DISEÑO DE REDES DE ALCANTARILLADO

MEJORAMIENTO DE MALLA VIAL DEL MUNICIPIO DE MANZANARES CALDAS.

mayo de 2024

JUAN ESTEBAN OSSA OSSA
C.C. 1.053.871.497
Ingeniero Civil
MP. 051037-0543430 CLD

Índice

1. Generalidades 3

1.1. Descripción del proyecto 3

1.2. Alcances 3

1.3. Localización 4

1.4. Objetivos 9

1.5. Metodología 10

1.5.1. Revisión de información existente 10

1.5.2. Cálculo caudal aguas lluvias 10

1.5.3. Propuesta de obras complementarias para el drenaje de las vías. ... 10

1.5.4. Conclusiones y recomendaciones 11

2. RECOPILACION DE INFORMACION Y TRABAJO DE CAMPO 12

3. Cálculo caudal de aguas lluvias 14

- Características de la precipitación en la zona 16

3.1. Método Racional 17

3.1.1. Precipitación máxima en 24 horas multianual. 19

3.1.2. Determinación de la intensidad de diseño- Análisis hidrológico 21

3.2. Aplicación de la metodología para el análisis de lluvias caudales 23

4. HIDRÁULICA 26

5. Revisión hidráulica 28

5.1. Requisitos diseño 38

6. Conclusiones y recomendaciones 38

7. Referencias 38

1. Generalidades

1.1.Descripción del proyecto

El presente informe contiene información general del proyecto, así como el desarrollo de los estudios necesarios para los diseños de redes de alcantarillado tendientes a la construcción de las obras diseñadas para MEJORAMIENTO DE MALLA VIAL DEL MUNICIPIO DE MANZANARES CALDAS, nombrados de esta forma:

1. Cra 5a, cll 10, zona repuestos gomez, san Roque
2. Milenio sector calles arriba de la escuela
3. San Antonio Cll 8
4. Calle 6 entre Carrera 3 y 4
5. Barrio El Carmen
6. Barrio Lombo

El proyecto consiste en el diseño hidráulico de los elementos para el drenaje superficial de los tramos de vías en estudio, los cuales tienen las siguientes longitudes, Tramo 1: 275 m, tramo 2: 63,90 m, Tramo 3: 78,95 m, Tramo 4: 81 m, Tramo 5: 220 m, Tramo 6: 261,90 m, para el drenaje de alcantarillado, pero en este informe se prestará mayor atención a las obras hidráulicas nuevas que deban ser planteadas para garantizar un buen drenaje de la vía.

En total se analizarán 6 tramos de vías del municipio de Manzanares de los cuales se recibió información de los elementos existentes, como sumideros, cajas, pozos y cunetas.

Después de realizar la revisión hidráulica se pretende dar un diagnóstico de las vías estudiadas y así proponer las obras necesarias para garantizar el buen funcionamiento de la red después de la intervención de los tramos de vía.

1.2.Alcances

Apoyados en el levantamiento topográfico y por medio de un componente exploratorio, se realizarán los diseños y relocalización de obras de drenaje y/o estructuras hidráulicas, de acuerdo con lo establecido en el reglamento técnico para

el sector de agua potable y saneamiento básico (RAS), Norma de diseño de acueducto y alcantarillado, y demás normativas vigentes que sean aplicables.

En el presente informe técnico se presentan los siguientes alcances, los cuales se desarrollan a lo largo de este.

- Diseño de elementos de recolección de aguas lluvias.
- Verificación de las pendientes de las áreas tributarias y diseño del manejo de aguas lluvias y su escorrentía superficial.
- Diseño de elementos de captación y conducción de aguas lluvias.
- Los diseños presentados incluirán las áreas tributarias, caudales de diseño, longitudes, pendientes, diámetros, materiales y tipo de tubería.
- Información de los resultados del cálculo hidráulico.
- Conclusiones y Recomendaciones.

Con el análisis de la red se realiza un diagnóstico del estado actual de los tramos de la red estudiados, haciéndose recomendaciones técnicas de ser necesario.

1.3.Localización

Manzanares es un municipio colombiano situado en el departamento de Caldas. Es llamada la Ciudad Cordial. Cuenta con una población estimada en 32.869 habitantes, una extensión de 244 kilómetros cuadrados, temperatura promedio de 19 °C, este municipio, fundado en 1863 y erigido en 1864, dista 117 kilómetros de la capital del departamento, Manizales.

El territorio de Manzanares estuvo inicialmente poblado por indígenas pantágoras y marquetones. Durante la conquista, estos indios fueron sometidos por las tropas del teniente español Baltazar Maldonado, quien cumplía órdenes de Gonzalo Jiménez de Quesada. La fundación del distrito se atribuye a un grupo de colonizadores antioqueños liderado por los hermanos Alejandro, Daniel y Joaquín Marulanda. Fue sede de gobierno del estado del Tolima durante tres meses, en el año 1867.

En el aspecto económico, los ingresos de esta localidad provienen especialmente de la ganadería y el cultivo del café. También son importantes la producción de caña panelera y plátano.

Su posición estratégica en el centro de esta subregión lo ha convertido en el eje de la actividad comercial y del transporte de la zona circundante. A nivel microindustria produce bloques para la construcción, cueros, calzado y velas.

En las diferentes veredas de esta región, se ha ido gestando y ha tomado mucha relevancia la producción panelera, como consecuencia del cultivo de la caña de azúcar; hasta la primera década del siglo XXI utilizaban en las moliendas raza caballar para exprimir la caña y obtener el guarapo, el cual se convierte en panela por medio de procesos de calentamiento en pailas especiales ; para de este método cambiar a un método que se realiza por medio de motores eléctricos optimizando la producción y la oferta de este producto y sus derivado. El Municipio de Manzanares limita con los siguientes Municipios: - Norte: Pensilvania Caldas - Oriente: Marquetalia Caldas - Sur: Fresno Tolima - Occidente: Marulanda Caldas La principal vía de acceso al municipio es la que conduce al sitio conocido como Petaqueros, sobre la vía al Magdalena; desde Manzanares se accede a los municipios de Marulanda, Pensilvania y Marquetalia, por lo que se ha posicionado como el punto central del proyecto vial más importante del departamento en la actualidad: La Transversal de Caldas que unirá el oriente con el occidente.

Se encuentra asentado en territorios que en su gran mayoría son montañosos correspondientes al relieve de la Cordillera Central, y que por lo accidentado de su topografía presenta los pisos térmicos cálido, medio y frío con una temperatura promedio de 18°C.



Localización de Manzanares Caldas en Colombia

El proyecto se encuentra localizado así:

Tramo 1: en la cabecera urbana del municipio de manzanares, y comienza desde la intersección de la calle 10 con la cra 5 (entrada barrio San Roque), y finaliza al terminar el barrio San roque.

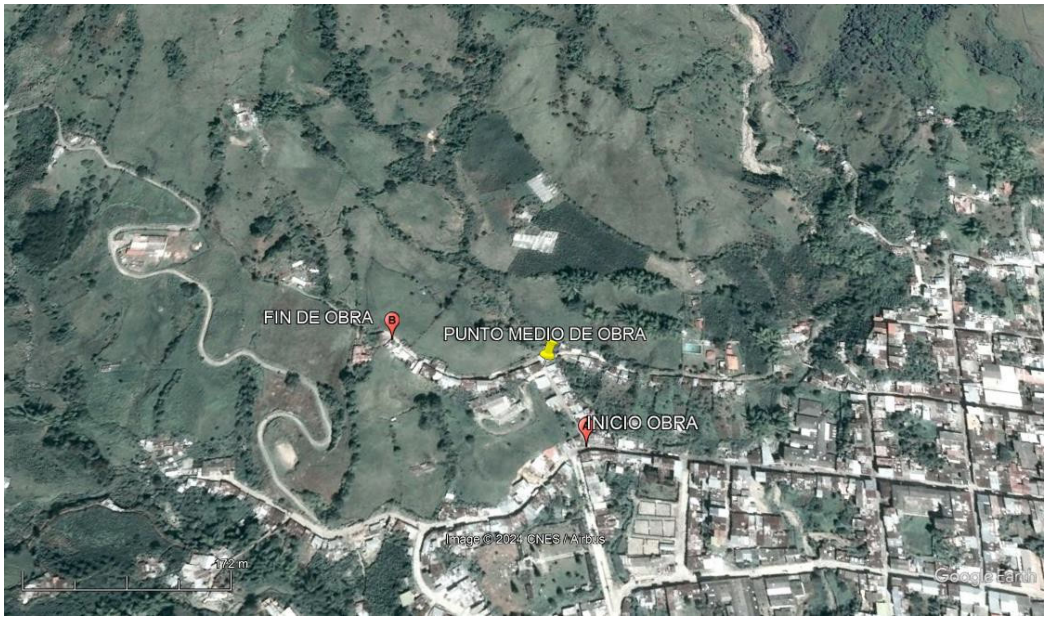


Imagen 1. Localización del tramo 1.

Tramo 2: En la cabecera urbana del municipio de manzanares sector milenio III, y comienza desde al frente de la escuela y finaliza en la siguiente intersección.

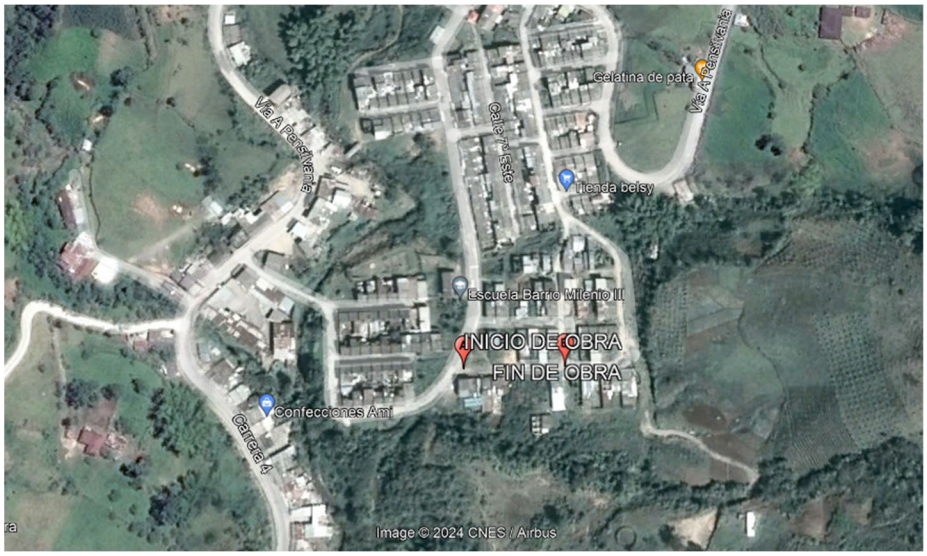


Imagen 3. Localización del tramo 2.

Tramo 3: En la cabecera urbana del municipio de manzanares, en la calle 8b entre la calle 5 y 6.

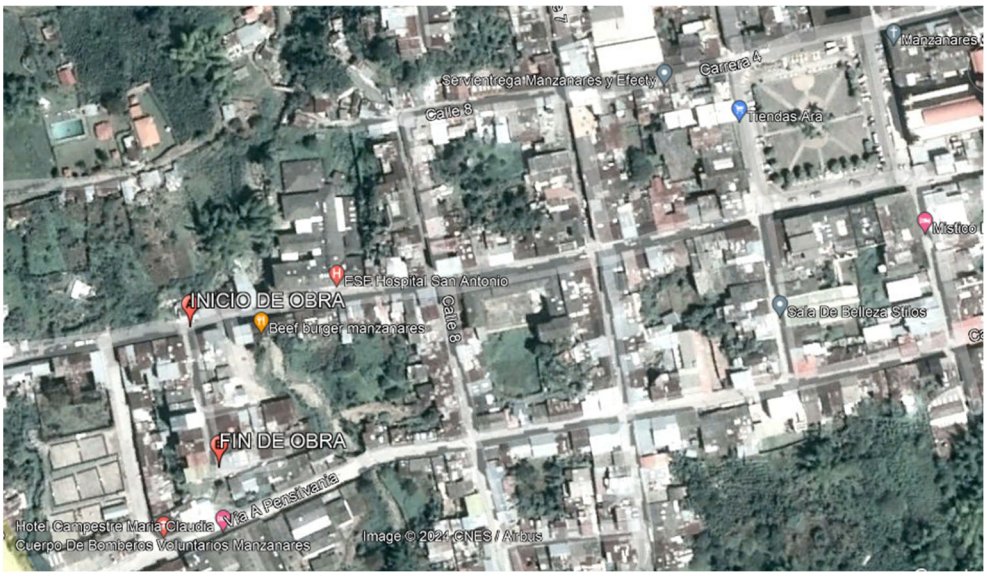


Imagen 4. Localización del tramo 3.

Tramo 4: En la cabecera urbana del municipio de manzanares, en la calle 6 entre cra 3 y 4, al costado de la Alcaldía municipal.

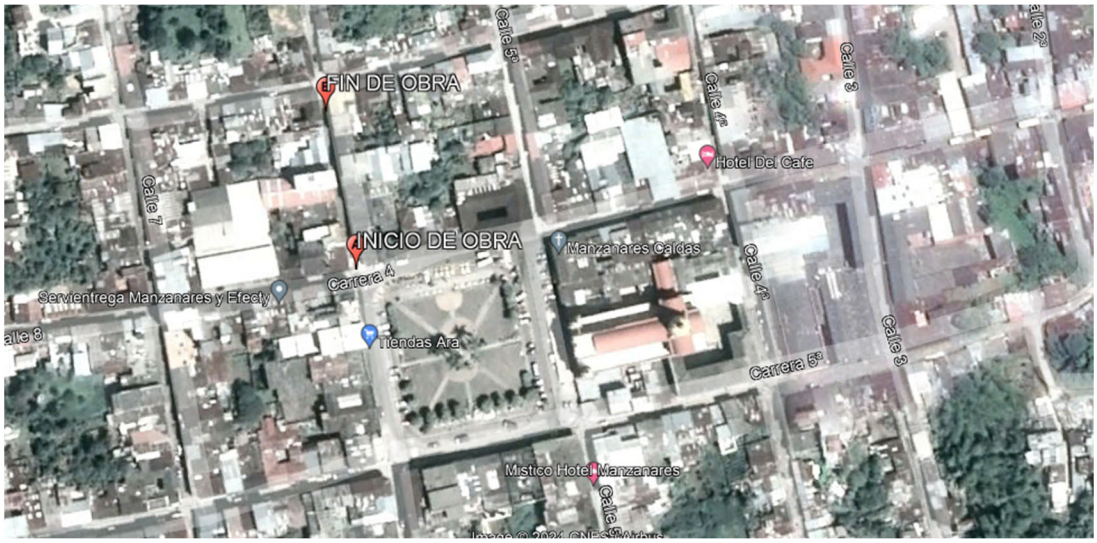


Imagen 5. Localización del tramo 4.

Tramo 5: En la cabecera urbana del municipio de manzanares, en la cra 7, entre calle 8 y 10.

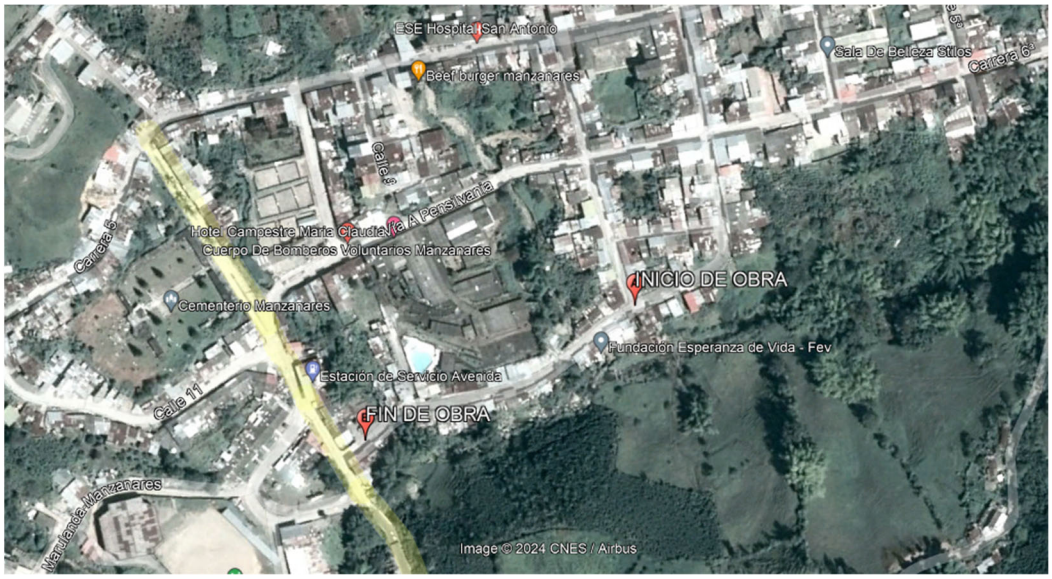


Imagen 6. Localización del tramo 5.

Tramo 6: En la cabecera urbana del municipio de manzanares, en la calle que conecta el barrio lombo con el barrio las travesias



Imagen 7. Localización del tramo 6.

1.4.Objetivos

1.2.1 Objetivo general

Realizar el estudio de redes de alcantarillado para el diseño de las obras de drenaje superficial de los diferentes tramos viales del municipio Manzanares Caldas; como soporte están los estudios y diseños de construcción y mejoramiento vial, además como información complementaria para otras áreas profesionales.

1.2.2 Objetivos específicos

- Realizar la hidrología del área de estudio de acuerdo con las curvas intensidad duración de frecuencia presentadas por el IDEAM u otras investigaciones para las estaciones meteorológicas, localizadas en la zona más aledaña al municipio y el cálculo de la intensidad de precipitación de la zona de estudio en base a los usos del suelo del área.
- Identificar los cuerpos y cursos de agua que cruzan las vías en el área de estudio, determinando características físicas como: área de la cuenca, longitud del cauce principal y pendiente.

- Determinación de caudales de diseño para cada una de las estructuras hidráulicas.
- Determinar la localización de las obras de drenaje complementarias, como resultado del análisis de las condiciones geológicas, geomorfológicas e hidráulicas y de diseño geométrico.
- Dimensionar las obras hidráulicas: alcantarillas, sumideros y las que sean necesarias, de acuerdo con los estándares solicitados en las especificaciones vigentes.

1.5.Metodología

Se realiza el inventario de las obras de drenaje que permite hacer un diagnóstico del estado, cantidad y ubicación de sumideros, cunetas y cámaras de inspección.

En el desarrollo del componente hidrológico, se analiza la información existente de curvas IDF en la zona de influencia, con lo cual se pretende calcular de acuerdo con los métodos recomendados en la literatura, los caudales aferentes a los tramos a intervenir. Así mismo se realizará la evaluación hidráulica respectiva de las estructuras existentes y con base en los resultados obtenidos definir la necesidad de proyectar nuevas estructuras de drenaje.

Con base en los resultados obtenidos en cada uno de los estudios se realizan las recomendaciones pertinentes. A continuación, se desarrolla cada uno de los componentes indicados anteriormente.

Para cumplir con los objetivos planteados se desarrollarán diferentes etapas las cuales se presentan a continuación.

1.5.1. Revisión de información existente

Se analizó la información suministrada, entendiendo la dinámica general de las zonas de estudio.

1.5.2. Cálculo caudal aguas lluvias

Según las características de la zona se obtiene el caudal de aguas lluvias a transportar por la vía y las tuberías.

1.5.3. Propuesta de obras complementarias para el drenaje de las vías.

Dada las condiciones de la vía y la zona, se puede determinar las obras necesarias para tener un buen drenaje superficial de las aguas lluvias de la zona.

1.5.4. Conclusiones y recomendaciones

Conociendo la dinámica del agua en la vía se llegan a conclusiones de su estado.

2. RECOPILACION DE INFORMACION Y TRABAJO DE CAMPO

- **Información básica**

Para la identificación de las cuencas hidrográficas urbanas aferentes a los tramos viales y la determinación de sus características morfométricas se utilizó las imágenes satelitales de Google Earth y las inspecciones visuales en campo.

- **Inventario de obras de drenaje existentes**

Las estructuras de drenaje vial tales como sumideros, alcantarillas y cámaras de inspección son indispensables para permitir el paso de las corrientes de agua que cruzan las vías, para disminuir la vulnerabilidad de la vía por arrastres de las bancas y el deterioro de esta en periodos de lluvia. El inventario de estructuras de drenaje existentes realizado a través de trabajos de campo consistió en la investigación detallada de las tuberías, cunetas, entre otros elementos.

- **Hidrología**

Características de la precipitación en la zona de estudio con el fin de conocer la intensidad de la precipitación en el municipio de Manzanares y sus alrededores, se empleó la información de la curva intensidad duración de frecuencia correspondiente al estudio realizado por Gómez Tobón y Aristizábal Arias, en base a esta curva IDF se estimó la intensidad de la lluvia para los diferentes tramos de mejoramiento vial. A continuación, se presenta dicha curva.

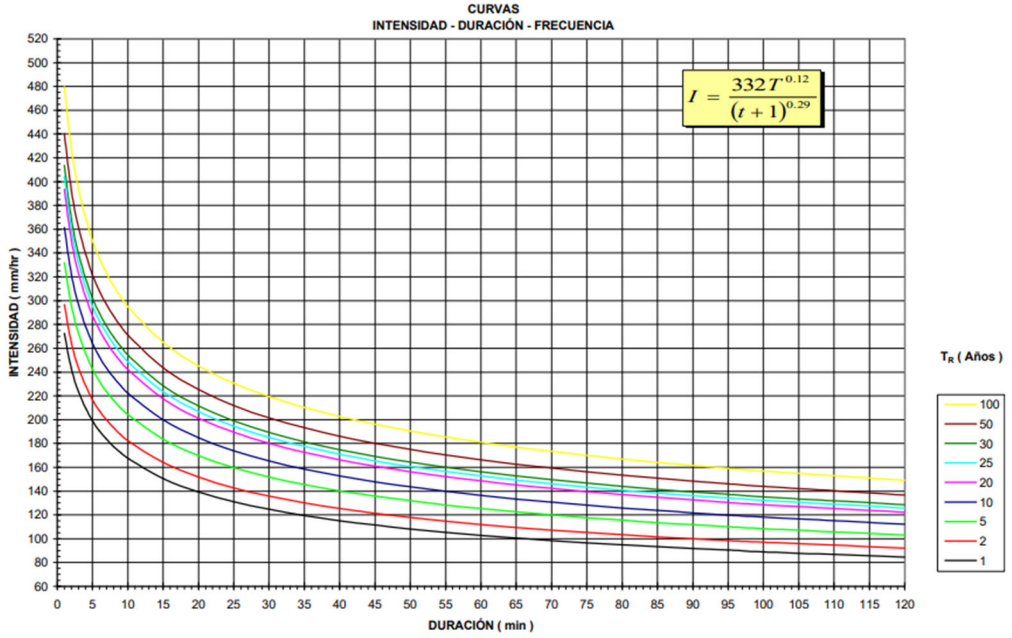


Imagen 2. Curva IDF de Manzanares, caldas.

Además, como complemento a esta estación, se verifica la intensidad calculada realizando la curva IDF para el municipio con la información de precipitación que se encuentra en las bases de datos de CENICAFÉ específicamente AGROCLIMA, esto con el fin de dar confiabilidad de la información presentada.

Precipitación Máxima en 24 horas multianual	
Nombre	RIO SANTO DOMINGO
Código	2024
Categoria	Agrometereológica
Municipio	Manzanares (Caldas)
Longitud	5°17'49"N
Latitud	75°03'11"O
Elevación	1600
Total de años de registro	20

Imagen 3.Información de la estación de RIO SANTO DOMINGO del municipio de Manzanares, Caldas.

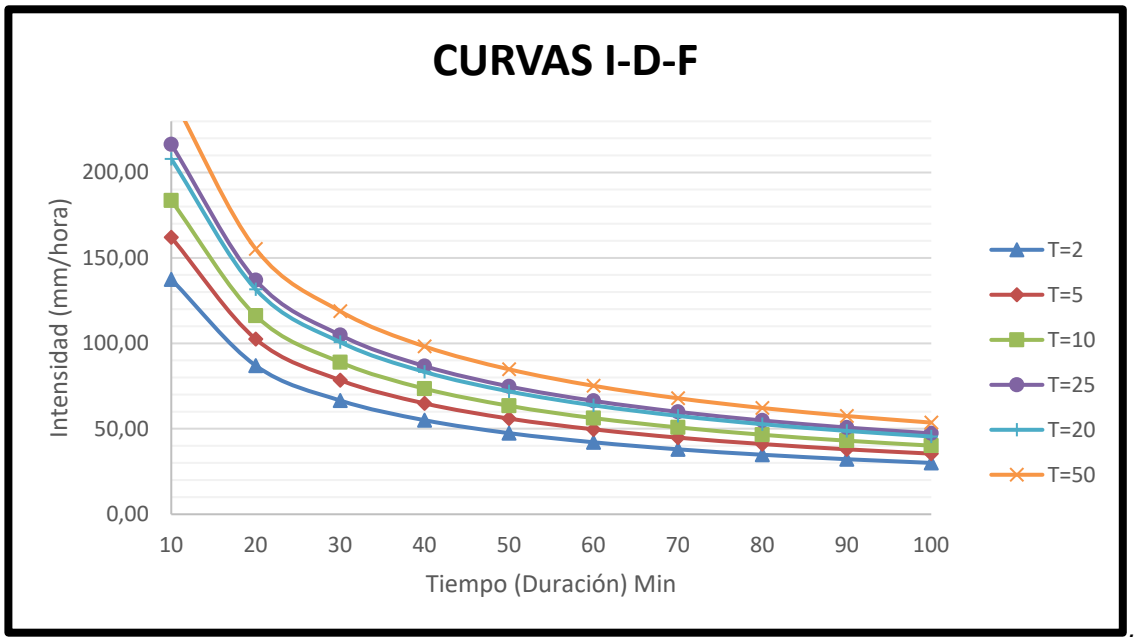


Imagen 4.Curvas IDF del municipio de Manzanares, Caldas.

3. Cálculo caudal de aguas lluvias

Existen varios métodos para el cálculo de caudales, ellos dependiendo de si se cuenta con datos históricos de caudal en el sitio del proyecto, para lo cual se puede trabajar con los datos históricos de caudales máximos instantáneos de manera que se ajusten a distribuciones probabilísticas y se hagan inferencias estadísticas. O bien, se realice la transposición de los datos de caudal en el caso de que la estación hidrométrica sobre la corriente de agua que cruza la vía no se encuentre exactamente en el sitio del proyecto sino en la misma hoya hidrográfica (INVIAS, 2009).

Para este caso, no existen registros de aforo de caudales, por lo cual se utilizan los modelos lluvia-escorrentía de acuerdo con los rangos de aplicación según el área de la cuenca y que son utilizados cuando no existe la posibilidad de obtener medidas directas de caudales de drenaje en hoyas hidrográficas, siendo modelos en los cuales se calcula la escorrentía superficial.

De esta manera, a través de datos históricos de lluvia de corta duración, existentes en la cuenca de interés y representativos de ella, aplicados a la hoya hidrográfica con características específicas geométricas, de suelos, vegetación, etc., se calcula el caudal máximo instantáneo de escorrentía superficial sobre la hoya. Se cuenta con dos métodos para ello: El método racional y el método del hidrograma de

escorrentía superficial; propiamente el hidrograma unitario del Soil Conservation Service de los Estados Unidos; Su aplicabilidad dependerá directamente de las áreas de drenaje. Para áreas de drenaje inferiores a 80 ha se puede recurrir al método racional, teniendo en cuenta: el periodo de retorno, la intensidad de la lluvia, el tiempo de concentración y el tipo de cobertura, para la transformación de la lluvia en escorrentía (Resolución 0330 de 2017, Reglamento Técnico para el Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico – Ras).

Según el análisis, los tramos de vías en estudio tienen áreas inferiores a 80 ha, por lo tanto, únicamente se utilizó el método racional para la transformación lluvia-escorrentía.

El caudal pico ocurre cuando toda el área de drenaje está contribuyendo, para lo cual dicho caudal es una fracción de la precipitación media bajo las siguientes suposiciones:

- El caudal pico de escorrentía en cualquier punto es función directa del área tributaria de drenaje y de la intensidad de precipitación promedio durante el tiempo de concentración en ese punto.

- El periodo de retorno del caudal pico es igual al periodo de retorno de la intensidad promedio de precipitación o evento de precipitación.

- La lluvia se distribuye uniformemente sobre el área de drenaje.

- La intensidad de la lluvia permanece constante durante un periodo de tiempo igual al tiempo de concentración.

- El coeficiente de impermeabilidad es constante para lluvias de cualquier duración o frecuencia sobre el área de drenaje.

- El tiempo de concentración puede ocurrir en cualquier momento durante la lluvia, en el comienzo, en la mitad o en el final de esta.

- El método racional supone que la relación entre la lluvia y la escorrentía es lineal.

Existen varios métodos para el cálculo de caudales, ellos dependiendo de si se cuenta con datos históricos de caudal en el sitio del proyecto, para lo cual se puede trabajar con los datos históricos de caudales máximos instantáneos de manera que se ajusten a distribuciones probabilísticas y se hagan inferencias estadísticas. O bien, se realice la transposición de los datos de caudal en el caso de que la estación hidrométrica sobre la corriente de agua que cruza la vía no

se encuentre exactamente en el sitio del proyecto sino en la misma hoya hidrográfica (INVIAS, 2009).

Para este caso, no existen registros de aforo de caudales, por lo cual se utilizan los modelos lluvia-escorrentía de acuerdo con los rangos de aplicación según el área de la cuenca y que son utilizados cuando no existe la posibilidad de obtener medidas directas de caudales de drenaje en hoyas hidrográficas, siendo modelos en los cuales se calcula la escorrentía superficial.

De esta manera, a través de datos históricos de lluvia de corta duración, existentes en la cuenca de interés y representativos de ella, aplicados a la hoya hidrográfica con características específicas geométricas, de suelos, vegetación, etc., se calcula el caudal máximo instantáneo de escorrentía superficial sobre la hoya. Se cuenta con dos métodos para ello: El método racional y el método del hidrograma de escorrentía superficial; propiamente el hidrograma unitario del Soil Conservation Service de los Estados Unidos; Su aplicabilidad dependerá directamente de las áreas de drenaje. Para áreas de drenaje inferiores a 80 ha se puede recurrir al método racional, teniendo en cuenta: el periodo de retorno, la intensidad de la lluvia, el tiempo de concentración y el tipo de cobertura, para la transformación de la lluvia en escorrentía (Resolución 0330 de 2017, Reglamento Técnico para el Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico – Ras).

Según el análisis, los tramos de vías en estudio tienen áreas inferiores a 80 ha, por lo tanto, únicamente se utilizó el método racional para la transformación lluvia-escorrentía.

➢ Características de la precipitación en la zona

Una vez obtenidos los registros de precipitación de la estación hidrométrica del sitio del proyecto, se toman los valores máximos instantáneos anuales de datos históricos de precipitaciones de la zona. El cálculo hidrológico de las estructuras como alcantarillas u obras de drenajes, deberá basar el análisis en la información disponible sobre lluvias máximas de la zona y en las características físicas de la misma y así mismo la determinación de caudales dependiendo de la metodología a utilizar; serán de gran importancia los valores de precipitaciones máximas en 24 horas, pues a partir de dichos registros se crearán curvas de comportamiento para diferentes periodos de retorno (SAGARPA, sfp).

Los valores de precipitación permiten determinar la evolución temporal de los caudales de escorrentía y para ello se necesita información de lluvia que describa su variabilidad temporal, como histogramas (SAGARPA, sfp).

3.1.Método Racional

El método de la fórmula racional permite hacer estimaciones de los caudales máximos de escorrentía usando las intensidades máximas de precipitación.

Básicamente, se formula que el caudal máximo de escorrentía es directamente proporcional a la intensidad máxima de la lluvia para un período de duración igual al tiempo de concentración, aplicando una lluvia de características “homogéneas” sobre al área de la cuenca.

Al utilizar la formula racional, se supone que el caudal toma un valor de caudal máximo pico Qp, cuando, debido a una cierta intensidad de lluvia sobre el área de

drenaje, es producido por esa precipitación que se mantiene por un tiempo igual al periodo de concentración del caudal en el punto en consideración (INVIAS, 2009).

La ecuación que define la formula racional, considera que toda la cuenca estará contribuyendo a formar el caudal de la escorrentía cuando transcurre todo el tiempo de concentración de la cuenca, así, el caudal calculado en consecuencia corresponde al valor máximo.

$$Q = \frac{C \times i \times A}{360}$$

Ecuación 1. Método racional.

Donde:

- Q: Caudal de escorrentía [m^3/s]
- C: Tipo de cobertura en el área aferente
- i: Intensidad de la lluvia [mm/hr]
- A: Área de drenaje [Ha]

- **Coeficiente de escurrimiento**

  Teniendo en cuenta la cobertura, textura del suelo y pendiente de la zona del proyecto, se definió el coeficiente de escorrentía, de acuerdo con los valores establecidos en la siguiente tabla tomada del Manual de drenaje para carreteras de INVIAS (2009).

	Mínimo	Máximo
Zonas Comerciales		
Area de centro ciudad	0.70	0.95
Area de suburbios	0.50	0.70
Zonas Residenciales		
Area unifamiliar	0.30	0.50
Bloques aislados	0.40	0.60
Bloques contiguos	0.60	0.80
Residencial suburbana	0.25	0.40
Apartamentos en áreas residenciales	0.50	0.70
Zonas Verdes y Especiales		
Parques y cementerios	0.10	0.25
Terrenos de juego	0.20	0.35
Ferrocarriles	0.20	0.40
Areas no edificadas terrenos permeables	0.10	0.25
Areas no edificadas terrenos impermeables	0.20	0.45
Autopistas y Portuarias	0.60	0.90

Tomado de Corporación Metropolitana de Barcelona (1981).

Imagen 5. Valores del coeficiente de escorrentía en áreas urbanas.

Para las zonas de análisis, se definieron dos valores para el coeficiente de escorrentía que corresponden a zonas residenciales, bloques contiguos, donde se empleó el valor de 0.8 para zonas de gran impermeabilidad (>75% del área total), mientras que se utilizó un valor de 0.6 para zonas donde predomina la vegetación (área permeable >50% del total).

- **La intensidad de la lluvia**

Calculada a través de curvas de Intensidad – Duración y Frecuencia (IDF), y depende directamente del tiempo de concentración de la cuenca y el periodo de retorno. Cuando se utiliza la fórmula racional, se debe suponer que el caudal máximo ocasionado por una determinada intensidad del aguacero de diseño sobre un área de drenaje específica es producido por el referido aguacero, el cual se prolonga durante un período de tiempo igual al tiempo de concentración del flujo en el punto bajo consideración.

Se empleó la metodología simplificada para el cálculo de curvas intensidad – duración - frecuencia, La cual es indicada en el manual de Drenaje de Carreteras del INVIAS (2009), En el cual es necesario conocer la precipitación máxima promedio en 24 horas multianual para luego poder aplicar la siguiente expresión:

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

Donde:
i Intensidad de la precipitación (mm/h),
T es el periodo de retorno, en años,
M es la precipitación máxima promedio anual en 24 horas a nivel multianual,
t Duración de la lluvia (min), y

a, b, c, d son los parámetros de ajuste de la regresión los cuales dependen de la región del país donde se ubica la estación meteorológica.

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

Imagen 6. Parámetros según la región del país.

Para el departamento de Caldas se trabajó con los coeficientes valores de los parámetros correspondiente a la región Andina.

3.1.1. Precipitación máxima en 24 horas multianual.

Nombre	LLANADAS
Código	23025010
Categoria	Climática
Municipio	Manzanares (Caldas)
Longitud	-75.13333333
Latitud	5.2

Elevación	1420
Total de años de registro	44

Tabla No. 1: *Precipitación Máxima en 24 horas multianual*

Año	PPT_Max_24h [mm]	Año	PPT_Max_24h [mm]
1954	90	1976	73.9
1955	84	1977	91.6
1957	61.4	1978	91.6
1962	122.7	1979	78.7
1963	89.9	1980	60.1
1964	92.4	1982	80.6
1965	66.3	1983	97.8
1966	81.6	1984	90.3
1967	60.4	1985	70.6
1968	70.3	1986	73.3

1969	70.5	1993	70
1970	113.5	1994	109.5
1971	70.8	1997	78.3
1973	85.8	1998	115.9
1974	90.5	**PROMEDIO**	84
1975	93.3		

Tabla No. 2: *Promedio anual de PPT máxima en 24h*

3.1.2. Determinación de la intensidad de diseño- Análisis hidrológico

Cálculo de la intensidad - curva IDF							
Tr(años)	**a**	**b**	**c**	**d**	**M (mm)**	**t (min)**	**i(mm/h)**
3	0.94	0.18	0.66	0.83	84	10	148

Tabla No. 3: *Calculo de la intensidad IDF*

Duración (min)	Periodo de retorno (años)					
	2	**5**	**10**	**20**	**25**	**50**
10	137	162	184	208	217	245
20	87	103	116	132	137	155
30	67	78	89	101	105	119
40	55	65	74	83	87	98
50	48	56	63	72	75	85
60	42	50	56	64	66	75
70	38	45	51	58	60	68
80	35	41	47	53	55	62
90	32	38	43	49	51	58
100	30	35	40	46	47	54

Tabla No. 4: *Tabla de cruces entre T y duración (min).*

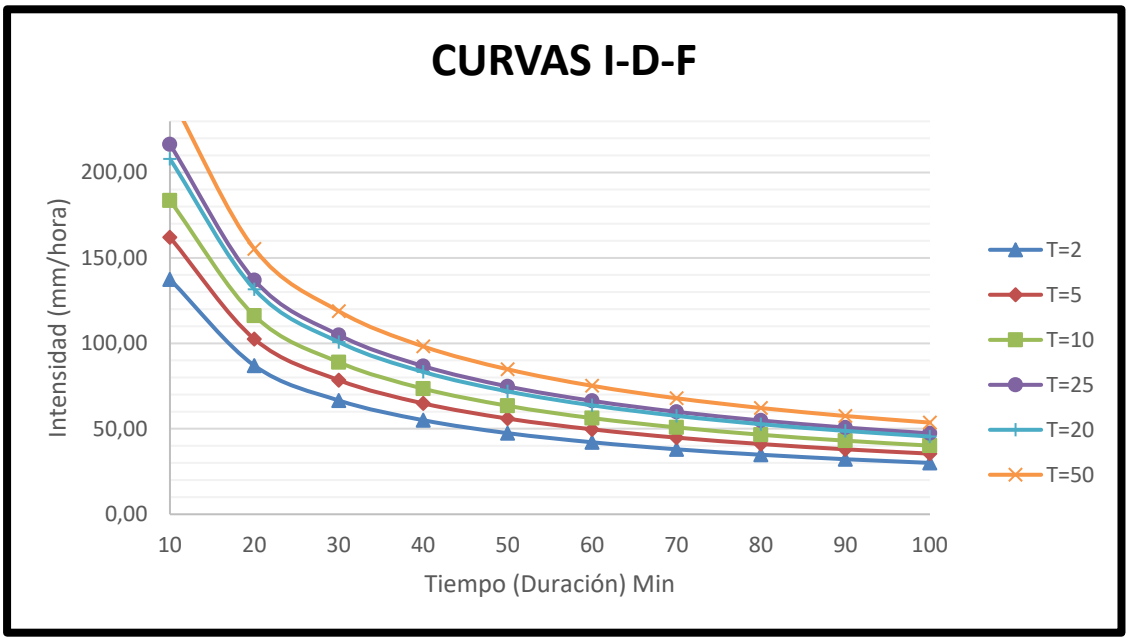


Figura No. 1: *Curvas IDF del municipio de Manzanares.*

- **Área de drenaje**

En base a los informes de las salidas de campo, las imágenes satelitales de Google Earth y la topografía levantada de la zona, sé determino para cada tramo el ancho drenante, que junto con la longitud del tramo permiten estimar el área de aporte (área tributaria).

3.2.Aplicación de la metodología para el análisis de lluvias caudales

A continuación, se describen cada una de las variables definidas para el cálculo de caudales con el método racional, el cual se resume en la siguiente expresión.

- **Tiempos de concentración**

Para la definición del tiempo de concentración, con el fin de que este se tome como tiempo de duración de la lluvia, se emplearon las siguientes formulas propuestas en la literatura para drenaje urbano:

Kirpich

$$T_c = 0.06626 * \left(\frac{L^{0.77}}{CN^{0.385}} \right) * 0.4$$

Feredal Aviation

$$T_c = 3.26 * (1.1 - C) * \frac{(L * 1000)^{0.5}}{(S * 100)^{0.333}}$$

Ecuación del retardo

$$T_c = 100 * \frac{(L * 3280.84)^{0.8} * \left(\frac{1000}{CN} - 9 \right)^{0.7}}{1900 * (S * 100)^{0.5}}$$

Ecuación 2. Tiempos de concentración.

Donde Tc es el tiempo de concentración en horas, L es la longitud del curso de agua principal hasta el parteaguas en Km, C es el coeficiente de escorrentía adimensional, CN es el número de curva y S es la pendiente del terreno adimensional.

Cover description		Curve numbers for hydrologic soil group			
		A	B	C	D
Open space (lawns, parks, golf courses, cemeteries, etc.)	Poor condition (grass cover <50%)	68	79	86	89
	Fair condition (grass cover 50 to 75%)	49	69	79	84
	Good condition (grass cover >75%)	39	61	74	80
Impervious areas	Paved parking lots, roofs, driveways, etc. (excluding right of way)	98	98	98	98
Streets and roads	Paved; curbs and storm sewers (excluding right-of-way)	98	98	98	98
	Paved; open ditches (including right-of-way)	83	89	92	93
	Gravel (including right of way)	76	85	89	91
	Dirt (including right-of-way)	72	82	87	89
Western desert urban areas	Natural desert landscaping (pervious area only)	63	77	85	88
	Artificial desert landscaping (impervious weed barrier, desert shrub with 1- to 2-inch sand or gravel mulch and basin borders)	96	96	96	96
Urban districts	Commercial and business (85% imp.)	89	92	94	95
	Industrial (72% imp.)	81	88	91	93
Residential districts by average lot size	⅛ acre or less (town houses) (65% imp.)	77	85	90	92
	¼ acre (38% imp.)	61	75	83	87
	⅓ acre (30% imp.)	57	72	81	86
	½ acre (25% imp.)	54	70	80	85
	1 acre (20% imp.)	51	68	79	84
	2 acres (12% imp.)	46	65	77	82

Imagen 7. Valores del número de curvas.

Como valores del número de curva se tomaron los correspondientes a zonas residenciales de 65% impermeable (CN=90) y 36% impermeable (CN=83), para suelos de tipo C (suelo más común en el área). De las anteriores formulas se calculó su promedio para el tiempo de concentración.

Dado que en general todos los tiempos promedios resultaron cercanos a 5 minutos se adoptó esta duración para la lluvia de diseño (tiempos menores a 5 minutos son poco probables en lluvias de gran intensidad, mientras que tiempos mayores suponen menores intensidades, se considera a 5 minutos como la peor situación).

- **Periodo de retorno e intervalos de ocurrencia**

Se define como periodo de retorno T de eventos hidrológicos máximos en obras de drenaje vial, el tiempo promedio, expresado en años, en que el valor del caudal pico de una creciente determinada es igualado o superado una vez (INVÍAS,2009).

Se deberán adoptar los siguientes periodos de retorno para el cálculo de caudales máximos instantáneos anuales en obras de drenaje vial:

Características del área de drenaje	Período de retorno (años)
Tramos iniciales en zonas residenciales con áreas tributarias menores de 2 hectáreas	3
Tramos iniciales en zonas comerciales o industriales, con áreas tributarias menores de 2 hectáreas	5
Tramos de alcantarillado con áreas tributarias entre 2 y 10 hectáreas	5
Tramos de alcantarillado con áreas tributarias mayores de 10 hectáreas	10
Canales abiertos que drenan áreas menores a 1000 hectáreas	50
Canales abiertos en zonas planas y que drenan áreas mayores a 1000 hectáreas	100
Canales abiertos en zonas montañosas (alta velocidad) o a media ladera, que drenan áreas mayores a 1000 hectáreas	100

Imagen 8. Periodos de retornos para obras de drenaje urbano.

TIPO DE OBRA	PERIODO DE RETORNO (AÑOS)
Cunetas	5
Zanjas de coronación	10
Estructuras de caída	10
Alcantarillas de 0.90m de diámetro	10
Alcantarillas mayores a 0.90m de diámetro.	20
Puentes menores (luz menor a 10m)	25
Puentes de luz mayor o igual a 10m y menor a 50m	50
Puentes de luz mayor o igual a 50m	100
Drenaje subsuperficial	2

Imagen 9. Periodos de retornos de diseño en obras de drenaje vial.

Para el caso, dado que las áreas analizadas son menores a 2 ha y de carácter residencial se adoptó un periodo de retorno de 3 años para sumideros y 5 años para cámaras de inspección y tubería de alcantarillado (por precaución se aumentó el periodo a 5 años para este tipo de estructuras). Mientras que para cunetas y transversales se adoptó un periodo de retorno de 5 años.

4. HIDRÁULICA

- **Información básica**

El estudio se realizó con información de imágenes satelitales de Google Earth, complementada con información primaria recolectada por los consultores durante el trabajo de campo.

- **Metodología.**

Para el análisis hidráulico, inicialmente se chequea la longitud del espejo de agua en la vía según las características de "bordillo", la cual está constituida por el bordillo y la sección transversal de la vía, la longitud del espejo de agua permisible depende del ancho de la vía, así como la existencia de bombeo o peralte en la misma. Una vez chequeado el "bordillo" se procede a elegir el tipo de estructura para extraer el agua de la vía y su localización. Entre las diferentes estructuras tenemos: Sumideros, Alcantarillas o transversales y canales, y finalmente se debe complementar las estructuras para el transporte y disposición final del flujo como lo son las tuberías de alcantarillado y las cámaras de inspección para zonas urbanas o los cabezotes y enrocados cuando no existe estructura de alcantarillado urbano.

-Sumideros: se deben instalar cuando el espejo del agua supere los límites recomendados en la resolución 0330 de 2017 –RAS.

Ancho de la vía (m)	Ancho de inundación admisible (m)
< 6	2,00
≥ 6 y < 7	3,00
≥ 7 y < 9	3,50
≥ 9	4,00
** **Nota:** Si el bombeo es a los dos costados de la vía el ancho de inundación admisible deberá dividirse en dos (2).	

Imagen 10. Ancho de inundación admisible según la clasificación de la vía.

-**Tubería de conexión sumidero-Cámara:** tubería de 10", con pendiente longitudinal del 2% y en PVC. En la memoria de cálculo se chequeo velocidad

(menor a 5 m/s) y relación altura diámetro (menor al 90%, garantizando flujo a lámina libre.)

-Tubería de alcantarillado: encargada de conectar cámaras de inspección. Debe instalarse a una profundidad mínima de 1.2 metros para vías con tránsito vehicular (Res. 0330 de 2017), con velocidades máximas hasta de 5 m/s y cuya velocidad mínima será aquella que genere un esfuerzo cortante igual a 2 Pa. Con una relación altura de lámina diámetro menor al 90% (garantizando flujo a lámina libre).

- Cámaras de inspección: estructura de conexión e inspección con un diámetro interno mínimo de 1.20 metros para tuberías de conexión entre 200 a 500 mm (según Res. 0330 de 2017 – RAS). Para las cámaras se debe chequear que la perdida de energía no ocasiones flujo a presión o entrada sumergida en la tubería de salida de la cámara.

- Cunetas: se debe verificar que la altura de la lámina de agua dadas las condiciones hidráulicas de pendiente longitudinal y la sección del canal, no supera la altura máxima de la cuneta.

- **Diseño hidráulico obras de drenaje**

- "Cuneta", Bordillo-Vía

Canal artificial conformado por el bordillo y la pendiente transversal de la vía. Para la determinación de la altura de la lámina y el ancho de inundación se emplea la fórmula de Manning adaptada para canales de sección triangular rectangular, en este caso no es necesario emplear cunetas para el drenaje superficial.

-Sumideros

Se propone un tipo de sumidero de 40x60 centímetros. Para los sumideros de debe estimar la eficiencia frontal, eficiencia lateral y la relación entre el flujo frontal y el flujo lateral con el fin de establecer el caudal interceptado y el caudal de salida.

-Tubería de alcantarillado

Se propone una tubería de diámetro mínimo de 12". Para su chequeo se emplea la Formula de Manning para estimar la elevación de la lámina de agua. En la estimación del caudal de diseño, se determina el tiempo de concentración para la primera tubería y se tiene en cuenta el tiempo de traslación del caudal para la estimación del caudal de diseño para las siguientes tuberías.

-Cámaras Cajas o Pozos de Inspección

Para el desagüe de las obras propuestas se utilizarán estas obras existentes, dentro de las cuales se encuentran cajas y pozos de inspección.

5. Revisión hidráulica

Después de conocer las condiciones de actuales de la zona para el drenaje urbano, se calculan los caudales y velocidades que van a circular por las tuberías de los sumideros, además del cálculo de la hidrología urbana de la zona.

- **Análisis hidrológico de la zona.**

Área tributaria	
Ancho vía	4.0
Ancho viviendas	6
B(m)	13
L(m)	275.00
Área (Ha)	0.2963

características de la cuenca urbana	
L(Km)	0.228
S	0.04
CN	90
C	0.8

Tiempo de concentración		
	Horas	**Minutos**
Kirpich	0.03	1.82
Federal Aviation	9.58	9.58
Ec. Retardo SCS	9.23	9.23
Tc(promedio)	0.11	6.88

Cálculo de la intensidad - curva IDF (Parámetros Iniciales; Gomez Tobon., & Aristizabal Arias, J.)			
Tr(años)	**Ecuación**	**D(min)**	**i(mm/h)**
3	$\frac{332T^{0.12}}{(D+1)^{0.29}}$	5	225

Cálculo de la intensidad - curva IDF (método simplificado para el cálculo de las IDF, Estación Cenicafé)

Año	PPT_Max_24h [mm]	Año	PPT_Max_24h [mm]
Precipitación máxima en 24 horas Multianual			
2001	154	2012	103
2002	140	2013	
2003	170	2014	105
2004	183	2015	97
2005	192	2016	116
2006	168	2017	128.75
2007	106	2018	154
2008	138	2019	123
2009	131	2020	86
2010	180	Promedio	139
2011	160		

Cálculo de la intensidad - curva IDF							
Tr(años)	a	b	c	d	M (mm)	t (min)	i(mm/h)
3	0.94	0.18	0.66	0.83	139	10	225

Duración (min)	Periodo de retorno (años)					
	2	5	10	20	25	50
10	209	246	279	316	329	373
20	132	156	176	200	208	236
30	101	119	135	153	159	180
40	84	99	112	127	132	149
50	72	85	96	109	114	129
60	64	75	85	97	101	114
70	58	68	77	87	91	103
80	53	62	71	80	83	94
90	49	58	65	74	77	87
100	46	54	61	69	72	82

Transformación lluvia escorrentía - método racional			
Coef. Escorrentía	intensidad (mm/h)	Área (Ha)	Q(m3/s)
0.8	225	0.2963	0.148

Nota: Los cálculos realizados correspondientes al cálculo del área tributaria, características de la cuenca urbana, tiempo de concentración y transformación lluvia escorrentía – método racional, son particulares para el caso del tramo de vía urbano Calle 1a, para los demás tramos se realizaron de igual forma sus cálculos, pero no son presentados por motivos de sinterización de la memoria de cálculo.

- **Análisis hidráulico de la zona.**

Con la información recopilada se procede a realizar la modelación hidráulica bajo las condiciones actuales, para cumplir este objetivo principalmente se utilizó el programa Excel, con el cual se representaba las condiciones de los sumideros de acuerdo con su diseño y a la hidrología encontrada en la zona.

Este procedimiento se inicia definiendo el material, con esto se conoce el coeficiente de rugosidad del material. Después con los diámetros de la tubería, se realizan los calculo, a partir de la cual se obtienen los caudales que transporta la tubería.

$$Q_o = 0.312 \left[\frac{{D_o}^{8/3} S^{1/2}}{\eta} \right]$$

Ecuación 3. Caudal de la tubería.

Donde:

- Q_o: Caudal a transportar [m3/s].
- D_o: Diámetro tubería [m].
- S: Pendiente de la tubería [m/m].
- η: Coeficiente de rugosidad de la tubería.

Conociendo el caudal a transportar y el caudal de capacidad de la tubería se obtiene la relación Q_o/Q, con esta información utilizando las relaciones hidráulicas de conductos circulares se obtiene la relación V_o/V, para conocer la velocidad real (V) se calcula la V_o usando la ecuación siguiente, y se despeja la velocidad real de la relación.

$$V_o = 0.399 \left[\frac{{D_o}^{2/3} \, S^{1/2}}{\eta} \right]$$

Ecuación 4. Velocidad tubería

Donde:

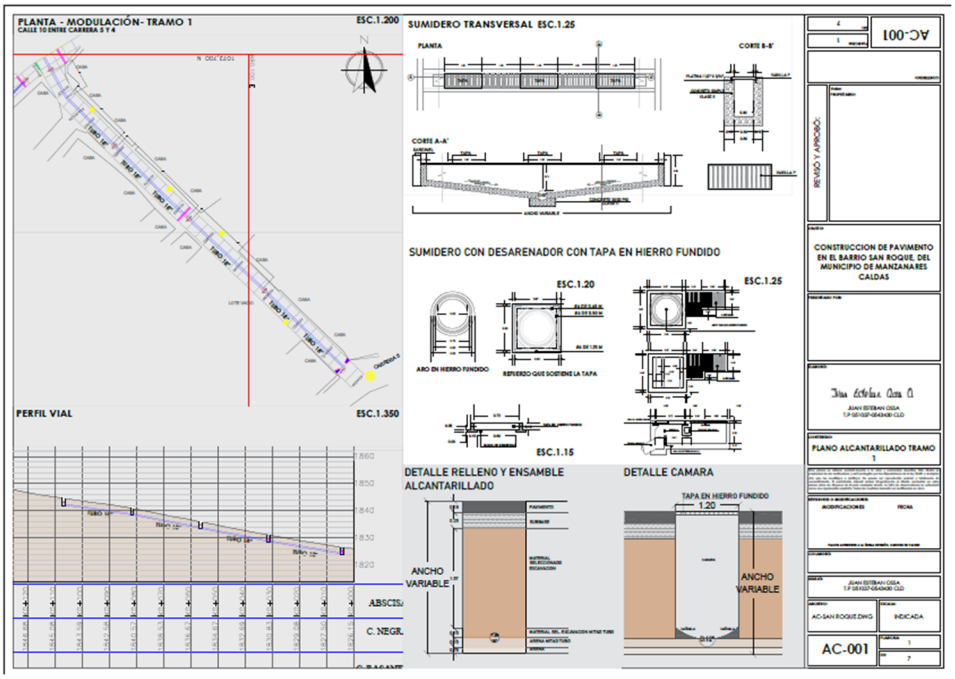
- Vo: Caudal a transportar [m3/s].
- Do: Diámetro tubería [m].
- S: Pendiente de la tubería [m/m].
- η: Coeficiente de rugosidad de la tubería.

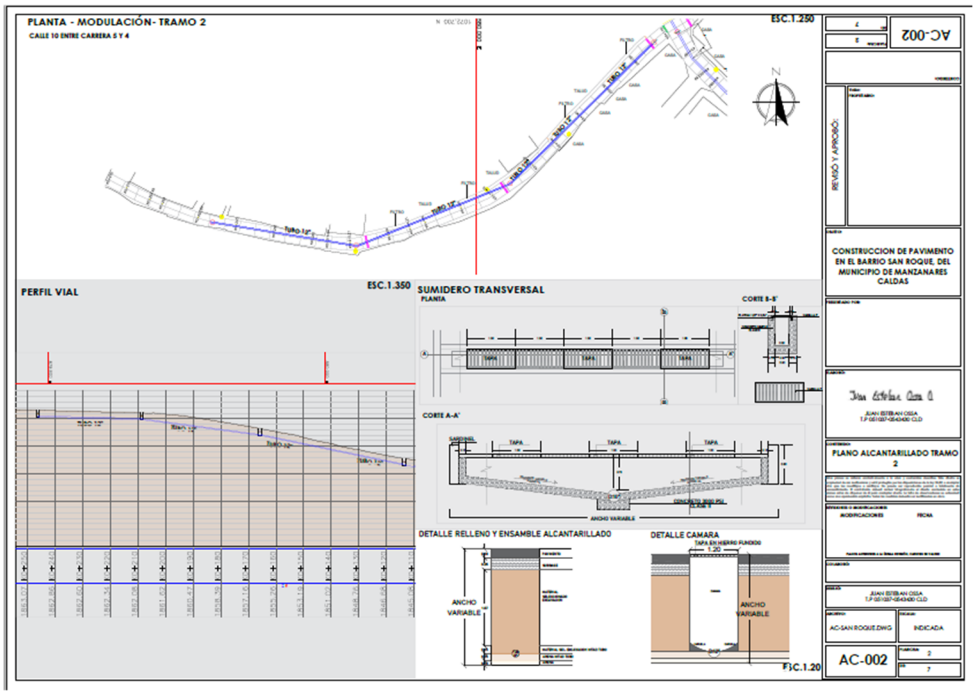
Finalmente se utilizan de nuevo las relaciones hidráulicas para obtener la relación de la lámina de agua y el diámetro. A partir de este procedimiento se conoce las condiciones hidráulicas de los sumideros y las tuberías.

Imagen 11. Características tuberías de los tramos viales.

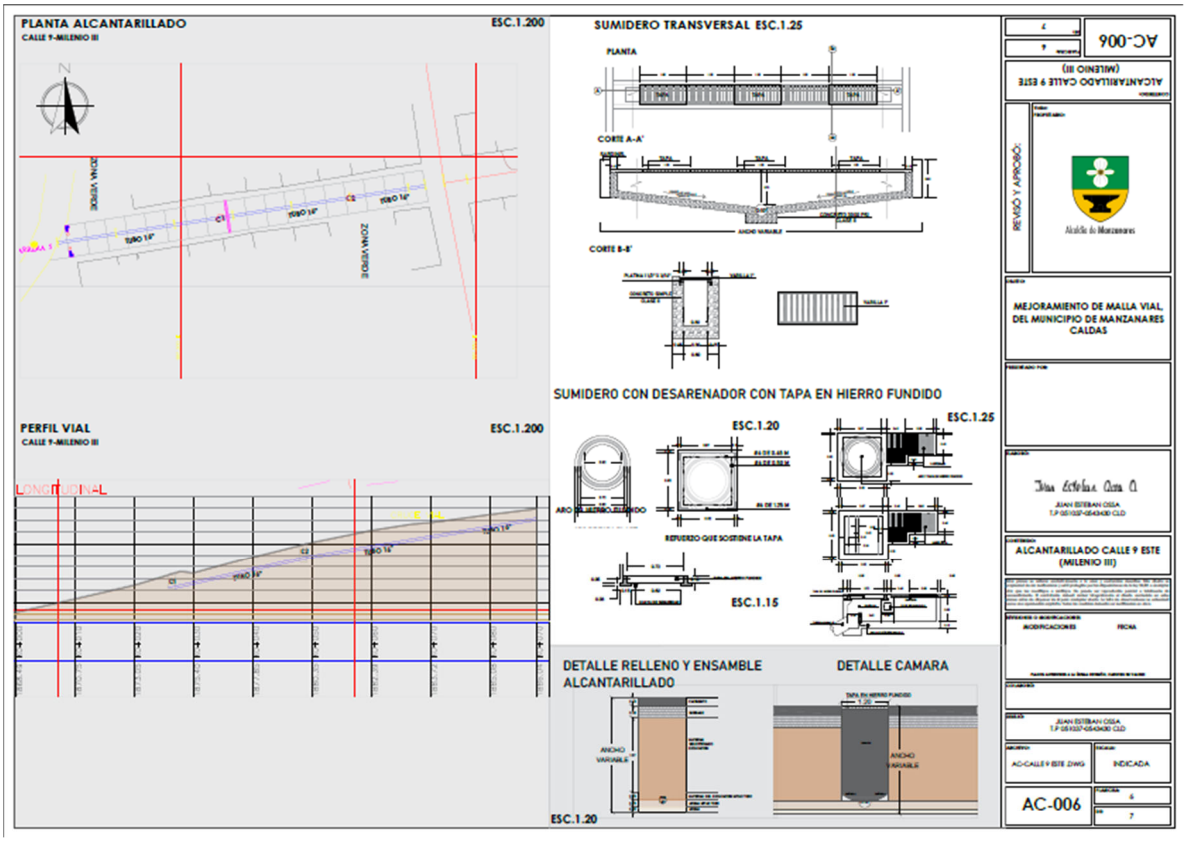
Tuberías de tramo vial 1 y 2.					
Tramo	**Recorrido tramo (mts)**	**Diámetro (pulg.)**	**Total cámaras**	**Pendiente**	**Material**
1	275,0	18" los primeros 110m y 12" hasta el final.	8	2.00%	pvc
2	63,90	16"	2	2.00%	pvc
3	78,95	18"	4	2.00%	pvc
4	81,00	24"	2	2.00%	pvc
5	220,0	16"	4	2.00%	Pvc
6	261,90	16"	3	2.00%	pvc

TRAMO 1:

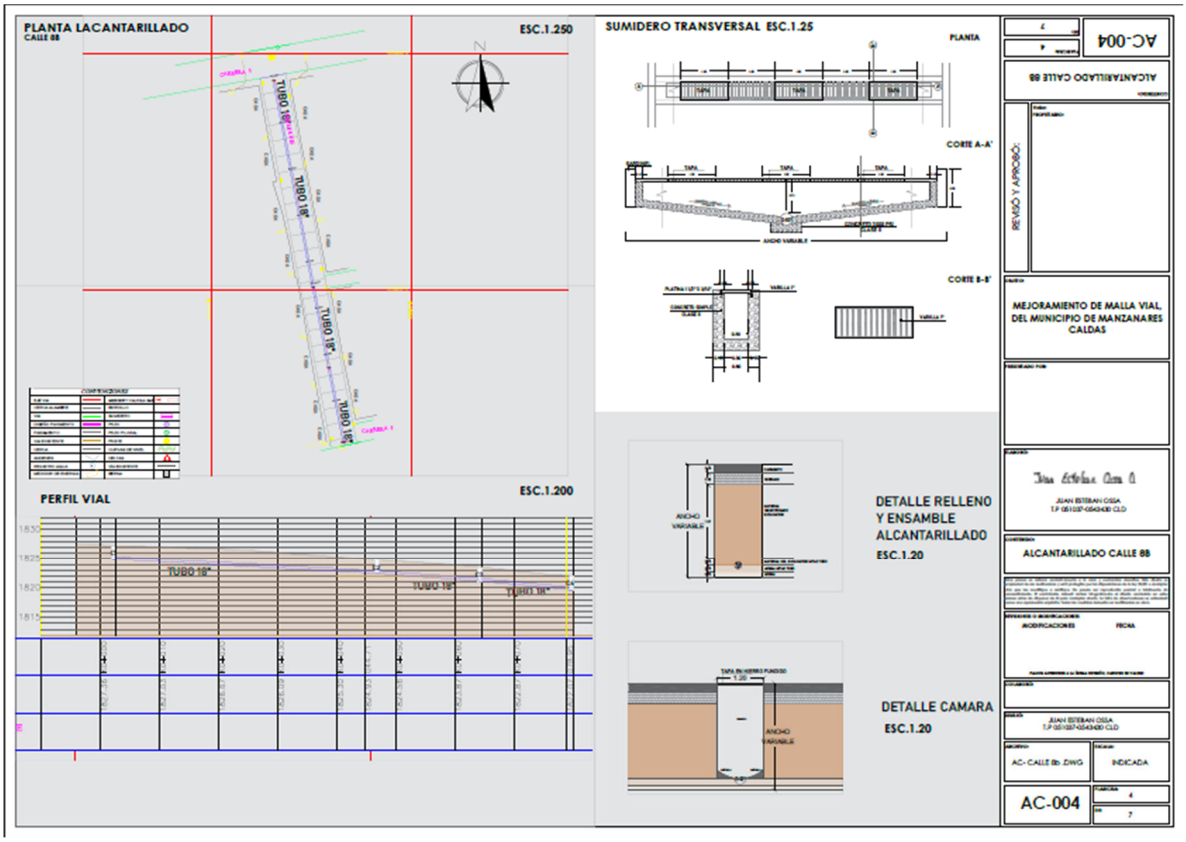

PLANTA - MODULACIÓN- TRAMO 1
CALLE 10 ENTRE CARRERA 5 Y 4
ESC.1.200
SUMIDERO TRANSVERSAL ESC.1.25
PLANTA
CORTE B-B'
CORTE A-A'
SUMIDERO CON DESARENADOR CON TAPA EN HIERRO FUNDIDO
ESC.1.20
ESC.1.25
ARO EN HIERRO FUNDIDO
REVERZO QUE SOSTIENE LA TAPA
ESC.1.15
PERFIL VIAL
ESC.1.350
DETALLE RELLENO Y ENSAMBLE ALCANTARILLADO
DETALLE CAMARA
TAPA EN HIERRO FUNDIDO
1.20
ANCHO VARIABLE
ANCHO VARIABLE
AC-001
AC-001
REVISO Y APROBO:
CONSTRUCCION DE PAVIMENTO EN EL BARRIO SAN ROQUE, DEL MUNICIPIO DE MANZANARES CALDAS
PLANO ALCANTARILLADO TRAMO 1
AC-SAN ROQUE.DWG
INDICADA


PLANTA - MODULACIÓN- TRAMO 2
CALLE 10 ENTRE CARRERA 5 Y 4
ESC.1.250
PERFIL VIAL
ESC.1.350
SUMIDERO TRANSVERSAL
PLANTA
CORTE B-B'
CORTE A-A'
DETALLE RELLENO Y ENSAMBLE ALCANTARILLADO
DETALLE CAMARA
TAPA EN HIERRO FUNDIDO
1.20
ANCHO VARIABLE
ANCHO VARIABLE
ESC.1.20
AC-002
AC-002
REVISO Y APROBO:
CONSTRUCCION DE PAVIMENTO EN EL BARRIO SAN ROQUE, DEL MUNICIPIO DE MANZANARES CALDAS
PLANO ALCANTARILLADO TRAMO 2
AC-SAN ROQUE.DWG
INDICADA

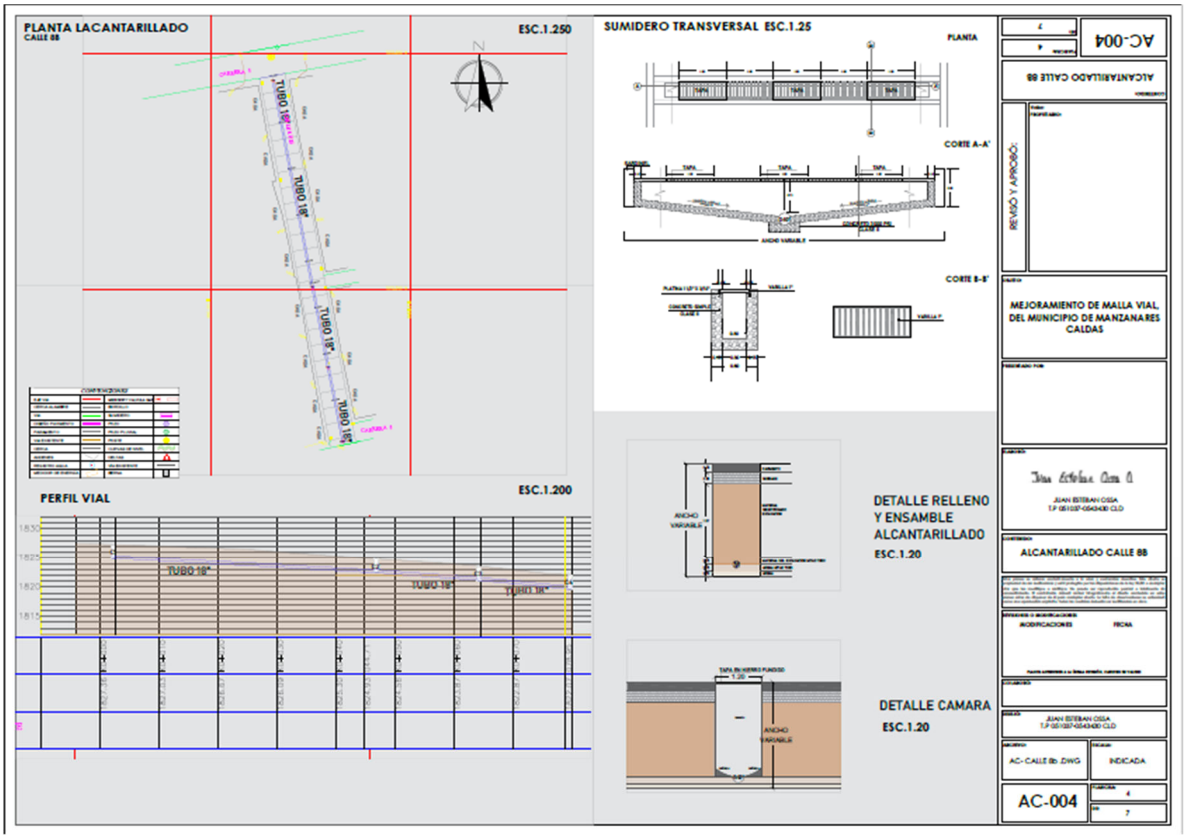
TRAMO 2:


PLANTA ALCANTARILLADO
CALLE 9-MILENIO III
ESC.1.200
SUMIDERO TRANSVERSAL ESC.1.25
PLANTA
CORTE A-A'
CORTE B-B'
SUMIDERO CON DESARENADOR CON TAPA EN HIERRO FUNDIDO
ESC.1.20
ESC.1.25
ESC.1.15
PERFIL VIAL
CALLE 9-MILENIO III
ESC.1.200
LONGITUDINAL
DETALLE RELLENO Y ENSAMBLE ALCANTARILLADO
DETALLE CAMARA
ESC.1.20
AC-006
MEJORAMIENTO DE MALLA VIAL DEL MUNICIPIO DE MANZANARES CALDAS
ALCANTARILLADO CALLE 9 ESTE (MILENIO III)
AC-006

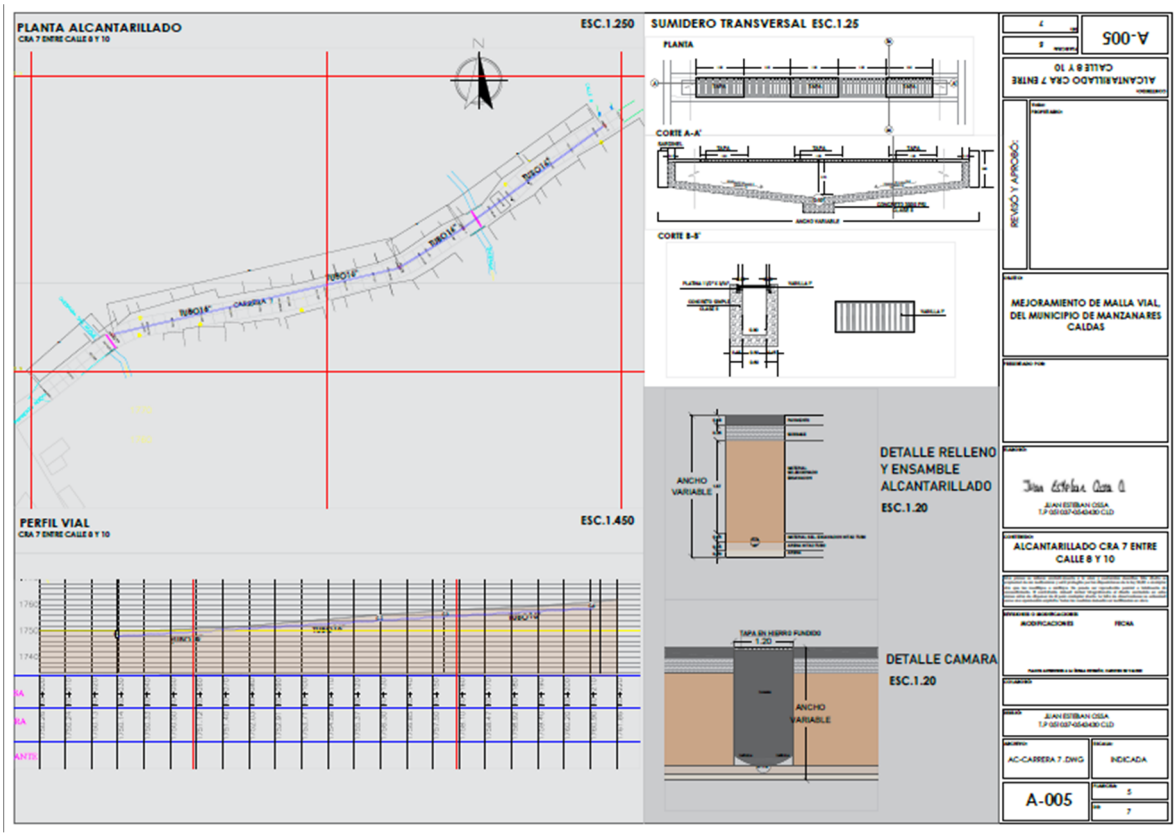
TRAMO3:


PLANTA LACANTARILLADO
CALLE 88
ESC.1.250
TUBO 18"
TUBO 18"
TUBO 18"
TUBO 18"
PERFIL VIAL
ESC.1.200
TUBO 18"
TUBO 18"
TUBO 18"
SUMIDERO TRANSVERSAL ESC.1.25
PLANTA
CORTE A-A'
CORTE B-B'
DETALLE RELLENO Y ENSAMBLE ALCANTARILLADO
ESC.1.20
DETALLE CAMARA
ESC.1.20
AC-004
ALCANTARILLADO CALLE 88
REVISO Y APROBO:
MEJORAMIENTO DE MALLA VIAL, DEL MUNICIPIO DE MANZANARES CALDAS
JUAN ESTEBAN OSSA
ALCANTARILLADO CALLE 88
AC- CALLE 88 .DWG
INDICADA
AC-004

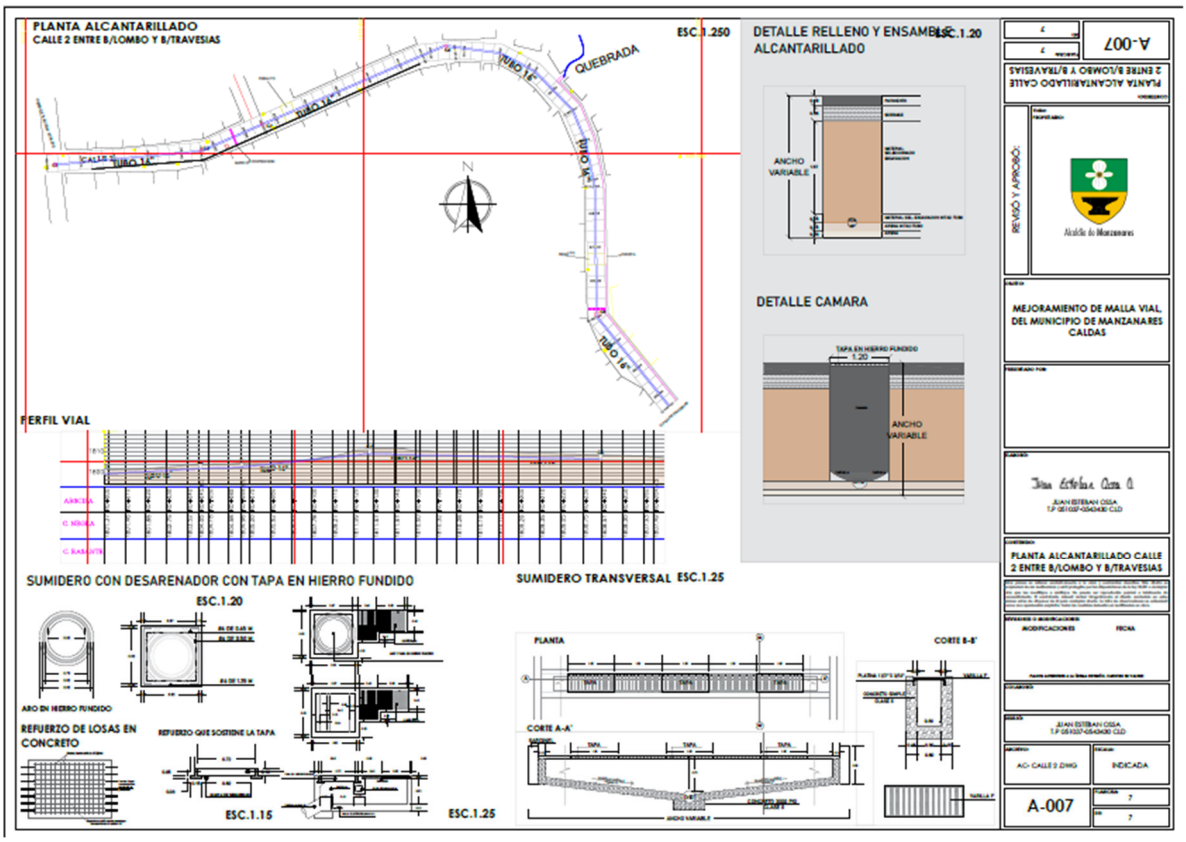
TRAMO 4:


PLANTA LACANTARILLADO
CALLE 88
ESC.1.250
TUBO 18"
PERFIL VIAL
ESC.1.200
SUMIDERO TRANSVERSAL ESC.1.25
PLANTA
CORTE A-A'
CORTE B-B'
DETALLE RELLENO Y ENSAMBLE ALCANTARILLADO
ESC.1.20
DETALLE CAMARA
ESC.1.20
AC-004
ALCANTARILLADO CALLE 88
REVISÓ Y APROBÓ:
MEJORAMIENTO DE MALLA VIAL DEL MUNICIPIO DE MANZANARES CALDAS
JUAN ESTEBAN OSSA
ALCANTARILLADO CALLE 88
MODIFICACIONES
FECHA
INDICADA
AC-004

TRAMO 5:


PLANTA ALCANTARILLADO
CRA 7 ENTRE CALLE 8 Y 10
ESC.1.250
PERFIL VIAL
CRA 7 ENTRE CALLE 8 Y 10
ESC.1.450
SUMIDERO TRANSVERSAL ESC.1.25
PLANTA
CORTE A-A'
CORTE B-B'
ANCHO VARIABLE
DETALLE RELLENO Y ENSAMBLE ALCANTARILLADO
ESC.1.20
TAPA EN HIERRO FUNDIDO
1.20
ANCHO VARIABLE
DETALLE CAMARA
ESC.1.20
A-005
ALCANTARILLADO CRA 7 ENTRE CALLE 8 Y 10
REVISIÓN Y APROBACIÓN
MEJORAMIENTO DE MALLA VIAL DEL MUNICIPIO DE MANZANARES CALDAS
ALCANTARILLADO CRA 7 ENTRE CALLE 8 Y 10
MODIFICACIONES
FECHA
AC-CARRERA 7.DWG
INDICADA
A-005

TRAMO 6:


PLANTA ALCANTARILLADO
CALLE 2 ENTRE B/LOMBO Y B/TRAVESIAS
ESC.1.250
QUEBRADA
TUBO 12"
TUBO 14"
TUBO 16"
CALLE 2
PERFIL VIAL
DETALLE RELLENO Y ENSAMBLE ALCANTARILLADO
ESC.1.20
ANCHO VARIABLE
DETALLE CAMARA
TAPA EN HIERRO FUNDIDO
1.20
ANCHO VARIABLE
SUMIDERO CON DESARENADOR CON TAPA EN HIERRO FUNDIDO
ESC.1.20
ARO EN HIERRO FUNDIDO
REFUERZO DE LOSAS EN CONCRETO
REFUERZO QUE SOSTIENE LA TAPA
ESC.1.15
ESC.1.25
SUMIDERO TRANSVERSAL ESC.1.25
PLANTA
CORTE A-A'
CORTE B-B'
ANCHO VARIABLE
REVISO Y APROBO:
MEJORAMIENTO DE MALLA VIAL DEL MUNICIPIO DE MANZANARES CALDAS
PLANTA ALCANTARILLADO CALLE 2 ENTRE B/LOMBO Y B/TRAVESIAS
MODIFICACIONES
FECHA
AC- CALLE 2.DWG
INDICADA
A-007

Nota: En el presente estudio se analizan los sumideros, de acuerdo con cómo se recomienda su diseño y su construcción de acuerdo con el artículo 156 de la Resolución 0330/2017. En este se define que deben ubicarse antes de los cruces viales, antes de pasos peatonales, en zonas donde se presente reducción de la pendiente longitudinal de la vía en el sentido de la escorrentía, en puntos bajos y depresiones. En estas tablas se presentan un caso de ejemplo.

5.1.Requisitos diseño

Dentro de la Resolución 0330/2017 en el artículo se definen algunos parámetros que se deben cumplir, cuidando que las dinámicas que se generen dentro de las estructuras estudiadas estén dentro de las prácticas de la buena ingeniería.

Imagen 12. Requisitos diseño.

Parámetro	Valor	Unidades
Velocidad mínima	0.4	*m/s*
Velocidad máxima	5	*m/s*
Relación diámetro respecto lámina	80	*%*
Diámetro interno mínimo	175	*mm*

6. Conclusiones y recomendaciones

- Las estructuras que se construyan deben garantizar un correcto funcionamiento hidráulico y deben permitir labores de inspección y mantenimiento
- Se recomienda implementar sumideros tipo B.
- Se recomienda una limpieza de los sumideros debido a que la acumulación de residuos en la rejilla disminuye la capacidad hidráulica de estas estructuras.
- Las estructuras planteadas tienen la capacidad para evacuar un caudal con periodo de retorno de 3 años.
- Conservar la integridad de los diseños presentados en los planos anexos, con el fin de garantizar el buen comportamiento de las estructuras planteadas.

7. Referencias

Gómez Valentín, M. (2007). *Hidrología Urbana*. Barcelona.

Ministerio de Vivienda Ciudad y Territorio. (2017). *Resolucion 0330* (p. 182). p. 182.

Vargas, M., & Diaz-Granados, M. (1997). Curvas sintéticas de Intensidad–Duración–Frecuencia para Colombia. *Departamento de Ingeniería Civil. Universidad de Los Andes. Bogotá*.

Gomez Tobon., & Aristizabal Arias, J., (2002). Obtención de curvas intensidad, frecuencia y duración para el departamento de Caldas, Universidad Nacional de Colombia.

