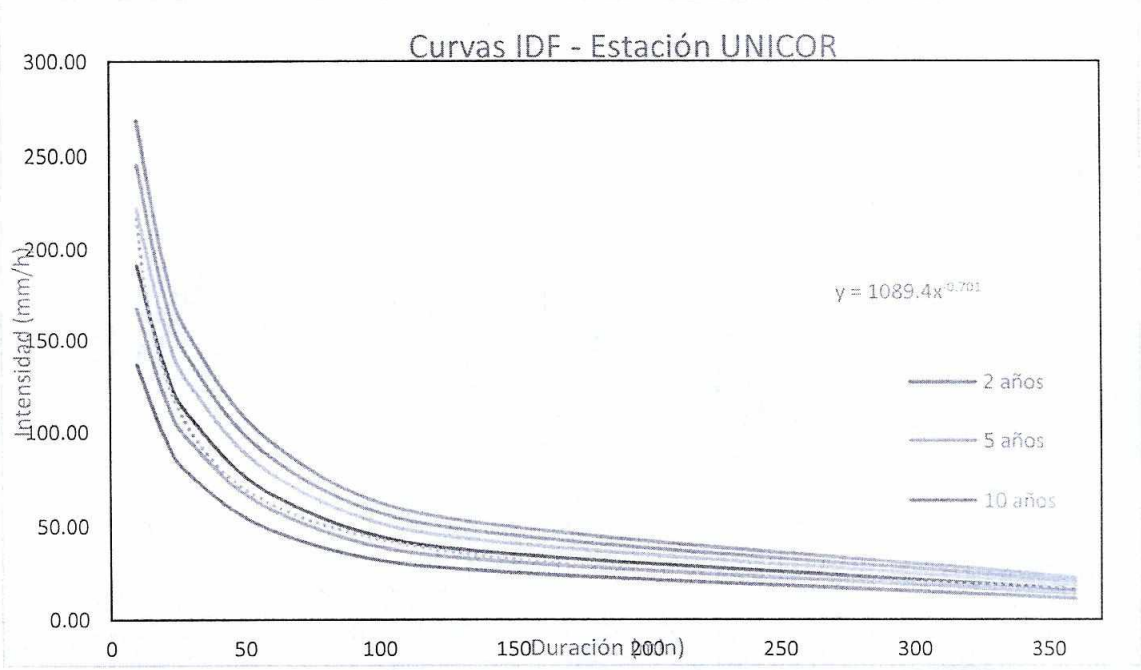


Ilustración 4: Curvas INTENSIDAD – DURACIÓN – FRECUENCIA de la estación UNIVERSIDAD DE CÓRDOBA. Fuente: Elaboración propia (2021).

6.4 ÁREA DE DRENAJE (A)

Una cuenca hidrográfica es el área de aguas superficiales o subterráneas que vierten a una red natural con una o varias corrientes superficiales, de caudal continuo o intermitente, que confluyen en un curso mayor, que a su vez puede desembocar en un río principal, en un depósito natural de aguas, en un pantano o directamente en el mar.

Las áreas de drenaje para cada una de las estructuras fueron delimitadas utilizando un sistema de información geográfico teniendo como insumo principal los archivos "shapes" para construir los modelos de elevación digital. La técnica que se utilizó fue la de encontrar las divisorias de agua teniendo como base los puntos demarcados en las abscisas sobre la vía.

El área de drenaje corresponde a la superficie delimitada por la divisoria de aguas de la zona de estudio. Las áreas se determinaron por medio de Google Earth y el sistema de información geográfica (SIG), las cuales contribuyen a los sistemas que

se están diseñando. Con el fin de delimitar las áreas contribuyentes a la escorrentía superficial para cada vía se realizó el trazado de las áreas aferentes de cada una. Las áreas de drenaje corresponden a pequeños cultivos y canales artesanales construidos por la comunidad aledaña.

El área de drenaje está definida por una divisoria o parte aguas estructurada topográficamente en donde las gotas de lluvia que caen sobre ella tienden a ser drenadas, por uno o varios cursos de agua interconectados entre sí, hacia un único punto de salida.

Para realizar el modelamiento hidrológico fue necesario evaluar y determinar las corrientes que aportan a la condición de flujo de la cuenca a modelar, por lo que fue fundamental realizar un estudio hidrológico y una modelación de la zona de estudio que involucró a todas las corrientes a portantes a la escorrentía del sector, con la herramienta de hidrología que nos proporciona el sistema de información geográfica y el cual nos permite identificar variables hidrológicas como: Los drenajes, la dirección del flujo, la acumulación del flujo, la delimitación de la cuenca y subcuencas y la clasificación del drenaje de acuerdo con su orden.

Los parámetros de la cuenca se determinaron con el siguiente procedimiento:

- Se identificaron las coordenadas del sitio de construcción, con el fin de delimitar la parte de la cuenca que drena hacia ese punto.
- Se procedió a conseguir los archivos tipo "shape" de cuerpos de un área amplia en donde pudiera estar comprendida la cuenca. Esto para poder procesar la información en un sistema de información geográfica, de curvas de nivel a modelo digital de elevación.
- Se montó el archivo "shape", se generó el modelo ráster y se efectuó el modelo digital de elevación DEM.

Tabla 7: Áreas de drenaje de la vía. Fuente: Elaboración propia (2021).

ABSCISA		LONGITUD	PENDIENTE TERRENO		LONGITUD	ÁREA DE DRENAJE VÍA	ÁREA DE DRENAJE TEJADOS	ÁREA TOTAL	ÁREA TOTAL
INICIAL	FINAL	(m)	%	m/m	(km)	M2	M2	M2	Km2
CALLE 43 ENTRE CRA 1 Y CRA 1A									
0	57.34	57.34	-0.62%	-0.000062	0.05734	312.50	1433.50	1746.00	0.00175
CRA 1A ENTRE CALLE 41 Y CALLE 44									
0	11645	11645	-0.14%	-0.000014	11.645	63465.25	291125.00	354590.25	0.35459
57.34	224.33	166.99	-0.12%	-0.000012	0.16699	910.10	4174.75	5084.85	0.00508
74.79	234.34	159.55	-0.18%	-0.000018	0.15955	869.55	3988.75	4858.30	0.00486
234.34	421.54	187.2	-0.86%	-0.000086	0.1872	1020.24	4680.00	5700.24	0.00570

6.5 PENDIENTE MEDIA DEL CAUCE

Para la determinación de la pendiente media del cauce se empleó la metodología de Taylor y Schwarz, por medio de una muestra estadística de las pendientes normales a las curvas de nivel de las secciones escogidas.

$$S = \left[\frac{L}{\sum \frac{Li}{\sqrt{Si}}}\right]^2$$

Donde,

S. pendiente ponderada del cauce en (m/m).

L. Longitud del cauce en (m)

li. Longitud de cada tramo.

si. Pendiente de cada subtramo.

6.6 CARACTERIZACIÓN MORFOMÉTRICA

En hidrología, la morfometría hace referencia al análisis cuantitativo de la forma de una cuenca hidrográfica. Para el análisis morfométrico de la zona de estudio se usó, como información base, la cartografía básica a escala 1:25000 disponible en medio digital en los servidores del Instituto Geográfico Agustín Codazzi. Anexo a este informe se entrega una carpeta en la cual se encuentra los archivos extraídos para la zona de estudio.

La forma de la cuenca es importante porque se relaciona con el tiempo de concentración, el cual es el tiempo necesario, desde el inicio de la precipitación, para que toda la cuenca contribuya a la sección de la corriente en estudio, o, en otras palabras, el tiempo que toma el agua desde los limites más extremos de la cuenca hasta llegar a la salida de esta (Monsalve Saenz, 1999). En los siguientes apartados, se definen los parámetros que determinan la forma de cada subcuenca y que fueron evaluados en este estudio.

- **PARTEAGUAS.** Conocido también como divisoria de aguas, se designa como la línea que separa las precipitaciones que caen en cuencas hidrográficas inmediatamente vecinas, y que encaminan la escorrentía resultante para uno u otro sistema fluvial (Monsalve Saenz, 1999).
- **PERÍMETRO (P).** Es la longitud sobre el plano horizontal, que recorre la línea divisoria de aguas, dicho de otro modo, corresponde a la longitud del polígono cuya proyección horizontal, contiene el área de la cuenca hidrográfica.
- **COEFICIENTE DE COMPACIDAD KC.** Se obtiene a partir de la siguiente expresión.

$$K_c = \frac{P}{2\pi\sqrt{A/\pi}}$$

P es el perímetro de la cuenca [Km]

A es el área de drenaje de la cuenca [Km^2]

Cuanto más irregular sea la cuenca mayor será su coeficiente de compacidad. Una cuenca circular posee el coeficiente mínimo, igual a uno. Hay mayor tendencia a las crecientes en la medida en que este número sea próximo a la unidad.

Tabla 8: Características de la cuenca de acuerdo con el coeficiente de compacidad. Fuente. GÁMEZ MORALES, William. Texto básico de hidrología (Gámez Morales, 2009).

Valores de Kc	Forma
1.00 - 1.25	Redonda a oval redonda
1.25 - 1.50	Oval redonda a oval oblonga
1.50 -1.75	Oval oblonga a rectangular oblonga

- **FACTOR DE FORMA KF.** Se determina a partir del cociente entre el área de la cuenca A, y el cuadrado de la longitud hidráulica de la cuenca hidrográfica.

$$K_f = \frac{A}{L_m^2}$$

A es el área de drenaje de la cuenca [Km^2]

L_m es la longitud hidráulica o curso de agua más largo de la cuenca hidrográfica [Km]. Si K_f > 1 la cuenca es achatada y tiende a formar fácilmente grandes crecidas; un K_f < 1 indica que la cuenca es alargada, menos sujeta a crecientes que una de la misma área y mayor factor de forma; por otro lado, si K_f = 1 la cuenca tiene forma de un cuadrado (Monsalve Saenz, 1999).

6.7 CARACTERIZACIÓN DEL RELIEVE

En cuanto al relieve de una hoya hidrográfica, se pueden definir varios parámetros topográficos que controlan la velocidad con que se da la escorrentía superficial y por lo tanto el tiempo de concentración. A continuación, se definirán estas características.

- **PENDIENTE MEDIA.** Es el valor medio del declive del terreno y la inclinación, respecto a la horizontal, de la vertiente sobre la cual se ubica la hoya. Constituye una característica importante, puesto que condiciona la velocidad del escurrimiento superficial y subterráneo en la hoya hidrográfica (Gámez Morales, 2009).
- **ELEVACIÓN MEDIA.** Esta es una característica que está relacionada con la temperatura y la precipitación, a su vez la variación de la temperatura influye en la variación de pérdidas de agua por evaporación, por esta razón en hidrología se utiliza como parámetro representativo (Gámez Morales, 2009).

6.8 CARACTERIZACIÓN DE LA RED DE DRENAJE

La red de drenaje se puede definir como la trayectoria, disposición o arreglo de los cauces y lechos por donde de manera superficial y aparente corre el agua excedente, producto de la precipitación hacia un depósito natural o artificial (Gámez Morales, 2009).

- **CAUCE PRINCIPAL.** Es la corriente que pasa por la salida de esta. Toda cuenca tiene una y solo una corriente principal.
- **PENDIENTE DEL CAUCE PRINCIPAL**. La pendiente del cauce principal se calcula a partir del cociente entre la desnivelación entre los puntos definidos por las cotas que marcan la desembocadura y el nacimiento del cauce principal y la longitud de este. Este parámetro es indispensable para determinar el tiempo de concentración de una cuenca e influye directamente en la velocidad del agua que fluye por el cauce principal (Barros Cantillo, 1994).

- **COTA MAYOR Y MENOR DEL CAUCE PRINCIPAL**. Corresponde a la elevación más alta y baja del cauce principal respectivamente.
- **LONGITUD HIDRÁULICA LM**. Corresponde a la mayor trayectoria de flujo desde el parteaguas de la cuenca hasta el punto de salida de esta.

En las tablas posteriores se exponen las características morfológicas, de relieve y caracterización de la red de drenaje para la cuenca que aporta el caudal de escorrentía.

6.9 PERÍODO DE RETORNO DE DISEÑO

El período de retorno de diseño para las obras viales se escoge de acuerdo con la Tabla 9, la cual presenta la normatividad según el Manual de Drenaje de Carreteras del INVIAS.

Tabla 9: Periodos de retorno especificados por el INVIAS para obras de drenaje. Fuente: INVIAS (2013).

OBRAS DE DRENAJE	Tr
Drenaje superficial	2
Cunetas	5
Zanjas de coronación	10
Estructuras de caída	10
Alcantarillas de 0,9 m de diámetro	10
Alcantarillas mayores de 0,9 m de diámetro	20
Puentes menores (luz menor a 10 m)	25
Puentes de luz entre 10 m y 50 m	50
Puentes de luz mayor o igual a 50 m	100

Según la recomendación del INVIAS (2011) se escoge un periodo de retorno de 10 para drenaje de pavimentos.

6.10 COEFICIENTE DE ESCORRENTÍA (C)

El coeficiente de escorrentía es la relación entre la parte de la precipitación que circula superficialmente y la precipitación total, entendiendo que la parte superficial

es menor que la precipitación total al descontar la evaporación, evapotranspiración, almacenamiento, etc. Como puede comprenderse, el proceso de escorrentía es complejo y en la práctica deben introducirse simplificaciones. El coeficiente de escorrentía es un valor adimensional comprendido entre 0 y 1.

La escorrentía dependerá de la zona urbana a que corresponda y a los materiales constituyentes de la superficie. Atendiendo a la zonificación pueden adoptarse los siguientes valores:

Tabla 10: Coeficiente de Escorrentía. Fuente: Manual de drenaje para carreteras, INVIAS (2011).

CARACTERÍSTICAS DE LA SUPERFICIE	PERÍODO DE RETORNO (AÑOS)						
	2	5	10	25	50	100	500
ÁREAS DESARROLLADAS							
Asfáltico	0.73	0.77	0.81	0.86	0.9	0.95	1
Concreto - Techo - Zonas verdes (jardines, parques, etc.)	0.75	0.8	0.83	0.88	0.92	0.97	1
Condición pobre (cubierta de pasto menor del 50% del área)							
Plano 0-2%	0.32	0.34	0.37	0.4	0.44	0.47	0.58
Promedio 2-7%	0.37	0.4	0.43	0.46	0.49	0.53	0.61
Pendiente superior a 7%	0.4	0.43	0.45	0.49	0.52	0.55	0.62
Condición promedio (cubierta de pasto del 50 al 75% del área)							
Plano 0-2%	0.25	0.28	0.3	0.34	0.37	0.41	0.53
Promedio 2-7%	0.33	0.36	0.38	0.42	0.45	0.49	0.58
Pendiente superior a 7%	0.37	0.4	0.42	0.46	0.49	0.53	0.6
Condición buena (cubierta de pasto mayor del 75% del área)							
Plano 0-2%	0.21	0.23	0.25	0.29	0.32	0.36	0.49
Promedio 2-7%	0.29	0.32	0.35	0.39	0.42	0.46	0.56
Pendiente superior a 7%	0.34	0.37	0.4	0.44	0.47	0.51	0.58
ÁREAS NO DESARROLLADAS							
Áreas de cultivos							
Plano 0-2%	0.31	0.34	0.36	0.4	0.43	0.47	0.57
Promedio 2-7%	0.35	0.38	0.41	0.44	0.48	0.51	0.6
Pendiente superior a 7%	0.39	0.42	0.44	0.48	0.51	0.54	0.61

CARACTERÍSTICAS DE LA SUPERFICIE	PERÍODO DE RETORNO (AÑOS)						
	2	5	10	25	50	100	500
Pastizales							
Plano 0-2%	0.25	0.28	**0.3**	0.34	0.37	0.41	0.53
Promedio 2-7%	0.33	0.36	**0.38**	0.42	0.45	0.49	0.58
Pendiente superior a 7%	0.37	0.4	0.42	0.46	0.49	0.53	0.6
Bosques							
Plano 0-2%	0.22	0.25	0.28	0.31	0.35	0.39	0.48
Promedio 2-7%	0.31	0.34	0.36	0.4	0.43	0.47	0.56
Pendiente superior a 7%	0.35	0.39	0.41	0.45	0.48	0.52	0.58

La vía se caracteriza por áreas de cultivos con pendientes planas 0-2% y zonas con pendientes de 2-7%, los cuales, para un periodo de retorno de 10-25 años, corresponden a 0.75y 0.80 respectivamente.

Tabla 11: Coeficientes de escorrentía para vía. Fuente: Elaboración propia (2021).

ABSCISA		LONGITUD	% ÁREA VÍAS	% ÁREAS ZONAS TEJADOS	COEF. ESCORRENTÍA VÍAS	COEF. ESCORRENTÍA TEJADOS	COEF. ESCORRENTÍA PONDERADO
INICIAL	FINAL	(m)			CONCRETO	VEGETACIÓN	
CALLE 43 ENTRE CRA 1 Y CRA 1A							
0	57.34	57.34	18%	82%	0.8	0.83	0.825
CRA 1A ENTRE CALLE 41 Y CALLE 44							
0	11645	11645	18%	82%	0.8	0.83	0.825
57.34	224.33	166.99	18%	82%	0.8	0.83	0.825
74.79	234.34	159.55	18%	82%	0.8	0.83	0.825
234.34	421.54	187.2	18%	82%	0.8	0.83	0.825

6.11 ESCORRENTÍA

Para la determinación del caudal de diseño es necesario determinar inicialmente la escorrentía, la cual se puede definir como la cantidad de agua de una tormenta que drena o escurre sobre la superficie del suelo. Cuando se produce, fluye a los cauces incrementando su volumen; a medida que llega agua de las partes más lejanas comienza suavemente a decrecer el caudal al poco tiempo de terminada lluvia.

La escorrentía está en función de las precipitaciones máximas (P) y de la infiltración potencial (S), esta última a su vez depende del número de curva (CN). La ecuación que relaciona todas estas variables se muestra a continuación y está dada por la Soil Conservation Service:

$$E = \frac{(P - 0.2S)^2}{P + 0.8S}$$

Dónde: P: Precipitación (mm). S: Infiltración potencial (mm).

El valor de S es calculado de acuerdo con la siguiente expresión:

$$S = \frac{25400}{CN} - 254$$

Dónde: CN: Número de curva que depende de la cobertura del suelo en el área de drenaje.

6.12 TIEMPO DE CONCENTRACIÓN (Tc)

Se define como el tiempo necesario, desde el inicio de la precipitación, para que toda la cuenca contribuya al sitio de la obra de drenaje en consideración, o, en otras palabras, el tiempo que toma el agua desde los límites más extremos de la hoya hasta llegar a la salida de esta. En general, el tiempo de concentración se calcula por medio de ecuaciones empíricas, dentro de las cuales se cuentan las siguientes:

- **Ecuación de Kirpich (1940):**

$$t_c = 0.06628\left(\frac{L}{S^{0.5}}\right)^{0.77}$$

Donde: Tc: Tiempo de concentración, en horas (h). L: Longitud del cauce principal, en kilómetros (km). S: Pendiente entre las elevaciones máxima y mínima (pendiente total) del cauce principal, en metros por metro (m/m).

- **Ecuación de Témez:**

$$t_c = 0.30\left(\frac{L}{S^{0.25}}\right)^{0.76}$$

Donde: Tc: Tiempo de concentración, en horas (h). L: Longitud del cauce principal, en kilómetros (km). S: Pendiente total del cauce principal, en porcentaje (%).

- **Ecuación de Ventura - Heras:**

$$t_c = 0.30\left(\frac{L}{S^{0.25}}\right)^{0.75}$$

Donde, Tc: Tiempo de concentración, en horas (h). L: Longitud del cauce principal, en kilómetros (km). S: Pendiente total del cauce principal, en metros por metro (m/m).

6.13 ESTIMACIÓN DE CAUDAL POR EL MÉTODO RACIONAL

A partir de la identificación de la red hídrica de drenajes obtenida con la caracterización de las microcuencas, se logró establecer un drenaje principal que se acumula en los puntos

de más bajo nivel de la zona; también se identificó un drenaje secundario que discurre directamente a un canal de excedentes existente sobre el costado sur hasta encontrarse con el drenaje principal.

Para la estimación de los caudales máximos de entrada al predio del proyecto, se utilizó el Método del Racional, en razón a que el área de la microcuenca aportante es menor a 90 Ha, que es la recomendación del INVIAS (2011). La duración de las lluvias de diseño se establece igual al tiempo de concentración de la cuenca, toda vez que esta es la condición más desfavorable y que es una práctica recomendada en hidrología (Chow, 1994).

El método o fórmula racional es una de las ecuaciones más adecuadas para el cálculo del caudal pico en pequeñas áreas asociadas con el drenaje de vías, esta metodología se considera válida para áreas inferiores a 0,9 km² (ASCE, 1992) (Rodríguez, 2013) y se fundamenta en la siguiente ecuación:

$$Q = 0.278\, C * I * A$$

Donde Q es el caudal en m^3/s; C es el coeficiente de escorrentía que depende las pendientes, el tipo y uso del suelo; A es el área de drenaje de la cuenca y 0.278 corresponde al factor de conversión de unidades.

Esta metodología establece que el caudal pico ocurre cuando toda el área contribuye al flujo y la intensidad de la lluvia es uniforme en un tiempo igual al tiempo de concentración de la hoya (o microcuenca, en este caso) (H. Rodríguez, 2013).

El coeficiente de escorrentía es la relación entre la tasa pico de escorrentía directa y la intensidad de la precipitación en un período de tiempo dado (Chow, 1994). La selección de este coeficiente en general se realizar de acuerdo con las coberturas del suelo. Este valor también se puede calcular para una lluvia de características conocidas, siempre y cuando se conozca la respuesta de la hoya en términos del caudal de escorrentía superficial (Monsalve, 2004).

Tabla 12: Caudales de drenaje para pavimento rígido. Fuente: Elaboración propia (2021).

ABSCISA		LONGITUD	COEF. ESCORRENTÍA PONDERADO	PERIODO DE RETORNO	Tc Kirpich	INTENSIDAD	CAUDAL
INICIAL	FINAL	(m)		Años	min	mm/hr	m3/s
CALLE 43 ENTRE CRA 1 Y CRA 1A							
0	57.34	57.34	0.825	10	18.343	141.74	0.057
CRA 1A ENTRE CALLE 41 Y CALLE 44							
0	11645	11645	0.825	}	1946.265	5.39	0.438
57.34	224.33	166.99	0.825	10	78.618	51.10	0.060
74.79	234.34	159.55	0.825	10	64.936	58.43	0.065
234.34	421.54	187.2	0.825	10	40.219	81.75	0.107

7. ANÁLISIS HIDRÁULICO

El drenaje en los proyectos comprende varios matices que han de ser tratados separadamente. Unos se refieren al control de las aguas subterráneas que afectan de un modo u otro el proyecto llegando a él por infiltración; el manejo de estas se logra mediante obras de subdrenaje como drenes en zanja, trincheras filtrantes o drenes horizontales. El control de las aguas de escorrentía se logra mediante la construcción de estructuras de drenaje como canales, alcantarillas o cunetas, entre otras; y el control de los procesos de erosión en los cauces torrenciales de quebradas o ríos es realizado con el establecimiento de canales o estructuras de corrección como diques, jarillones, defensas laterales o espolones. La ubicación oportuna de las estructuras hidráulicas son el soporte de las soluciones de estabilidad y el control de erosión de taludes y laderas y de la corrección de cauces torrenciales; su omisión representa en casi todos los casos la destrucción de las obras existentes. Las obras hidráulicas constituyen en sí mismas una garantía de la estabilidad de los tratamientos.

El drenaje de las aguas pluviales se hará por el pavimento mismo, funcionando como canal a flujo libre, la altura mínima del bordillo debe ser de 15 cm para que no se desborde el agua en el recorrido. El tiempo estimado de evacuación es de 2 a 3

horas.

Tabla 13: Capacidad de evacuación de pavimento. Fuente: INVIAS (2011).

PENDIENTE	CAUDAL (L/seg)	
%	PEATONAL	VEHICULAR
2	69,7	75,5
3	85,3	92,5
4	98,5	106,8
5	110,2	119,4
6	120,7	130,8
7	130,3	141,3
8	139,3	151

En el caso de berma-cunetas, se indica que la pendiente de la berma coincide con la del carril de circulación adyacente; es decir, la pendiente del bombeo, la cual es máximo del 4% en entre tangencias, 8% en peraltes de vías principales y secundarias y 6% en vías terciarias.

Esta limitación en la profundidad de la cuneta trae como consecuencia una limitación en la capacidad hidráulica de la cuneta, siendo necesario el empleo de zanjas de coronación y de una menor distancia entre alcantarillas para desaguar las cunetas.

Las características hidráulicas sobre la vía es un flujo espacialmente variable; no obstante, para el diseño se pueden suponer condiciones de flujo permanente y uniforme en las áreas laterales de escorrentías, para simplificar el cálculo de los parámetros hidráulicos necesarios en el diseño de las entradas o sumideros correspondientes al esparcimiento máximo, el caudal máximo y la profundidad de la lámina de agua sobre los sumideros.

7.1 COEFICIENTE DE MANNING

El coeficiente de Manning es una de las formas de expresar la cantidad de resistencia al movimiento del agua en cauces, naturales o artificiales. Este coeficiente de resistencia al flujo es muy variable porque depende de una serie factores como la vegetación, irregularidad, obstrucciones, nivel, caudal, régimen de circulación, entre otros. Para este proyecto escogió un coeficiente de Manning de 0.014. En la Ilustración 5 se muestran los valores del coeficiente:

B.	Canales revestidos o desarmables			
	B-1. Metal			
	a. Superficie lisa de acero			
	1. Sin pintar	0.011	0.012	0.014
	2. Pintada	0.012	0.013	0.017
	b. Corrugado	0.021	0.025	0.030
	B-2. No metal			
	a. Cemento			
	1. Superficie pulida	0.010	0.011	0.013
	2. Mortero	0.011	0.013	0.015
	b. Madera			
	1. Cepillada, sin tratar	0.010	0.012	0.014
	2. Cepillada, creosotada	0.011	0.012	0.015
	3. Sin cepillar	0.011	0.013	0.015
	4. Láminas con listones	0.012	0.015	0.018
	5. Forrada con papel impermeabilizante	0.010	0.014	0.017
	c. Concreto			
	1. Terminando con llana metálica(palustre)	0.011	0.013	0.015
	2. Terminado con llana de madera	0.013	0.015	0.016
	3. Pulido, con gravas en el fondo	0.015	0.017	0.020
	4. Sin pulir	0.014	0.017	0.020
	5. Lanzada, sección buena	0.016	0.019	0.023
	6. Lanzada, sección ondulada	0.018	0.022	0.025
	7. Sobre roca bien excavada	0.017	0.020	
	8. Sobre roca irregularmente excavada	0.022	0.027	

Ilustración 5: Coeficiente de Manning. Fuente: Manual de drenaje de carreteras, INVIAS, 2011.

El dimensionamiento o diseño hidráulico consiste en verificar que la capacidad hidráulica de la estructura, estimada con la expresión de Manning, sea superior al caudal de diseño (INVIAS, 2009), los cuales se encuentran calculados en las tablas 8 y 10. A continuación, se muestra la ecuación de Manning:

$$Q = \frac{1}{n}\left(AR^{2/3}S^{1/2}\right)$$

Donde: Q: caudal, en metros cúbicos por segundo (m^3/s). n: coeficiente de rugosidad de Manning. A: área mojada, en metros cuadrados (m^2). R: radio hidráulico, en metros (m). S: pendiente, en metros por metro (m/m).

7.2 ÁREA SECCIÓN

Para este proyecto se adoptó la sección recomendada por el Manual de drenaje de INVIAS (2013), a continuación, se muestra las ecuaciones para el cálculo de los elementos geométricos de la sección transversal:

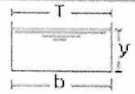
Sección	Area hidráulica A	Perímetro mojado P	Radio hidráulico R	Espejo de agua T
 Rectangular	by	b+2y	$\frac{by}{b+2y}$	b

Ilustración 6: Elementos geométricos e hidráulicos de la sección transversal de vía. Fuente: Chow (1994).

7.3 SUMIDEROS DE REJILLA SOBRE UN PUNTO BAJO O UNA DEPRESIÓN

Un sumidero de rejilla en una depresión opera como un vertedero bajo una pequeñaprofundidad. Esta capacidad es estimada por:

$$Q_i = \frac{2}{3} C_d \sqrt{2g(P_e)} * (Y_s + Y)^{1,5}$$

$$Q_i = C_w P_e (Y_s + Y)^{1,5}$$

Dónde:
C_d = coeficiente de descarga.

$$Q_i = C_w P_e (Y_s + Y)^{1,5}$$

C_w = coeficiente de vertedero según unidades: Sistema Internacional 1,66 y SistemaInglés 3,0.
Y = altura de la lámina de agua frente a la estructura.

Y_s= altura de la depresión.
P_e C perímetro efectivo alrededor del sumidero de rejilla, que se define como:

$$P_e = (1 - C)\,p$$

Dónde:
C = factor de obstrucción, para rejillas generalmente C = 0,5.
P = perímetro mojado de la rejilla (m).
P = 2(L + W) Sumidero en sitios sin cordón de andén.
P = 2L + W Sumidero en sitios con cordón de andén.
Cuando en el sumidero de rejilla, la rejilla está sumergida, opera como un orificio; lacapacidad de evacuación se puede estimar por la siguiente expresión:

$$Q_i = \mathrm{Co}A_e\sqrt{2g}\mathrm{Y} = 0{,}67A_e\sqrt{2g}(\mathrm{Y} + Y_s)$$

Dónde:
C_0 = coeficiente del orificio, para este caso 0,67.
A_e= área libre de la rejilla (m^2), igual al área total de la rejilla menos el área cubiertapor las barras de hierro.

$$A_e = (1 - C)\,mWL$$

Donde m = relación del área de la apertura de la rejilla menos el área de las barras de acero yel área total de la apertura.

Para aplicar la ecuación anterior para una rejilla en un punto bajo, la profundidad del flujo es determinada por la hidráulica de la calle. Posteriormente se muestra la profundidad adicional del estancamiento Y_s, la cual se puede determinar basándose en la condición de punto bajo. Por ejemplo, en la esquina de una calle la máxima profundidad de estancamiento es la altura del cordón de andén (aproximadamente 0,20 m). Cuando el esparcimiento de diseño tiene una profundidad de 0,15m, la profundidad de encharcamiento adicional es la esquina de la calle de 0,05m. También es posible considerar una profundidad de encharcamiento adicional observada cuando se presenta una tormenta mayor que la de diseño.

La transición entre el flujo en una rejilla operando como vertedero y el flujo en una rejilla operando como un orificio no se puede definir claramente. No obstante, la presentación de la curva de descarga de una rejilla dada muestra que la curva de la rejilla operando como vertedero intercepta la curva de la rejilla operando como orificio.

El siguiente criterio se usa para determinar la condición del flujo de un sumidero de rejilla en punto bajo:

- Si se desea determinar la capacidad de interceptación del sumidero de rejilla de acuerdo con el tipo de flujo sobre la estructura, para una altura de lámina de agua, debe calcularse el caudal de la rejilla operando como vertedero y como orificio; el menor de ambos caudales determina el tipo de flujo en el sumidero.

$$Qa = \min\left(Q(i\ vertedero)\ ,Q(i\ orificio)\right)$$

Qa = Caudal captado por el sumidero de rejilla en punto bajo.

Teniendo en cuenta la transición entre un flujo como vertedero y un flujo como orifico y la necesidad de establecer cómo está funcionando el sumidero, también se sugiere la siguiente expresión para la evaluación:

$$\text{Si } (Ys + Y) > 1{,}792\ (Ag)$$

El sumidero opera como un orificio. En esta expresión todas las variables ya se han definido. (Rodríguez Diaz, 2013)

Tabla 14: Diseño hidráulico de sumidero de ventana con pendiente. Fuente: Elaboración propia (2021).

	SUMIDERO LATERAL EN PENDIENTE			
Nota:	Evalua la capacidad de un sumidero lateral cuando se encuentra en una vía con pendiente longitudinal			
Datos				
	1. Calle			
	Pendiente Longitudinal de la Vía	S_0[%]	=	0.60
	Bombeo o Pendiente Transversal	S_x[%]	=	2.00
	Pendiente Transversal en la Cuneta	S_W[%]	=	16.29
	Coef. Rugosidad de Manning	n	=	0.013
	2. Capacidad de la via			
	Flujo Frontal transportado por ancho cuneta W	QW [m3/s]	=	0.1679
	Flujo lateral transportado por ancho via	QX [m3/s]	=	0.1610
	Flujo transportado por la calle	Qsmc [m3/s]	=	0.3289
	3. Constantes			
	Factor de obstruccion de sumidero lateral		=	0.1000
	2. Geometria			
	Longitud de la ventana	L[m]	=	0.80
	Numero de ventanas			1.0

	SUMIDERO LATERAL EN PENDIENTE			
Resultados				
	Capacidad de intercepción del sumidero lateral			
	Longitud de la ventana para intercepción completa del flujo Qs			
	Relación de flujo frontal Qw/Qs	Ew	=	0.5105
	Pendiente equivalente	Se[%]	=	10.3144
	Longitud para intercepción 100% de Qs	Lt[m]	=	5.8399
	Longitud efectiva de la ventana	Le[m]	=	0.7200
	Capacidad del sumidero lateral con longitud Le	Qa[m3/s]	=	0.0694
	Flujo de arrastre	Qc[m3/s]	=	0.2595

8. ALCANTARILLADO PLUVIAL

El desarrollo urbano altera de manera importante la hidrología de las cuencas donde se origina. En particular, se modifican la red de drenaje y el proceso de transformación lluvia escorrentía. Como consecuencia de la actividad urbanizadora, los cauces naturales que conforman la red hidrográfica original deben ser conservados y adecuados a las nuevas condiciones, esto para que no afecte de forma directa a su capacidad de desagüe y por tanto no se propicie la existencia de inundaciones.

El alcantarillado pluvial tiene como su principal función el manejo, control y conducción adecuada de la escorrentía de las aguas de lluvia en forma separada de las aguas residuales. Y llevarla o dejarla en sitios donde no provoquen daños e inconvenientes a los habitantes de las ciudades. Un sistema de alcantarillado pluvial está constituido por una red de conductos, estructuras de captación y estructuras complementarias.

Su objetivo es el manejo, control y conducción de las aguas pluviales que caen sobre las cubiertas de las edificaciones, sobre las calles y avenidas, veredas, jardines, etc. evitando con ello su acumulación o concentración y drenando la zona

a la que sirven. De este modo se mitiga con cierto nivel de seguridad la generación de molestias por inundación y daños materiales y humanos.

Se realizó el diseño hidráulico por medio de la metodología descrita en el libro Elementos de diseño para acueductos y alcantarillados, cumpliendo las normas de diseño para alcantarillado pluviales, las cuales son velocidad, esfuerzo cortante, diámetro mínimo; borde libre en los colectores, tiempo de concentración.

8.1 SISTEMAS DE ALCANTARILLADO PLUVIAL.

8.2 ALCANTARILLADO PLUVIAL PARTICULAR

A este tipo de alcantarillado se le considera como la red de instalaciones pluviales que se encuentran dentro de un predio, finca o edificio, que capta y conduce los escurrimientos pluviales que se generan dentro del mismo hasta disponerles en UN SISTEMA DE INFILTRACIÓN, RETENCIÓN Y/O DETENCIÓN, así como de algún canal o tubería dentro de los límites de la propiedad, de acuerdo con las condiciones particulares del proyecto.

8.3 ALCANTARILLADO PLUVIAL GENERAL PARTICULAR.

Este alcantarillado es la red que capta y conduce los escurrimientos de las aguas pluviales que ocurren dentro de las áreas comunes de los conjuntos habitacionales, centros comerciales, industriales, deportivos, de servicios, fraccionamientos privados, etc., hasta disponerlos en un SISTEMA DE INFILTRACIÓN, RETENCIÓN Y/O DETENCIÓN, así como de algún conducto como canal o tubería dentro de los límites de la propiedad y de acuerdo con las condiciones particulares del proyecto.

8.4 ALCANTARILLADO PLUVIAL MUNICIPAL.

Es el sistema o red que recolecta y conduce las aguas pluviales que escurren en su gran mayoría sobre la ciudad y zona metropolitana, disponiéndolas en estructuras de infiltración, filtración, retención, detención y/o conduciéndolas mediante canales o tuberías hasta descargar a los cuerpos de agua naturales existentes.

8.5 COMPONENTES DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO PLUVIAL.

Los componentes principales de un sistema de alcantarillado pluvial según su función son los siguientes:

- **Estructuras de captación:** Recolectan las aguas a transportar; en los sistemas de alcantarillado pluvial se utilizan sumideros o coladeras pluviales (también llamados comúnmente bocas de tormenta), como estructuras de captación, aunque también pueden existir conexiones domiciliarias donde se vierta el agua de lluvia que cae en techos y patios. En general se considera que los escurrimientos pluviales también son captados por las vialidades, vados, cunetas, contra cunetas además de las coladeras pluviales o bocas de tormenta, para ser encauzados hacia las instalaciones de drenaje pluvial.
- **Estructuras de conducción:** Transportan las aguas recolectadas por las estructuras de captación hacia sitios de tratamiento o vertido. Representan la parte medular de un sistema de alcantarillado y se forman con conductos cerrados y abiertos conocidos como tuberías y canales, respectivamente.
- **Estructuras de conexión y mantenimiento:** Facilitan la conexión y mantenimiento de los conductos que forman la red de alcantarillado, pues además de permitir la conexión de varias tuberías, incluso de diferente diámetro o material, también disponen del espacio suficiente para que un hombre baje hasta el nivel de las tuberías y maniobre para llevar a cabo la limpieza e inspección de los conductos; tales estructuras son conocidas como pozos de visita.
- **Estructuras de descarga:** Son estructuras terminales que protegen y mantienen libre de obstáculos la descarga final del sistema de alcantarillado, pues evitan posibles daños al último tramo de tubería que pueden ser causados por la corriente a donde descarga el sistema o por el propio flujo de salida de la tubería.
- **Estructuras complementarias:** Se consideran dentro de este grupo a todas aquellas estructuras que en casos específicos forman parte de un

sistema de alcantarillado pluvial, para resolver un problema determinado, y que resultan importantes para el correcto funcionamiento del sistema.

Tales como:

(1) Estructuras de retención.
(2) Estructuras de detención.
(3) Estructuras de infiltración.
(4) Estructuras de filtración.
(5) Estructuras de limpieza, remoción y medición.

- **Disposición final:** La disposición final de las aguas captadas por un sistema de alcantarillado no es una estructura que forme parte de este, sin embargo, representa una parte fundamental del proyecto de alcantarillado. Su importancia radica en que, si no se define con anterioridad a la construcción del proyecto el destino de las aguas residuales o pluviales, entonces se pueden provocar graves daños al medio ambiente e incluso a la población servida o a aquella que se encuentra cerca de la zona de vertido.

9. DISEÑO DE DIÁMETRO DE TUBERÍAS

Área parcial (hectáreas). Corresponde al área aferente a cada colector (sumidero con rejilla). En este caso el área es asumida como la longitud del tramo por el ancho de la vía en cuestión. Una vez obtenida las áreas aferentes se evalúa el área total de drenaje, acumulando el área de drenaje aguas arriba, se calcula el tiempo de concentración con la longitud y pendiente de los tramos de las tuberías y se hallan los valores de las intensidades con las curvas IDF de la estación seleccionada. Calculado los datos anteriores se verifica cada caudal con la ecuación racional para un periodo de retorno de 25 años, a continuación, los resultados:

Tabla 15: Caudal de diseño de Tubería proyectada.

Pozo	Área (ha)		Tc (min)			Frec.	I	I	Q Dis.	Long.	S
De-A	A Tot.	C	Tc t	Δ Tc s	Δ Tcr	(años)	(mm/h)	(L/sHa)	(L/s)	(m)	Diseño
K+00-K0+260	0.1560	0.538	8.2997	5.417	3.583	25	281.860	782.944	65.65	260.0	0.01
K0+260-K0+520	0.1560	0.538	8.2997	5.417	3.583	25	281.860	782.944	65.65	260.0	0.01
K0+520-K0+780	0.1560	0.538	8.2997	5.417	3.583	25	281.860	782.944	65.65	260.0	0.01
K0+780-K1+040	0.1560	0.538	8.2997	5.417	3.583	25	281.860	782.944	65.65	260.0	0.01
K1+040-K1+355	0.1890	0.538	9.6213	6.563	4.183	25	254.130	705.917	71.71	315.0	0.01

Se propone un diámetro nominal de tubería para cada tramo y se evalúan factores como: velocidad, esfuerzo cortante, radio hidráulico, altura de lámina de agua energía específica y numero de Froude.

Tabla 16: Diámetro para tuberías proyectadas.

Diámetro		Dc	
(m)	(")	nom. (")	int. (m)
0.267	9.5	10	0.250
0.267	9.5	10	0.250
0.267	9.5	10	0.250
0.267	9.5	10	0.250
0.276	9.5	10	0.250

10.14.4.1 Resultados análisis de tuberías proyectadas

R	t	t_{10}	$V^2/2g$	d	E	H	NF
(m)	(kg/m^2)	(kg/m^2)	(m)	(m)	(m)	(m)	
0.088	0.88	0.44	0.07	0.21	0.28	0.19	0.9
0.088	0.88	0.44	0.07	0.21	0.28	0.20	0.9
0.088	0.88	0.44	0.07	0.21	0.28	0.14	1.1
0.088	0.88	0.44	0.07	0.21	0.28	0.16	1.0
0.090	0.90	0.44	0.08	0.23	0.31	0.21	0.9

Tabla 17:Resultados de tuberías proyectadas.

V: Velocidad

R: Radio hidráulico

t: Esfuerzo cortante medio

t10: Es fuerzo cortante para el 10% de la capacidad a tubo lleno.

$V^2/2g$: Altura de velocidad

d: Lámina de agua

E: energía especifica

H: Profundidad hidráulica

NF: Numero de froude

Tabla 18: Evaluación y revisión hidráulica alcantarillado pluvial.

Dc int. (mm)		Q/Qo		H/D		V (m/s)		t (N/m²)		Diagnóstico final
Valor	Revisión	Valor	Revisión	Valor	Revisión	Valor	Revisión	Valor	Revisión	
300	Cumple	0.73	Cumple	0.644	Cumple	1.21	Cumple	8.60	Cumple	Cumple
300	Cumple	0.73	Cumple	0.665	Cumple	1.21	Cumple	8.60	Cumple	Cumple
300	Cumple	0.73	Cumple	0.450	Cumple	1.21	Cumple	8.60	Cumple	Cumple
300	Cumple	0.73	Cumple	0.526	Cumple	1.21	Cumple	8.60	Cumple	Cumple
300	Cumple	0.80	Cumple	0.713	Cumple	1.26	Cumple	8.82	Cumple	Cumple

Según los resultados mostrados anteriormente se tiene que el diámetro de la tubería para cada tramo cumple y es capaz de recolectar el caudal de escorrentía de diseño. Las velocidades dentro de la tubería son aproximadamente de 1.21 m/s, tipo de flujo subcrítico, energía especifica entre 0.30 m-kg/kg y un tirante normal de agua de 0.20 m.

Los sumideros de ventana deben dejarse cada 30 m en la vía y la tubería sanitaria tipo nova fort debe ser de 10", el tubo debe sobre salir 2 metros luego del borde del talud del río dado que las aguas lluvias serán conducidas directamente hacia el río Sinú.

11. RECOMENDACIONES Y CONCLUSIONES

Se le recomienda al contratista seguir todas las recomendaciones y diseños de la presente consultoría.

Se recomienda durante el análisis estructural conservar los parámetros calculados durante el análisis hidrológico y modelación hidráulica; cualquier modificación debe ser comunicada al consultor para evaluar las posibles alternativas de diseño.

El coeficiente de escorrentía ponderado corresponde a 0.80 de zonas con concreto y tejados y pendientes suaves; también se consideró un periodo de retorno de 10 años para la zona del proyecto.

Se recomienda durante la etapa de revisión al estudio, ser informado al consultor cualquier observación ya que este es el responsable del estudio.

Se recomienda verificar en función de los niveles máximos de agua calculados en función del periodo de retorno seleccionado, el nivel de proyección de los accesos a la estructura con el fin de evitar incomunicar los habitantes de las áreas beneficiadas con el desarrollo del proyecto; de igual forma las aguas pluviales deben ser drenadas a espacios libres que no afecten vecindades o servidumbres aledañas.

Se recomienda durante la etapa constructiva conservar todos los parámetros de diseño establecidos por esta consultoría, cualquier modificación debe ser informada para su aprobación.

Se debe realizar mantenimiento continuo a las obras proyectadas y existentes, con el fin de que la acumulación de residuos no afecte la capacidad hidráulica y de esta manera evitar que se produzcan inundaciones o encharcamientos.

Los caudales de diseño se calcularon utilizando la metodología propuesta en el método racional.

En el estudio hidrológico e hidráulico de la vía en el presente corregimiento, se proyectaron los caudales de escorrentía que se generaba en cada tramo proyectado

y se verificó la capacidad de transporte de la vía, verificando que el tirante normal de la lámina de agua no sobrepasa la altura del bordillo de la berma cuneta.

La capacidad de la vía se realizó conservando las pendientes longitudinales del diseño geométrico.

Las estructuras hidráulicas tipo cuneta diseñadas son eficientes para el caudal de diseño de la vía, para un periodo de retorno de 5 años.

Las especificaciones técnicas de diseño se soportan en resoluciones, normatividad y bibliografía existente.

JUAN FRANCISCO DURANGO GRISALES
CONSULTOR - MSC. RECURSOS HÍDRICOS
C.C. 1067939423
M.P. 22202339714COR

12. REFERENCIAS

REGLAMENTO TÉCNICO DEL SECTOR DE AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO BÁSICO - RAS/2000, Dirección General de Agua Potable y Saneamiento Básico, del Ministerio de Desarrollo; Bogotá 2000.

AZEVEDO NETTO, de J.M. y ÁLVAREZ ACOSTA, Guillermo. Manual de Hidráulica, Ed. HARLA S.A. DE C.V., México, 1976.

MINISTERIO DEL TRANSPORTE - INSTITUTO NACIONAL VÍAS – INVIAS, "Manual de Drenaje para carreteras", Bogotá, 2009.

MINISTERIO DEL TRANSPORTE - INSTITUTO NACIONAL VÍAS – INVIAS, "Cartilla para diseño de pavimento con placa huella", Bogotá, 2013.

FEDERAL HIGHWAY ADMINISTRATION, "Hydraulic Design of Highway Culverts, Hydraulic Design Series Number 5 (HDS 5), J.M. Norman, R.J. Houghtlen, W.J. Johnston, Virginia, September 1985.

MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS, "Manual de carreteras Volumen II, Parte II", Dirección General de Obras Públicas. Dirección de Vialidad, Santiago de Chile, junio 2002.

Chow, V. Maidment, D. Mays, L., 1994. Hidrología Aplicada. Editorial Mc Graw-Hill Interamericana S.A. 1994.

Díaz, Bernardo. 2012. Hidrología e Hidráulica Aplicada. Editorial Universidad Tecnológica de Bolívar. Cartagena de Indias.

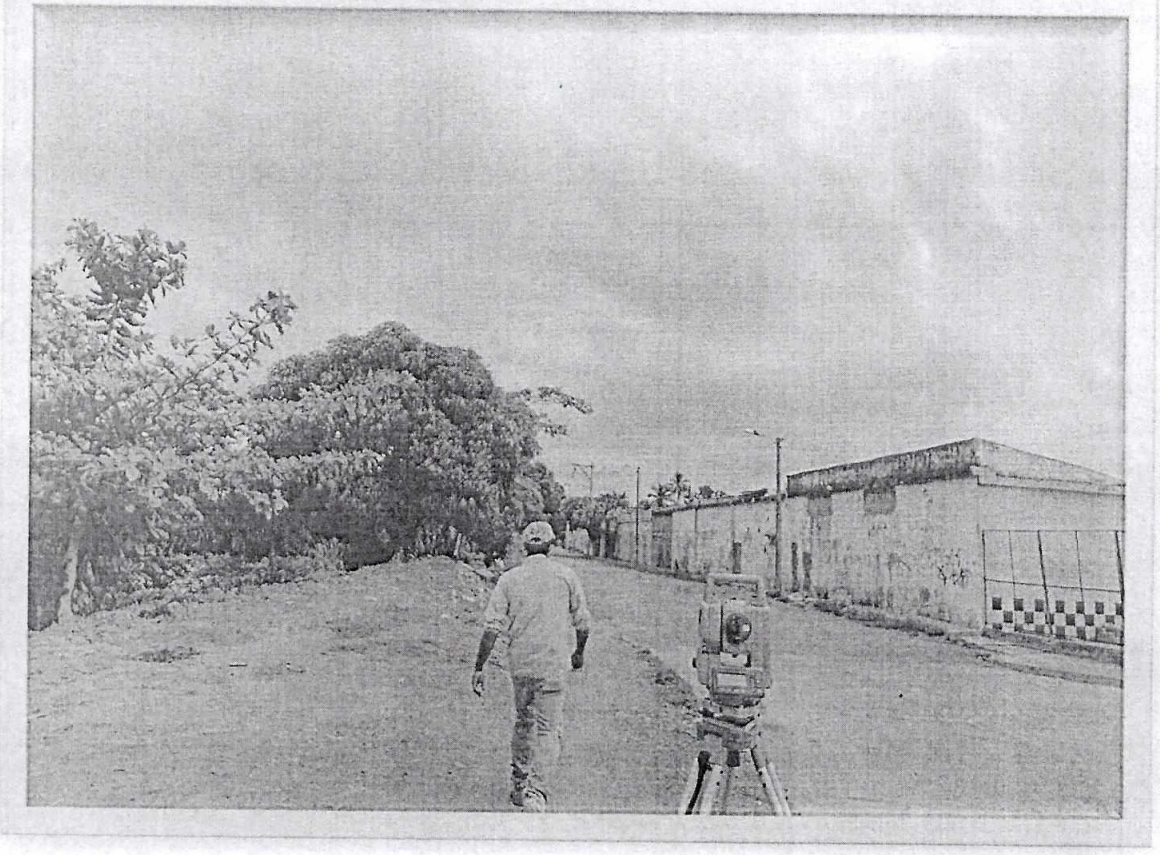
Suárez Díaz, Jaime. 2001. Control de erosión en zonas tropicales. Ediciones Universidad Industrial de Santander. 2001. Pág 141.

Jiménez Salas, José A., 1980. Geotecnia y Cimientos. Editorial Rueda, 1980.

Riccardi, G., Basile, P. A., Stenta, H., Riesco, G. y Baglietto, P. Ajuste regional de predoctores de erosión en lechos cohesivos. XX Congreso Nacional del Agua, Mendoza (Argentina), mayo, 2005.

INFORME DISEÑO GEOMETRICO VIA SUCRE Y PLAYA BRIGIDA

INFORME DE DISEÑO GEOMÉTRICO DE LAS VÍAS URBANAS UBICADAS EN EL BARRIO SUCRE DEL MUNICIPIO DE MONTERÍA DEPARTAMENTO DE CÓRDOBA.



MONTERÍA, CÓRDOBA

MAYO DE 2021

Contenido

INTRODUCCIÓN 4
2. OBJETIVO 5
3. ALCANCE 5
4. GENERALIDADES 5
4.1. Información general 5
4.2. Geología 6
4.3. Geomorfología 6
4.4. Aspectos climatológicos 6
4.5. Flora 6
5. Herramientas utilizadas 7
6. PARÁMETROS DE DISEÑO 7
6.1. Características 7
6.2. Velocidad de diseño y clasificación de la vía 7
6.3. Velocidad especifica de la curva horizontal 8
6.4. Selección del radio de curvatura y peralte máximo 8
6.5. Determinación de la longitud de las curvas verticales 9
6.6. Diseño transversal ancho de calzada y bombeo 9
6.7. Rotación de la calzada respecto al eje de la carretera 10
6.8. Sección transversal típica de diseño 11
7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 11
8. BIBLIOGRAFÍA 12

Lista de figuras

Figura 1.Localización del proyecto en el municipio de Montería, Córdoba 4
Figura 2.Ubicación del municipio de Montería en el departamento de Córdoba. 5
Figura 4. Calzada girada alrededor del eje. 10
Figura 5. Sección de calzada de diseño 11

Lista de tablas

Tabla 1.Herramientas utilizadas en el diseño geométrico 7
Tabla 2. Características del diseño. 7
Tabla 3. Valores de la Velocidad de Diseño de los Tramos Homogéneos (VTR) en función de la categoría de la carretera y el tipo de terreno. 7
Tabla 4 Anchos y Longitud de vías diseñadas 9
Tabla 5. Bombeo de la calzada 10

INTRODUCCIÓN

En el siguiente informe se describe los factores considerados para el diseño de las vías ubicadas en el municipio de Montería, departamento de córdoba, como sección típica de diseño, normas y herramientas para el cálculo de variables determinadas, adicionalmente se explica el tipo de diseño y se describen las condiciones actuales de la vía intervenida.



*Figura 1.*Localización del proyecto en el municipio de Montería, Córdoba
Fuente: Google Earth,2021

2. OBJETIVO

Realizar el diseño geométrico de las vías urbanas ubicadas en el barrio Sucre del municipio de Montería, departamento de Córdoba, con el fin de mejorar la calidad de vida de la comunidad, e impactar de manera positiva y decisiva en la movilidad de la zona en cuestión, buscando la comodidad y seguridad de los usuarios.

3. ALCANCE

- ✓ Establecer valores adecuados de ancho transversal, velocidad y bombeo, que correspondan con las características topográficas del área intervenida.
- ✓ Determinar los parámetros de diseño que garanticen la seguridad de la vía para cualquier persona que transite en ella.

4. GENERALIDADES

4.1. Información general

El municipio de Montería está situado en la zona centro del departamento de Córdoba, correspondiente a las tierras planas y ligeramente onduladas, de los valles de los ríos San Jorge y Sinú. Las coordenadas del municipio en sus puntos cardinales son 08° 45´27" de latitud Norte y 75° 53´24" de longitud Oeste, cubre un área total de 3141 Km2.

Limita al Norte con el municipio de Cereté, Puerto Escondido y San Pelayo; al este con San Carlos y Planeta Rica; al sur con Tierralta y Valencia; al oeste con el departamento de Antioquia y los municipios de Canalete y San Carlos.

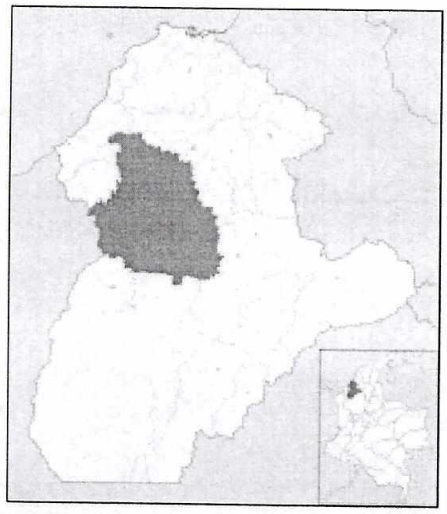


Figura 2.Ubicación del municipio de Montería en el departamento de Córdoba.
Fuente: Wikipedia, la enciclopedia libre. "Montería", Disponible en la web: https://es.wikipedia.org/wiki/Monter%C3%ADa

4.2. Geología

El municipio de Montería hace parte de la unidad estratigráfica del Cinturón de San Jacinto y las unidades litoestratigráficas del anticlinorio de San Jerónimo conformado por rocas ígneas y rocas sedimentarias.

4.3. Geomorfología

El río Sinú se caracteriza por formar valles aluviales amplios, entre los cuales está el deposito aluvial del municipio de Montería el cual aflora desde el corregimiento de Santa Isabel, hasta la población de El Vidrial al norte de Montería, donde se forman las zonas planas de gran extensión que incluye las ciudades de Montería y Cereté.

4.4. Aspectos climatológicos.

El municipio de Montería dada su fisiografía y su posición en la llanura del caribe colombiano, se localiza con respecto a los vientos provenientes del mar en una posición de sotavento ocasionando climas predominantemente secos la mayor parte del año, con una alta humedad relativa por la presencia del río Sinú y sus sistemas de ciénagas y humedales, presenta lluvias con vientos (vendavales) en épocas húmedas y unos microrrelieves en las serranías de las Palomas y de San Carlos que se comportan como barloventos aumentando la nubosidad y la generación de lluvias.

El municipio presenta dos temporadas de lluvia: La primera es en parte de abril y mayo, y la segunda entre los meses de septiembre y noviembre; una temporada de menor intensidad de lluvias entre los meses de junio y agosto, y por último una temporada seca entre los meses de diciembre a marzo.

El promedio anual de la temperatura es de 26.90 °C, con un ligero aumento en los meses de marzo, abril y mayo. La Variación no es muy significativa, pues el 98.20% del territorio se encuentra en el piso térmico cálido. Por ello, puede considerarse que el promedio anual de 26.90 °C es representativo para el municipio de Montería.

4.5. Flora

El municipio de Montería tiene área de su territorio dentro de la parte media y baja del río Sinú, la vegetación original ha sido completamente degradada sólo a pequeños bosques o zonas de bosque de galería, por la transformación y/o adecuación de las tierras de los ecosistemas para extensas áreas de praderas para el desarrollo de sistemas pecuarios semi - intensivos y extensivos y la agricultura comercial y de subsistencia. A los alrededores del municipio se encuentra áreas agrícolas heterogéneas, áreas que presentan heterogeneidad en la cobertura, ya sea por condiciones locales de clima o de suelos que hacen difícil la separación de unidades cartográficas homogéneas.

5. Herramientas utilizadas.

Tabla 1.Herramientas utilizadas en el diseño geométrico

Normatividad	Manual de diseño geométrico para placa huellas –INVIAS
Software de diseño	AutoCAD Civil 3D 2018
Herramienta informática	Microsoft Excel 2016
Información geográfica	Google Earth Pro

Fuente: Autor,2021

6. PARÁMETROS DE DISEÑO.

6.1. Características.

En el diseño geométrico, los elementos de la carretera deben estar estratégicamente relacionados entre ellos para asegurar que la vía funcione de manera adecuada, por lo tanto se escogió una velocidad de operación que equivale a 30 km/h .

Tabla 2. Características del diseño.

Tipo de vía	Terciaria (Placa Huella)
Velocidad de diseño	30 km/h
Ancho	6.40m
Bombeo	2.0%

Fuente: Autor,2021

6.2. Velocidad de diseño y clasificación de la vía.

El propósito principal que se sigue al momento de la asignación de la velocidad mientras se diseña, es tener la mayor seguridad para quienes harán uso de la vía. Además se procura mantener la consistencia de la velocidad para que el usuario no tenga que hacer cambios bruscos que lo comprometa o afecte la carretera y dado que las condiciones en el terreno y el tipo de vía que se plantea, se hace posible mantener una misma velocidad.

Tabla 3. Valores de la Velocidad de Diseño de los Tramos Homogéneos (VTR) en función de la categoría de la carretera y el 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: Manual de diseño geométrico de carreteras INVIAS, 2008

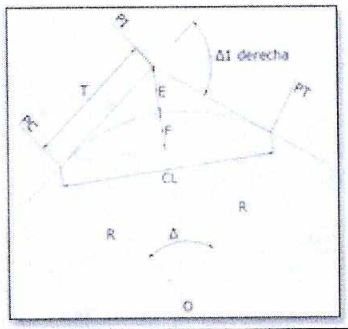
6.3. Velocidad especifica de la curva horizontal.

Para determinar la velocidad específica de la curva horizontal se tiene en cuenta la velocidad del tramo homogéneo (VTR) en que se encuentra la curva horizontal. Ésta primera mencionada (VCH) no puede ser menor a la velocidad de diseño del tramo , es decir VCH ≥ VTR, ni superior a ésta en veinte kilómetros por hora(VCH ≤ VTR +20 km/h), en éste diseño se decidió adoptar la velocidad de 30 km/h.

6.4. Selección del radio de curvatura y peralte máximo

Las curvas presentes en el diseño son curvas circulares simples (CCS), las cuales pueden definirse como arcos de circunferencia de un solo radio que son utilizados para unir dos alineamientos rectos de una vía y las cuales están compuestas por los siguientes elementos:

Ángulo de deflexión (Δ)
Tangente (T)
Radio (R)
Cuerda larga (CL)
Externa (E)
Flecha (F)
Grado de curvatura (G)
Longitud de la curva (L)
Cuerda unidad (c)= 5m



$$T = R \cdot \tan\left(\frac{\Delta}{2}\right)$$

$$R = \frac{T}{\tan\frac{\Delta}{2}}$$

Ecuación 1.Calculo del radio de curvatura

Una vez calculado el radio de curvatura, se procede a clasificar el tipo de curva según lo mencionado en la guía de diseño de pavimentos con placa huella del INVIAS, dado que esto es de vital importancia para determinar los sobre anchos necesarios de la sección

transversal en caso de ser necesarios, longitudes de transición y determinación del peralte máximo.

6.5. Determinación de la longitud de las curvas verticales.

Los criterios para la selección de la longitud de la curva vertical que a continuación se indican son aplicables para las curvas simétricas y asimétricas y son los siguientes y se pueden observar en el perfil longitudinal del diseño:

- ✓ 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.

6.6. Diseño transversal ancho de calzada y bombeo

- ➢ Ancho

El ancho de la vías se determinó velando por aprovechar el espacio disponible, respetando las necesidades de la comunidad y el espacio necesario para el tránsito cómodo y seguro de conductores y peatones, por lo cual se definieron los siguientes anchos:

Tabla 4 Anchos y Longitud de vías diseñadas

Nombre de la vía	Longitud de la vía (m)	Ancho de la vía (m)	Longitud de la losa (m)
Carrera 1ra A entre calle 41 y 44	600,00	6,00	3,50
Calle 43A entre carreras 1ra A y 1ra	57,34	7,00	4,00
Calle 44 entre carreras 1ra A y 1ra	29,00	6,00	3,50

Fuente: Autor,2021

- **Bombeo**

  La inclinación transversal llamada bombeo, que tiene como propósito el escurrimiento superficial de agua y que depende del tipo de superficie de rodadura se escogió de 2.0%.

Tabla 5. Bombeo de la calzada

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: Manual de diseño geométrico de carreteras INVIAS, 2008

6.7. Rotación de la calzada respecto al eje de la carretera.

Girando el pavimento de la calzada alrededor de su línea central. Este es el método más empleado en el diseño de carreteras, porque permite un desarrollo más armónico y genera menor distorsión de los bordes de la corona.

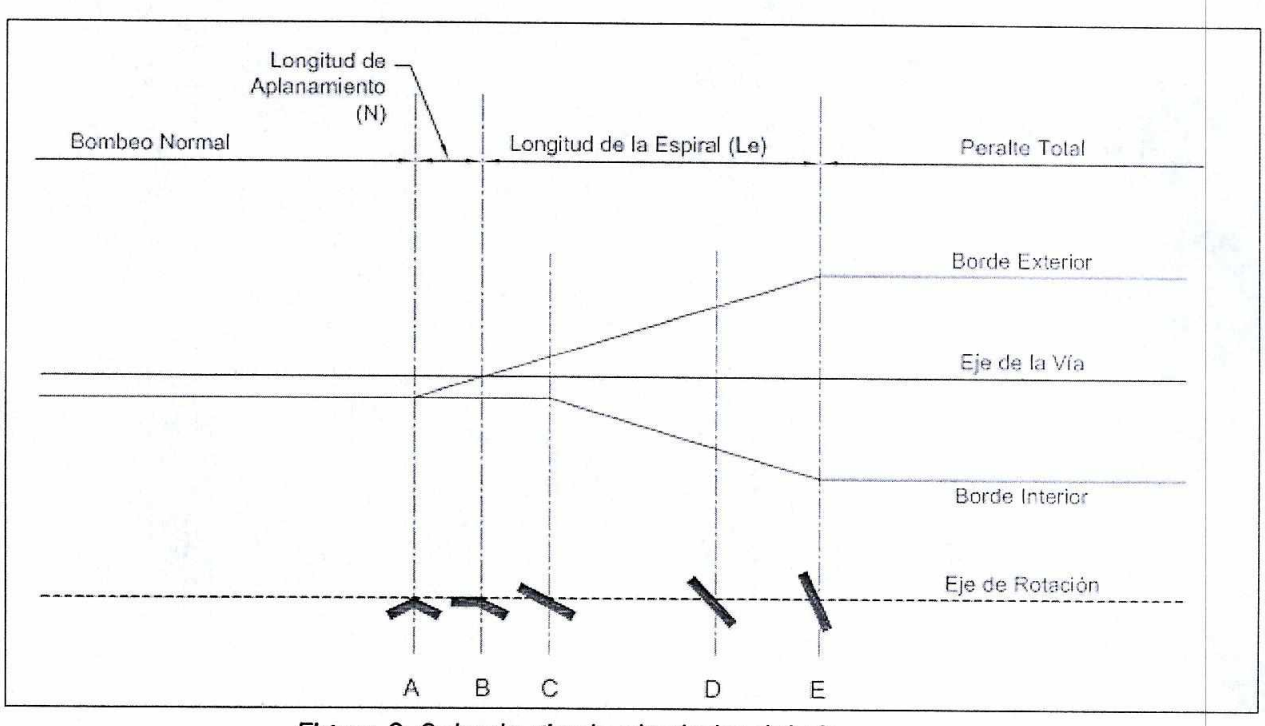


Figura 3. Calzada girada alrededor del eje.
Fuente: Manual de diseño geométrico de carreteras INVIAS, 2008

6.8. Sección transversal típica de diseño.

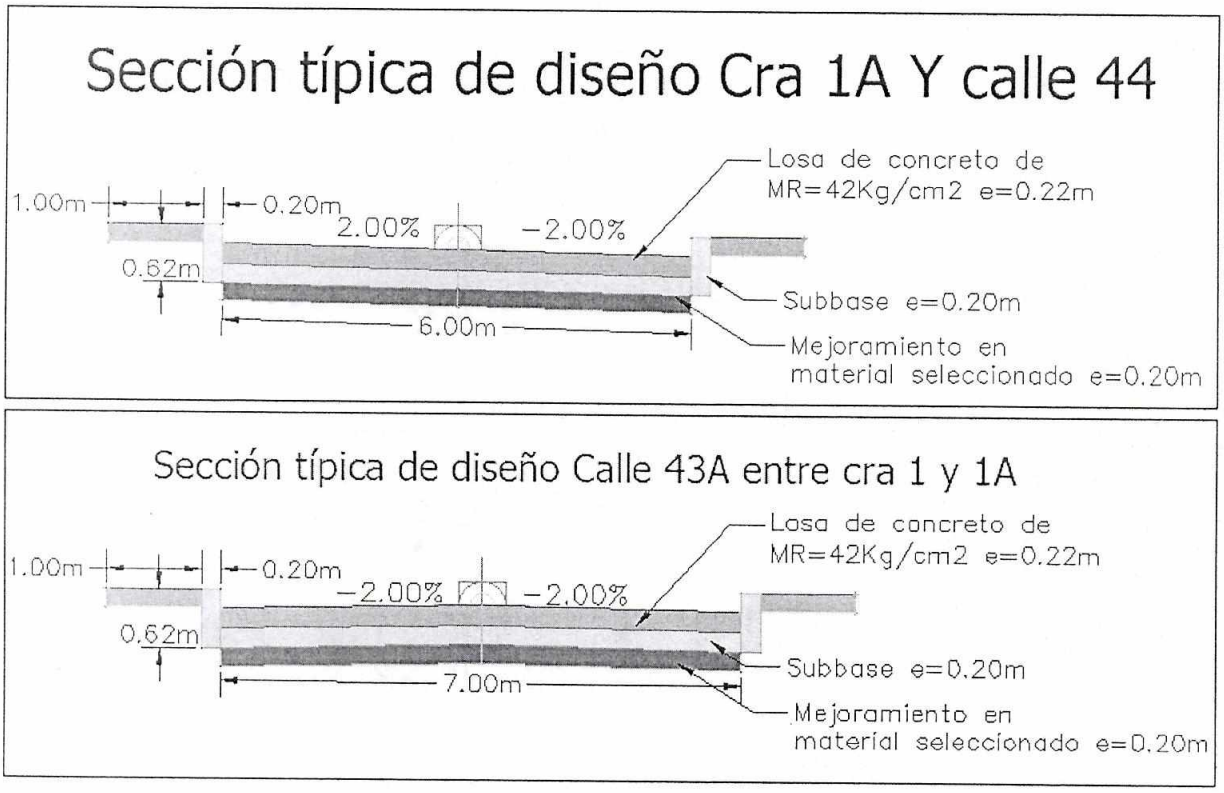


Figura 4. Sección de calzada de diseño
Fuente: Autor, 2021

7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- Se recomienda revisar y anchar el diseño con la topografía del terreno al momento de la construcción para garantizar un adecuado funcionamiento.
- Los espesores de placa y sub-base igual que los anchos de los carriles se definieron según las recomendaciones planteadas por el ingeniero estructural.
- Se tomó como velocidad de diseño 30km/h con el objetivo de velar la seguridad y comodidad de los usuarios.
- Al cambiar el diseño presentado sin consultar al diseñador se cambian los parámetros del cálculo y por ende no se puede garantizar su correcto funcionamiento, por lo cual se deben seguir las recomendaciones planteadas.
- Las transiciones y cambio de carriles en las curvas se realizaron de acuerdo a la guía de diseño de pavimentos con placa huellas de INVIAS.

8. BIBLIOGRAFÍA

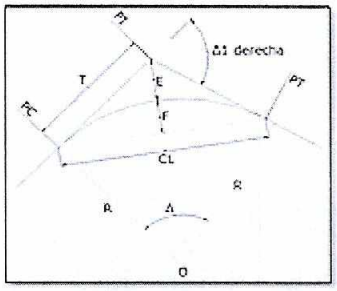
- Manual de diseño geométrico de carreteras INVIAS, 2008.

Alexander Berrocal Arteaga
Ing. Civil Esp. en Vías y Transporte.
CC. 11000193 – TP 22202-120211 COR

ANEXOS

CALCULO DE CURVAS

Ángulo de deflexión (Δ)
Tangente (T)
Radio (R)
Cuerda larga (CL)
Externa (E)
Flecha (F)
Grado de curvatura (G)
Longitud de la curva (L)
Cuerda unidad (c)= 5m



Curva #	1		Curva INVIAS tipo	NA
Δ [°]	60			
T [m]	12,49		Sobreancho [m]	NA
R [m]	21,63	→ R [m] 21,65		
CL [m]	21,65			
E [m]	3,35			
F [m]	2,90			
c [m]	5,00			
G [°]	13,25	si CL es menor a c, se una 2*arcsin(CL/2R)		
L [m]	22,62	si CL es menor a c, se una CL*Δ/Gc		

Curva #	2		Curva INVIAS tipo	NA
Δ [°]	40			
T [m]	141,70		Sobreancho [m]	NA
R [m]	389,32	→ R [m] 389,32		
CL [m]	266,31			
E [m]	24,99			
F [m]	23,48			
c [m]	5,00			
G [°]	0,74	si CL es menor a c, se una 2*arcsin(CL/2R)		
L [m]	271,79	si CL es menor a c, se una CL*Δ/Gc		

INFORME GEOMETRICO - COMUNA 8

360/K

CONVIAL | MJS | Ingeniería Vial

CONSORCIO CONSULTORÍA VIAL MONTERÍA
NIT 901847594-7

ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA LA FORMULACIÓN DE PROYECTOS DE INFRAESTRUCTURA VIAL A REALIZAR POR LA SECRETARIA DE INFRAESTRUCTURA DEL MUNICIPIO DE MONTERÍA

CONTRATO DE CONSULTORÍA No. CMA-SIM-017-2024

CONSORCIO CONSULTORÍA VIAL MONTERÍA

INFORME TRAZADO Y DISEÑO GEOMETRICO
GRUPO PROYECTO 1A

Versión 1

NOVIEMBRE DE 2024
BOGOTÁ D.C.

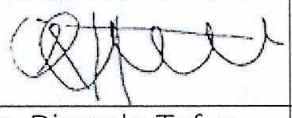
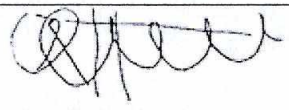
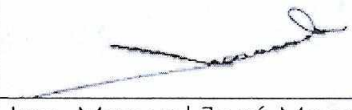
Carrera 23 N° 124-87
Edificio Torre Zentar - Oficina 404 II
Bogotá - Colombia

T : +57 (1) 221 1077
M: +57 300 517 38 99
E : gerencia.convialsas@gmail.com

CONTROL DE VERSIONES

VERSIÓN	FECHA	DESCRIPCIÓN DE MODIFICACIÓN	FOLIOS
Versión 1	Noviembre - 2024	Versión Inicial	35

ESTADO DE REVISIÓN Y APROBACIÓN

CONSORCIO CONSULTORÍA VIAL MONTERÍA		
Elaboró	**Revisó**	**Aprobó**
		
Ing. Ricardo Tafur Sánchez	Ing. Ricardo Tafur Sánchez	Ing. Manuel José Meza Soto
Especialista	Especialista	Director

SUPERVISION / INTERVENTORÍA
Revisó
Ing. Ingrid Sofia Morales Ávila
Alcaldía de Montería Gerente de Proyectos

TABLA DE CONTENIDO

Pág.

1 INTRODUCCION 6
2 GENERALIDADES DEL PROYECTO 7
3 OBJETIVOS Y ALCANCES 10
3.1 OBJETIVO 10
3.2 ALCANCES 10
4 METODOLOGÍA DE DISEÑO 11
4.1 CRITERIOS PARA EL DISEÑO GEOMÉTRICO 11
4.1.1 Planta 11
4.1.2 Perfil 11
4.1.3 Sección Transversal 12
5 PARÁMETROS Y CRITERIOS DE DISEÑO GEOMÉTRICO HORIZONTAL Y VERTICAL 13
5.1 VELOCIDAD DE DISEÑO 13
5.2 ANCHO DE CALZADA 13
5.3 ANCHO DE BERMAS 14
5.4 BOMBEO 15
5.5 SECCIÓN TRANSVERSAL 15
5.6 RADIO DE CURVATURA MÍNIMO (RCMÍN) 22
5.7 PERALTES 23
5.8 LONGITUD DE TRANSICIÓN DEL PERALTE 24
5.9 PERALTE MÁXIMO 25
5.10 PENDIENTE LONGITUDINAL 25
5.10.1 Pendiente Mínima 25
5.10.2 Pendiente Máxima 26
5.11 CURVA VERTICAL CONVEXA 26
5.11.1 Longitud Mínima Según el Criterio de Seguridad 26

5.11.2 Longitud Mínima Según el Criterio de Operación 28
5.11.3 Longitud Máxima Según el Criterio de Drenaje 28
5.12 CURVA VERTICAL CÓNCAVA 29
5.12.1 Longitud Mínima Según el Criterio de Seguridad 29
5.12.2 Longitud Mínima Según el Criterio de Operación 29
5.12.3 Longitud Máxima Según el Criterio de Drenaje 29
5.13 VEHÍCULO DE DISEÑO 30
5.14 RESUMEN DE PARÁMETROS DE DISEÑO 31
6 NORMAS TÉCNICAS APLICADAS EN EL PRESENTE ESTUDIO 32
7 IDENTIFICACIÓN DE RIESGOS PREVISIBLES 33
8 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 34

ÍNDICE DE TABLAS

Pág.

Tabla 1. Tramos viales para diseñar 7
Tabla 2 Velocidad de Diseño del Tramo Homogéneo 13
Tabla 3 Ancho de Calzada (metros) 14
Tabla 4 Ancho de Bermas 15
Tabla 5 Radios Mínimos para peralte máximo de 8% 23
Tabla 6 Radios Mínimos para peralte máximo de 6% 23
Tabla 7 Valores Máximos y Mínimos de la Pendiente Longitudinal para Rampas de Peraltes 25
Tabla 8 Pendiente Máxima en Función de la Velocidad Especifica 26
Tabla 9 Valores de Kmín para el Control de la Distancia de Visibilidad de Parada 30
Tabla 10 Parámetros de Diseño Geométrico 31

ÍNDICE DE FIGURAS

Pág.

Figura 1. Localización del sector....8
Figura 2. Sección transversal típica....21
Figura 3. Esquema general de diagrama de transición de peraltes....23
Figura 4. Clasificación de vehículos....29

1 INTRODUCCION

El diseño geométrico de una vía es un proceso clave en la ingeniería de transporte que garantiza que las infraestructuras viales sean seguras, eficientes y funcionales para los usuarios. Este informe detalla el desarrollo del trazado y diseño geométrico para los segmentos viales urbanos correspondientes al grupo de prioridad 1A de la comuna 8 en el municipio de Montería, Departamento de Córdoba, en el cual se ha seguido un enfoque integral para asegurar que la carretera cumpla con los estándares técnicos y normativos.

El objetivo del diseño geométrico es optimizar el trazado de la vía teniendo en cuenta diversos factores como la topografía del terreno, las condiciones de tráfico, las características del entorno y las necesidades de los usuarios. En este documento se presentan los principales aspectos del diseño: características geométricas, parámetros de diseño, criterios de diseño geométrico y el trazado en planta, el perfil longitudinal y las secciones transversales para cada uno de los segmentos viales en cuestión.

A través de este informe, se busca no solo explicar el proceso y las decisiones tomadas, sino también justificar las soluciones adoptadas para mejorar la funcionalidad y seguridad de la vía, minimizando a su vez los impactos ambientales y los costos del proyecto.

2 GENERALIDADES DEL PROYECTO

2.1 LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO

El proyecto en consideración se localiza en la zona urbana del Municipio de Montería en la comuna 8, en el Departamento de Córdoba. A partir de la condición actual de la vía, así como lo dispuesto en el VOLUMEN 1 – ESTUDIO DE TRANSPORTE, CAPACIDAD Y NIVELES DE SERVICIO, se realizó el diseño geométrico de la vía, con una velocidad del tramo homogéneo de 20 km/h.

El diseño está orientado al mejoramiento de la geometría actual, optimizando el trazado de la vía para generar la menor afectación a los predios adyacentes y cumpliendo con la mayoría de los criterios establecidos en el Manual de Diseño de Carreteras (Invias – 2008).

A continuación, se presentan las vías objeto del estudio correspondientes al Grupo 1A y una imagen del sector (Figura 1):

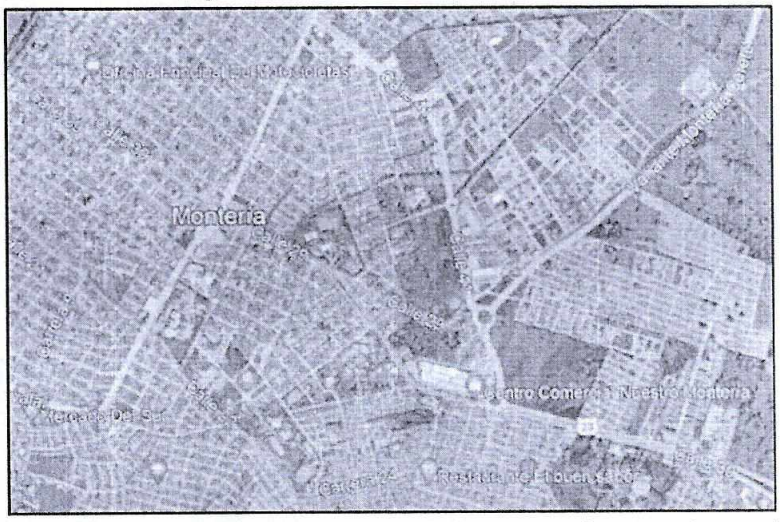
Tabla 1. Tramos viales para diseñar

CONSECUTIVO	No. EJE	ANCHO DE CALZADA (m)	LONGITUD (m)	BARRIO	DIRECCION
PROYECTO N°1 A					
0	-			VILLA FATIMA	SALIDA DE LOS BARRIOS SAN ANTONIO, VILLA FATIMA Y VILLA SORRENTO HACIA LA CALLE 41
1	10	6.00	280.88	SANTA BARBARA, EL EDEN II, EL MORA, ALTOS DE LA FLORESTA Y SAN JOSÉ	CALLE 46 ENTRE LA CRA 18 Y LA VIA MONTERIA - SAN CARLOS
2	11	6.00	158.49		CRA 18B ENTRE LAS CALLES 44A Y 48
3	1	6.50	283.15		CRA 15B ENTRE LAS CALLES 29 Y 34
4	5	6.50	245.72		CRA 16A ENTRE LAS CALLES 40 Y 41
5	4	5.50	119.58		CRA 15D ENTRE LAS CALLES 40A Y 40B

6	3	5.50	130.29		CRA 15C ENTRE LAS CALLES 40A Y 41
7	2	6.00	508.73		CRA 16B ENTRE LAS CALLES 29 Y 38
8	12	6.00	155.07		CRA 16C ENTRE LAS CALLES 38 Y 39
9	6	7.00	147.60		CRA 18 ENTRE LAS CALLES 38 Y 39
10	7	5.50	144.97		CRA 20 ENTRE LAS CALLES 38 Y 39
11	8	5.50	86.11		CRA 22 ENTRE LAS CALLES 29 Y 38
12	9	5.50	231.28		CALLE 39 ENTRE LA CRA 22 Y CALLE 29
13	26	7.00	56.62		CALLE 40B ENTRE LAS CRAS15 Y 15D

Fuente. Esta consultoría, 2024

Figura 1. Localización del sector



Fuente: Google (2024). [Calle 70, Carepa, Colombia]. Google Earth. https://www.googleearth.com

2.2 DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

El proyecto trata de la construcción de aproximadamente 2500 m de pavimento en concreto hidráulico, distribuidos en los tramos mostrados anteriormente. Como característica principal se evidencia la circulación en

dos sentidos, con dos carriles, con un ancho de vía especifica en cada tramo vial. La anterior descripción se realiza con base en la información suministrada por el solicitante y la visita de campo realizada.

3 OBJETIVO Y ALCANCES

3.1 OBJETIVO

Definir el trazado de la vía teniendo en cuenta las características y condiciones esperadas en cuanto a capacidad y velocidades de operación.

3.2 ALCANCES

- Adoptar la sección transversal típica de acuerdo con la normatividad vigente y a las características específicas de la infraestructura actual.
- Definir el eje de diseño en planta y perfil (rasante), teniendo en cuenta el trazado de la vía existente.
- Implementar el diseño geométrico a través de software especializado, elaborando los planos planta – perfil correspondientes.
- Elaborar los planos de secciones transversales y se determinarán las cantidades de obra del proyecto.

4 METODOLOGÍA DE DISEÑO

Con base en los planos topográficos del corredor y el modelo digital de terreno configurado con la información topográfica levantada, se procedió con la ejecución del diseño planimétrico, considerando las premisas del proyecto que se sintetizan en realizar un diseño con la menor afectación a los predios adyacentes y teniendo en cuenta las pendientes mínimas de drenaje, atendiendo los requerimientos técnicos mínimos que garanticen un nivel de servicio apropiado y las recomendaciones de las demás áreas técnicas del estudio. El eje definido se procesó mediante software especializado civil3d.

De acuerdo con el diseño planimétrico, se adelantó el diseño vertical detallado, el cálculo de cantidades de obra y la producción de planos. El resultado del diseño geométrico del corredor estudiado se plasmó en los respectivos planos de planta y/o perfil, en escalas H=1:250 y V= 1:25, con el complemento de los detalles resultantes del diseño (Sección típica, estructura de pavimento, sectorización para tratamiento de taludes, obras de drenaje, etc.) y planos típicos requeridos. Igualmente, se presentan planos de secciones transversales en escala 1:100.

4.1 CRITERIOS PARA EL DISEÑO GEOMÉTRICO

4.1.1 Planta

- Aprovechamiento al máximo de la infraestructura existente.
- Homogenización de la curvatura existente, de acuerdo con la velocidad de Diseño adoptada.
- Optimización del movimiento de tierras
- Acondicionar y mejorar las condiciones de visibilidad.

4.1.2 Perfil

- Mantener un nivel de rasante adecuado, de acuerdo con el diseño de pavimentos, y las pendientes mínimas para el drenaje.
- Homogenización de la curvatura existente, de acuerdo con la velocidad de Diseño adoptada.

- Optimización del movimiento de tierras
- Acondicionar y mejorar las condiciones de visibilidad.

4.1.3 Sección Transversal

- Mantener una sección transversal adecuada que garantice los niveles de seguridad y comodidad del usuario.
- Aprovechar al máximo la infraestructura existente
- Optimización del movimiento de tierras

5 PARÁMETROS Y CRITERIOS DE DISEÑO GEOMÉTRICO HORIZONTAL Y VERTICAL

5.1 VELOCIDAD DE DISEÑO

El proyecto corresponde con un trazado urbano con pendientes longitudinales y transversales bajas, clasificando como un terreno tipo plano.

Tabla 2 Velocidad de Diseño del Tramo Homogéneo

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: MDG 2008

De acuerdo con el Instituto Nacional de Vías, para vías terciarias con este tipo de terreno, se recomienda emplear una velocidad de diseño del tramo homogéneo de 40 km/h. Sin embargo, con la finalidad de efectuar un diseño geométrico que reduzca los costos del proyecto y sea viable para la comunidad, se realizó el diseño geométrico con una velocidad del tramo homogéneo de 20 km/h.

5.2 ANCHO DE CALZADA

En la Tabla 3 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). En carreteras de una sola calzada, el ancho mínimo debe ser de seis metros (6.0 m) con el propósito de permitir el cruce de dos vehículos de diseño que viajen en sentido contrario.

Tabla 3 Ancho de Calzada (metros)

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: MDG 2008

Según la tabla 3, el ancho de la calzada corresponde a 6.00 m teniendo en cuenta las características de la vía en su condición actual (vía secundaria en terreno plano), sin embargo, teniendo en cuenta las características de las vías cercanas al proyecto y el Plan de Ordenamiento Territorial (POT) del municipio, se adopta un ancho de calzada entre 5.00 m y 10.50 m respectivamente, lo cual proporciona mayor seguridad y comodidad a los usuarios.

- Ancho de Carril Adoptado: 2.50 y 5.30 metros
- Ancho de Calzada Adoptado: 5.00 y 10.30 metros

5.3 ANCHO DE BERMAS

El ancho de las bermas depende de la categoría de la carretera, el tipo de terreno y la velocidad de diseño del tramo homogéneo (VTR). En la tabla 4 se presenta el ancho que deben tener.

Tabla 4 Ancho de Bermas

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[1]	Plano	-	-	-	-	-	-	2.5/1.0	2.5/1.0	2.5/1.0	2.5/1.0
	Ondulado	-	-	-	-	-	-	2.0/1.0	2.0/1.0	2.5/1.0	2.5/1.0
	Montañoso	-	-	-	-	-	1.8/0.5	1.8/0.5	1.8/0.5	2.0/1.0	-
	Escarpado	-	-	-	-	-	1.8/0.5	1.8/0.5	1.8/0.5	-	-
Primaria de una calzada	Plano	-	-	-	-	-	-	2.00	2.00	2.50	-
	Ondulado	-	-	-	-	-	1.80	2.00	2.00	2.50	-
	Montañoso	-	-	-	-	1.50	1.50	1.80	1.80	-	-
	Escarpado	-	-	-	-	1.50	1.50	1.80	-	-	-
Secundaria	Plano	-	-	-	-	1.00	1.50	1.80	-	-	-
	Ondulado	-	-	-	1.00	1.00	1.50	1.80	-	-	-
	Montañoso	-	-	0.50	0.50	1.00	1.00	-	-	-	-
	Escarpado	-	-	0.50	0.50	0.50	-	-	-	-	-
Terciaria[2]	Plano	-	-	1.00	-	-	-	-	-	-	-
	Ondulado	-	0.50	1.00	-	-	-	-	-	-	-
	Montañoso	0.50	0.50	0.50	-	-	-	-	-	-	-
	Escarpado	0.50	0.50	0.50	-	-	-	-	-	-	-

[1] Berma derecha/Berma izquierda
[2] Berma cuneta

Fuente: MDG 2008

De acuerdo con la Tabla 4, para las características de la vía en estudio se debe implementar una berma-cuneta con un ancho de 0.50 m. Con la finalidad de mantener el corredor existente y limitar la adquisición de predios, no se contempla berma.

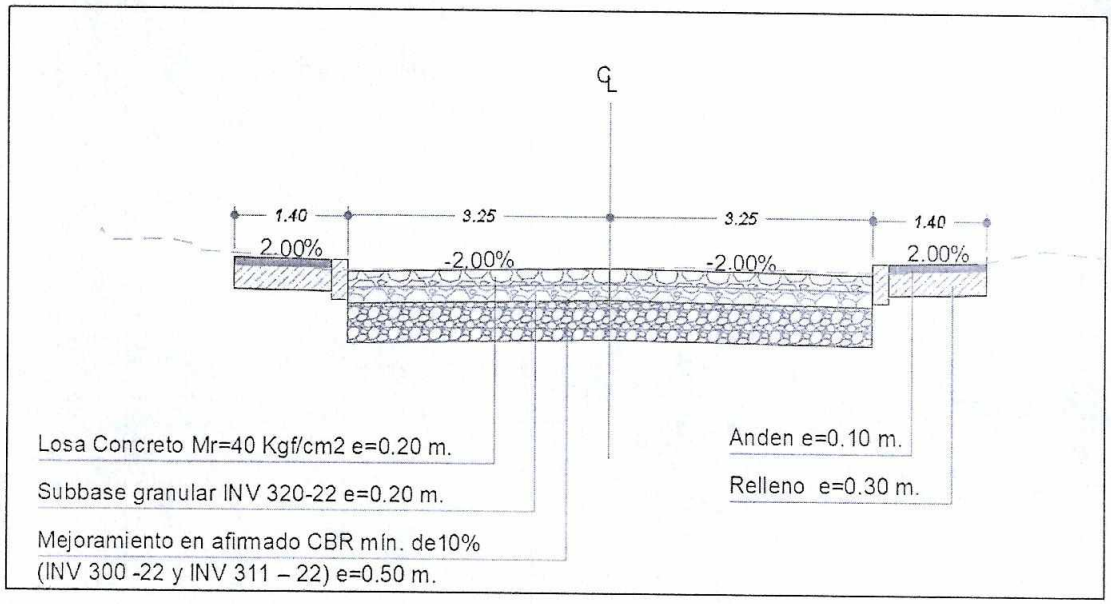
- Ancho de berma: N.A.

5.4 BOMBEO

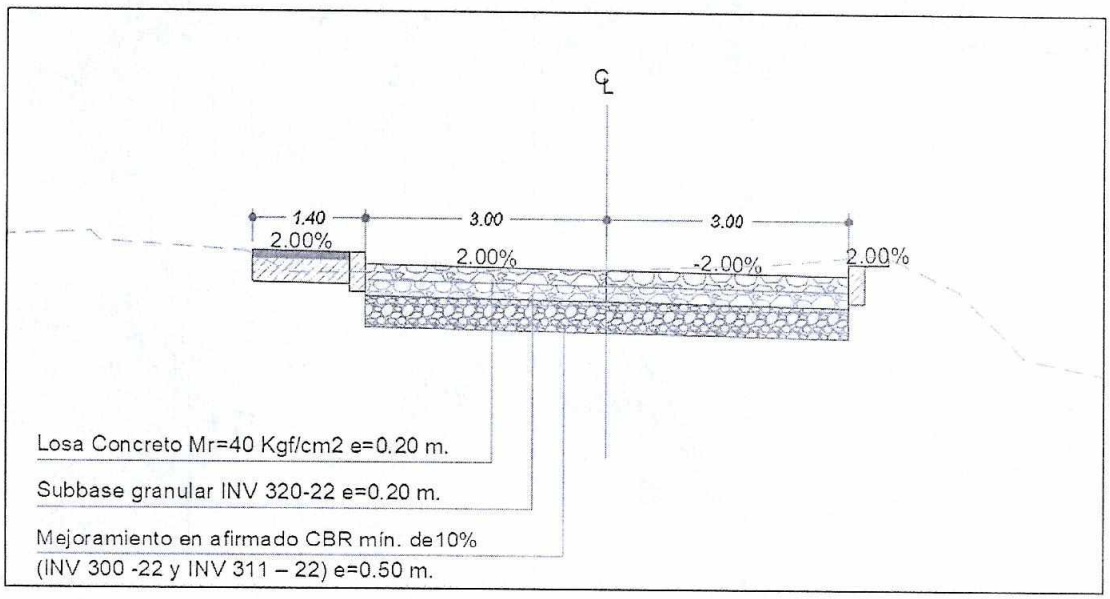
Para el presente diseño se implementó un bombeo del 2% del eje de vía hacia los costados de la misma, lo cual garantiza el flujo de la escorrentía superficial hacia las obras de conducción tipo berma cuneta.

5.5 SECCIÓN TRANSVERSAL

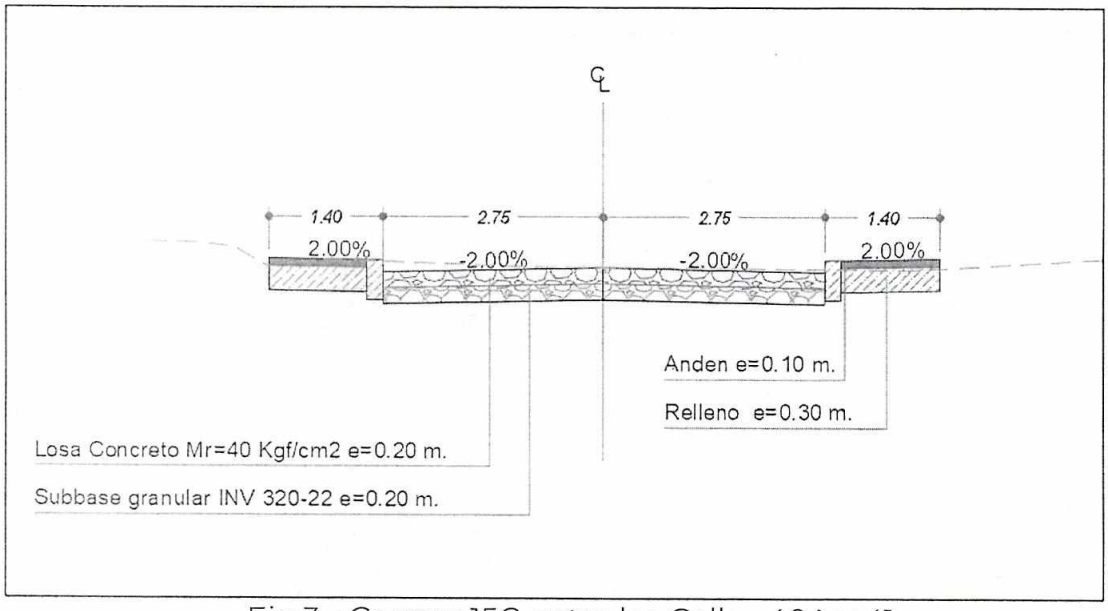
A continuación, se presentan las secciones transversales adoptadas, de acuerdo con el manual de diseño geométrico para todas las vías correspondientes al Grupo 1 A.



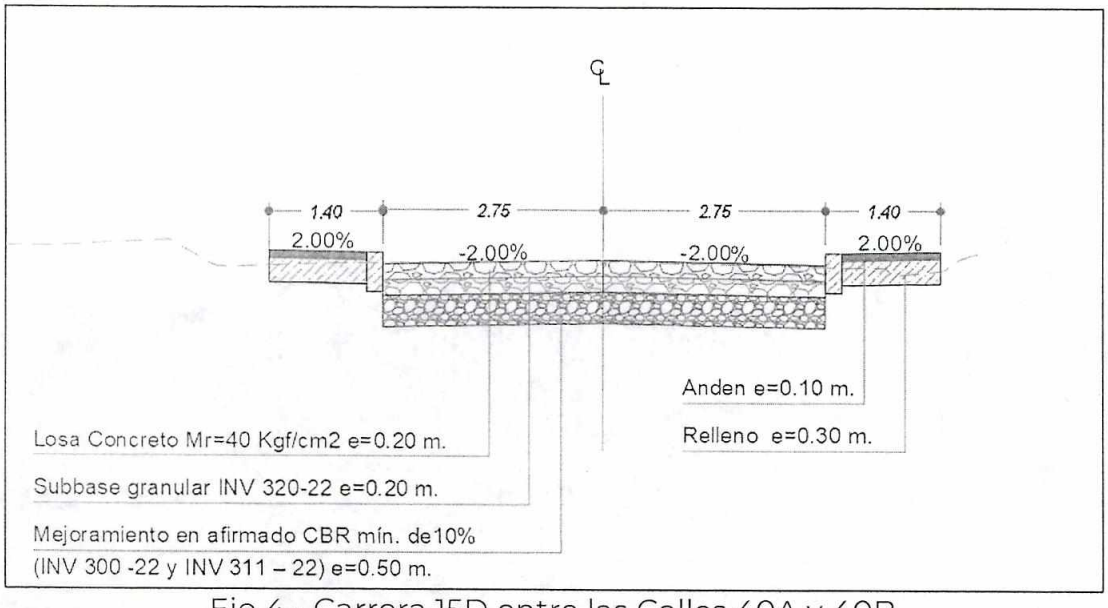
Eje 1 - Carrera 15B entre las Calles 29 y 34



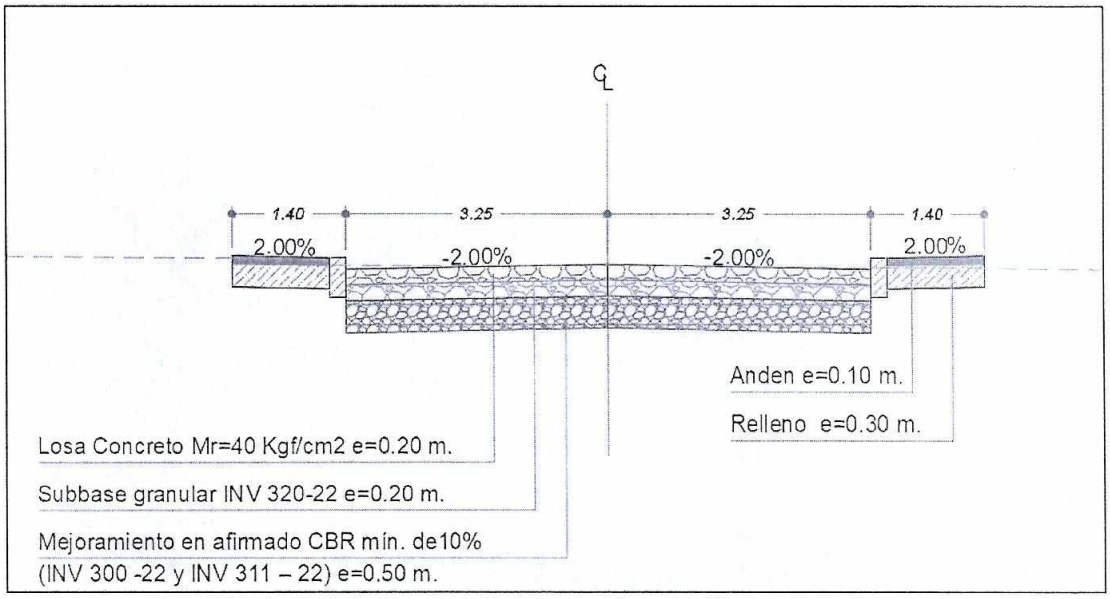
Eje 2 - Carrera 16B entre las Calles 29 y 38



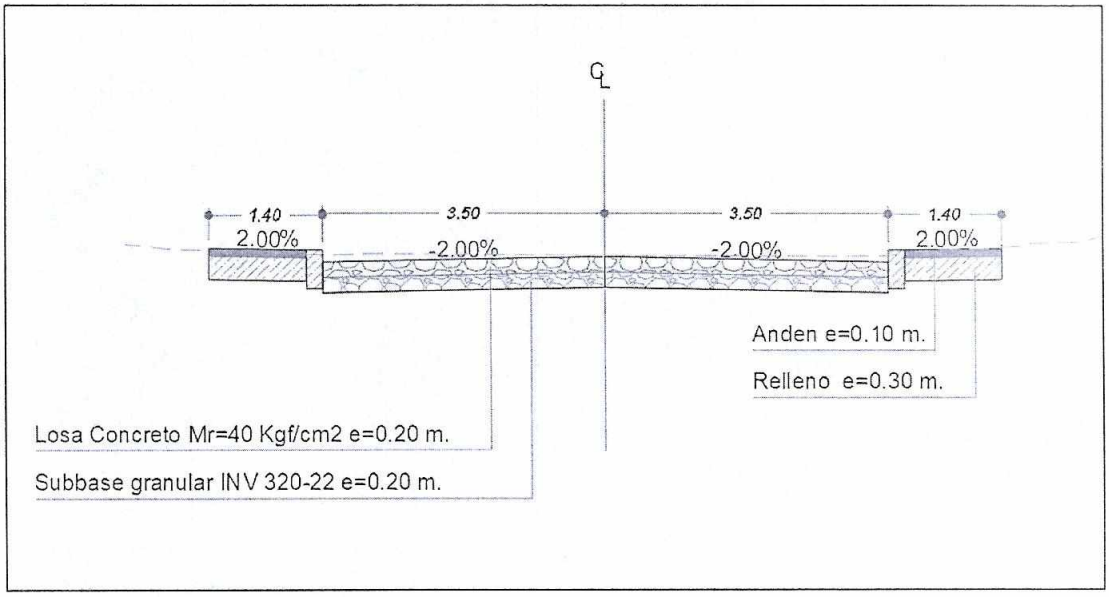
Eje 3 - Carrera 15C entre las Calles 40A y 41



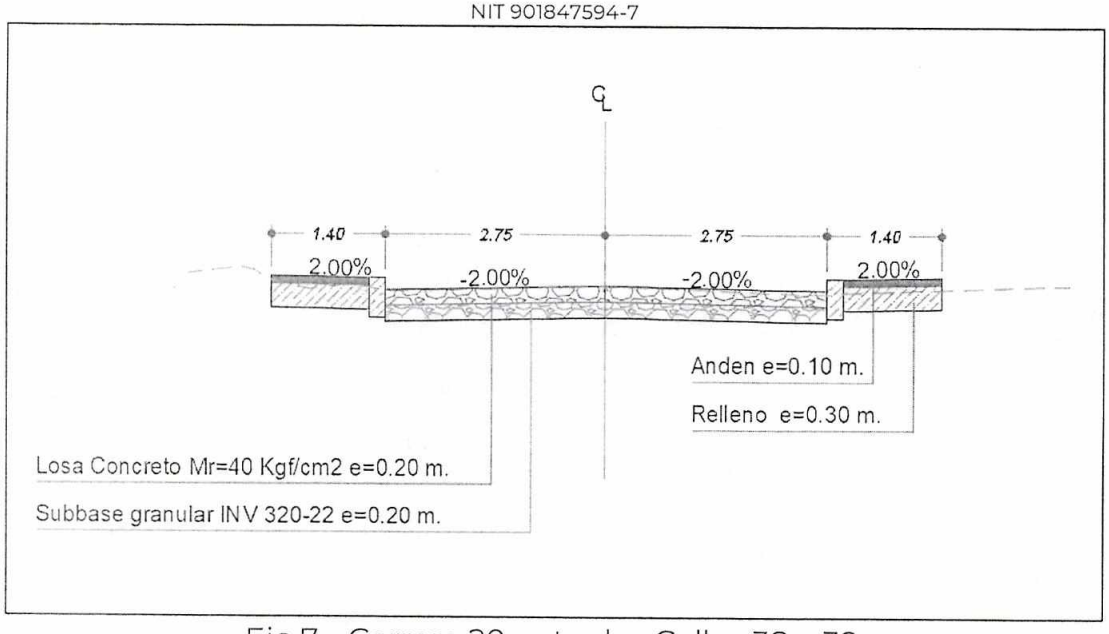
Eje 4 - Carrera 15D entre las Calles 40A y 40B



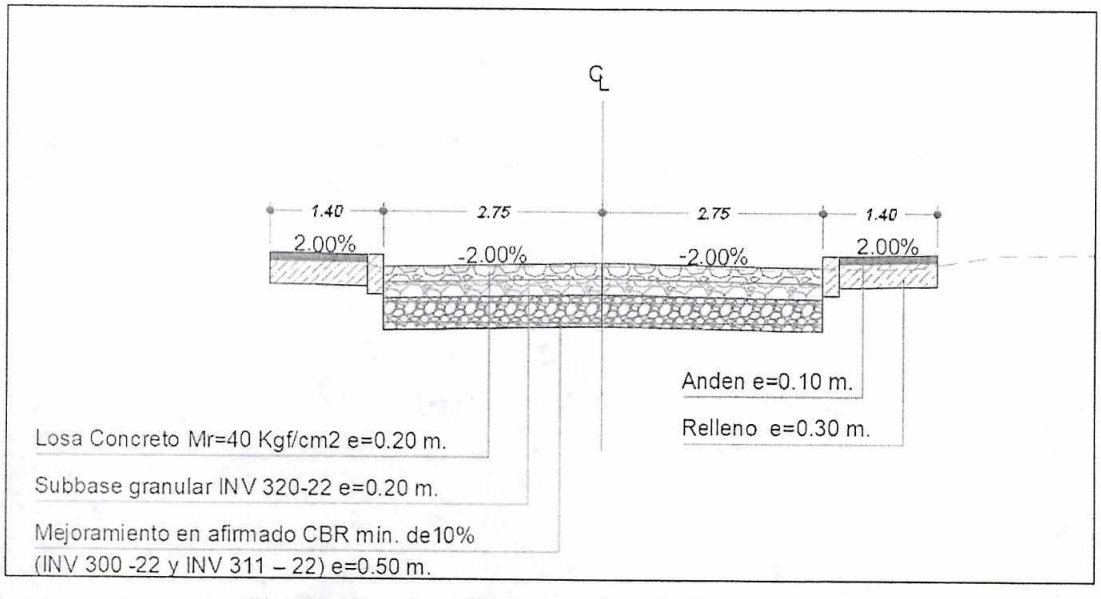
Eje 5 - Carrera 16A entre las Calles 40 y 41



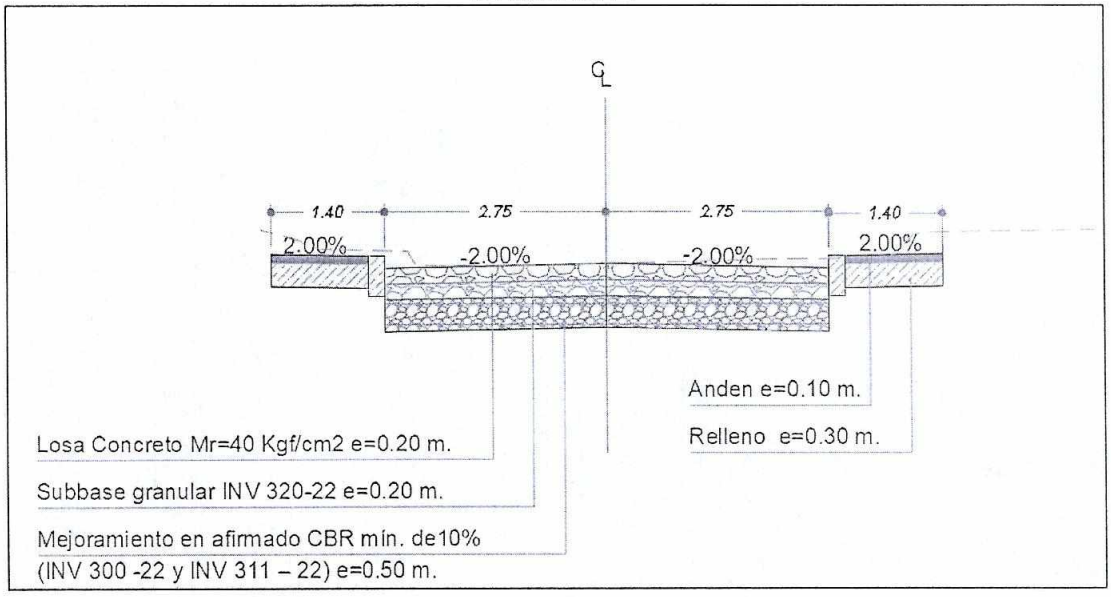
Eje 6 - Carrera 18 entre las Calles 38 y 39



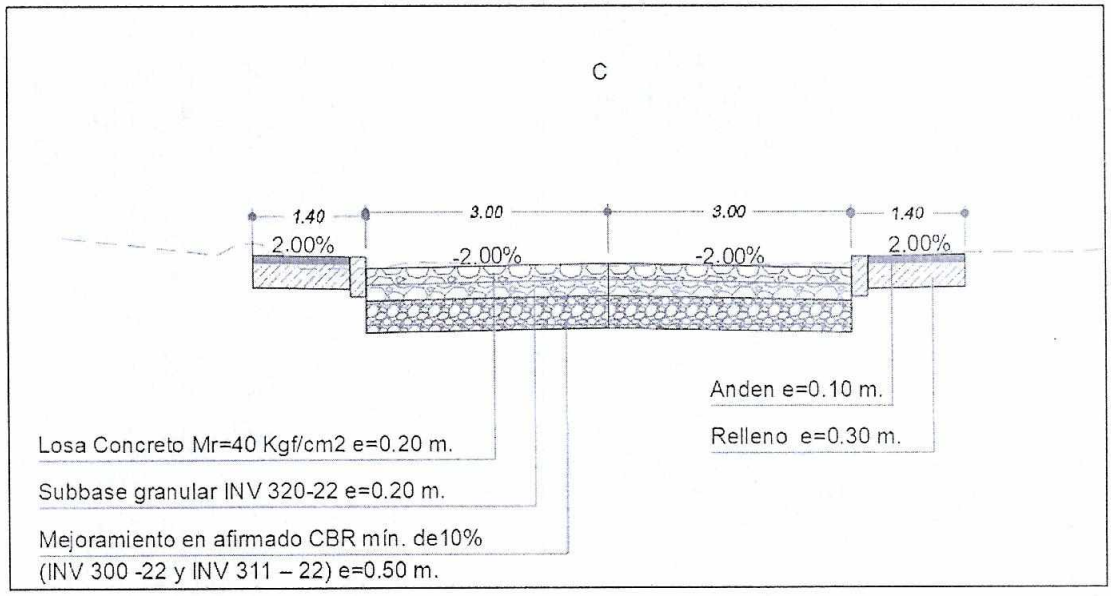
Eje 7 - Carrera 20 entre las Calles 38 y 39



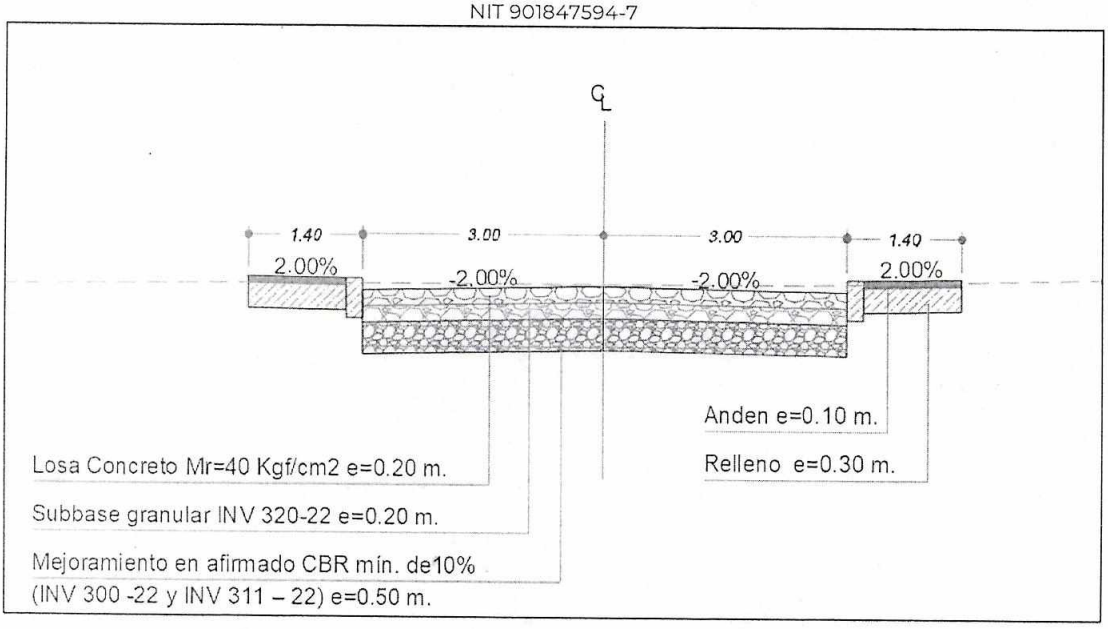
Eje 8 - Carrera 22 entre las Calles 29 y 38



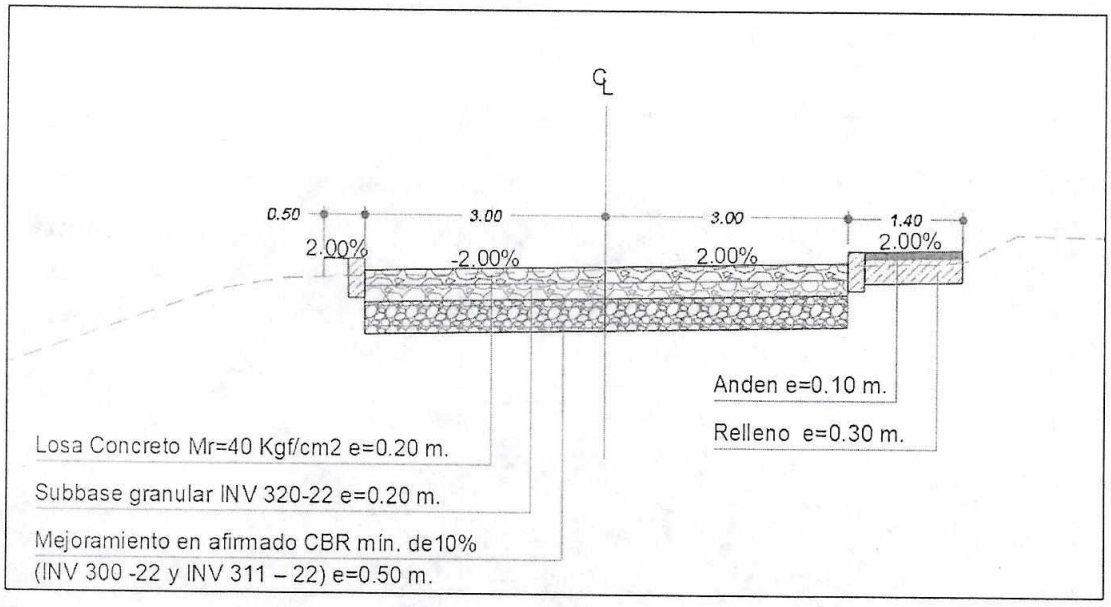
Eje 9 - Calle 39 entre la Carrera 22 y Calle 29



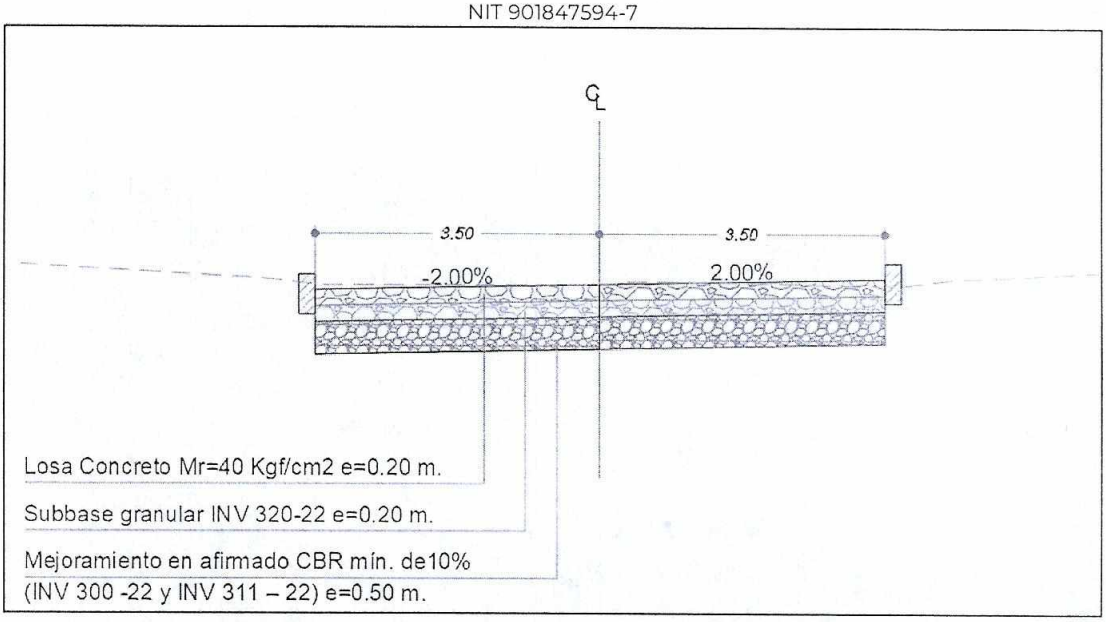
Eje 10 – Calle 46 entre la Carrera 18 y la vía Montería – San Carlos



Eje 11 – Carrera 18 B entre las Calles 44 A y 48



Eje 12 – Carrera 16 C entre las Calles 38 y 39



Eje 26 – Calle 40 B entre las Carreras 15 y 15 D

Figura 2. Sección Transversal Típica

5.6 RADIO DE CURVATURA MÍNIMO (RCMÍN)

El radio mínimo ($R_{Cmín}$) es el valor límite de curvatura para una Velocidad Específica (V_{CH}) de acuerdo con el peralte máximo ($e_{máx}$) y el coeficiente de fricción transversal máxima ($f_{Tmáx}$). El Radio mínimo de curvatura solo debe ser usado en situaciones extremas, donde sea imposible la aplicación de radios mayores. El radio mínimo se calcula de acuerdo con el criterio de seguridad ante el deslizamiento mediante la aplicación de la ecuación de equilibrio:

$$R_{Cmín} = \frac{(V_{CH})^2}{127 * (e_{máx} + f_{Tmáx})}$$

En la Tabla 5 y Tabla 6 se indican los valores de Radio mínimo para diferentes Velocidades Específicas (V_{CH}) según el peralte máximo ($e_{máx}$) y la fricción máxima ($f_{Tmáx}$).

Tabla 5 Radios Mínimos para peralte máximo de 8%

VELOCIDAD ESPECÍFICA (V_{CH}) (km/h)	PERALTE MÁXIMO (%)	COEFICIENTE DE FRICCIÓN TRANSVERSAL $f_{Tmáx}$	TOTAL $e_{máx} + f_{Tmáx}$	RADIO MÍNIMO (m)	
				CALCULADO	REDONDEADO
40	8,0	0,23	0,31	40,6	41
50	8,0	0,19	0,27	72,9	73
60	8,0	0,17	0,25	113,4	113
70	8,0	0,15	0,23	167,8	168
80	8,0	0,14	0,22	229,1	229
90	8,0	0,13	0,21	303,7	304
100	8,0	0,12	0,20	393,7	394
110	8,0	0,11	0,19	501,5	501
120	8,0	0,09	0,17	667,0	667
130	8,0	0,08	0,16	831,7	832

Fuente. MDG 2008

Tabla 6 Radios Mínimos para peralte máximo de 6%

VELOCIDAD ESPECÍFICA (V_{CH}) (km/h)	PERALTE MÁXIMO (%)	COEFICIENTE DE FRICCIÓN TRANSVERSAL $f_{Tmáx}$	TOTAL $e_{máx} + f_{Tmáx}$	RADIO MÍNIMO (m)	
				CALCULADO	REDONDEADO
20	6,0	0,35	0,41	7,7	15 (1)
30	6,0	0,28	0,34	20,8	21
40	6,0	0,23	0,29	43,4	43
50	6,0	0,19	0,25	78,7	79
60	6,0	0,17	0,23	123,2	123

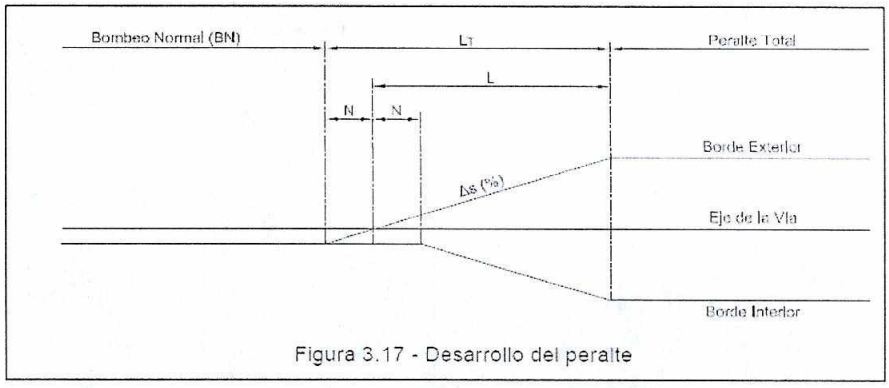
(1) La adopción de este valor redondeado se sustenta básicamente en la necesidad de suministrar a los vehículos condiciones de desplazamiento cómodas, en aras de permitir giros sin requerir cambios muy fuertes en su velocidad.

Fuente. MDG 2008

5.7 PERALTES

De acuerdo con la metodología propuesta en el manual de diseño geométrico del INVIAS, se determinó el valor del peralte para los radios superiores al mínimo. La transición de los diagramas de peralte se realizó con base a lo descrito en la Figura 3.

Figura 3. Esquema General de Diagrama de Transición de Peraltes



Fuente: Manual de diseño Geométrico de Vías – INVIAS – MT 2008

5.8 LONGITUD DE TRANSICIÓN DEL PERALTE

Mediante la longitud de transición se realizará el paso gradual del bombeo normal a peralte máximo, de acuerdo con lo descrito en la Figura 3. Dicha longitud es función del ancho de carril, peraltes y pendiente de la rampa de peralte. Con base en lo anterior, la longitud de transición se determinó mediante la siguiente expresión, recomendada en el Manual de Diseño Geométrico de INVIAS – MT, Ed. 2008:

$$L = \frac{a_c * e}{\Delta_s}$$

Donde:

L = Longitud de transición del peralte
a_c = Ancho de Carril
e = Peralte máximo
Δ_s = Pendiente de la rampa de peraltes

Tabla 7 Valores Máximos y Mínimos de la Pendiente Longitudinal para Rampas de Peraltes

VELOCIDAD ESPECÍFICA (V_{CH}) (km/h)	PENDIENTE RELATIVA DE LA RAMPA DE PERALTES Δs	
	MÁXIMA (%)	MÍNIMA (%)
20	1.35	
30	1.28	0.1 x a
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. MDG 2008

5.9 PERALTE MÁXIMO

Para vías de tipo primarias y secundarias se establece como peralte máximo ocho por ciento (8%), el cual permite no incomodar a vehículos que viajan a velocidades menores, especialmente a los vehículos con centro de gravedad muy alto y a los vehículos articulados (tracto – camión con remolque) los cuales pueden tener un potencial de volcamiento de su carga al circular por curvas con peraltes muy altos.

Para este caso, se adopta la recomendación para vías terciarias con un peralte máximo del cuatro por ciento (4%)

5.10 PENDIENTE LONGITUDINAL

5.10.1 Pendiente Mínima

La pendiente mínima longitudinal de la rasante debe garantizar especialmente el escurrimiento fácil de las aguas lluvias en la superficie de rodadura y en las cunetas. La pendiente mínima que garantiza el adecuado funcionamiento de las cunetas 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.

Para el presente diseño se empleó una pendiente mínima de 0.5 %, la cual garantiza el adecuado funcionamiento de las obras de conducción y descarga del agua de escorrentía superficial en la corona de la vía.

5.10.2 Pendiente Máxima

La pendiente máxima de una tangente vertical está en relación directa con la velocidad a la que circulan los vehículos, en dicha velocidad tiene una alta incidencia el tipo de vía que se desea diseñar. Para vías Primarias las pendientes máximas se establecen considerando velocidades altas, entre sesenta y ciento treinta kilómetros por hora (60 - 130 km/h). En las vías Terciarias las pendientes máximas se ajustan a velocidades entre veinte y sesenta kilómetros por hora (20 - 60 km/h), en donde la necesidad de minimizar los movimientos de tierra y la pobre superficie de rodadura son las condiciones dominantes.

Tabla 8 Pendiente Máxima en Función de la Velocidad Especifica

CATEGORÍA DE LA CARRETERA	VELOCIDAD ESPECÍFICA DE LA TANGENTE VERTICAL V_{TV} (km/h)											
	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130
Primaria de dos calzadas	-	-	-	-	-	6	6	6	5	5	4	4
Primaria de una calzada	-	-	-	-	8	7	6	6	5	5	5	-
Secundaria	-	-	10	9	8	7	6	6	6	-	-	-
Terciaria	14	12	10	10	10	-	-	-	-	-	-	-

5.11 CURVA VERTICAL CONVEXA

5.11.1 Longitud Mínima Según el Criterio de Seguridad

De acuerdo con el criterio de seguridad, la longitud mínima se obtiene mediante la aplicación de la Distancia de Visibilidad de Parada (D_P). Se presentan dos relaciones entre la distancia de visibilidad (D_P) y la Longitud de la curva (L): Cuando $D_P < L$ y $D_P > L$. Las ecuaciones que se indican a continuación presentan la longitud de la curva para cada relación,

teniendo en cuenta la altura del ojo de conductor sobre la calzada (h1), que es igual a un metro con ocho centímetros (1.08 m), y la altura del obstáculo (h2), que es igual a sesenta centímetros (0.60 m).

Cuando DP < L:

$$L_{mín} = \frac{A * (D_P)^2}{200 * \left(\sqrt{h_1} + \sqrt{h_2}\right)^2}$$

Donde:

$L_{mín}$ = Longitud mínima de la curva, en metros.
A = Diferencia algebraica de pendientes, en porcentaje (%)
D_P = Distancia de visibilidad de parada, asociada a la Velocidad Especifica de la curva vertical (V_{CV}), en metros
h_1 = Altura del ojo del conductor, en metros. $h_1 = 1.08\ m$
h_2 = Altura del obstáculo, en metros. $h_2 = 0.60\ m$

Cuando DP > L:

$$L_{mín} = 2 * D_P - \frac{200 * \left(\sqrt{h_1} + \sqrt{h_2}\right)^2}{A}$$

El control de la distancia de visibilidad de parada (D_P) también se puede hacer mediante el parámetro K, el cual es igual a la relación L/A (distancia horizontal, en metros necesaria para tener un cambio de pendiente de uno por ciento (1%) a lo largo de la curva). Lo anterior se traduce en:

$$L_{mín} = K_{mín} * A$$

5.11.2 Longitud Mínima Según el Criterio de Operación

La aplicación de este criterio evita el cambio súbito de pendiente y permite que el perfil de la vía en la curva vertical tenga una adecuada estética y apariencia. La longitud mínima de la curva vertical para cumplir con este criterio está en función de la Velocidad Específica (VCV) y es dada por la siguiente expresión:

$$L_{mín} = 0.6 * V_{CV}$$

Donde:

$L_{mín}$ = Longitud mínima según criterio de operación, en metros.
V_{CV} = Velocidad Específica de la curva vertical, en km/h

Las longitudes de curvas que permiten una distancia de visibilidad de adelantamiento son demasiado grandes comparadas con la aplicación de los controles anteriores y se generan valores que son imprácticos e inusuales. No se recomienda proporcionar distancia de visibilidad de adelantamiento en curvas verticales convexas.

5.11.3 Longitud Máxima Según el Criterio de Drenaje

En el punto más alto de la cresta de una curva vertical convexa con pendiente S1 y S2 de diferente signo se tiene un corto tramo a nivel (pendiente = 0%), que dificulta el drenaje longitudinal, para lo cual la AASHTO – 2004 considera que un valor de A igual a cero punto seis por ciento (0.6%) en un tramo de la curva igual a treinta metros (30 m), provee el adecuado drenaje en el sector más plano de la curva.

$$K_{máx} = \frac{30}{0.6} = 50$$

Para garantizar el drenaje adecuado en la cresta de la curva vertical convexa se debe diseñar la curva con un valor de K menor o igual a cincuenta (50).

5.12 CURVA VERTICAL CÓNCAVA

5.12.1 Longitud Mínima Según el Criterio de Seguridad

En las curvas cóncavas, el análisis de visibilidad considera las restricciones que se presentan en la noche y estima la longitud del sector de carretera iluminado hacia adelante, como la distancia de visibilidad. Dicha distancia depende de la altura de las luces delanteras del vehículo (H), para la cual se asume un valor de sesenta centímetros (0.60 m) y un ángulo de divergencia del rayo de luz hacia arriba ( ) respecto al eje longitudinal del vehículo de un grado (1°).

5.12.2 Longitud Mínima Según el Criterio de Operación

Se aplica el mismo criterio de las curvas convexas y por lo tanto la longitud mínima de la curva cóncava se expresa por:

$$L_{mín} = 0.6 * V_{CV}$$

Para la distancia de visibilidad de adelantamiento, de paso o de rebase, no es indispensable su cálculo, ya que es posible ver las luces del vehículo que viene en sentido contrario.

5.12.3 Longitud Máxima Según el Criterio de Drenaje

Es necesario controlar la longitud máxima de la curva vertical cóncava para evitar el empozamiento de las aguas superficiales en la batea o punto más bajo de la curva. De acuerdo con este criterio, se debe diseñar la curva vertical cóncava con un valor de K menor o igual a cincuenta (50).

Tabla 9 Valores de Kmín para el Control de la Distancia de Visibilidad de Parada

VELOCIDAD ESPECÍFICA Vcv (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

(1) La adopción de este valor tiene como finalidad garantizar unas mínimas condiciones de estética a las carreteras, y por consiguiente de comodidad para los usuarios.

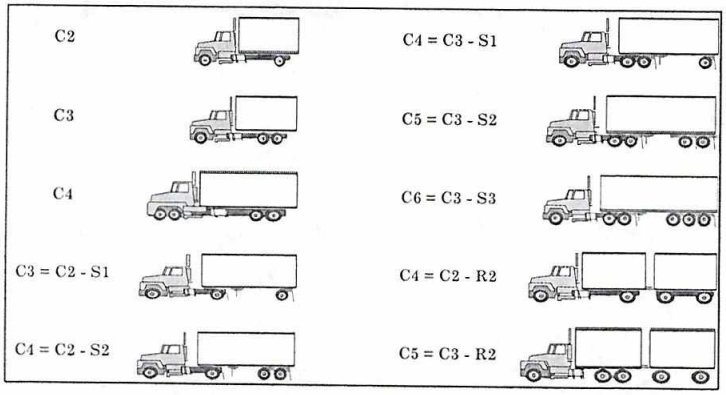
Fuente. MDG 2008

5.13 VEHÍCULO DE DISEÑO

De acuerdo con las recomendaciones del numeral No. 2.2 del Manual de Diseño Geométrico, y la tabla No. 2.4, relacionadas con el vehículo de Diseño, se utilizó como vehículo de diseño el vehículo tipo 3S2, que por sus dimensiones representa el vehículo 3S2 y 3S3, para la determinación de radios de giro requerido en enlaces y sobreancho de curvas en radios reducidos.

En la Figura 4, se presenta la clasificación de vehículos de acuerdo con el número de ejes (Fuente: Ministerio del Transporte. Instituto Nacional de Vías, 2004).

Figura 4. Clasificación de Vehículos



Fuente: Manual de diseño Geométrico de Vías – INVIAS – MT 2009

5.14 RESUMEN DE PARÁMETROS DE DISEÑO

Con base en las unidades topográficas identificadas, la Velocidad de Diseño, el Tránsito de Diseño y la sección transversal típica adoptados, en la Tabla 10 se presentan los parámetros de diseño geométrico, de acuerdo con el Manual de Diseño de Carreteras del Ministerio de Transporte – INVIAS, Edición 2008.

Tabla 10 Parámetros de Diseño Geométrico

Tipo de Vía	Urbano	Numeral Manual Invias 2008
Terreno	Llano	
Velocidad de Diseño (K/h)	20.0	Tabla 2.1
Ancho de calzada (m)	6.50	Tabla 5.2
DVP - Visibilidad de parada	N.A.	Tabla 2.7
DVA - Visibilidad de Adelantamiento	N.A.	Tabla 2.9
Porcentaje de tramos de adelantamiento	N.A.	Tabla 2.10
Pendiente Max Relativa	0.96%	Tabla 3.6
Pendiente Min. Relativa	0.35%	Numeral 3.2.1
Peralte Max	4.00%	Numeral 3.1.3.2
Radio Mínimo (m)	21.0	Tabla 3.2 y 3.3
Pendiente long mínima	0.10%	Numeral 4.1.1
Pendiente long maxima	8.00%	Tabla 4.1
Longitud minima CV (m)	20.0	Tabla 4.4
K mínimo C. Vertical Convexa (m)	1.0	Tabla 4.4
K mínimo C. Vertical Concava (m)	3.0	Tabla 4.4

Fuente. Esta consultoría, 2024

6 NORMAS TÉCNICAS APLICADAS EN EL PRESENTE ESTUDIO

Dentro de la normatividad técnica que se aplicará en los diseños geométricos definitivos de este proyecto se mencionan los siguientes:

- Manual de Diseño Geométrico para Carreteras del Ministerio de Transporte - Instituto Nacional de Vías INVIAS. 2008, el cual entró en vigencia de acuerdo con la Resolución 00744 del 4 de Marzo de 2009
- A Policy on Geometric Design of Higways and Streets – AASHTO 2004.
- Ley 105 de 1193

7 IDENTIFICACIÓN DE RIESGOS PREVISIBLES

Teniendo en cuenta que el ancho de calzada y el trazado actual no cumplen con la especificación planteada, se generaron sitios de corte y relleno.

Por otra parte, teniendo en cuenta que el alcance del proyecto no incluye los puentes existentes, se realiza el empalme a las estructuras existentes, las cuales pueden reducir la calzada al ancho disponible en cada uno de estos.

Finalmente, las estructuras de drenaje serán revisadas y modificadas, en caso de que se requiera, por el área de hidráulica.

8 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- Con base en el levantamiento topográfico, la velocidad de diseño, la sección transversal típica, los parámetros de diseño y las recomendaciones de las diferentes áreas que componen los Estudios y Diseños, se realizó el diseño geométrico, aplicando las recomendaciones de las tablas del manual de diseño de carreteras Ed. 2008, obteniendo como resultado el mostrado en los planos Planta – Perfil, adjuntos al presente documento.

- El diseño geométrico se realizó con el apoyo del software especializado Civil3D, a través de un proceso iterativo buscando la optimización del proyecto, atendiendo las recomendaciones de las diferentes áreas de los Estudios y Diseños.

- Como resultado del diseño Geométrico, se generaron los siguientes productos:

  - Planos Planta – Perfil, escala 1:250 horizontal y 1:25 vertical que incluyen la siguiente información:

    - Planta del proyecto, con el abscisado cada 5 metros y elementos de curvatura.
    - Sección Transversal Típica
    - Cuadros de Elementos de Curvatura.
    - Escala Grafica
    - Diagrama de peraltes.

  - Perfil del proyecto y diseño de rasante y diagrama de curvatura vertical.

    - Volúmenes de movimiento de tierras.
    - Cota negra y cota roja.
    - Notas generales.

  - Secciones transversales a escala 1:100

  - Carteras de diseño:

- Cuadro de Elementos Horizontales
- Cuadro de Elementos Verticales
- Cartera de Rasante
- Cartera de Chaflanes
- Cartera de Volúmenes de Movimiento de Tierras

Fin del documento.

Anexo No. 1 Planos Planta Perfil

Anexo No. 2 Planos Secciones Transversales

Anexo No. 3 Carteras de Diseño

INFORME DG (ITEM 12) SAN FRANCISCO

399

PABLO CASTILLA NEGRETE

Estudios Geotécnicos y Ambientales

"ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA LA PAVIMENTACIÓN DE 10 KM DE VÍAS URBANAS Y/O RURALES EN EL MUNICIPIO DE MONTERÍA, DE ACUERDO CON LAS METAS E INDICADORES ESTABLECIDOS EN EL PLAN DE DESARROLLO "GOBIERNO DE LA GENTE "2020-2023".

DISEÑO GEOMÉTRICO PARA LA CONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTO EN CONCRETO HIDRÁULICO EN LOS BARRIOS SAN FRANCISCO Y ROBLES DEL NORTE EN EL MUNICIPIO DE MONTERÍA, DEPARTAMENTO DE CÓRDOBA.



I.C. PABLO CASTILLA NEGRETE.

ESPECIALISTA EN MECÁNICA DE SUELOS Y CIMENTACIONES.

ESPECIALISTA EN INGENIERÍA AMBIENTAL.

ESPECIALISTA EN PREVENCIÓN, ATENCIÓN Y REDUCCIÓN DE DESASTRES.

ESPECIALISTA EN GERENCIA PARA INGENIEROS.

MONTERÍA - 2022

TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN. 4
2. OBJETIVOS Y ALCANCES. 5
2.1. Objetivo. 5
2.2. Alcances. 5
3. GENERALIDADES. 6
3.1. Generalidades del municipio. 6
3.2. Geología. 8
3.3. Geomorfología 11
3.4. Geoestructura y ambiente morfométrico. 12
3.5. Clima. 12
3.6. Vegetación. 15
4. METODOLOGÍA EMPLEADA PARA EL DISEÑO GEOMÉTRICO. 17
4.1. Reglamento de diseño y software empleado 17
4.1.1. Reglamentos de diseños utilizados. 17
4.1.2. Software de diseño utilizado. 17
5. PARÁMETROS PARA EL DISEÑO GEOMÉTRICO. 17
5.1. Características propuestas de diseño geométrico de la vía 17
5.2. Velocidad de diseño y clasificación de la carretera. 17
5.3. Velocidad especifica de la curva horizontal. 18
5.4. Selección del radio de curvatura mínimo y peralte máximo 19
5.5. Cálculo de la rasante y curvas verticales. 19
5.6. Diseño transversal, ancho de calzada y bombeo. 20
5.7. Rotación de la calzada respecto al eje de la carretera. 21
5.8. Secciones transversales típicas de diseño. 22
6. ANEXOS. 23
7. CONCLUSIONES. 23
8. RECOMENDACIONES. 23
9. BIBLIOGRAFÍA. 24
10. LIMITACIONES DEL ESTUDIO. 24

400/r

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Localización del proyecto en el municipio. 4
Figura 2. Localización del proyecto en el barrio. 5
Figura 3. Localización del municipio de Montería en el departamento de Córdoba. 7
Figura 4. Mapa subregiones del departamento de Córdoba. 8
Figura 5. Mapa de regiones geotectónicas del departamento de Córdoba. 9
Figura 6. Mapa geológico del municipio de Montería. 10
Figura 7. Perfil tipo de depósitos aluviales. 10
Figura 8. Unidades de paisaje del departamento de Córdoba. 11
Figura 9. Mapa de Geoestructura del departamento de Córdoba. 12
Figura 10. Mapa de Precipitación del departamento de Córdoba. 13
Figura 11. Mapa de Temperatura del departamento de Córdoba. 14
Figura 12. Mapa de Evapotranspiración del departamento de Córdoba. 15
Figura 13. Mapa de Cobertura Vegetal del departamento de Córdoba. 16
Figura 14. Calzada girada alrededor del eje. 22
Figura 15. Calzada girada alrededor del eje en longitud de transición. 22
Figura 16. Sección transversal típica. 22

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Tramos de vías a construir. 5

Tabla 2. Datos climáticos de la Estación Meteorológica Montería. 15

Tabla 3. Características de las vías. 17

Tabla 4. Valores de la Velocidad de Diseño de los Tramos Homogéneos (VTR) en función de la categoría de la carretera y el tipo de terreno..... 18

Tabla 5. Radios mínimos para peralte máximo e máx=6% y fricción máxima 19

PABLO CASTILLA NEGRETE
Estudios Geotécnicos y Ambientales