



MUNICIPIO DE DONMATIAS, ANTIOQUIA



ESTUDIO HIDROLOGICO E HIDRAULICO

Interesado: Municipio de Donmatías, Antioquia

Proyecto: “ CONSTRUCCION DE LA RUTA DEL DEPORTE Y LA FAMILIA EN EL MUNICIPIO DE DONMATIAS, ANTIOQUIA ”

Octubre de 2022

Ing. Luis Eduardo Sánchez Vélez - Especialista

Matricula Profesional No 05202110637 Ant. Cel: 313 6524630

Email: ingenieriaunipersonal@gmail.com



ANÁLISIS HIDROLÓGICO PARA LA CONSTRUCCIÓN DE LA RUTA DEL DEPORTE Y LA FAMILIA EN EL MUNICIPIO DE DONMATÍAS, ANTIOQUIA

Tabla de contenido

1. Introducción	4
2. Objetivos y Alcance.....	4
2.1. Objetivo General	4
2.2. Objetivos Específicos	4
2.3. Alcance	5
3. Estudio Hidrológico.....	5
3.1. Localización Municipio de Donmatías	5
3.1.1. Hidrografía Antioquia	5
3.1.2. Hidrografía de Donmatías.....	6
3.2. Intensidad de la lluvia	6
4. Diseño Hidráulico.....	11
4.1. Berma – Cuneta recomendada	12
4.1.1. Determinación del caudal de demanda	12
4.1.2. Coeficiente de Escorrentía	12
4.1.3. Área aferente o tributaria	13
4.1.4. Determinación del caudal que puede ser transportado por la cuneta	15
4.1.5. Determinación de los parámetros	15
4.2. Criterios de diseño.....	17
4.3. Obras de drenaje transversal: Alcantarillas.....	19
4.3.1. Alcantarilla recomendada	20
4.3.2. Chequeo de capacidad de la alcantarilla.....	23
4.3.3. Aliviadero recomendado	24
5. Ubicación y diagnóstico de alcantarillas existentes	25
6. Ubicación de las alcantarillas y aliviaderos.....	25
7. Conclusiones y recomendaciones	26
8. Bibliografía.....	27



ANALISIS HIDROLOGICO PARA LA CONSTRUCCION DE LA RUTA DEL DEPORTE Y LA FAMILIA EN EL MUNICIPIO DE DONMATIAS, ANTIOQUIA.

1. Introducción

Es importante para un desarrollo regional realizar intervenciones en las vías terciarias, las cuales proporcionan la interconexión de las zonas en la periferia en su mayoría con las cabeceras municipales y a su vez obtener beneficios de movilidad a sus habitantes, es por esto que con el proyecto “ANALISIS DE RIESGOS PARA LA CONSTRUCCION DE LA RUTA DEL DEPORTE Y LA FAMILIA EN EL MUNICIPIO DE DONMATIAS, ANTIOQUIA – FASE UNO”, Se hace necesario de esta manera formular, gestionar y llevar a cabo este proyecto local el cual permitirá propiciar espacios de cultura de la preparación física y autocuidado a través del ejercicio regular y trabajo de la fuerza y la resistencia como predictores de la salud, además de promover y apoyar eventos deportivos comunitarios y recreativos en el territorio de Donmatías, para lo cual se justifica la necesidad de pavimentar y adecuar rutas de acceso a estos 2.6 kilómetros de vía terciaria y convertirla en estructura deportiva-recreativa para el uso y atención de la población del municipio en pro de salud.

El estudio hidráulico e hidrológico elaborado en este documento, presenta las variables de precipitación en esta región, las cuales fueron consultadas de mapas y datos de precipitación consignados en las diferentes estaciones pluviométricas de propiedad del IDEAM. Según este registro, se encontraron los datos de intensidad de lluvia y caudal de diseño que permiten realizar el cálculo y verificación hidráulica de las obras de drenaje longitudinal y transversal que forman el sistema de direccionamiento y drenaje de las aguas superficiales. Todos estos resultados, además los presentados como dimensionamiento de las obras de drenaje se presentan en el documento.

Ing. Luis Eduardo Sánchez Vélez - Especialista

Matricula Profesional No 05202110637 Ant. Cel: 313 6524630

Email: ingenieriaunipersonal@gmail.com



ANALISIS HIDROLOGICO PARA LA CONSTRUCCION DE LA RUTA DEL DEPORTE Y LA FAMILIA EN EL MUNICIPIO DE DONMATIAS, ANTIOQUIA

2. Objetivos y Alcance

2.1. Objetivo General

Realizar el estudio hidrológico e hidráulico de las vías terciarias en el municipio de Donmatías, teniendo en cuenta las condiciones de precipitación presentadas en la zona y atendiendo las recomendaciones de la Guía de Diseño de Pavimentos en cuanto a obras exigidas y aplicando las secciones típicas presentadas de acuerdo a los resultados obtenidos, para el proyecto: “ CONSTRUCCION DE LA RUTA DEL DEPORTE Y LA FAMILIA EN EL MUNICIPIO DE DONMATIAS, ANTIOQUIA”.

2.2. Objetivos Específicos

Los estudios de hidrología tienen los siguientes objetivos:

- Caracterizar los sistemas de drenaje de la zona.
- Determinar los caudales para el periodo de retorno de revisión o de diseño de cada estructura.

Los estudios de la hidráulica por su parte se orientan a:

- Dimensionar las obras de drenaje para el control de escorrentía como alcantarillas y cunetas con base al trazado de la vía, pluviosidad y espaciamientos justificados con su respectiva verificación.

2.3. Alcance

El alcance de los objetivos anteriores se limita tanto a escala espacial como temporal. A escala espacial, el estudio se limita al tramo de vía definido dentro de los límites de intervención. A escala temporal los análisis se realizan con la información disponible el Mapa de Lluvias máximas absolutas en 24 horas del IDEAM.

Se considera que este periodo de análisis es suficiente extenso para abarcar épocas secas y épocas húmedas en la zona, es decir, reflejar la variabilidad

Ing. Luis Eduardo Sánchez Vélez - Especialista

Matricula Profesional No 05202110637 Ant. Cel: 313 6524630

Email: ingenieriaunipersonal@gmail.com



ANÁLISIS HIDROLÓGICO PARA LA CONSTRUCCIÓN DE LA RUTA DEL DEPORTE Y LA FAMILIA EN EL MUNICIPIO DE DONMATÍAS, ANTIOQUIA

hidrológica.

Dentro del sector definido bajo los anteriores criterios, el alcance de los diseños cubre la proyección de todas las obras necesarias para captar, transportar y disponer todas las aguas superficiales que aseguren un adecuado drenaje de la

3. Estudio Hidrológico

3.1. Localización Municipio de Donmatías

El lote donde se realizaron los estudios geotécnicos se localizan en la zona semi-urbana, cabecera del Municipio de Donmatías.



Ing. Luis Eduardo Sánchez Vélez - Especialista

Matricula Profesional No 05202110637 Ant. Cel: 313 6524630

Email: ingenieriaunipersonal@gmail.com



ANÁLISIS HIDROLÓGICO PARA LA CONSTRUCCIÓN DE LA RUTA DEL DEPORTE Y LA FAMILIA EN EL MUNICIPIO DE DONMATÍAS, ANTIOQUIA

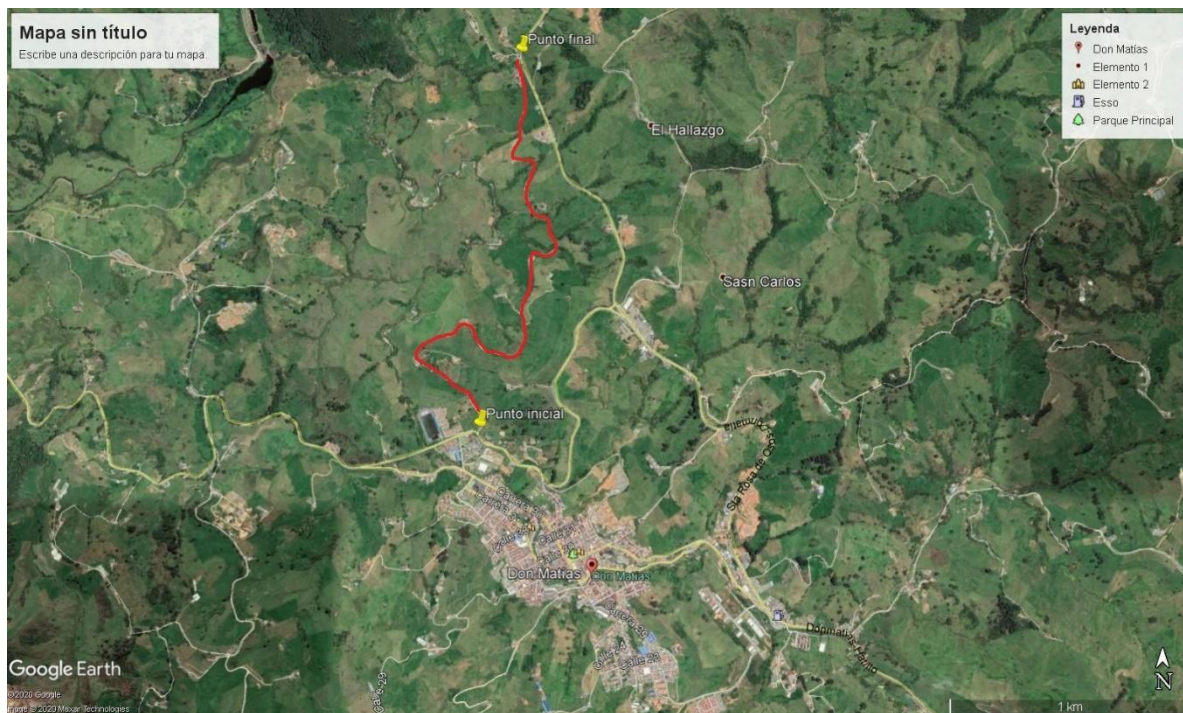


Imagen 2. Ubicación de la vía de estudio en el Municipio de DonMatías. Google Earth



Ing. Luis Eduardo Sánchez Vélez - Especialista

Matrícula Profesional No 05202110637 Ant. Cel: 313 6524630

Email: ingenieriaunipersonal@gmail.com

ANÁLISIS HIDROLÓGICO PARA LA CONSTRUCCIÓN DE LA RUTA DEL DEPORTE Y LA FAMILIA EN EL MUNICIPIO DE DONMATÍAS, ANTIOQUIA

Hidrografía Antioquia

Antioquia está bañada al norte, en sus costas, por el mar caribe. Al occidente recibe la humedad del océano pacífico, en la zona de sus selvas. En cuanto a sus ríos, son muy numerosos y establecen el origen de su potencial hidrográfico e hidroeléctrico, cuenta con varias fuentes; entre ellas, los ríos más importantes son el Atrato, que la separa del departamento del chocó; el cauca, que la atraviesa por el centro y separa la cordillera occidental de la central, en el corazón del departamento, y la magdalena, que le sirve de límite con el departamento de Santander, en el extremo oriente de la región.

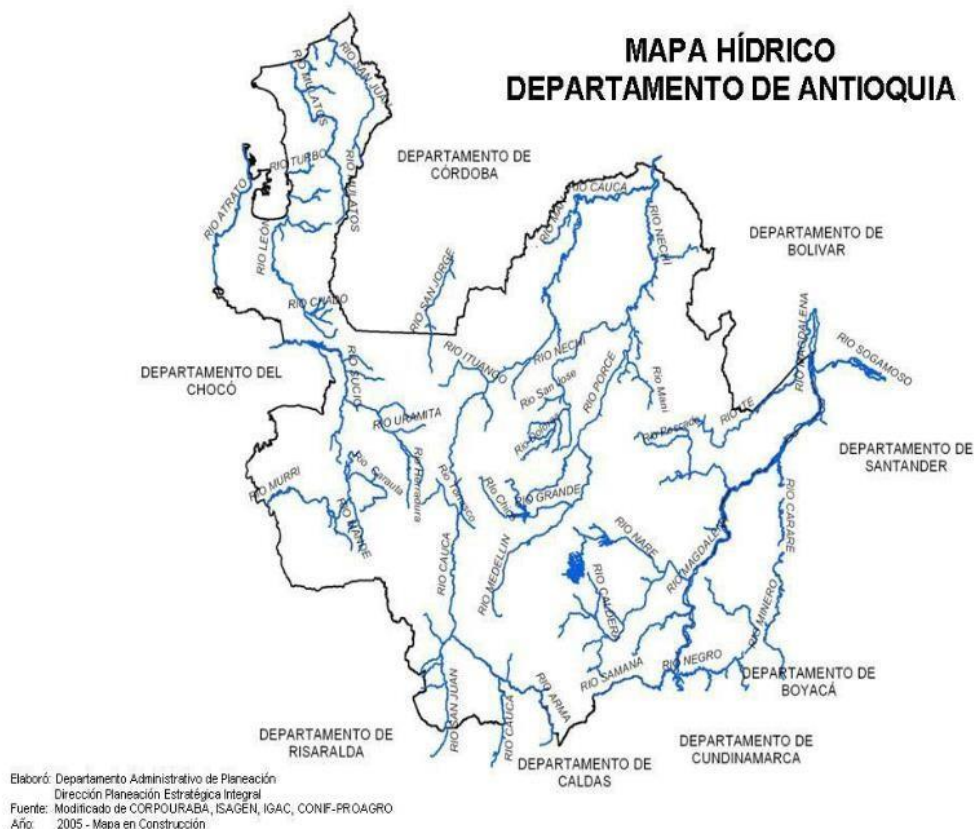


Imagen 3. Mapa Hidrográfico del Departamento de Antioquia



ANÁLISIS HIDROLÓGICO PARA LA CONSTRUCCIÓN DE LA RUTA DEL DEPORTE Y LA FAMILIA EN EL MUNICIPIO DE DONMATÍAS, ANTIOQUIA.

3.1.1. Hidrología de Donmatías

Se estimaron los caudales máximos asociados a diferentes períodos de retorno: 2.33, 5, 10, 25, 50 y 100 años. En la quebrada no existe una historia de registro de caudales continuos confiables, por tal motivo, fue necesario utilizar algunas técnicas de uso frecuente en hidrología, tal como hidrógrafas unitarias sintéticas de Williams y Hann, Soil Conservation Service (SCS) y el método racional que permiten establecer correlaciones empíricas entre las características de la cuenca y la hidrógrafa unitaria de respuesta.

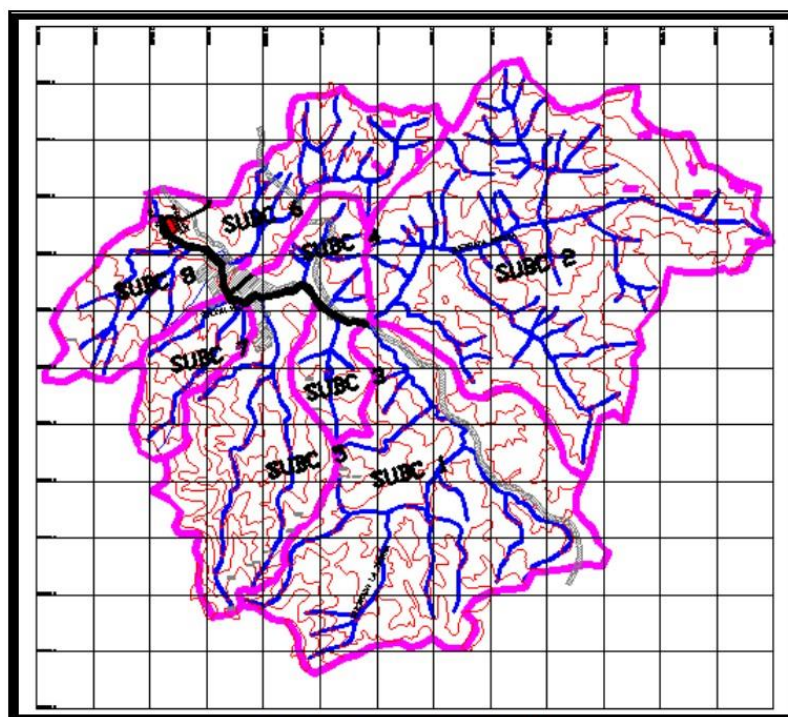
La estimación de caudales máximos debe mirarse con mucho cuidado, ya que una mala interpretación o utilización de los mismos se refleja directamente en el dimensionamiento de las obras.

En el análisis deben tenerse muy presente las limitaciones y condiciones de desarrollo de las metodologías que se utilicen. Este es un aspecto de gran importancia, ya que en nuestro medio es común la utilización de formulaciones desarrolladas en otros países con condiciones hidrológicas y topográficas diferentes al nuestro; sin embargo, son las herramientas disponibles ya que no existe en nuestro medio la instrumentación adecuada para obtener datos confiables de la relación lluvia escurriente.

El estudio hidrológico contempló el cálculo de parámetros morfométricos, tiempos de concentración, duración de la lluvia y cálculo de caudales a partir de diferentes metodologías.

PARÁMETROS MORFOMÉTRICOS

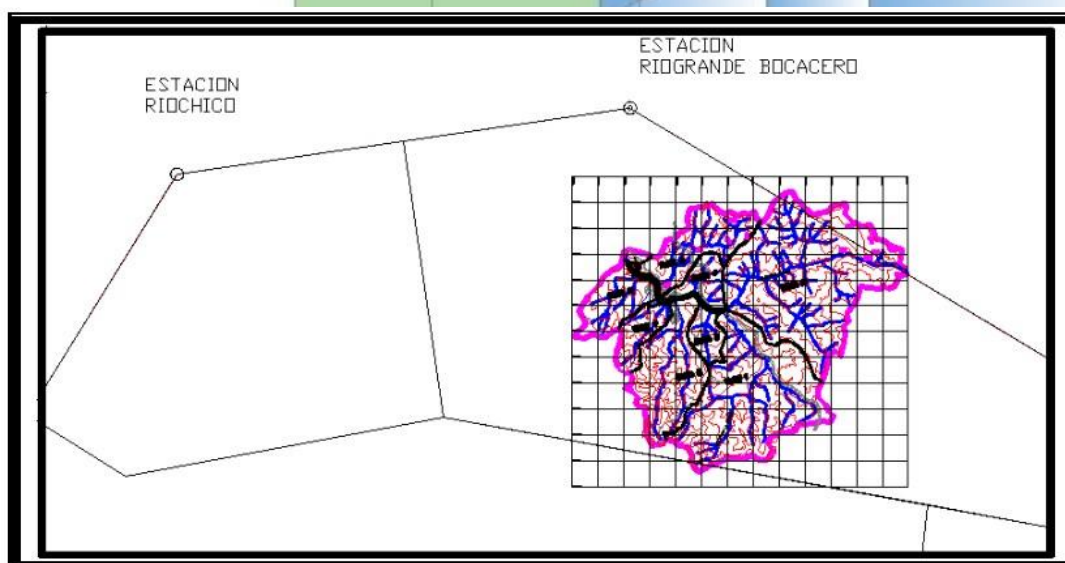
Se determinaron los índices morfométricos que pudieran ser utilizados en el análisis del régimen hidrológico de la zona de estudio, para lo cual se utilizaron los planos cartográficos a escala 1:2000 y 1:5000, con base en ellos se ubicó la cuenca aferente para el punto evaluado, el punto de aforo se localiza en 853.598.1 E, 1 209 823.97 N.



CUENCA QUEBRADA DONMATÍAS

Posterior a este proceso se continúa de la siguiente forma:

▮ Cálculo de las áreas de influencia de cada una de las estaciones pluviométricas cercanas. Dichas áreas se obtuvieron por el método de los polígonos de Thiessen, cuantificando el aporte de cada una de las estaciones a la precipitación total en la cuenca. En el caso del caño en estudio su cuenca se encuentra en el área de influencia de la estación Riogrande Bocacero.



POLIGONOS DE THIESSEN

Ing. Luis Eduardo Sánchez Vélez - Especialista

Matricula Profesional No 05202110637 Ant. Cel: 313 6524630

Email: ingenieriaunipersonal@gmail.com

El cálculo de los parámetros morfométricos necesarios para la evaluación hidrológica, permitiendo determinar el tiempo de concentración de la cuenca, definido como el tiempo requerido por el flujo para viajar desde el punto hidrológicamente más lejano de la cuenca hasta el lugar de descarga, a partir de este y utilizando las curvas IDF de las estaciones, se determina la tormenta de diseño y la precipitación total. A partir de esta información es posible obtener los hidrogramas unitarios utilizando los métodos propuestos de Williams y Hann, Soil Conservation Services (SCS) y el Método Racional.

PARÁMETROS MORFOMÉTRICOS DE LA CUENCA

Subcuenca	Area	Lcauce_Ppal	Lcauce-Divis	Cota_Inf	Cota Sup Cauce	Cota Sup Div	Pend_Cauce	Pend_Cuenca	Perimetro
	(km2)	(m)	(m)	m.s.n.m	m.s.n.m	m.s.n.m	(%)	(%)	(m)
1 (Qda Iborra)	5.12	4320	4473	2158	2550	2560	9.07	40.5	11233
2 (Qda Arriba)	6.89	4124	4208	2158	2400	2405	5.87	34.3	12316
3	0.58	1109	1168	2156.4	2350	2360	17.46	29.6	3454
4	0.73	795	953	2153	2250	2260	12.20	25.4	4163
5 (Qda La Rinconsanto)	2.52	3127	3324	2148.9	2600	2605	14.43	51.5	8038
6 (Qda los Egidos)	1.8	2604	2697	2139	2300	2320	6.18	35.5	7546
7 (Qda La Cascada)	0.78	1556	1673	2148	2500	2520	22.62	47	4042

3.2. Intensidad de la lluvia

Para encontrar la intensidad de la lluvia se hará uso de metodología simplificada de cálculo de las curvas intensidad – duración- frecuencia, expuesta en el Manual de Drenaje de Carreteras del INVIAS, en el cual se recomienda la utilización de la precipitación máxima promedio anual en 24 horas y con esta aplicar la siguiente expresión:

$$i = \frac{a * T^b * M^d}{(t/60)^c}$$

Donde,

i: Intensidad de precipitación, en milímetros por hora (mm/h). T: Periodo de retorno, en años.

M: Precipitación máxima promedio anual en 24 h a nivel multianual.

t: Duración de la lluvia, en minutos (Para el caso de estudio se toma un tiempo de concentración de 10 min).

ANALISIS HIDROLOGICO PARA LA CONSTRUCCION DE LA RUTA DEL DEPORTE Y LA FAMILIA EN EL MUNICIPIO DE DONMATIAS, ANTIOQUIA

a, b, c, d: Parámetros de ajuste de la regresión. Estos parámetros fueron regionalizados como se presenta en la imagen 3, y sus valores se presentan en la Tabla 1.

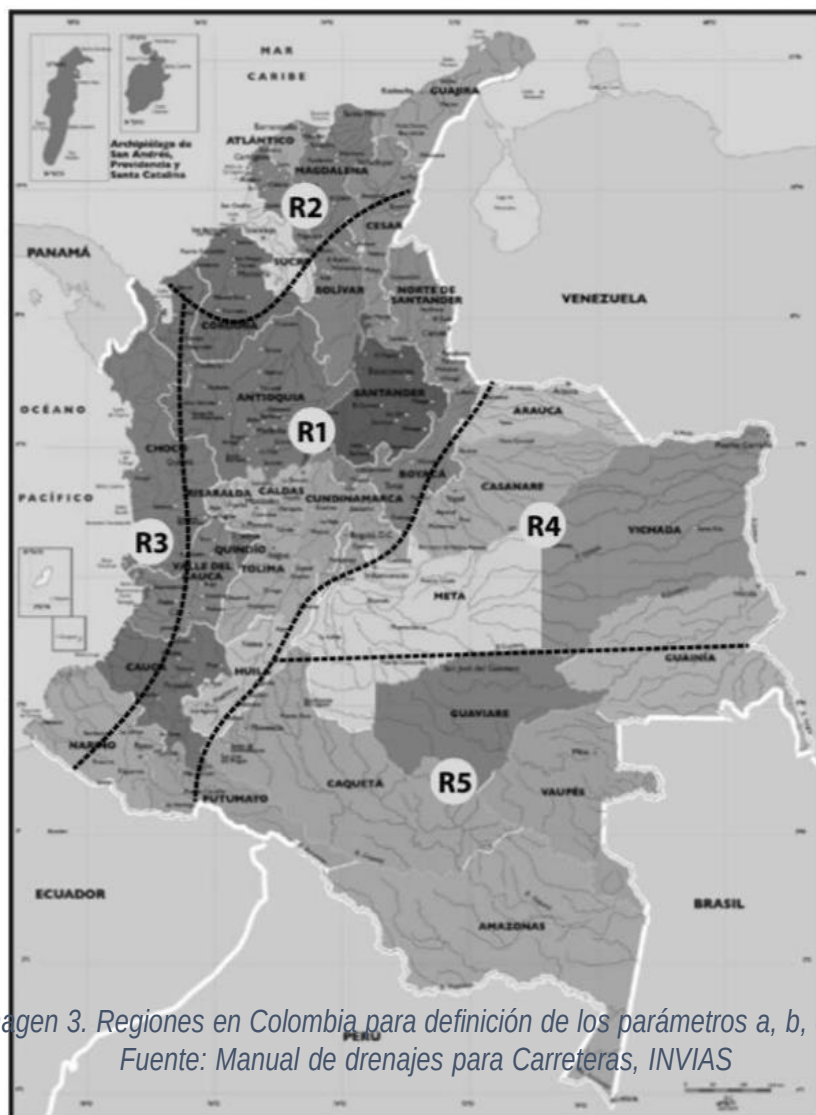


Imagen 3. Regiones en Colombia para definición de los parámetros a, b, c y d.
Fuente: Manual de drenajes para Carreteras, INVIAS

Tabla 1. Parámetros según Regiones del País. Fuente: Manual de drenajes para Carreteras, INVIAS

REGIÓN		a	b	c	d
Andina	(R1)	0.94	0.18	0.66	0.83
Caribe	(R2)	24.85	0.22	0.5	0.1
Pacífico	(R3)	13.92	0.19	0.58	0.2
Orinoquía	(R4)	5.53	0.17	0.63	0.42

Ing. Luis Eduardo Sánchez Vélez - Especialista

Matricula Profesional No 05202110637 Ant. Cel: 313 6524630

Email: ingenieriaunipersonal@gmail.com



ANÁLISIS HIDROLÓGICO PARA LA CONSTRUCCIÓN DE LA RUT. DEPORTE Y LA FAMILIA EN EL MUNICIPIO DE DONMATÍAS, ANTIOQUIA - UNO



En el caso de Donmatías, este se encuentra en la región Andina (R1), por lo que los parámetros a usar son: $aa = 0.94$, $bb = 0.18$, $cc = 0.66$, $dd = 0.83$

A continuación, se encuentran los datos los datos de precipitación obtenidos de la estación meteorológica 26230140 del IDEAM, en la cual se exponen los valores máximos mensuales y anuales en 24 horas en mm.

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	VALOR MAX AÑO
1978	0	11	28	17	40	34	14	42	19	35	31	29	42
1979	8	7	17	17	20	20	13	46	25	28	22	13	46
1980	14	7	7	13	25	19	11	15	16	18	33	36	36
1981	7	18	19	60	38	45	42	41		23	36	52	60
1982	25	38	12	49	53	15	14	0	25		10	12	53
1983	8	20	15	39	27	15	14	18	15	18	18	19	39
1984	14	40	10	29	64	34	39	23	30	35	32	10	64
1985	3	0	20	28	32	23	18	30	30	30	22	11	32
1986	7	9	11	18	35	29	30	70	30	42	13	13	70
1987	5	7	11	45	22	16	28	28	36	50	23	11	50
1988	25	18	5	50	22	25	34	27	22	42	35	47	50
1989	23	7	27	26	32	35	19	22	50	48	56	25	56
1990	20	30	37	55	35	20	25	46	32	46	40	35	55
1991	10	22	60	30	39	32	35	17	13	39	72	24	72
1992	5	11	17	28	23	46	22	20	22	42	30	15	46
1993	42	20	22	30	37	40	30	20	30	45	40	30	45
1994	11	32	20	32	52	20	26	46	35	52	20	15	52
1995	10	8	20	35	35	80	30	40	32	45	22	38	80
1996	30	14	92	45	45	33	45	49	60	50	48	21	92
1997	35	60	22	44	40	46	15	2	60	45	45	44	60
1998	45	45	60	30	50	40	30	60	85	30	40	30	85
1999	25	41	19	36	41	30	25	37	38	55	32	67	67
2000	15	42	20	40	40	49	29	37	48	25	35	20	49
2001	19	20	20	30	22	17	15	7	40	40	50	30	50
2002	18	130	23	45	15	32	15	30	17	27	37	65	130
2003	8	19	23	49	36	36	50	35	64	46	28	51	64
2004	20	27	16	19	18	19	15	13	42	24	20	12	42

Ing. Luis Eduardo Sánchez Vélez - Especialista

Matricula Profesional No 05202110637 Ant. Cel: 313 6524630

Email: ingenieriaunipersonal@gmail.com



ANÁLISIS HIDROLÓGICO PARA LA CONSTRUCCIÓN DE LA RUT. DEPORTE Y LA FAMILIA EN EL MUNICIPIO DE DONMATIAS, ANTIOQUIA - UNO



2005	14	13	17	17	14	21	30	15	30	27	25	22	30
2006	22	28	50	50	50	32	38	10	50	30	50	30	50
2007	16	15	77	37	47	32	38	27	32	43	29	17	77
2008	32	32	30	35	36	31	32	37	28	25	19	29	37
2009	28	22	30	23	25	37	12	17	19	19	29	11	37
2010	19	12	27	22	21	24	31	35	30	35	31	21	35
2011	13	37	34	25	23	38	58	42	52	38	43	31	58
2012	16	18	16	32	15	15	17	27	32	60	23	23	60
2013	0	21	29	38	32	20	25	27	32	34	22	38	38
2014	24	28	31	24	28	19	2	30	35	30	35	35	35
2015	20	18	35	38	29	34	24	24	25	31	42	32	42
2016	38	35	32	40	28	37	29	35	31	87	38	29	87
2017	12	22	29	38	33	31	21	32	36				38

Teniendo en cuenta los datos presentados es posible establecer el valor máximo promedio anual en 24 horas.

$$M \approx 56 \text{ mm}$$

- **Período de Retorno (T):** Se deben aplicar los valores de los períodos de retorno (T) recomendados por el Manual de Drenajes para Carreteras, INVIAS para obtener las curvas IDF, los cuales se indican en la tabla 3. Para el caso del proyecto las cunetas se tiene un período de retorno de 5 años.

Tabla 3. Períodos de retorno para el diseño de obras de drenaje vial. Fuente: Manual de drenajes para Carreteras, INVIAS

Obras de drenaje vial	Tr
Drenaje superficial	2
Cunetas	5
Zanjas de coronación	10
Estructuras de caída	10
Alcantarillas de 0.9m de diámetro	10
Alcantarillas mayores a 0.90m de diámetro	20
Puentes menores (luz menor a 10m)	25
Puentes de luz igual a 10m y menor a 50m	50
Puentes de luz mayor o igual a 50m	100

Ing. Luis Eduardo Sánchez Vélez - Especialista

Matricula Profesional No 05202110637 Ant. Cel: 313 6524630

Email: ingenieriaunipersonal@gmail.com

Aplicando los valores de período de retorno, intensidad de la lluvia y los parámetros según la región se obtienen los siguientes resultados.

Tabla 4. Valores de intensidad de lluvia en mm/hora.

DURACION (min)	PERÍODO DE RETORNO (AÑOS)					
	2	5	10	20	25	50
10	98,15	115,75	131,13	148,56	154,64	175,19
20	62,12	73,26	82,99	94,02	97,87	110,88
30	47,53	56,06	63,50	71,94	74,89	84,84
40	39,31	46,36	52,52	59,50	61,94	70,17
50	33,93	40,01	45,33	51,35	53,46	60,56
60	30,08	35,48	40,19	45,53	47,40	53,70
70	27,17	32,04	36,30	41,13	42,81	48,50
80	24,88	29,34	33,24	37,66	39,20	44,41
90	23,02	27,15	30,75	34,84	36,27	41,09
100	21,47	25,32	28,69	32,50	33,83	38,33

Teniendo todos los datos es posible construir las curvas I-D-F

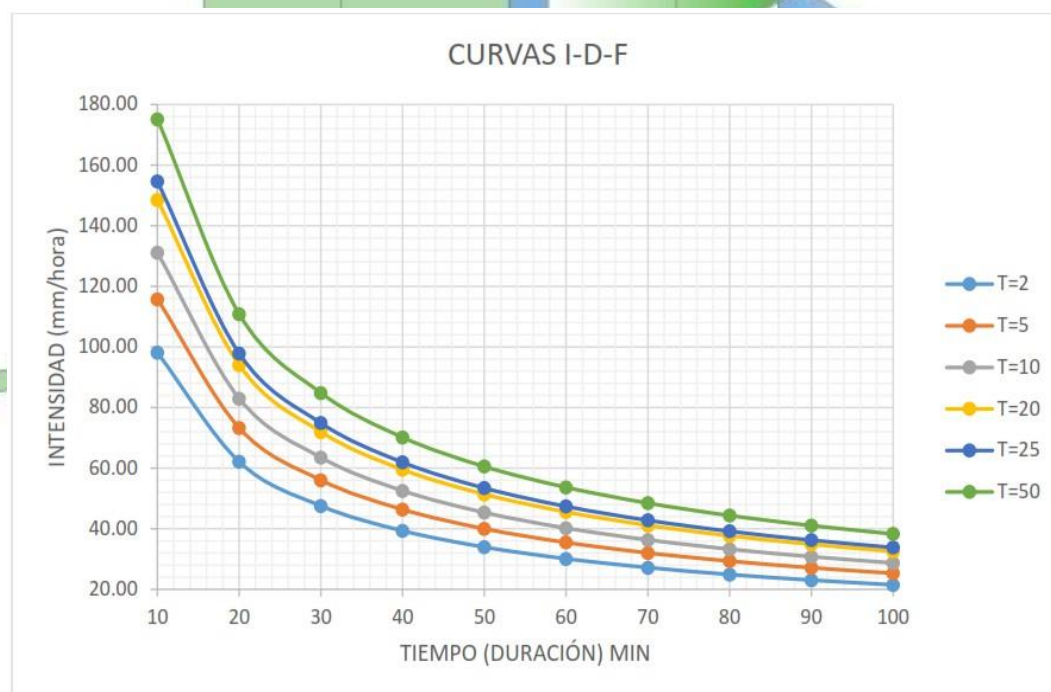


Imagen 4. Curvas de Intensidad - Duración - Frecuencia (Período de retorno T)

4. Diseño Hidráulico

Los tipos de obras hidráulicas para la captación, transporte y disposición de las aguas de escorrentía superficial son las siguientes:

- Longitudinales como lo son las cunetas y aliviaderos.
- Transversales como alcantarillas y con sus respectivas obras complementarias de disposición de aguas o estructuras de descole.

4.1. Berma – Cuneta recomendada

En el caso de la vía en pavimento flexible, es necesario recoger las aguas lluvias y escorrentía conduciéndolas hacia las cunetas, para esta posteriormente llevarlas hacia las obras transversales y/o aliviaderos. Se adoptará la sección de cuneta recomendada en la Guía de Diseño de Pavimentos general, sus dimensiones se muestran en la figura 5.

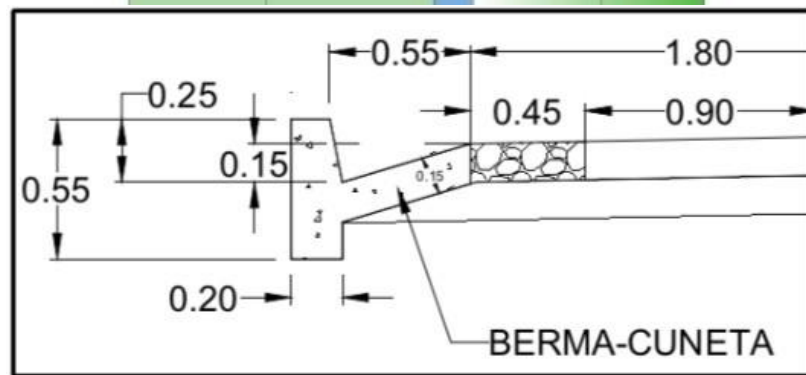


Imagen 5. Detalle de la Cuneta. Fuente: Guía de Diseño de Pavimentos

4.1.1. Determinación del caudal de demanda

El diseño hidráulico de una cuneta es similar al de un canal abierto, y como para el caso se tiene un área aferente pequeña (< 5 Km²), es posible utilizar el método racional para encontrar el caudal de demanda. El cual está determinado por la siguiente ecuación:

$$Q_e = 0.280 * C * I * A_f$$

Ing. Luis Eduardo Sánchez Vélez - Especialista

Matrícula Profesional No 05202110637 Ant. Cel: 313 6524630

Email: ingenieriaunipersonal@gmail.com

Siendo,

Qe: Caudal de escorrentía
(m³/seg) C: Coeficiente de
escorrentía

I: Intensidad de la lluvia (mm/Hora) para un tiempo de concentración determinado, para el caso se usará un tiempo de concentración de 10 min.

AA_{γγ}: Área aferente o tributaria (Km²)

4.1.2. Coeficiente de Escorrentía

Para definir el coeficiente es necesario tener en cuenta los Valores de dichos coeficientes para diferentes condiciones como se muestra en la tabla 5.

Tabla 5. Valores del Coeficiente de Escorrentía en Áreas rurales. Fuente: Manual de drenajes para Carreteras, INVIAS

VEGETACIÓN Y TOPOGRAFÍA Y	TEXTURA DEL SUELO		
	FRANCO ARENOSO	FRANCO LIMO ARCILLOSO	ARCILLOSO
BOSQUES			
Plano	0.10	0.30	0.40
Ondulado	0.25	0.35	0.50
Montañoso	0.30	0.50	0.60
PASTOS			
Plano	0.10	0.30	0.40
Ondulado	0.16	0.36	0.55
Montañoso	0.22	0.42	0.60
TIERRAS CULTIVADAS			
Plano	0.30	0.50	0.60
Ondulado	0.40	0.60	0.70
Montañoso	0.52	0.72	0.82
Nota: Plano (pendiente 0 - 5%); Ondulado (pendiente 5 - 10%); Montañoso (pendiente 10 - 30%). Para valores mayores al 30 %, a falta de datos, utilizar los valores para pendientes entre el 10 y el 30 %.			

Como se tienen terrenos ondulados, tierras cultivadas, suelos arcillosos, etc. El coeficiente de escorrentía a usar es de 0,7.



4.1.3. Área aferente o tributaria

El área Aferente o Tributaria para el caso de la cuneta está definido por el ancho impluvium (B) y la longitud de la cuneta (L), de la siguiente forma

$$A_y = B * L$$

El ancho impluvium, incluye el ancho de superficie de rodadura, ancho de la berma – cuneta, la proyección del talud de corte y un ancho adicional, dicho ancho se toma de 25m en la condición más desfavorable, tal como se muestra en la imagen 6.

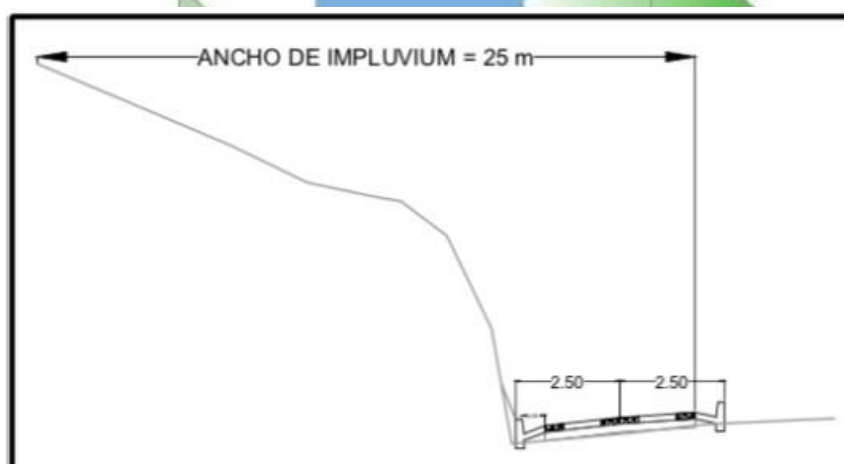


Imagen 6. Ancho Impluvium. Fuente: Guía de Diseño de Pavimentos

En este caso y teniendo en cuenta las condiciones del terreno se hace necesario usar condición más desfavorable, expresada anteriormente.

Vía Riogrande Donmatías		
B	ABSCISA INICIAL	ABSCISA FINAL
25	K0+000	K0+070
25	K0+070	K0+080
25	K0+080	K0+140
25	K0+140	K0+210
25	K0+210	K0+250
25	K0+250	K0+280



25	K0+280	K0+290
25	K0+290	K0+310
25	K0+310	K0+343

4.1.4. Determinación del caudal que puede ser transportado por la cuneta.

El caudal que puede ser transportado por la berma – cuneta a sección plena, puede ser encontrado por medio de la Ecuación de continuidad y la Fórmula de Manning.

$$Q_c = V * a \text{ (Ecuación de continuidad)}$$

$$V = \frac{1}{n} * S^{\frac{1}{2}} * R^{\frac{2}{3}} \text{ (Fórmula de Manning)}$$

Por lo que,

$$Q_c = \frac{1}{n} * S^{\frac{1}{2}} * R^{\frac{2}{3}} * a$$

Donde,

Q_c: Caudal que puede transportar la Cuneta

(m³ /seg) V: Velocidad del agua que circula por la cuneta (m/seg) R: Radio hidráulico (m)

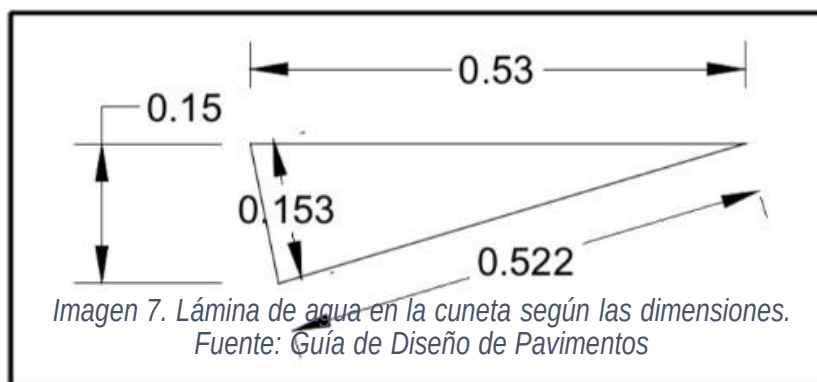
S: Pendiente de la cuneta en tanto por uno, igual a la pendiente de la rasante n: Coeficiente de rugosidad de Manning

a: Área mojada de la sección transversal de la cuneta (m²)

ANÁLISIS HIDROLÓGICO PARA LA CONSTRUCCIÓN DE LA RUTA DEL DEPORTE Y LA FAMILIA EN EL MUNICIPIO DE DONMATIAS, ANTIOQUIA

4.1.5. Determinación de los parámetros

La lámina de agua que se forma en la cuneta presenta las dimensiones mostradas en la imagen 7



- Área mojada

- Perímetro mojado

$$a = \frac{0.15 * 0.52}{2} = 0.039 \text{ m}^2$$

- Radio hidráulico

$$p = 0.153 + 0.522 = 0.675 \text{ m}$$

$$R = \frac{a}{p} = \frac{0.039 \text{ m}^2}{0.675 \text{ m}} = 0.058 \text{ m}$$

4.2. Criterios de diseño

Para poder garantizar que la capacidad de la cuneta sea la suficiente para transportar el caudal de escorrentía, es importante definir ciertas longitudes a las cuales dicha capacidad sea suficiente. Para ello se hace necesario igualar las ecuaciones de caudales antes mencionadas, $Q_e = Q_c$ haciendo esto se obtiene una expresión para encontrar la longitud de la cuneta

$$Q_e = Q_c$$

$$0.280 * C * I * A_y = \frac{1}{n} * S^{\frac{1}{2}} * R^{\frac{2}{3}} * a. \quad \text{Se sabe que } A_y = B * L, \text{ entonces}$$

$$0.280 * C * I * B * L = \frac{1}{n} * S^{\frac{1}{2}} * R^{\frac{2}{3}} * a$$

$$L = \frac{S^{\frac{1}{2}} * R^{\frac{2}{3}} * a * 10^6}{0.280 * C * I * B * n}$$

Los valores de L que se encuentren a partir de la expresión anterior indican el punto en el cual se rebosaría la cuneta, por lo que es allí donde se haría necesario desviar el agua mediante un aliviadero o una alcantarilla. También es importante chequear la cuneta contra la acción erosiva del agua, aunque al ser construida en concreto la erosión solo se producirá cuando la velocidad del agua supere los 3m/seg, la erosión se presentará en longitudes muy largas con fuertes pendientes, longitudes que son superiores a las longitudes (L) de rebosamiento, por lo que la cuneta primero se rebosa antes de erosionarse (Guía de Diseño de Pavimentos).

A partir de los datos obtenidos es posible construir las curvas I-P-L (Intensidad-Pendiente- Longitud), con las cuales se puede determinar la longitud máxima de cuneta.

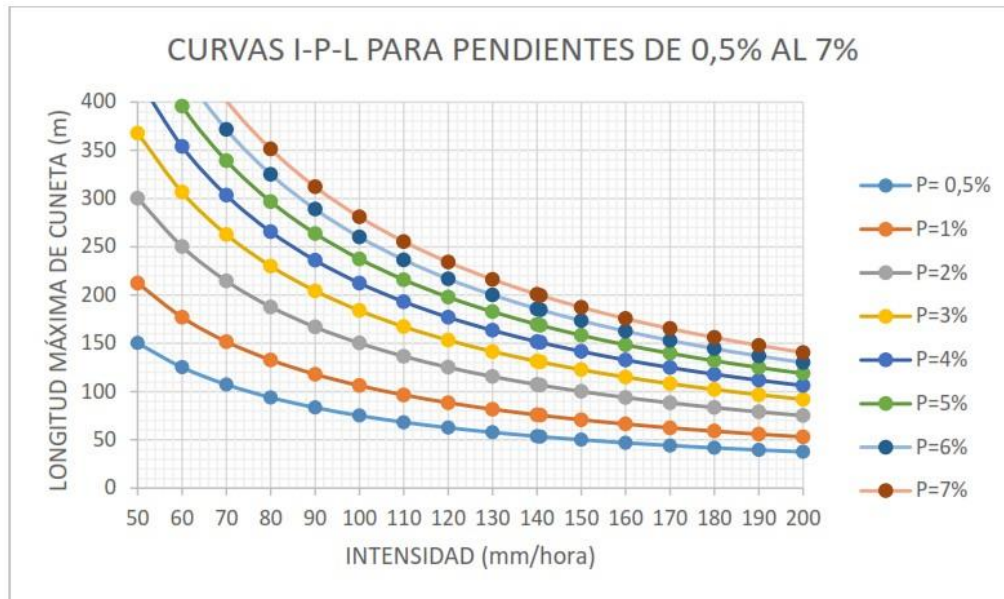


Imagen 8. Curvas I-P-L para pendientes 0,5% al 7%

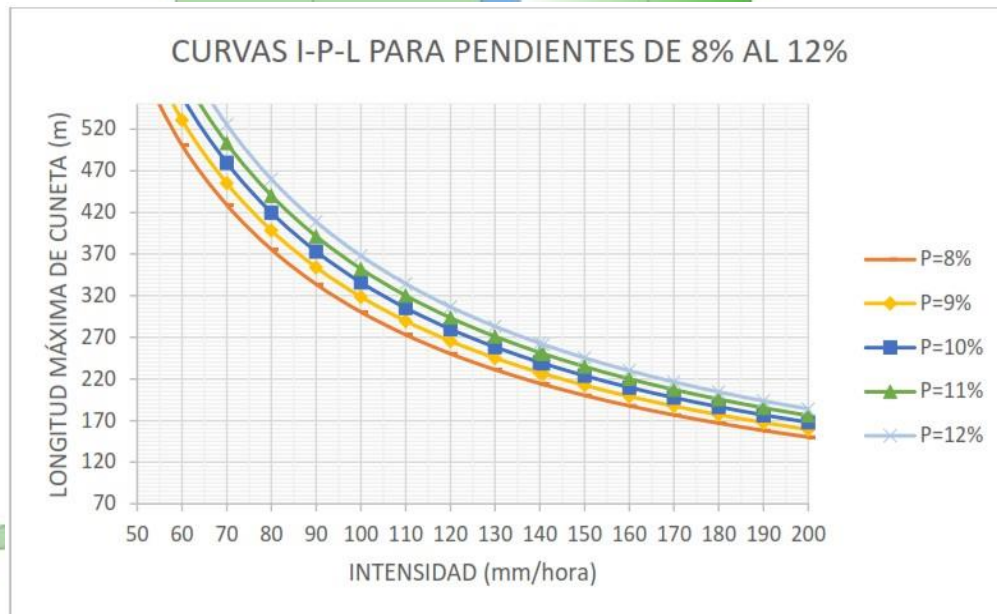


Imagen 9. Curvas I-P-L para pendientes del 8% al 12%

4.3. Obras de drenaje transversal: Alcantarillas

Para evitar que la cuneta se rebose en necesario ubicar obras de drenaje transversal en el punto en el que se completa la capacidad de la cuneta, teniendo en cuenta los siguientes parámetros expresados en la Guía de diseño de Pavimentos se debe establecer la ubicación de estas:

- Al final de la longitud máxima de cuneta
- En el punto más bajo de una curva vertical donde hay un cambio de pendiente
- Prioritariamente en los cruces de agua permanentes
- En los cruces de agua donde potencialmente se presenta un paso de agua en épocas de lluvia.

4.3.1. Alcantarilla recomendada

Como lo que se quiere es drenar el flujo de la cuneta al cauce natural, la alcantarilla recomendada por la Guía de Diseño de Pavimentos.

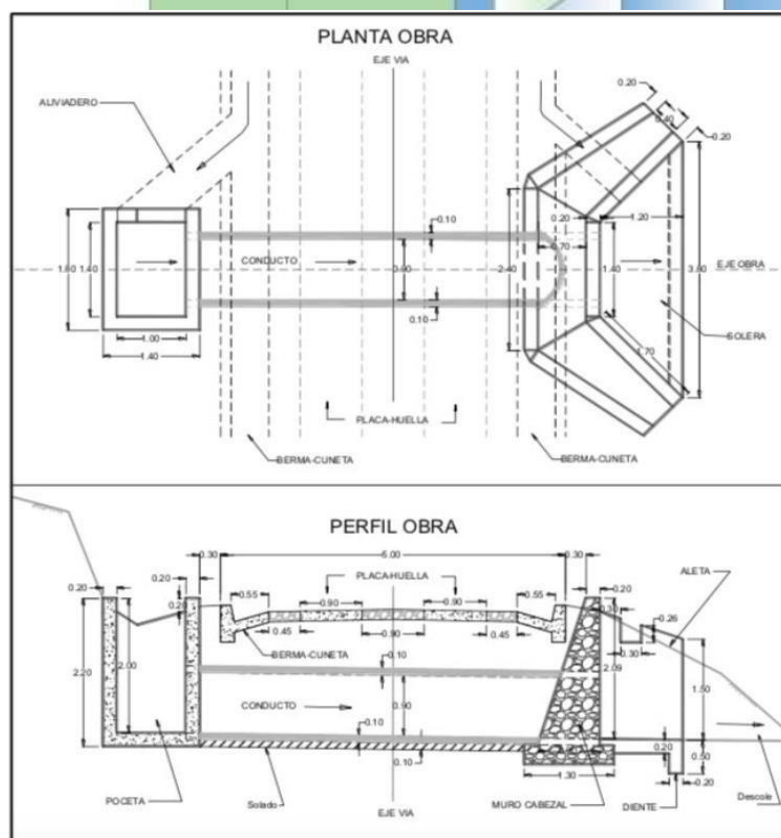


Imagen 10. Planta y perfil de la alcantarilla típica. Fuente: Guía de Diseño de Pavimento.

Para hacer uso de la sección típica proporcionada, es necesario realizar un chequeo en el cual se verifique que la capacidad de dicha obra es suficiente para drenar el agua transportada por la cuneta, para ello se encontrará la capacidad óptima de la alcantarilla y se compara con el caudal transportado. Como se tiene sección circular la capacidad óptima se obtiene mediante la siguiente expresión

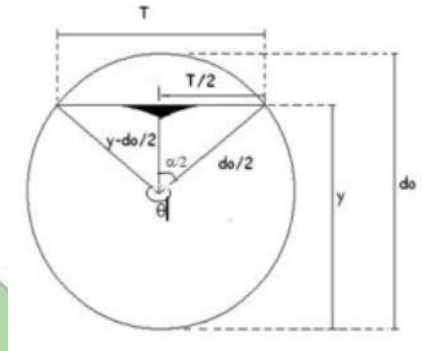


Imagen 11. Esquema de elementos geométricos de la tubería

$$\theta = 2\cos^{-1}\left(1 - \frac{y}{d_o}\right) \quad (1)$$

$$P = \frac{d_o}{2} \theta \quad (2)$$

$$A = \frac{d_o^2}{8} (\theta - \sin \theta) \quad (3)$$

Por otro lado

$$\frac{\theta}{2} = \frac{2\pi - \alpha}{2} \quad (4)$$

Del triángulo rectángulo, se tiene

$$\sin \frac{\alpha}{2} = \frac{\frac{T}{2}}{\frac{d_o}{2}} = \frac{T}{d_o} \rightarrow \frac{\alpha}{2} = \sin^{-1}\left(\frac{T}{d_o}\right) \rightarrow \alpha = 2 \sin^{-1}\left(\frac{T}{d_o}\right)$$



Sustituyendo este valor de α en (4), se tiene:

$$\theta = 2\pi - 2 \sin^{-1} \left(\frac{T}{d_o} \right)$$

Se tiene que:

Reemplazando T en (5) se tiene:

$$\theta = 2\pi - 2 \sin^{-1} \left(\frac{2\sqrt{y(d_o - y)}}{d_o} \right)$$

Ahora, llevando a θ en (2)

$$P = d_o \left(\pi - \sin^{-1} \left(\frac{2\sqrt{y(d_o - y)}}{d_o} \right) \right)$$

En este caso, se fija el diámetro d_o y se deriva P respecto a y:

$$\frac{dP}{dy} = d_o \frac{d}{dy} \left(\pi - \sin^{-1} \left(\frac{2\sqrt{y(d_o - y)}}{d_o} \right) \right) = 0$$

Resolviendo se obtiene

$$y = \frac{d_o}{2}$$

Esto se cumple para $\theta = \pi$, por lo que:

$$A_{opt} = \frac{d_o^2}{8} (\pi - \sin \pi) = \frac{d_o^2}{8} \pi$$

Con esto es posible determinar el Radio Hidráulico óptimo

$$R_{Hopt} = \frac{A_{opt}}{P_{opt}} = \frac{\frac{d_o^2}{8} \pi}{\frac{d_o}{2} \pi} = \frac{d_o}{4}$$

Como ya se tiene un diámetro de tubo para la alcantarilla estipulado en el diseño tipo de 0,9 m se determinará el caudal óptimo para un correcto funcionamiento y que se mantendrá como un canal a superficie libre. Tomando la ecuación de continuidad combinada con la ecuación de Manning se obtiene:

$$Q = \frac{1}{n} A_{opt} R_{Hopt}^{\frac{2}{3}} S_o^{\frac{1}{2}}$$

La pendiente hidráulica de las alcantarillas se debe encontrar entre 0.5% y 5%, para que no se produzcan altas velocidades, las cuales ocasionarían desgaste temprano de la obra y su estabilidad. En este diseño, se utiliza una pendiente típica del 2% para evitar velocidades fuertes que puedan afectar la estructura.

Vía Riogrande Donmatías		
ABSCISA INICIAL	ABSCISA FINAL	CAUDAL CUNETA PERÍODO DE RETORNO 10 AÑOS
K0+000	K0+070	0.202
K0+070	K0+080	0.239
K0+080	K0+140	0.212
K0+140	K0+210	0.178
K0+210	K0+250	0.229
K0+250	K0+280	0.189
K0+280	K0+290	0.250
K0+290	K0+310	0.163
K0+310	K0+343	0.185



Como se puede observar la capacidad de la alcantarilla tipo expuesta en la Guía de Diseño de Pavimentos con Pavimento flexible puede evacuar el caudal proyectado para un período de retorno de 10 años.

4.4. Drenes longitudinales: Filtros de agua

El dren longitudinal se coloca en una dirección esencialmente paralela al eje de la carretera tanto horizontal como verticalmente. Está constituido por una zanja de cierta profundidad, un filtro protector de alguna clase y, eventualmente, un tubo colector. El grado de sofisticación empleado en el diseño de estos drenes dependerá de la fuente de agua que deba ser drenada y de la manera como se espera que ellos funcionen. Cuando se instalan para contribuir específicamente en la evacuación del agua que se infiltra en el pavimento, se llaman drenes laterales de base o drenes colectores longitudinales. Cuando se usan para cortar la filtración en taludes o abatir el nivel freático se conocen como drenes interceptores longitudinales o, simplemente, como drenes longitudinales.

En este caso se encuentra según el estudio geotécnico un nivel freático a más de 1.5 metros de profundidad, sin embargo, se tienen flujos de agua naturales provenientes de los taludes a lo largo de los 2.7 kilómetros de la vía de influencia del proyecto, la cual es necesario interceptar para proteger la estructura del pavimento.

Se adoptará la sección de dren recomendado en la Guía de Diseño de Pavimentos general, sus dimensiones son de 0.40mx0.40m con una tubería perforada de 4". Este filtro se debe ubicar debajo de la cuneta a una profundidad de 0.70 metros.



5. Conclusiones y recomendaciones.

- Se evidencia flujos de agua natural que brota en los taludes a lo largo de toda la vía y que aumentan su caudal con las altas precipitaciones, es por esto que se recomienda la instalación de filtros de drenaje para la protección de la estructura del pavimento en los 2.7 km.
- Se discriminó la pendiente por tramos para realizar un diseño óptimo y coherente con las condiciones actuales del terreno.
- Los valores tomados de precipitación para la zona fueron tomados de la base de datos del IDEAM, con el fin realizar los cálculos con las condiciones similares a las dadas en realidad.
- Se recomienda no modificar la ubicación de las alcantarillas ni los aliviaderos, a menos que las características del terreno y las longitudes máximas de cuneta lo permitan, debido a que si se excede la longitud de cuneta máxima presentada la cuneta se desbordaría.



6. Bibliografía

- Manual de drenaje para carreteras INVIAS – Diciembre 2009
- Manual de Diseño Geométrico de Carreteras INVIAS – 2008
- Hidrología de Antioquia – Posgrado en Aprovechamiento de Recursos Hidráulicos, Facultad de Minas. Universidad Nacional de Colombia.
- Drenaje vial Superficial y Subterráneo – Departamento de Hidráulica Facultad de Ingeniería Civil, Universidad del Cauca. Lemos R. Rodrigo A. 1999
- Manual de Practicas de Hidráulica e Hidrología. Universidad Nacional de Colombia. Sede Manizales. 2007.
- Hidráulica de Canales Abiertos. Ven te Chow. Mc Graw Hill.2004.
- Hidrología Aplicada. Ven Te Chow. Mc Graw Hill.2004.
- Guía de Diseño de Pavimentos. Instituto Nacional de Vías INVIAS. Ministerio de Transporte.



LUIS EDUARDO SÁNCHEZ VÉLEZ
Ingeniero Civil Especialista
M.P. 05202110637 ANT.