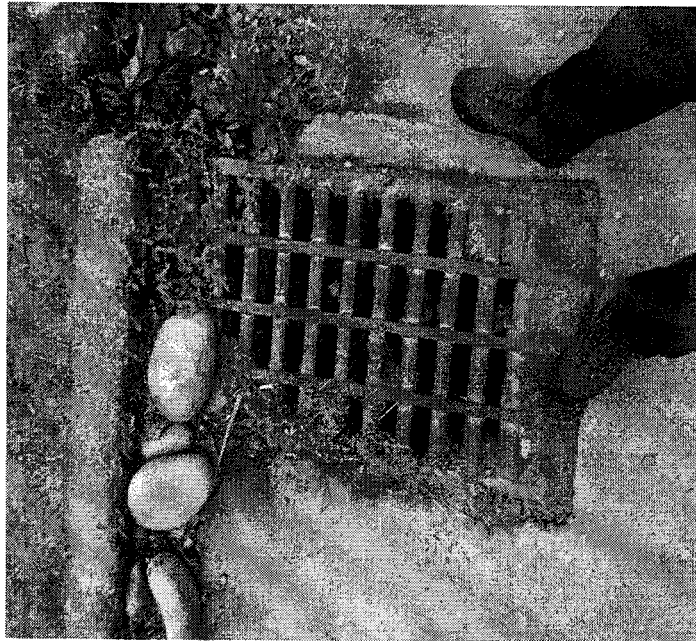


INFORME ESTUDIO HIDROLÓGICO



PROYECTO:

**CONSTRUCCIÓN Y PAVIMENTACIÓN DE LA CALLE 17 ENTRE LA VÍA NACIONAL Y
LA VILLA OLÍMPICA DEL MUNICIPIO DE SAN MARTÍN, META.**

SAN MARTÍN DE LOS LLANOS, DEPARTAMENTO DEL META 2017

ABRIL DE 2017

TABLA DE CONTENIDO

1	<u>GENERALIDADES</u>	<u>3</u>
2	<u>LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO</u>	<u>3</u>
2.1	DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO	5
3	<u>METODOLOGÍA</u>	<u>5</u>
4	<u>CAUDALES DE EVALUACIÓN Y DISEÑO DRENAJE SUPERFICIAL</u>	<u>6</u>
4.1	MÉTODO RACIONAL	6
4.1.1	ÁREA DE DRENAJE	6
4.1.2	COEFICIENTE DE ESCORRENTÍA C	9
4.1.3	INTENSIDAD MEDIA DE LA LLUVIA	12
4.1.3.1	Período de retorno	12
4.1.3.2	Tiempo de concentración	13
4.1.3.3	Curva de Duración – Intensidad – Frecuencia (IDF)	14
4.1.3.4	Caudales de captación estructura existente	17
4.2	EVALUACIÓN COLECTORES	22
5	<u>CONCLUSIONES</u>	<u>22</u>

1 GENERALIDADES

El presente documento contiene el informe estudio hidrológico y diagnóstico de las obras de drenaje vial existentes y sus proyecciones según diseño, para la vía calle 17 entre la zona de la Villa Olímpica y vía Nacional, obra localizada en el casco urbano del municipio de San Martín de los Llanos en el departamento del Meta.

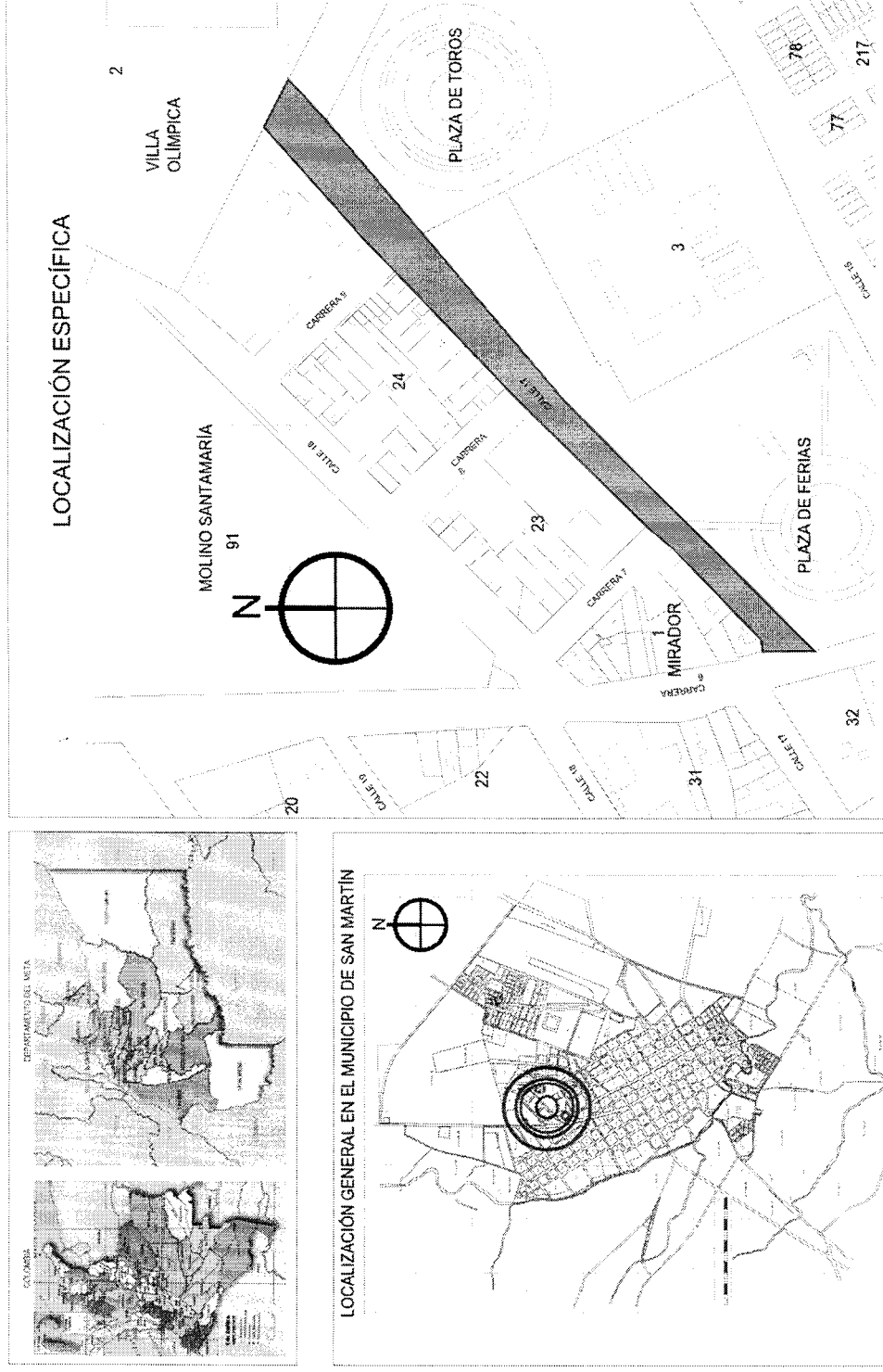
El informe contiene el resumen de los análisis de ingeniería realizados, para la deducción de los caudales máximos asociados al nivel de riesgo de las estructuras hidráulicas viales (periodos de retorno de diseño) para las obras de drenajes superficial proyectado y existente, acordó de a la normativa pertinente, acorde a lo establecido por el diseño geométrico de la estructura de pavimento proyectado.

2 LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO

El proyecto se localiza en el municipio de San Martín, hacia el centro occidente del departamento del Meta, colindando hacia el norte con los municipios de Guamal, Castilla la Nueva, San Carlos de Guaroa y Puerto López. Hacia el occidente con Granada, El Castillo, El Dorado y Cubarral. Al sur con Fuentedeoro, Puerto Lleras y Mapiripán; al oriente con linda con Puerto Guitan. El casco urbano se ubica hacia el occidente, a una hora y cuarto en vehículo de Villavicencio por la vía Nacional.

Para caso puntual la vía calle 17 objeto de intervención, se ubica dentro del caso urbano hacia el costado norte del casco urbano y está en límite entre los barrios Las Ferias al sur donde se destaca el equipamiento cultural de la plaza de feria ganadera y los terrenos de la plaza de toros de la zona, hacia el norte se identifica el barrio Olímpico siendo una zona netamente residencial, mientras que al occidente está la conexión con la vía Nacional y al oriente la entrada al equipamiento deportivo y cultural Villa Olímpica y la Plaza de Toros, lo anterior se observa en la Figura 2-1.

Figura 2-1. Localización del proyecto vial – municipio de San Martín.



Fuente: Alcaldía municipio de San Martín de los Llanos, 2017

2.1 DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

La calle a intervenir tiene una longitud de 431.66 m desde la vía Nacional hasta la entrada de la Villa olímpica. Se caracteriza por hacer parte de los 4.33 km de vías en pavimentos flexible de la zona mezclados en vía (P.B.O.T, 2000), la zona se caracteriza por presentar un deterioro de la estructura con identificación de fisuras en bloque con transición a piel de cocodrilo; en zonas de conexión entre vías se observa descascaramiento y baches. Es evidente que la vía pese a la concentración de equipamientos culturales, recreativos y deportivos no presenta senderos para el tránsito peatonal, además de no contar con sardineles y un bombeo correcto para dirigir, trasportar y captar la escorrentía superficial hacia los 6 sumideros existentes en la zona. El terreno se caracteriza por tener pendientes bajas donde la variación de alturas se encuentra en el rango de 448 m.s.n.m a 447.4 m.s.n.m acorde al estudio topográfico; la Tabla 2-1 muestra que las cuencas circundantes portan hacia la carrera 8 con calle 17 lo que explica la concentración de sumideros en la zona.

Tabla 2-1. Pendiente de los tramos acorde información topográfica.

Tramo inicial	Tramo final	Longitud m	Pendiente %
K0 + 000.00	K0 + 110.19	110.19	0.0743
K0 + 110.19	K0 + 258.20	148.01	-0.1818
K0 + 258.20	K0 + 370.00	111.80	0.1712
K0 + 370.00	K0 + 431.66	61.66	0.4566

Fuente: Geotopcol, 2017

3 METODOLOGÍA

El objetivo principal de las obras de drenaje superficial es lograr captar, conducir y disponer la escorrentía producto de eventos de precipitación sobre las áreas de la zona, evitando posibles daños y permitiendo el desenvolvimiento de las actividades de la población beneficiada. Es por ello que se plantea una metodología para calcular los caudales máximos generados por la lluvia de diseño según la complejidad y magnitud del proyecto.

Para poder definir lo anterior, es pertinente emplear un método de lluvia – escorrentía, ya que no existe la posibilidad de tener medidas directas de caudales de drenaje. Dichos métodos son simples y permiten aproximaciones adecuadas al problema, donde estos requieren de datos históricos de lluvia representativos presentados en la cuenca, caracterización del tipo de suelo, la geometría, entre otras.

Para tal efecto y dada la magnitud del proyecto se precisa dar uso del método racional dada su simplicidad y buena aproximación para cuencas pequeñas (áreas). Es preciso decir que la aplicabilidad de este método se centra en sistemas de drenaje pluvial que presenten áreas menores a 80 ha en cuencas rurales; para zonas rurales es posible aumentar el límite hasta áreas de 250 ha (INVIAS, 2011); (RAS 2000, 2017).

Este método es un modelo empírico simple, utilizado en el diseño de sistemas de drenaje urbano con áreas relativamente pequeñas, en las que se considera que la intensidad de la lluvia no varía en el espacio. Para ejecutar el método es pertinente tener la siguiente información:

- El caudal pico de aguas lluvias se obtiene usando la intensidad media del evento de precipitación.
- Se debe realizar el cálculo del tiempo de concentración del área de drenaje
- Se debe hacer una caracterización del tipo de suelo y su uso con mira de establecer un coeficiente de impermeabilidad.
- El caudal medido a la salida del área de drenaje en un periodo de lluvia uniforme debe incrementar hasta su valor pico y se mantiene en el tiempo de la lluvia.

Lo anterior se aplica para los cálculos de los drenajes superficiales.

4 CAUDALES DE EVALUACIÓN Y DISEÑO DRENAJE SUPERFICIAL

4.1 MÉTODO RACIONAL

El modelo establece que el caudal que se produce por una precipitación se describe así:

$$Q = \frac{C * I * A}{360}$$

En donde:

Q = Es el caudal máximo (pico) en la superficie (m³/s)

C = Coeficiente de escorrentía (adimensional).

I = Intensidad de precipitación promedio (mm/hr)

A = Área tributaria de drenaje (ha)

A continuación, se detalla cada término en función al desarrollo del proyecto.

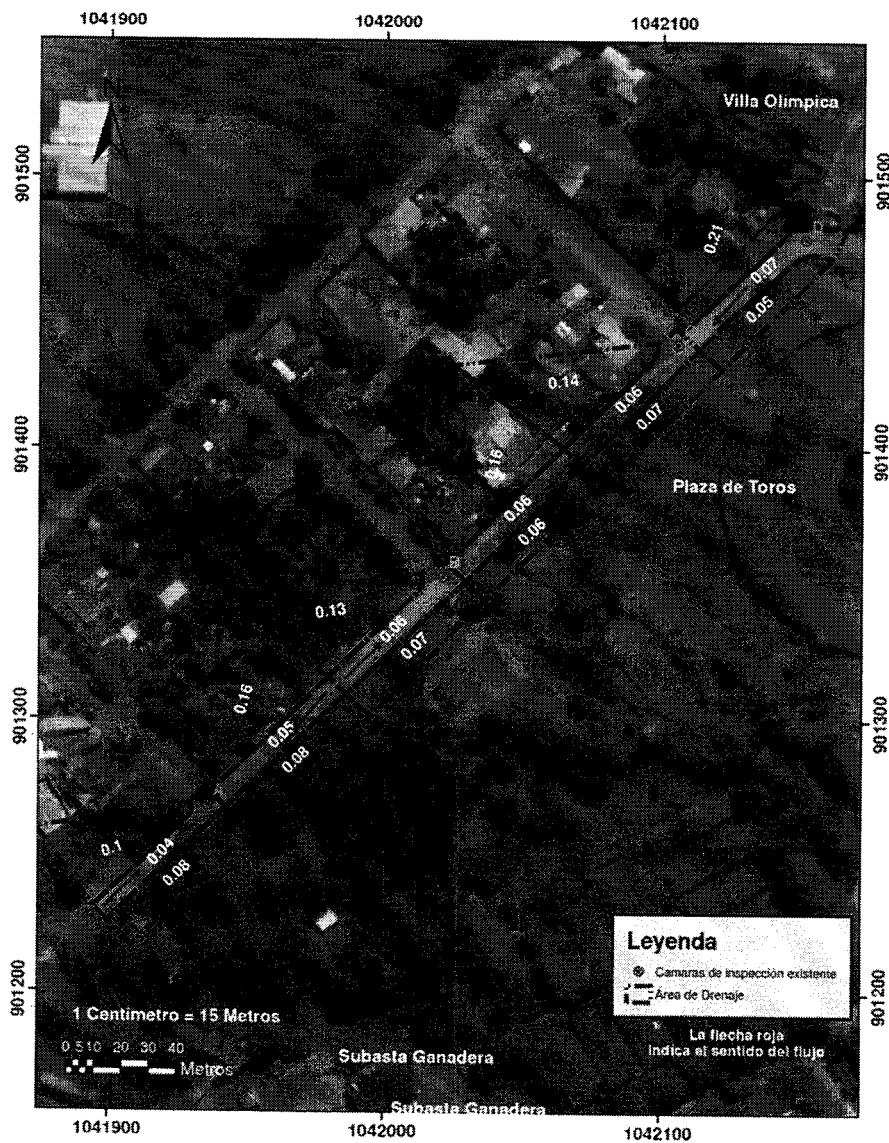
4.1.1 Área de drenaje

Para determinar el área de drenaje dentro del tramo de vía se determina la superficie de aporte desde la vista en planta trazando polígonos, siguiendo el comportamiento del drenaje en sector acorde al producto topográfico. Las áreas se establecieron siguiendo el patrón presentado en la

Figura 4-1 donde se muestra que la parte norte es una zona urbanizada, con zonas verdes y lotes que a futuro pueden ser densificados para dicho uso, por tal efecto las áreas determinadas son de mayor dimensión. La zona sur referente al costado izquierdo, hacia los terrenos de la plaza de ferias y plaza de toros, presenta área de menor aporte debido a que la pendiente de la zona (Terrenos bajos respecto a el alineamiento de la calle 17) y el uso de suelo minimizan en gran medida el aporte de escorrentía a la misma.

Figura 4-1
Mapa de la zona
de estudio
con la zona
de estudio
y la zona
de estudio

Figura 4-1. Áreas de drenaje establecidas para la vía



Fuente: consultor, 2017

Este coeficiente se puede definir como la relación entre el volumen de escorrentía superficial y el volumen de precipitación total, en el que se involucran las pérdidas agua lluvia que se pueden presentar dentro de cada una de las áreas definidas y las cuales no pueden llegar al sistema de alcantarillado pluvial. Dichas pérdidas pueden estar relacionadas principalmente a la infiltración, aunque factores como la evaporación, interceptación vegetal, zonas cóncavas, entre otras, tienen un papel dentro del proceso. Para poder definir este coeficiente hay que tener presente que va a depender del grado de impermeabilidad del terreno. Dado que para definir los valores del coeficiente requiere de estudios puntuales, por tal efecto es pertinente ajustar dicho valor a partir de información tabulada en normas para alcantarillado como las que establece la Empresa de acueducto y aseo de Bogotá, EAB-ESP, o los lineamientos contenidos por el RAS (Tabla D.4.7), acorde con eso para las áreas definidas en la

Figura 4-1 y con ayuda de la imagen satelital de la zona de estudio se estableció que para las zonas protegidas con vegetación densa a media se determina coeficientes del orden de 0.3, valores que hacen parte de los terrenos localizados en la parte sur de la vía en los que no se tiene un desarrollo urbano o comercial proyectado y que pertenecen a zonas de uso cultural. Para la parte norte para las manzanas contenidas desde la zona occidental hasta la oriental, se evidencia un desarrollo urbano, con proyección de densificación, por lo que es posible observar según el volumen de vegetación dos tipos de coeficientes, los relacionados a áreas residenciales con casa contiguas, pero donde la presencia de jardines o lotes con vegetación y las referentes a manzanas donde las viviendas tiene interacción directa con otras y hay un alto nivel de zonas impermeables, así los valores respectivos son de 0.6 y 0.75 respectivamente. Las áreas que corresponden al eje de la vía de la calle 17 se establecen como impermeables por lo que el coeficiente se asume con un valor de 0.9, acorde con lo proyectado en el diseño vial. La Figura 4-2 presenta la distribución del coeficiente y la Tabla 4-1 contiene los valores por cada uno los C definidos.

Tabla 4-1. Coeficiente de escorrentía de la zona de estudio.

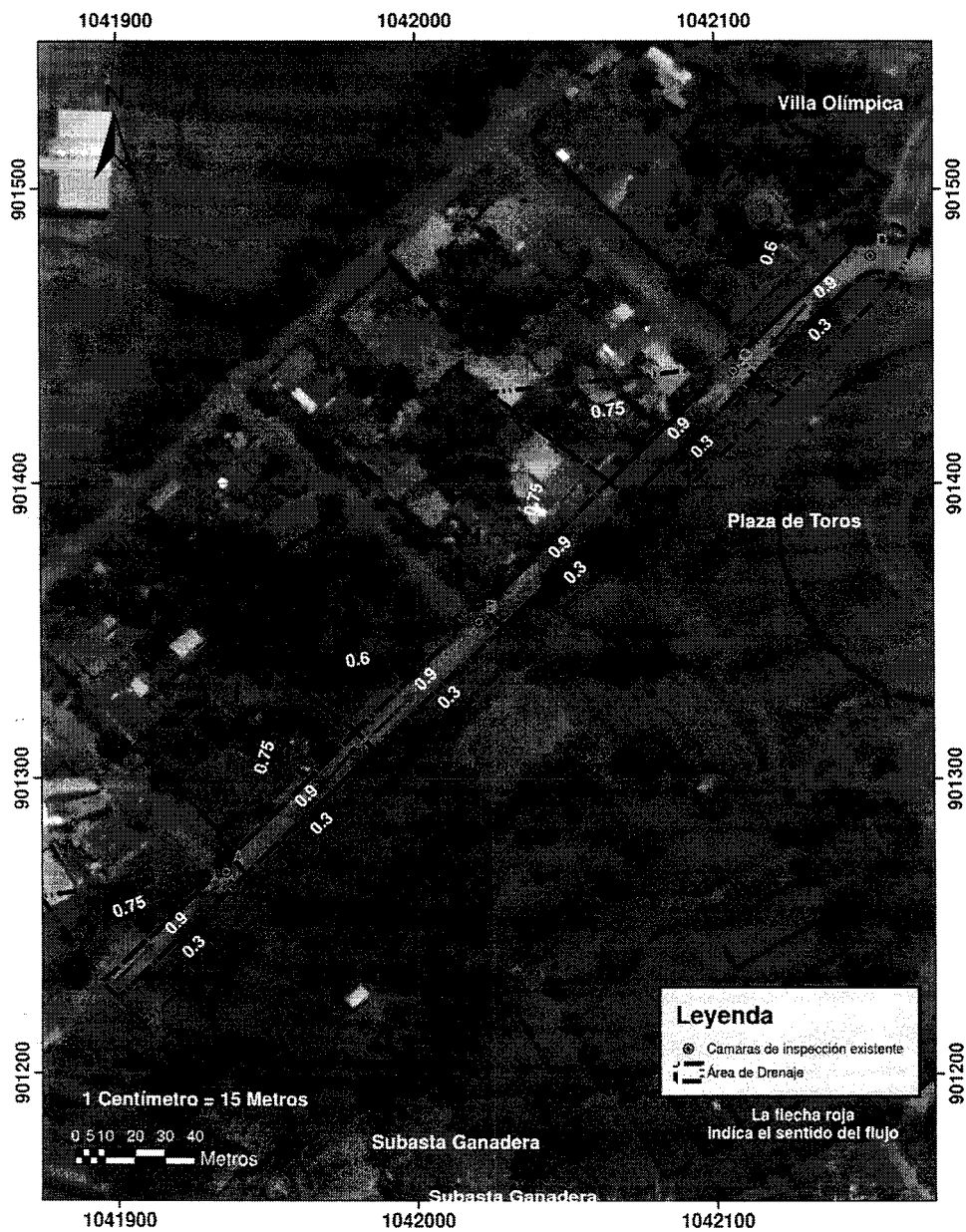
Descripción	C
Laderas protegidas de vegetación y con pendientes bajas	0.3
Uso de suelo residencial con casas contiguas, predominio de jardines y zonas verdes	0.6
Uso de suelo residencial con casas contiguas, predominio de zonas duras	0.75
Pavimento de concreto	0.9

Fuente: RAS – EAB-ESP, 2017

Al existir una interacción de varios tipos de sectores y coberturas, con diferentes valores de coeficiente de escorrentía es pertinente para cada área de drenaje por sumidero proyectado o existente establecer una ponderación de estos valores para efectos de los cálculos, como se muestra a continuación:

$$\bar{C} = \frac{\sum C_i * A_i}{\sum A}$$

Figura 4-2. Coeficiente de escorrentía acorde al uso de suelo



Fuente: consultor, 2017

Los valores ponderados se muestran en la tabla Tabla 4-2.

Tabla 4-2. Coeficiente de escorrentía ponderado por área.

POZO	Margen Izquierda - 1				Margen Derecha - 2			
	Tipo de Superficie	Ai [Ha]	Ci	Ai x Ci [Ha]	Tipo de Superficie	Ai [Ha]	Ci	Ai x Ci [Ha]
A	Pavimentos rígidos	0.045	0.9	0.0405	Pavimentos rígidos	0.045	0.9	0.0405
	Residencial con zonas verdes	0	0.6	0	Residencial con zonas verdes	0	0.6	0
	Laderas con vegetación	0	0.3	0	Laderas con vegetación	0.16	0.3	0.048
	Residenciales zonas impermeables	0.26	0.75	0.195	Residenciales zonas impermeables	0	0.75	0
	TOTALES=	0.305		0.2355	TOTALES=	0.205		0.0885
	Cp =		0.772		Cp =		0.432	
B	Pavimentos rígidos	0.06	0.9	0.054	Pavimentos rígidos	0.06	0.95	0.057
	Residencial con zonas verdes	0.13	0.6	0.078	Residencial con zonas verdes	0	0.6	
	Laderas con vegetación	0	0.3	0	Laderas con vegetación	0.13	0.3	0.039
	Residenciales zonas impermeables	0.16	0.75	0.12	Residenciales zonas impermeables	0	0.5	0
	TOTALES=	0.35		0.252	TOTALES=	0.19		0.096
	Cp =		0.720		Cp =		0.505	
C	Pavimentos rígidos	0.065	0.9	0.0585	Pavimentos rígidos	0.065	0.95	0.06175
	Residencial con zonas verdes	0.21	0.6	0.126	Residencial con zonas verdes	0	0.6	0
	Laderas con vegetación	0	0.3	0	Laderas con vegetación	0.12	0.3	0.036
	Residenciales zonas impermeables	0.14	0.75	0.105	Residenciales zonas impermeables	0	0.5	0
	TOTALES=	0.415		0.2895	TOTALES=	0.185		0.09775
	Cp =		0.698		Cp =		0.528	

Fuente: consultor

4.1.3 Intensidad media de la lluvia

Para el caso del método racional dados los requerimientos y supuestos del mismo, se da uso de la intensidad de lluvia media de un evento extremo máximo la cual se puede obtener de la generación de curvas Intensidad Duración y Frecuencia (IDF), ajustada a partir de información existe de lluvias. Para obtener el valor de intensidad de lluvia requerido para el análisis de las estructuras es necesario definir la frecuencia del evento y la duración de este, en ese orden de ideas tenemos:

4.1.3.1 Período de retorno

Para la selección de este para el diseño y análisis, partimos del establecido por el literal D.4.3.2 del RAS, en la que se establece que para que para áreas de drenaje en zonas urbanas con incidencia de usos residenciales se recomienda definir periodos de recurrencia de 3 años, lo anterior se alude la densidad de viviendas a la zona y la incidencia que tiene el área establecida para usos culturales donde la densidad de vegetación y uso de suelo aportan en atenuar los picos de los caudales. De igual forma el nivel de complejidad del sistema clasifica como bajo.

4.1.3.2 Tiempo de concentración

Es el tiempo tal que la escorrentía superficial fluye desde la parte más remota del área de aporte hasta la zona de captación del flujo, es decir que los caudales toman un valor pico, dada una precipitación que cae sobre un área determinada se mantiene equivalente a este tiempo. Para cuencas intervenidas hay que tener presente que se presentan dos tipos de tiempos de concentración, uno referente al tiempo superficial relativo al el área continua a la vía en aportar un caudal (T_s) y el otro se refiere al tiempo requerido por el flujo en trasportarse en la vía hasta la estructura de captación o sumidero llamado tiempo de viaje (T_v); siendo el tiempo de concentración total la suma de los dos. El tiempo de concentración superficial lo podemos obtener a partir de la siguiente expresión:

$$T_s = \frac{L}{V_s}$$

Donde:

L: Longitud de drenaje (m)

V_s : Velocidad superficial (m/min)

Las longitudes se toman directamente de cada cuenca aferente a partir de la información de topografía. El tiempo de viaje para la calzada donde se va a concentrar todo el flujo a lo largo de cada tramo se establece a partir de la geometría a lo largo de su sección transversal aplicando la ecuación de Izzard que se describe a continuación:

$$Q = 0.00175 * Y^{\frac{8}{3}} * \left(\frac{Z}{n}\right) * S^{1/2}$$

Donde,

Q = Caudal de drenaje de la cuneta (L / s)

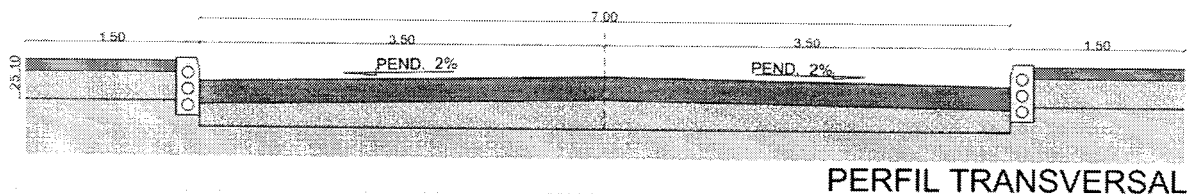
Y = Profundidad máxima (cm.)

Z = Inverso de la pendiente transversal. n = Coeficiente de Manning.

S = Pendiente longitudinal.

Para tal efecto de los cálculos del diseño geométrico y estructural de la vía, se obtiene los valores de la pendiente longitudinal que es del orden del 0.3% a lo largo de la misma, la pendiente trasversal del bombeo que es del 2%, el ancho de calzada de 3.5 m por carril para un total de 7 m, lo mencionado se observa en la Figura 4-3.

Figura 4-3 Corte transversal del diseño de la vía calle 17, municipio de San Martín de los Llanos.



Fuente: Alcaldía de San Martín, 2017

El ancho máximo de inundación permitido para vía residenciales es del orden de 2 m, acorde a lo establecido por el RAS en la tabla D.7.7.

4.1.3.3 Curva de Duración – Intensidad – Frecuencia (IDF)

Para la generación de la curva del área de estudio es pertinente, tener información de puntos representativos de la intensidad media en intervalos de tiempo de diferente duración y correspondientes todos ellos a una misma frecuencia o periodo de retorno. Es decir, se trata de una representación gráfica de la intensidad de la precipitación en función al episodio de lluvias del municipio de San Martín y con qué probabilidad puede excederse ese episodio de lluvias.

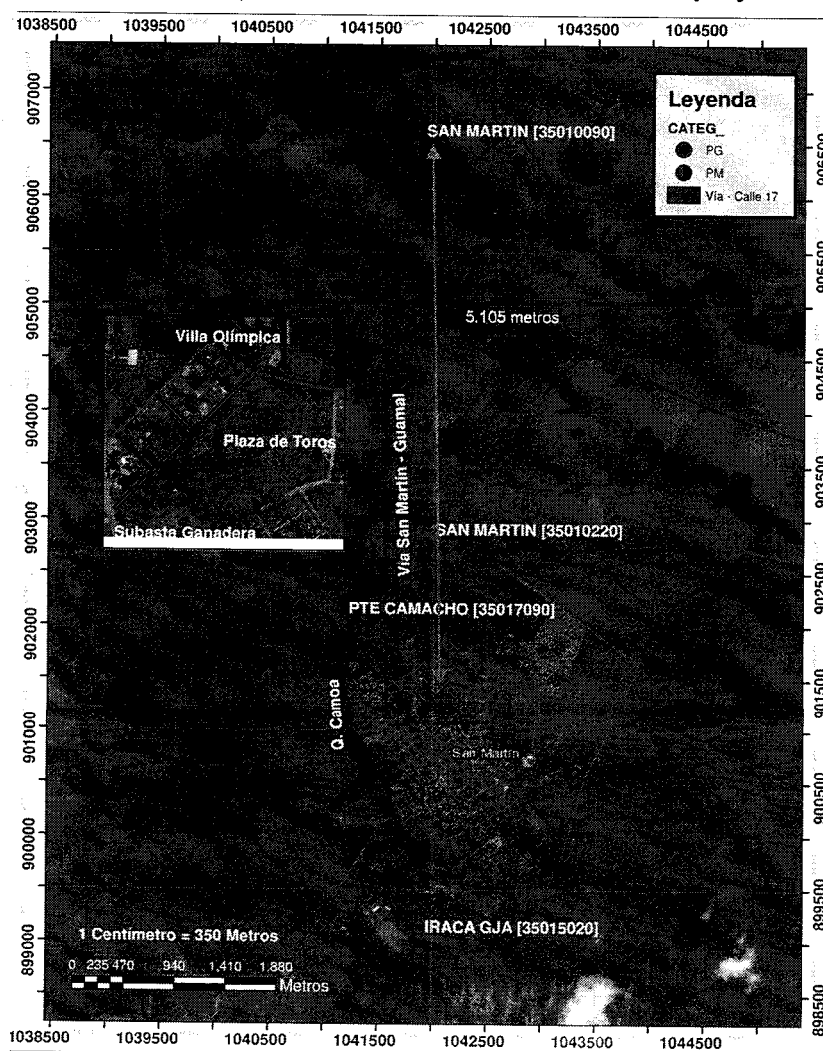
El proceso para obtener curvas IDF combina tratamientos probabilísticos de datos de lluvia, con tratamientos matemáticos de variables que posteriormente conformarán la expresión que permitirá la elaboración de la curva de intensidad en función de tiempo de lluvia y periodo de retorno establecido para el análisis y dimensionamiento del sistema. Las etapas de cálculo son las siguientes:

- Seleccionar las estaciones pluviométricas que inciden en la cuenca para obtener los datos de pluviometría mensual de y máxima en 24 horas.
- Tratamiento probabilístico de los datos para obtener: las precipitaciones máximas diarias probables en función de la duración del episodio de precipitación y el periodo de retorno de diseño establecido previamente. Las intensidades de precipitación en mm/h a partir de los anteriores.
- Distribución de las precipitaciones máximas diarias e intensidades según la influencia de las estaciones asociadas.
- Tratamiento matemático de las intensidades obtenidas mediante regresiones lineales múltiples para cada periodo de retorno acorde al establecido acorde a la complejidad del proyecto y regresión potencial para el conjunto de ellos.
- Obtención de la ecuación que define la curva IDF para cada periodo de retorno en función de la duración del episodio de precipitación y representación gráfica de la curva

Para definir las estaciones con incidencia al proyecto se establece un análisis espacial de las mimas con miras a definir la estación con mayor representación para el proyecto. La distribución de estaciones se realiza mediante información disponible de entidades ambientales encargadas de regular y hacer las respectivas mediciones, como es el caso del IDEAM.

Lo anterior permitió identificar cuatro estaciones de clase meteorológica clasificadas en las categorías pluviométrica (PM) y pluviográfica (PG). La Figura 4-4, muestra la distancia entre las 3 estaciones circundantes y el proyecto vías de la calle 17. La exploración muestra que la estación pluviométrica San Martín (35010220), es la más cercana ubicada al norte del casco urbano, dicha estación presenta una altura promedio de 419 m.s.n.m, seguida de la estación pluviográfica Iraca GJA (35015020) ubicada hacia el costado sur del proyecto, en la vereda los Alpes dentro del municipio; si bien por la proximidad serian estaciones relevantes para el estudio, cabe mencionar que ambas se encuentran en un estado de suspensión, San Martín solo tuvo 10 años de operación entre los años 1960 a 1970, mientras que Iraca tiene una serie de eventos de 16 años entre 1968 a 1963, dada la escasa información contenida no permite hacer la aproximación y ajustar la información para la proyección de los datos, esto no permite cumplir con el criterio de completitud de información que se permita correlacionar los datos con el comportamiento de lluvias en la zona, además de ser estaciones suspendidas, dejan de lado información notable en años donde los fenómenos de la niña tuvieron alta incidencia en los incrementos de la magnitudes de precipitación a lo largo del país.

Figura 4-4. Localización de estaciones cercanas al proyecto.



Fuente: IDEAM, 2007

Para solventar la falencia de información se da uso de la información de la estación pluviométrica (PM) localizada hacia la parte norte del proyecto hacia la zona veredal de San Cayetano, llamada San Martín (35010090), esta presenta una longitud de serie de 46 años instalada desde el año 1961 y tiene información hasta el año 2014, cabe mencionar que desde 1971 a 1979 no reporta información (ver Figura 4-4); la información se relaciona en el anexo 1 del presente documento.

La distribución de probabilidad de Gumbel se recomienda para este tipo de análisis ya que dicha función de probabilidad utilizada usualmente para valores máximos aleatorios, (INVIAS, 2009).

Para el estudio de intensidades se utilizó el método de relación simultanea de la intensidad a la duración y el periodo de retorno de diseño (3 años) y cuya ecuación es

$$I = \frac{k * Tr^m}{t^n}$$

Donde,

I = intensidad de precipitación (mm/h)

T = Periodo de Retorno (años)

t = Tiempo de duración de precipitación (min)

Por tanto, n y m son constantes que se calculan mediante un análisis de correlación lineal múltiple, y en tanto que I corresponden a la intensidad de precipitación. Los resultados de la curva se presentan a continuación:

Tabla 4-3. Tabla de Intensidad – Duración – Frecuencia para el periodo de 3 años.

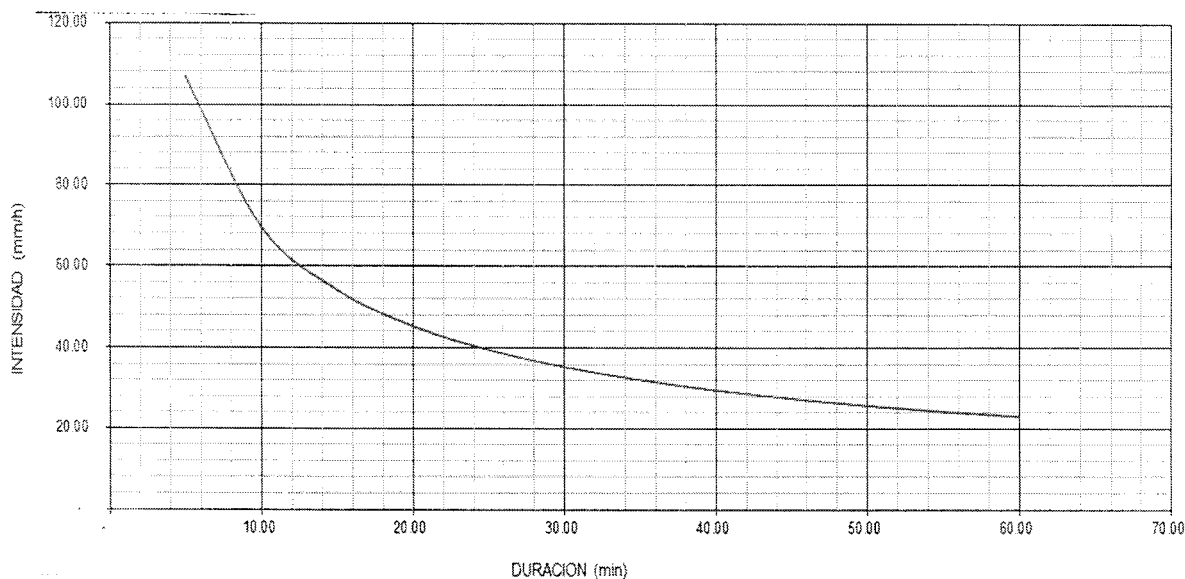
Frecuencia	Duración en minutos											
años	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60
3	106.85	69.58	54.14	45.31	39.47	35.26	32.05	29.51	27.43	25.7	24.23	22.96

Fuente: Consultor.

Por lo anterior los coeficientes obtenidos del análisis se muestran a continuación

$$I = \frac{245.036 * Tr^{0.15115}}{t^{0.61885}}$$

Figura 4-5. Curva Duración -Intensidad – Frecuencia – Tr 3 años



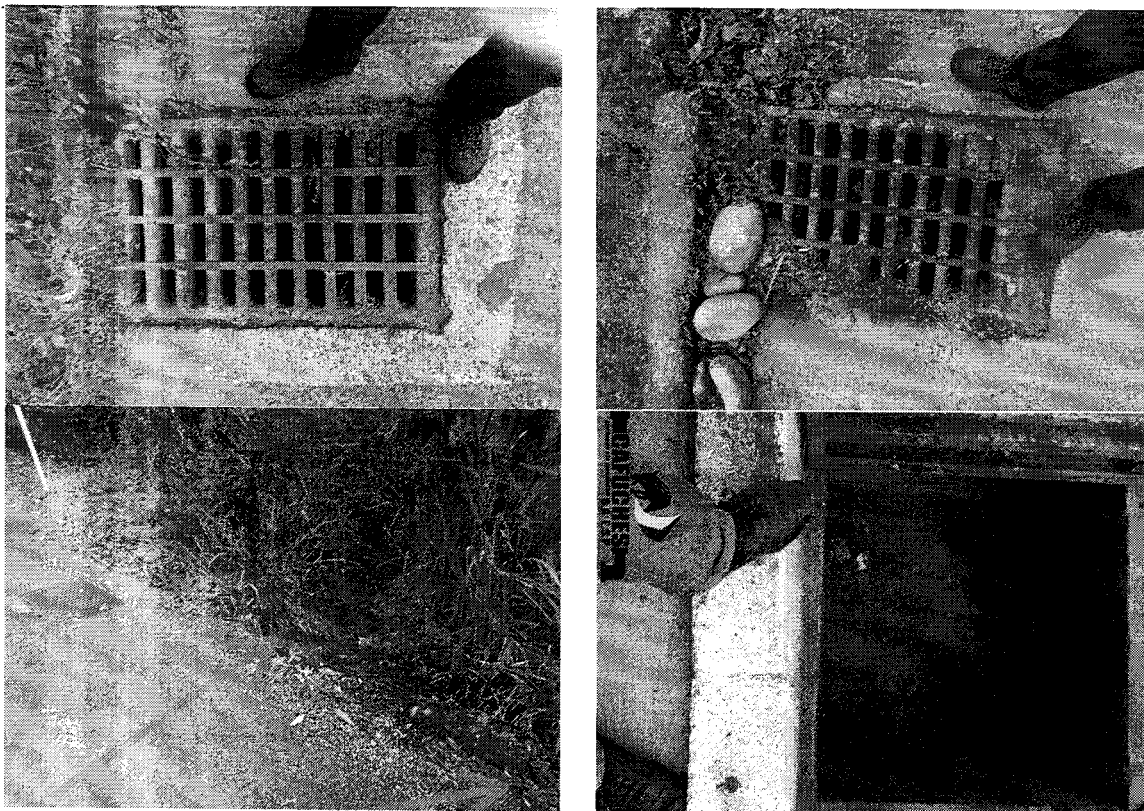
Fuente: consultor, 2017

4.1.3.4 Caudales de captación estructura existente

Para establecer los caudales de las estructuras existentes se realizó una revisión en campo en las que se identificaron el tipo de sumidero y se determinaron las dimensiones de las rejillas, de la visita se concluye que, los sumideros son de tipo cuneta emplazados en la calzada, compuestos por una caja transversal a la vía, cuya captación se realiza por medio de una rejilla metálica móvil, es evidente en algunas hay un deterioro por las cargas de vehículos que transitan las vía; se establece un grado de colmatación en la zona producto de arrastre de material proveniente del afirmado de vías que no se encuentran aún pavimentadas, puntualmente en el barrio Olímpico hacia las carrera 7, 8 y 9, lo que resta eficiencia a las estructuras. Lo anterior se solventa a futuro ya que la administración proyecta la pavimentación de las carreras con recursos del OCAD Municipal permitiendo reducir la cantidad de materiales pétreos que puedan ser arrastrados al sistema pluvial y colmatar el mismo.

Acorde al PBOT la empresa prestadora del servicio de saneamiento básico CAFUCHES S.A -ESP, proyecta mantenimiento constante de los sistemas de alcantarillado pluvial cada 6 meses y previo a temporadas invernales con el fin de garantizar la funcionalidad de la estructura.

Figura 4-6. Inspección de sumideros existentes en la zona



Fuente: Consultor – CAFUCHES S.A -ESP, 2017

El tipo de sumideros existente en la vía son estándar y por lo tanto las dimensiones de la rejilla son iguales para todas, por lo tanto, la base tiene 75 cm, mientras que la longitud es de 106 cm, los espaciamientos son de 5 cm, mientras que el espesor es del orden de 3.5 cm, lo que establece un área efectiva de 0.531 m². Dichos datos permiten establecer la cantidad de caudal que puede captar las estructuras mediante la ecuación de gasto de aproximación para sumideros de rejilla.

La Tabla 4-4 condensa los cálculos referentes al tiempo de concentración, velocidades del flujo integrando la intensidad media para cada una de las cuencas establecidas para el drenaje, estableciendo los caudales máximos a discurrir por la vía.

4.1.3.5 Caudales de captación estructura existente

Tabla 4-4. Cálculos hidráulicos drenaje superficial calle 17. – Caudales totales

Pozo - Área - Margen	L [m]	So [%]	Área Trib. [ha]	Cp	Lescurr. [m]	Vesc [m/min]	Tcs [min]	Tv [min]	Tc [min]	TR	I [mm/hr]	Qprop [l/s]	Qtot [l/s]	Qcalle [l/s]	Tcalle [m]	Ycalle [cm]
A - Área 1 - Izq	60.03	0.3	0.12	0.78	30	70	0.43	3.31	3.74	3	127.89	11.97	11.97	12.08	2.00	3.99
A - Área 1 - Der			0.10	0.42	12	30	0.40		3.71			5.40			1.48	2.96
A - Área 2 - Izq	60.03	0.3	0.19	0.77	30	70	0.43	3.31	3.74	3	127.89	18.71	18.71	12.08	2.36	4.71
A - Área 2 - Der			0.11	0.44	12	30	0.40		3.71			6.22			1.56	3.12
B - Área 1 - Izq	60.03	0.3	0.16	0.66	35	70	0.50	3.31	3.81	3	126.43	13.35	13.35	12.08	2.08	4.15
B - Área 1 - Der			0.10	0.50	12	40	0.30		3.61			6.54			1.59	3.18
B - Área 2 - Izq	60.03	0.3	0.19	0.77	35	70	0.50	3.31	3.81	3	126.43	18.50	18.50	12.08	2.35	4.69
B - Área 2 - Der			0.09	0.50	12	40	0.30		3.61			5.88			1.53	3.05
C - Área 1 - Izq	60.03	0.3	0.17	0.78	35	70	0.50	3.31	3.81	3	126.43	16.76	16.76	12.08	2.26	4.52
C - Área 1 - Der			0.10	0.50	12	30	0.40		3.71			6.43			1.58	3.16
C - Área 2 - Izq	60.03	0.3	0.25	0.64	35	70	0.50	3.31	3.81	3	126.43	20.23	20.23	12.08	2.43	4.85
C - Área 2 - Der			0.09	0.57	12	30	0.40		3.71			6.59			1.60	3.19

Fuente: consultor, 2017

De los caudales totales obtenidos y área efectiva de la rejilla existentes y futuras, se hace evidente que la capacidad de captación es superior en un rango que varía entre el 64.23% al 92.61% de lo solicitado por caudales máximos dando como resultado una oferta de captación superior a las magnitudes producto de un evento de precipitación en la zona, lo anterior se observa en la Tabla 4-5. Cabe mencionar que a los sumideros proyectados y existentes presentan una reducción en su eficiencia del orden del 70% y un 50% para infraestructura proyectada.

Si bien de la tabla anterior se observa que la calzada hacia el costado izquierdo no cumple con el ancho mínimo de inundación para sectores urbanos residenciales, es posible permitir estas condiciones ya que los sumideros corrigen ese sobre ancho dada la capacidad que tienen captar el flujo que es superior al requerido.

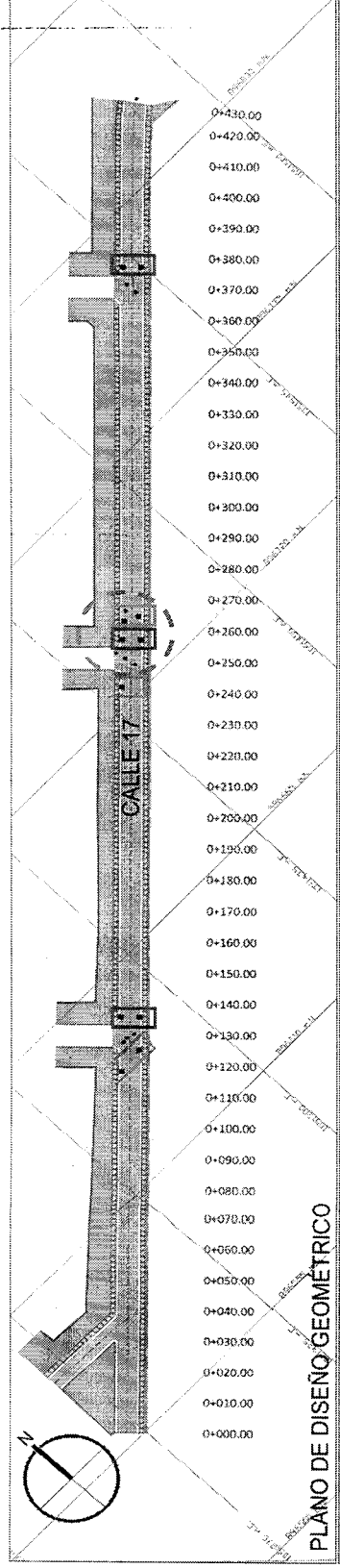
Tabla 4-5. Caudales de aproximación vs caudales de captación.

Pozo - Área - Margen	Qtot [l/s]	Q [l/s]
A - Área 1 - Izq	11.97	84.846
A - Área 1 - Der	5.40	73.078
A - Área 2 - Izq	18.71	55.728
A - Área 2 - Der	6.22	45.356
B - Área 1 - Izq	13.35	86.530
B - Área 1 - Der	6.54	75.746
B - Área 2 - Izq	18.50	91.988
B - Área 2 - Der	5.88	74.181
C - Área 1 - Izq	16.76	54.592
C - Área 1 - Der	6.43	---
C - Área 2 - Izq	20.23	56.550
C - Área 2 - Der	6.59	---

Fuente: consultor, 2017

Acorde con lo anterior, se observa un buen comportamiento de los sumideros existentes evaluados en conjunto con los 6 sumideros proyectados, en los que se dará uso de las estructuras existentes en las que se recomienda un mantenimiento previo y reparación de rejillas con el fin de dar un servicio con mayor eficiencia, la localización de estos se muestra a continuación:

Figura 4-7. Localización de sumideros



Nota:

1. Los sumideros en color rojo son los que se proyectan dada la modificación de las pendientes en el tramo en la que se busca generar quiebres cada 60 m, estos se ubican en las zonas de depresión donde se concentrará el flujo.
2. Los sumideros en color azul son los sumideros existentes que prestaran un servicio de redundancia al sistema futuro con miras de evitar inundaciones por encharcamiento.
3. Los sumideros en la zona de la carrera 8 en el círculo verde reportan un reemplazo de 2 de las cuatro estructuras (sumideros de rejilla) dado el grado de colmatación y deterioro.
4. La zona de la carrera 9, no cuenta con sumideros y al ser proyectada como una zona baja en la partición de agua es pertinente la disposición de 2 sumideros para garantizar una adecuada captación del flujo de aproximación en la zona.

4.2 EVALUACIÓN COLECTORES

Para el cálculo de los colectores se tomó la información entregada de la topografía, para definir la pendiente y longitud de los tramos que se conectan en el área de estudio, esta información fue corroborada por la empresa prestadora del servicio CAFUCHES S.A, quienes hacen el mantenimiento y adecuaciones de la red en el barrio Olímpico. Acorde a los caudales pico que se pueden obtener en la zona se evaluó que las relaciones hidráulicas de la tubería existente mediante los caudales por escorrentía que se pueden generar, en la Tabla 4-6 se relacionan los resultados.

Tabla 4-6. Comprobación de capacidad tubería existente.

Tramo	L	S	D-N min 250mm	D-I.	n	V	Q	q/Q	v>0.75m/s	Y	Y / d	F	Fuerza Tractiva
id	m	%	mm,"	m		m/s	l/s	< 1.0	m/s	m	<100%		t >,30 kg/m2
A-B	120	1.2	250-S4	0.231	0.009	1.82	76.21	1	1.92	0.2	85.85	1.25	0.84
C-B	37.66	1.2	250-S4	0.231	0.009	1.82	76.21	0.71	1.73	0.16	70.15	1.43	0.82
B-DES	120	4	315-S8	0.284	0.009	3.81	241.37	0.55	3.37	0.17	60.34	2.83	3.16

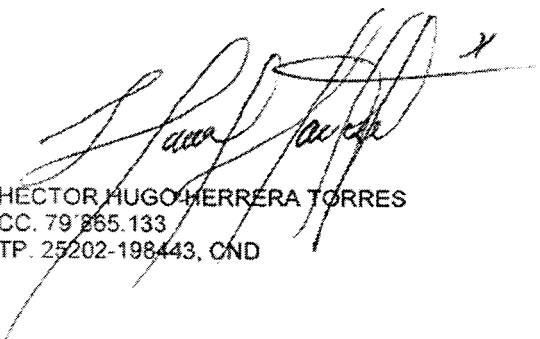
Fuente: consultor, 2017

5 CONCLUSIONES

- Dadas la baja instrumentación de cuencas y subcuencas en la zona propicio la necesidad de dar uso de la estación San Martín ubicada en la vereda San Cayetano a 7.2 km y una altura de 420 m.s.n.m, la cual presenta una ventada de información de la variable aleatoria de precipitación de 46 años, permitiendo cumplir con los requerimientos de completitud y aportando una densidad mayor a 20 años para ajustar los datos a la distribución Gumbel para caracterizar el comportamiento de la variable ante eventos extremos. Dadas las características climáticas de la cuenca y la distancia al proyecto la variabilidad de la información no es relevante y permite describir el comportamiento de la precipitación en la zona.
- La cuenca presenta un gran aporte de sedimentos producto de la ausencia de coberturas en concreto rígido o asfáltico, lo que, junto a la vegetación y arrastre de materiales como bolsas, botellas plásticas, pueden generar la colmatación de las estructuras por lo que la empresa prestadora del servicio de saneamiento básico debe prestar un mantenimiento constantes definiendo las labores de operación y mantenimiento y/o, a requerimientos de un refuerzo hidráulico o estructural del sistema, entre otros. Los proyectos de rehabilitación se llevan a cabo cuando el sistema o sus componentes han llegado al límite de su vida útil o son operativamente ineficientes por lo cual es necesario su reemplazo o renovación.
- Acorde a lo establecido, se evidencia que los sumideros actuales y proyectados en la vía propician la oferta necesaria para captar el 100% de las aguas que fluyen producto de la escorrentía con rango que van desde el

64.23% al 92.61%, rango positivo que respalda el buen funcionamiento hidráulico, mismo que se ajusta a las disposiciones planteadas en el diseño geométrico de la vía calle 17.

- Si bien de la tabla anterior se observa que la calzada hacia el costado izquierdo no cumple con el ancho mínimo de inundación para sectores urbanos residenciales, se puede plantear mantener ese margen que excede entre 0.08 m a 0.43 m, con miras a no tener que proyectar más estructuras intermedias que nos ayuden a disminuir el sobre ancho de inundación o presencia de lámina de agua ya que esto generaría un aumento en el presupuesto y cantidad de infraestructura a diseñar e instalar, de igual forma y con miras a no generar un detrimento y dado que las estructuras instaladas de alcantarillado pluvial están prestando un buen servicio y tiene la capacidad de captar, transportar y disponer el caudal hasta el emisario final, solo es requerido la renovación de sumideros existentes en la parte baja hacia la cámara de inspección denominada B y la proyección de 2 sumideros en la zona baja hacia la cámara A y C.
- De la Tabla 4-6, se puede corroborar que el sistema instalado actualmente tiene la capacidad de transportar los caudales pico producto de un evento de precipitación, acorde al periodo de diseño de dichas estructuras dado el uso de la zona en la cual se está adelantando el estudio de adecuación vial de la calle 17, dados los requerimientos mínimos del RAS se tiene lo siguiente:
 - a. Los diámetros internos establecidos en la zona los cuales son del orden de 0.231 m son mayores a los mínimos establecidos por la norma.
 - b. La velocidad real es superior a la mínima establecida por la norma (0.75 m/s) con valores que van de 1.92 m/s a 3.37 m/s y dado al tipo de material (PVC) las velocidades máximas no son excedidas.
 - c. La relación de lámina de agua y el diámetro no supera el 100%, con valores menores al 85.85 como máximo, dejando un remanente de almacenamiento en la tubería.
 - d. El esfuerzo cortante en todos los tramos es mayor a 0.30 Kg/m², como garante de la capacidad de auto limpieza de la red.



HECTOR HUGO HERRERA TORRES
CC. 79'265.133
TP. 25202-198443, CND

6 ANEXO 1 – DATOS DE LA ESTACIÓN PLUVIOMÉTRICA

Nombre	SAN MARTÍN					Fecha de instalación	1961			Elevación	420	m.s.n.m
Código	35010090					Fecha de suspensión	Activa			Tipo	PM	
Año	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1961	7.00	15.00	40.00	55.00	64.00	64.00	49.00	12.00	37.00	87.00	90.00	32.00
1962	15.00	14.00	38.00	69.00	52.00	81.00	57.00	51.00	80.00	60.00	40.00	1.00
1963	19.00	31.00	10.00	82.00	82.00	41.00	80.00	41.00	78.00	48.00	45.00	14.00
1964												
1965	31.00	12.00	25.00	75.00	80.00	39.00	55.00	70.00	38.00	50.00	80.00	40.00
1966	29.00	21.00	70.00	75.00	78.00	58.00	60.00	70.00	47.00	76.00	80.00	80.00
1967	20.00	69.00	55.00	85.00	70.00	62.00	50.00	39.00	35.00	55.00	51.00	50.00
1968	12.00	10.00	30.00	89.00	46.00	75.00	70.00	45.00	87.00	57.00	88.00	15.00
1969	35.00	89.00	30.00	80.00	71.00	57.00	63.00	50.00	86.00	82.00	92.00	38.00
1970	11.00	45.00										
1979	130.00	0.00	65.00		90.00	54.00	130.00	83.00	30.00	119.00	84.00	84.00
1980	24.00	16.00	60.00	76.00	60.00	130.00	68.00	57.00	79.00	65.00	75.00	54.00
1981	0.00	29.00	24.00	85.00	78.00	150.00	105.00	40.00	60.00	62.00	80.00	48.00
1982	30.00	0.00	60.00		125.00	55.00	105.00	98.00	50.00	99.00	106.00	7.00
1983	6.00	90.00	16.60	62.70	50.00	27.20	62.30	70.00	70.40	67.40	70.30	30.40
1984	20.90	80.60	50.70	93.00	42.00	41.00	60.30	57.40				
1985	0.00	10.60	30.30	50.70	50.70	43.70	30.60	66.20	75.40	75.10	62.00	3.40
1986	0.00	60.40	52.80	74.50	84.00	70.90	15.30	34.60	22.10	43.00	40.60	62.90
1987	23.40	22.60	6.00	92.10	45.40	132.20	61.60	70.30	86.40	134.20	36.80	85.20
1988	2.90	15.20	33.60	37.20	130.80	109.30	101.50	84.40	31.90	96.30	62.30	54.30
1989	26.30	54.40	52.60	68.00	90.20	71.30	65.50	45.10	61.80	52.00	59.80	6.90
1990	27.00	70.20	90.00	106.50	114.80	77.00	98.60	105.00	32.50	85.00	48.20	83.60
1991	5.40	17.80	72.50	67.50	86.00	63.90	75.10	27.00	117.20	37.00	50.00	4.00
1992	28.00	9.00	36.00	108.00	76.00	60.00	38.00	27.00	79.00	90.00	49.00	40.00
1993	43.00	11.00	76.00	68.00	119.00	44.00	43.00	109.00	65.00	93.00	49.00	22.00
1994	21.00	55.00	71.00	98.00	65.00	58.00	84.00	95.00	46.00	108.00	48.00	13.00
1995	80.00	22.00	82.00	100.00	92.00	100.00	72.00	68.00	70.00	127.00	54.00	28.00
1996	9.00	45.00	105.00	63.00	105.00	55.00	80.00	85.00	52.00	61.00	102.00	38.00
1997	20.00	53.00	95.00	70.00	134.00	46.00	85.00	31.00	137.00	40.00	33.00	0.00
1998	4.00	42.00	33.00	72.00	77.00	44.00	50.00	45.00	76.00	46.00	41.00	18.00
1999	22.00	40.00	18.00	108.00	83.00	56.00	45.00	33.00	68.00	38.00	58.00	11.00
2000	10.00	29.00	68.00	107.00	109.00	50.00	110.00	23.00	50.00	49.00	36.00	65.00
2001	9.00	23.00	76.00	135.00	110.00	63.00	63.00	35.00	125.00	74.00	37.00	63.00
2002	1.00	11.00	42.00	77.00	105.00	118.00	72.00	41.00	97.00	104.00	75.00	23.00
2003	0.00	24.00	81.00	72.00	71.00	54.00	44.00	55.00	54.00	50.00	46.00	109.00
2004	24.00	104.00	78.00	58.00	105.00	144.00	75.00	38.00	87.00	86.00	42.00	75.00
2005	18.00	55.00	39.00	80.00	137.00	57.00	59.00	60.00	46.00	135.00	83.00	3.00

Nombre	SAN MARTÍN					Fecha de instalación		1961		Elevación	420	m.s.n.m
Código	35010090					Fecha de suspensión		Activa		Tipo	PM	
Año	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
2006	44.00	22.00	58.00	92.00	143.00	71.00	78.00	45.00	78.00	84.00	104.00	9.00
2007	2.00	4.00	58.00	121.00	137.00	60.00	60.00	79.00	85.00	81.00	38.00	12.00
2008	1.00	8.00	10.00	109.00	68.00	82.00	61.00	52.00	112.00	60.00		
2009	41.00	13.00	32.00	108.00	93.00	107.00	65.00	116.00	43.00	136.00	39.00	15.00
2010	0.00	61.00	74.00	136.00	78.00	58.00	68.00	38.00	90.00	80.00	76.00	59.00
2011	17.00	17.00	61.00	130.00	80.00	97.00	26.00	35.00	38.00	47.00	90.00	50.00
2012	0.00	23.00	113.00	46.00	69.00	42.00	58.00	108.00	120.00	85.00	80.00	130.00
2013	6.00	75.00	52.00	105.00	150.00	85.00	48.00	65.00	50.00	85.00	130.00	34.00
2014	5.00	20.00	15.00	145.00	75.00	56.00	52.00	34.00	42.00			

Fuente: IDEAM, 2017

REGISTRO FOTOGRÁFICO ESTACIÓN

