CONSULTORÍA TÉCNICA DEL PROYECTO CUYO OBJETO ES:

"ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA OBRAS DE MEJORAMIENTO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO Y PAVIMENTO RÍGIDO EN LA CALLE 4 ENTRE CARRERAS 4 Y 7 BARRIO EL LLANO DE LA HORCA, MUNICIPIO DE SAN CAYETANO, NORTE DE SANTANDER".

VOLÚMEN DE HIDROLOGÍA E HIDRÁULICA PLUVIAL
VERSIÓN 0.0



ENTIDAD CONTRATANTE

MUNICIPIO DE SAN CAYETANO
NIT. 890.501.876-4

CONSULTOR

MARIO ALBERTO SIERRA LEAL
Ingeniero Civil U.F.P.S.
Especialista en Ingenieria de Vias Terrestres U DE Cartagena
Estudiante de Maestría en Ingeniería de Recursos Hidráulicos
MP 54202-264753 NTS

SAN JOSÉ DE CÚCUTA – NORTE DE SANTANDER, ABRIL 2025

LISTA DE DISTRIBUCIÓN

El original y las copias del presente estudio han sido entregados a las siguientes dependencias:

DEPENDENCIA	ORIGINAL	COPIA
MUNICIPIO DE SAN CAYETANO NIT. 890.501.876-4	DIGITAL-FÍSICO	1

CONTROL DE APROBACIÓN

Firma:					
Cargo:		INGENIERO CIVIL CONSULTORÍA	INGENIERO CIVIL CONSULTORÍA	DIRECTOR DE INTERVENTORÍA	ESPECIALISTA INTERVENTORÍA
NOMBRE:		ING. MARIO ALBERTO SIERRA LEAL	ING. NIXON PATIÑO HERNÁNDEZ		
Mat. Profesional:		54202-264753 NTS	54202-266012 NTS		
VERSIÓN 0.0	**FECHA** 14-04-2025	ELABORÓ	REVISÓ	APROBÓ	APROBÓ

CONTROL DE REVISIONES Y MODIFICACIONES

ESTADO DE REVISIÓN Y APROBACIÓN	NOMBRE	CARGO	FIRMA	FECHA
REVISÓ	Ing. Nixon Patiño Hernández	Ingeniero de apoyo		Abril de 2025
ELABORÓ	Ing. Mario Alberto Sierra	Ingeniero Consultor		
Observaciones:				

MODIFICACIONES		
FECHA	**VERSIÓN**	**DESCRIPCIÓN DE LA MODIFICACIÓN**
14/04/2025	0.0	Entrega al Cliente

CONTENIDO

PRESENTACIÓN 5
2.0 OBJETIVOS Y ALCANCES 6
2.1 OBJETIVO GENERAL 6
2.1.1 General 6
2.1.2 Específicos 6
2.2 ALCANCE 6
2.3 DEFINICIONES 7
3.0 EVALUACIÓN HIDROLÓGICA 8
3.1 LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO 8
3.2 RECOPILACIÓN Y ANÁLISIS DE INFORMACIÓN EXISTENTE 10
3.3 ANÁLISIS DE PRECIPITACIONES 10
3.3.1 Tiempo de Concentración 17
3.3.1.1 Cálculo del Tiempo de Concentración Tc para Diseño de canal. 18
3.3.2 Coeficiente de escorrentía 20
3.3.3 Período de retorno 21
4.0 EVALUACIÓN HIDRÁULICA 23
4.1 MODELACIÓN HIDRÁULICA DEL CANAL 23
5.0 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 25
6.0 BIBLIOGRAFÍA 26
ANEXOS 27

LISTA DE TABLAS

Tabla 1 Distribución de Probabilidad de GUMBEL para las precipitaciones máximas en 24 horas..... 11
Tabla 2 Historial de Precipitaciones máximas en 24 horas 11
Tabla 3 Calculo de la Intensidad de diseño. 15
Tabla 4 Cálculo del tiempo de concentración. 18
Tabla 5 Coeficientes de impermeabilidad..... 20
Tabla 6 Períodos de retorno recomendados según el grado de protección del sistema. 21
Tabla 7 Resumen de cálculo del caudal para el tramo de canal proyectado teniendo en cuenta las áreas aferentes delimitadas. 22

TABLA DE IMAGENES

Imagen 1 Localización General del Proyecto..... 8
Imagen 2 Localización Especifica del Proyecto. 8
Imagen 3 Fotografía 1..... 9
Imagen 4 Fotografía 2..... 9
Imagen 5 Fotografía 3..... 9
Imagen 6 Fotografía 4..... 9
Imagen 7 Fotografía 5..... 9
Imagen 8 Fotografía 6..... 9
Imagen 9 Estación Pluviométrica CORNEJO [16020190]. 10
Imagen 10 Distribución de precipitaciones máximas en 24 horas en el Tiempo. 12
Imagen 11 Distribución de regiones en Colombia para el método (Vargas&Diaz-Granados)..... 14
Imagen 12 Curvas IDF Estación Pluviométrica CORNEJO [16020190]..... 16
Imagen 13 Áreas tributarias..... 19
Imagen 14 Sección Hidráulica del canal proyectado. 23
Imagen 15 Soporte de Modelación Hidráulica, con una pendiente del 0.5%, en HIDRAFLOW EXPRESS..... 24
Imagen 16 Curva de Caudal vs Profundidad de flujo, en HIDRAFLOW EXPRESS 24
Imagen 17 Soporte obtención de la pendiente del terreno para el cálculo del tiempo de concentración. 28
Imagen 18 Soporte obtención de la pendiente del terreno para el cálculo del tiempo de concentración. 29

PRESENTACIÓN

El presente documento contiene el concepto técnico en hidrología e hidráulica pluvial requerido para validar el Proyecto **"ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA OBRAS DE MEJORAMIENTO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO Y PAVIMENTO RÍGIDO EN LA CALLE 4 ENTRE CARRERAS 4 Y 7 BARRIO EL LLANO DE LA HORCA, MUNICIPIO DE SAN CAYETANO, NORTE DE SANTANDER".**

La alcaldía, en procura de sus objetivos y responsabilidades para el mejoramiento de las vías urbanas y sistemas de alcantarillados sanitarios y manejo de aguas pluviales, del municipio de San Cayetano, en desarrollo del contrato de consultoría N° 0207 de 2024, actualmente se encuentra realizando los estudios y diseños para intervención del tramo vial calle 4 entre carreras 4 y 7 barrio el llano de la horca, municipio de San Cayetano, Norte de Santander.

El presente documento de carácter técnico expone los resultados y el proceso de diseño para la optimización del sistema de manejo de aguas pluviales, enunciando los criterios básicos considerados durante el proceso de cálculo de las soluciones óptimas planteadas.

El diseño realizado se ajusta a la legislación vigente en materia de Sistemas de drenaje vial superficial, Manual de Drenaje Para Carreteras expedido por el Ministerio de Transporte- INVIAS y las Normas y especificaciones para el diseño y construcción de obras de drenaje superficial de la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá.

El marco legal se rigió por las recomendaciones del manual de Diseño Geométrico de vías INVIAS 2008 y el manual de drenaje para carreteras INVIAS 2011. Y el Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico – RAS. 2016, Título D.

2.0 OBJETIVOS Y ALCANCES

2.1 OBJETIVO GENERAL.

2.1.1 General

En el presente informe se pretende validar el concepto técnico en hidrología e hidráulica requerido para el Proyecto cuyo objeto es el **"ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA OBRAS DE MEJORAMIENTO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO Y PAVIMENTO RÍGIDO EN LA CALLE 4 ENTRE CARRERAS 4 Y 7 BARRIO EL LLANO DE LA HORCA, MUNICIPIO DE SAN CAYETANO, NORTE DE SANTANDER".**

2.1.2 Específicos

- Obtener las precipitaciones máximas anuales en 24 de la información existente para la estación del IDEAM más cercana al lugar del proyecto.
- Calcular las curvas IDF para la estación.
- Cálculo del caudal por el método racional.
- Determinar y delimitar áreas aferentes o cuencas de drenaje y pendientes para verificar ubicación de alcantarillas.
- Modelación hidráulica para las obras de drenaje propuestas.
- Verificación del cumplimiento de los parámetros como velocidad y altura de lámina.

2.2 ALCANCE

El presente estudio y diseño se limita a optimizar a nivel de diseño las obras de drenaje transversal o longitudinal para aguas lluvias que no hayan sido objeto de reposición por parte de la alcaldía de San Cayetano en los últimos años, y que se encuentran ubicados sobre la Calle 4 entre carreras 4 y 7.

2.3 DEFINICIONES

A continuación, se presentan las definiciones de algunos términos particulares propios de las disciplinas de hidrología e hidráulica, útiles para una mejor comprensión del presente estudio, de acuerdo al manual de drenaje para carreteras INVIAS 2011.

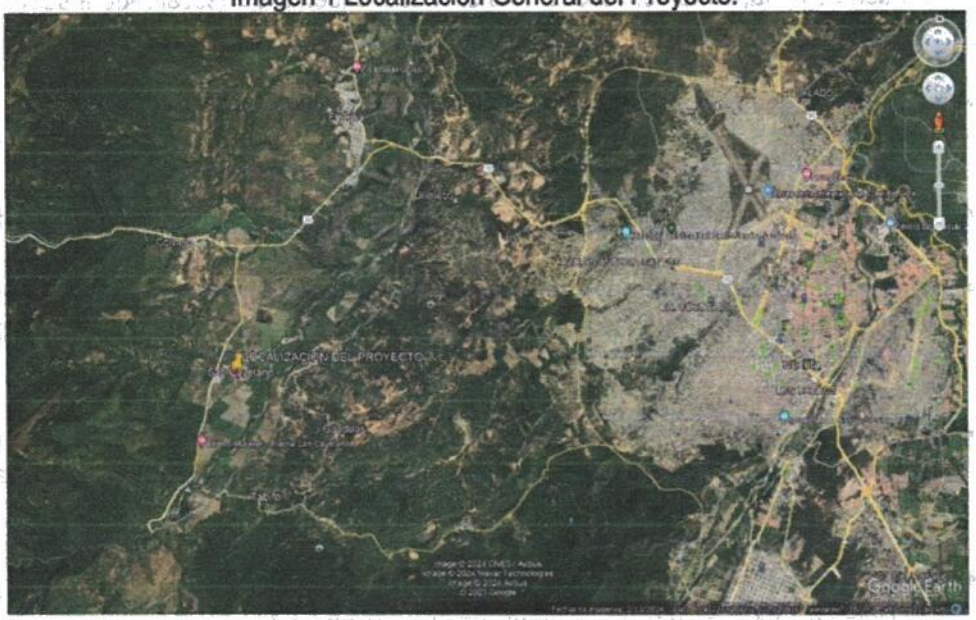
- Cuenca hidrográfica: Área limitada topográficamente, drenada por un curso o un sistema de cursos de agua, de tal forma que todo el caudal efluente es descargado a través de una salida simple, localizada en el punto más bajo de la misma.
- Curvas de Intensidad-Duración-Frecuencia (IDF): Curvas que relacionan la intensidad de precipitación contra la frecuencia (periodo de retorno) y el tiempo de duración de la lluvia.
- Drenaje transversal: Elementos de drenaje que transportan agua cruzando el eje de la carretera.
- Drenaje vial: Conjunto de elementos estructurales cuyo objetivo principal es evacuar el agua acumulada por efecto de las precipitaciones y de la escorrentía a otras fuentes que ocasionen daños en los diferentes elementos que componen una vía.
- Estación hidrometeorológica: Estación con una ubicación establecida que registra durante varios años medidas de parámetros hidrológicos y meteorológicos que se consideran representativos para la zona en la que se encuentra.
- Estación limnimétrica: Estación en una sección transversal de una corriente de agua en la cual se llevan a cabo medidas discontinuas de lecturas de mira.
- Georreferenciación: Posicionamiento espacial de un elemento en una localización geográfica específica siguiendo un determinado sistema de coordenadas.
- Hidrograma: Es la relación entre el caudal y el tiempo para un evento, generalmente de creciente, en una hoya hidrográfica.
- Precipitación: Caída del agua desde la atmósfera al suelo en forma líquida y sólida.
- Registro pluviométrico: Registro de precipitación obtenido por medio de un pluviómetro (aparato que registra medidas discontinuas en el tiempo de precipitación).

3.0 EVALUACIÓN HIDROLÓGICA

3.1 LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO

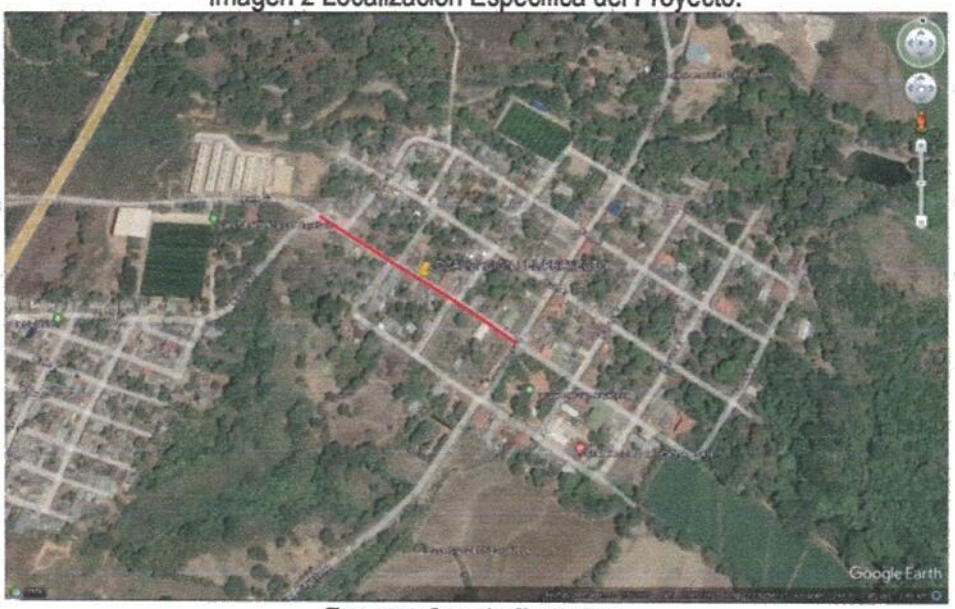
El proyecto se localiza en el casco urbano del municipio de SAN CAYETANO, departamento de NORTE DE SANTANDER, COLOMBIA (Ver Imagen1y2).

Imagen 1 Localización General del Proyecto.



Fuente: Google Earth Pro

Imagen 2 Localización Especifica del Proyecto.



Fuente: Google Earth Pro.

Se realizó visita de campo para ver las condiciones de la vía, condiciones de topografía, puntos bajos y drenajes existentes como se puede ver en las imágenes 2,3,4,5,6 y 7 respectivamente.



Imagen 3 Fotografía 1

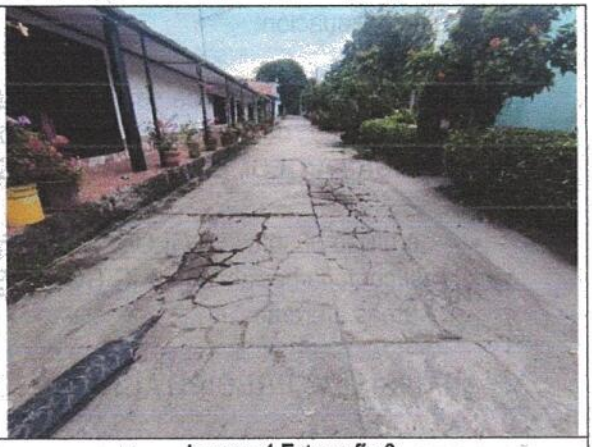


Imagen 4 Fotografía 2



Imagen 5 Fotografía 3

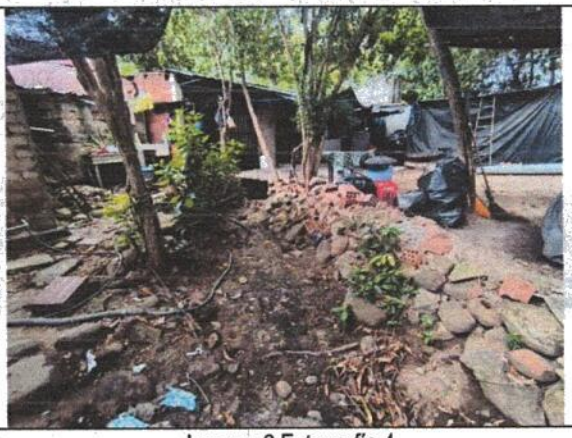


Imagen 6 Fotografía 4



Imagen 7 Fotografía 5

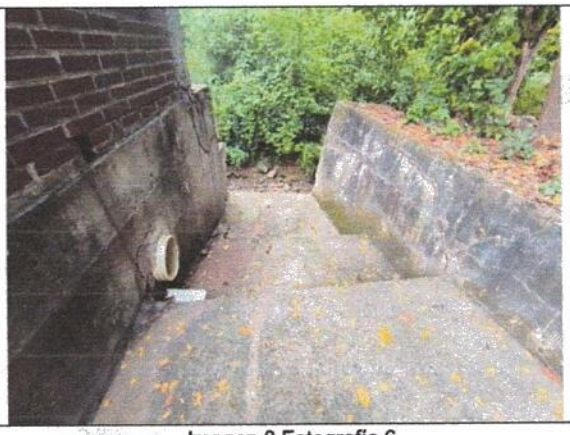


Imagen 8 Fotografía 6

3.2 RECOPILACIÓN Y ANÁLISIS DE INFORMACIÓN EXISTENTE

Para los análisis adelantados se recopiló información cartográfica y topográfica del corredor vial, como se describe a continuación:

- La Topografía utilizada se realizó el día de la visita a campo, la cual consta de levantamiento topográfico detallado con curvas de nivel georreferenciado con coordenadas **MAGNA-SIRGAS_COLOMBIA BOGOTÁ ZONE.**

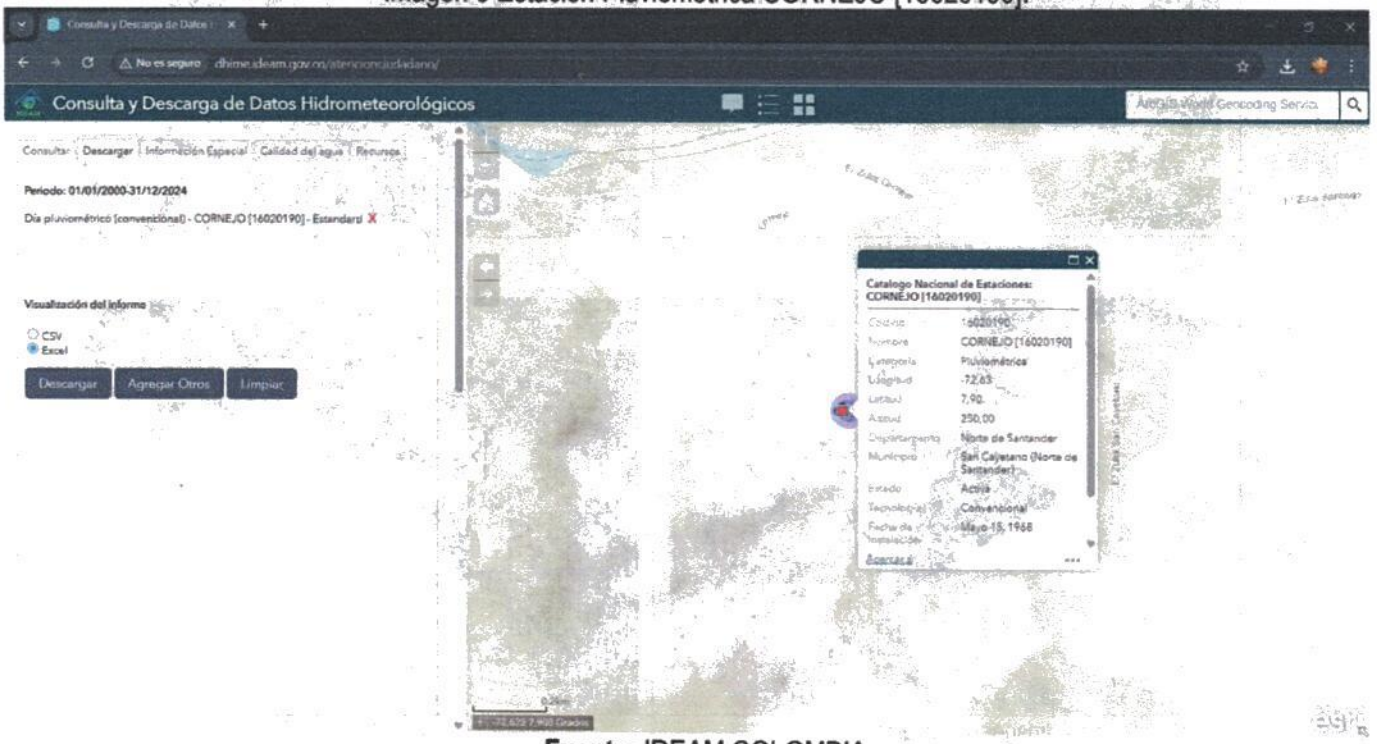
- Se utilizo el software **GLOBAL MAPPER V18** para la obtención del DEM y las curvas de nivel, así como la herramienta SIG **GOOGLE EARTH PRO.** Para el análisis y delimitación de cuencas y áreas aferentes.

3.3 ANÁLISIS DE PRECIPITACIONES

Todos los análisis planteados en el informe son producto de una consultoría particular contratada por el contratista. El proyecto NO contaba con Estudios y Diseño Previos.

Se procedió a descargar la información correspondiente a precipitaciones máximas en 24 horas en el registro histórico de la Estación Pluviométrica **CORNEJO [16020190]** (ver Imagen 8).

Imagen 9 Estación Pluviométrica CORNEJO [16020190].



Fuente: IDEAM COLOMBIA

Se adoptó la distribución de probabilidad de GUMBEL para proyectar las distintas precipitaciones máximas en 24 horas para diferentes periodos de retorno (Ver Tabla 2).

Tabla 1 Distribución de Probabilidad de GUMBEL para las precipitaciones máximas en 24 horas.

PRECIPITACIONES MÁXIMAS EN 24 HORAS PARA DIFERENTES PERIODOS DE RETORNO CALCULADOS POR GUMBEL ESTACIÓN CORNEJO [16020190]

PERIODO DE RETORNO (Años)	PROBABILIDAD P	MEDIA	DESVIACION ESTANDAR	μy	σy	α	β	LN(T/T-1)	PRECIPITACIÓN (mm)	α	β	LN(T/T-1)	PRECIPITACIÓN (mm)
5	0.8	93.077	24.273	0.5240	1.0956	0.0451	81.468	0.223	114.700	0.053	82.154	0.223	110.543
10	0.9	93.077	24.273	0.5240	1.0956	0.0451	81.468	0.105	131.326	0.053	82.154	0.105	124.746
20	0.95	93.077	24.273	0.5240	1.0956	0.0451	81.468	0.051	147.274	0.053	82.154	0.051	138.370
25	0.96	93.077	24.273	0.5240	1.0956	0.0451	81.468	0.041	152.333	0.053	82.154	0.041	142.691
40	0.975	93.077	24.273	0.5240	1.0956	0.0451	81.468	0.025	162.917	0.053	82.154	0.025	151.733
50	0.98	93.077	24.273	0.5240	1.0956	0.0451	81.468	0.020	167.917	0.053	82.154	0.020	156.004
100	0.99	93.077	24.273	0.5240	1.0956	0.0451	81.468	0.010	183.386	0.053	82.154	0.010	169.219

Fuente: El Autor.

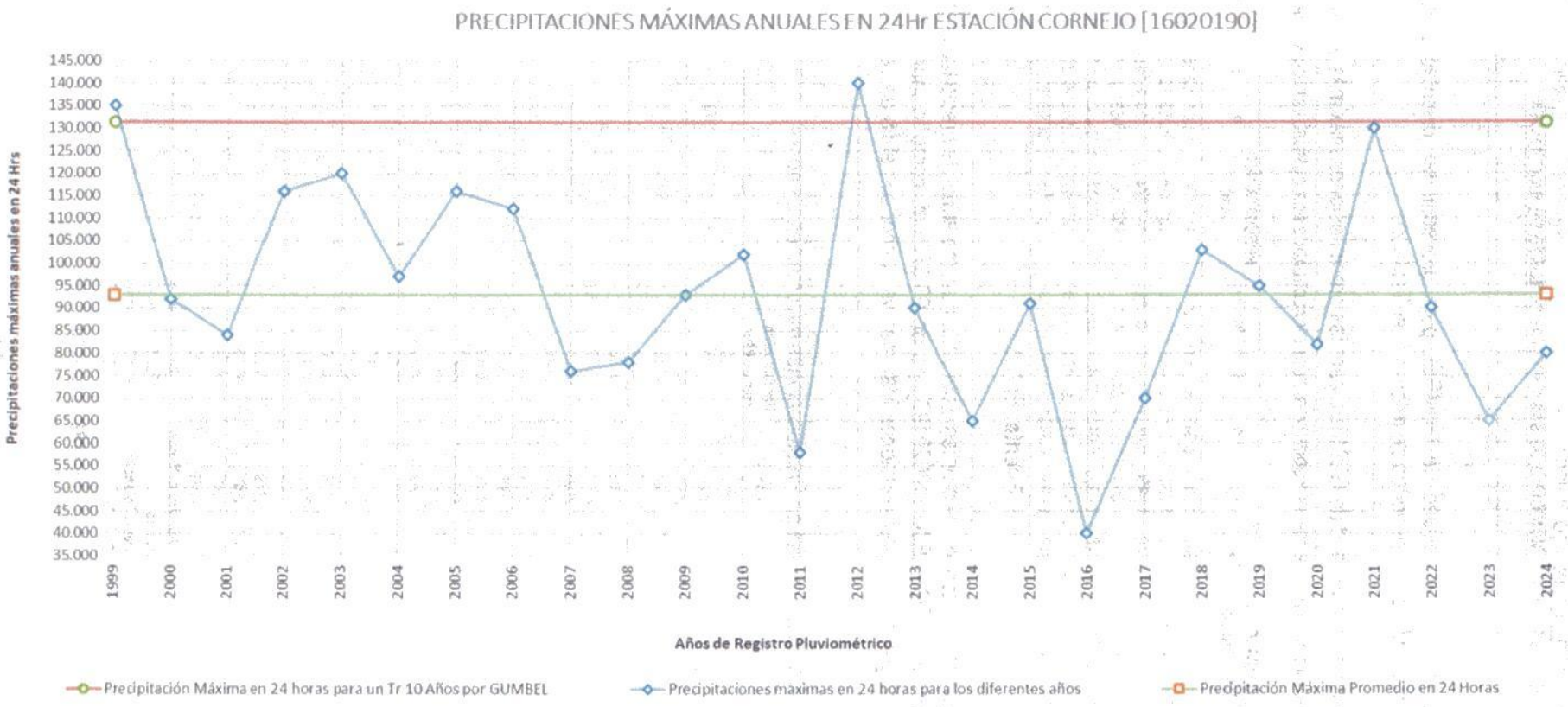
Teniendo en cuenta los datos históricos, el promedio del valor máximo anual de precipitación en 24 horas en la Estación Pluviométrica CORNEJO [16020190], es de 93.077mm, como lo muestra la Tabla 2. Adicional, se procedió a graficar las precipitaciones Máximas vs el año, con el fin de ver su distribución (ver Imagen 10)

Tabla 2 Historial de Precipitaciones máximas en 24 horas

Año	Precipitación máx en 24 H	
1998	64.60	
1999	40.30	
2000	40.80	
2001	42.10	
2002	50.00	
2003	50.80	
2004	43.70	
2005	63.00	
2006	46.40	
2007	40.50	
2008	43.70	
2009	52.30	
2010	53.20	
2011	60.50	
2012	59.50	
2013	42.20	
2014	33.10	
2015	35.80	
2016	43.70	
2017	39.90	
2018	59.20	
2019	41.70	
2020	56.60	
2021	36.00	
2022	43.90	
Numero de Datos	25	años
Media	47.340	mm
Desv. Estandar	9.050	mm
Coef. Asimetría	0.490	

Fuente: El Autor

Imagen 10 Distribución de precipitaciones máximas en 24 horas en el Tiempo.



Fuente: El Autor

De la Imagen 10, podemos observar que la línea verde corresponde a la precipitación promedio en 24 horas del registro histórico para la estación pluviométrica CORNEJO [16020190], también vale la pena señalar que la línea roja corresponde a la precipitación máxima en 24 horas para un periodo de retorno de 10 años, proyectada por la distribución de probabilidad de GUMBEL. Como se puede ver, esta precipitación solo fue superada en el año 1999 y 2012.

Las curvas IDF pueden ser construidas basándose en el método sintético propuesto por Vargas & Díaz-Granados y teniendo en cuenta las recomendaciones dadas por el INVIAS 2011, según las cuales, se recomienda construir curvas para distintos periodos de retorno (2, 5, 10, 20, 50 y 100 años). De esta manera, se propone la siguiente ecuación para obtener los valores de intensidad:

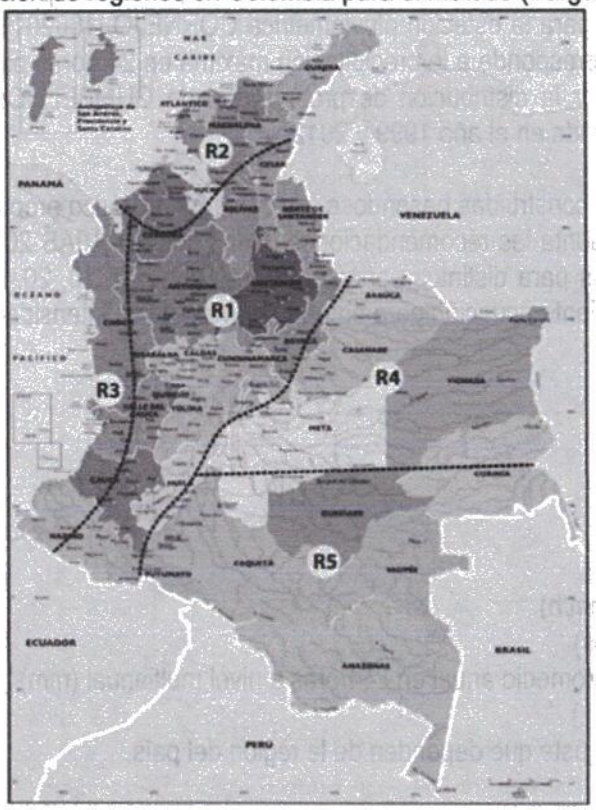
$$i = \frac{a * T^b * M^d}{(t/60)^c}$$

Donde:

i = intensidad de la lluvia (mm/h)
T = periodo de retorno (años)
M = precipitación máxima promedio anual en 24 horas a nivel multianual (mm)
t = duración de la lluvia (mín.)
a, b, c, d = parámetros de ajuste que dependen de la región del país.

En este caso de estudio, dichos parámetros (a, b, c y d) obtienen los siguientes valores, debido a que se encuentran en la región Andina: $a = 0.94$ $b = 0,18$ $c = 0,66$ $d = 0,83$ (Ver Imagen 11)

Imagen 11 Distribución de regiones en Colombia para el método (Vargas&Diaz-Granados)



Fuente: Guía para el Diseño de pavimentos con Placa Huella INVIAS

Las curvas IDF son las que expresan gráficamente la Intensidad, Duración y Frecuencia de una precipitación ocurrida en una cuenca hidrográfica mediante una relación matemática del tipo empírica. Trabaja mediante periodos de retorno o probabilidad de ocurrencia, cuyos valores son adquiridos por la inversa del valor de la frecuencia acumulada o por condiciones del proyecto u obra que lo convenga. Tienen aplicación en numerosas obras de construcción civil, mayormente en obras hidráulicas o drenajes, también son usadas en ingeniería agrícola. Siempre se deben tener en cuenta para realizar un buen dimensionamiento de sistemas o estructuras, por ejemplo, el buen dimensionamiento hidráulico de sistemas de drenaje en carreteras mejorará la calidad y la vida útil de la carretera, también cuenta para el drenaje urbano, drenaje de aeropuertos, etc. Las curvas IDF relacionan todas las características importantes de eventos extremos de precipitación, que frecuentemente son tomados como variables de diseño. En otros términos, podemos expresar a las curvas IDF como aquellas curvas que expresan la intensidad de precipitación en una cuenca teniendo en cuenta y como función su duración y su probabilidad de que pueda exceder dicho evento extremo.[1]

Se procedió a calcular las intensidades de diseño para la construcción de las curvas IDF, obteniendo los resultados de Tabla 3.

[1] https://www.hidraulicautiling.com/2020/04/como-obtener-curvas-idf-y-el-hietograma.html

Tabla 3 Calculo de la Intensidad de diseño.

Coeficientes METODO SIMPLIFICADO INVIAS (VARGAS & GRANADOS)					
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

Ppmáx24H	93.077

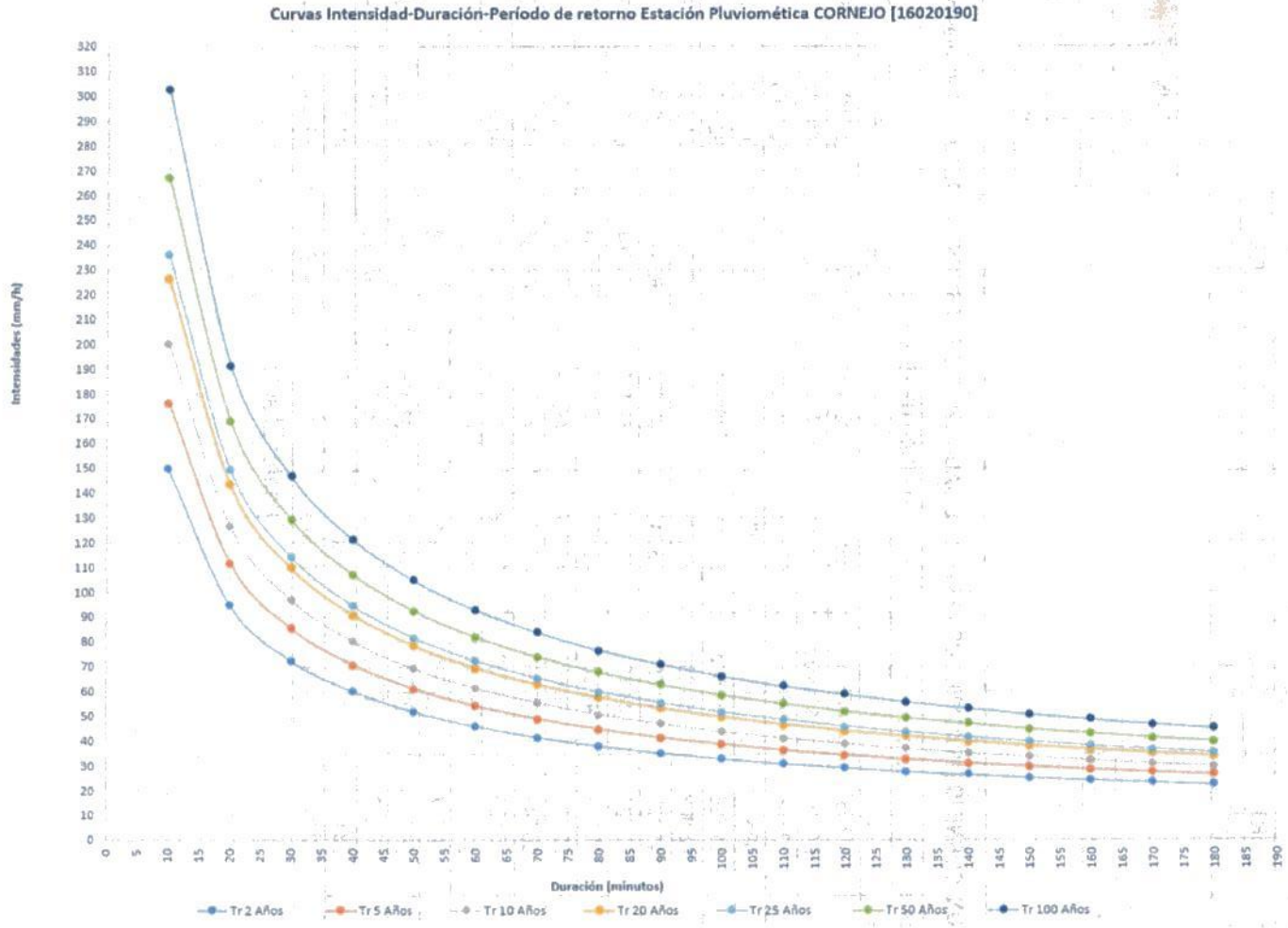
REGIÓN	(R1)
a	0.94
b	0.18
c	0.66
d	0.83

ESTACIÓN CORNEJO [16020190] CURVAS INTENSIDAD-DURACIÓN-PERIODO DE RETORNO Valores en (mm/h)							
Tiempo en minutos	PERIODO DE RETORNO						
	2	5	10	20	25	50	100
10	149.635	176.466	199.916	226.481	235.763	267.092	302.584
20	94.700	111.682	126.522	143.335	149.209	169.037	191.499
30	72.466	85.460	96.816	109.681	114.176	129.348	146.537
40	59.934	70.681	80.073	90.714	94.431	106.980	121.196
50	51.726	61.002	69.108	78.291	81.500	92.330	104.599
60	45.862	54.086	61.273	69.415	72.260	81.862	92.740
70	41.425	48.854	55.345	62.700	65.270	73.943	83.769
80	37.931	44.732	50.677	57.411	59.764	67.705	76.702
90	35.094	41.387	46.886	53.117	55.294	62.641	70.965
100	32.736	38.607	43.737	49.549	51.579	58.433	66.198
110	30.741	36.253	41.070	46.528	48.435	54.871	62.162
120	29.025	34.230	38.778	43.931	45.732	51.809	58.693
130	27.531	32.468	36.783	41.671	43.378	49.143	55.673
140	26.217	30.918	35.027	39.681	41.308	46.797	53.015
150	25.050	29.542	33.468	37.915	39.469	44.714	50.655
160	24.006	28.310	32.072	36.334	37.823	42.849	48.543
170	23.064	27.200	30.814	34.909	36.340	41.168	46.639
180	22.210	26.193	29.673	33.616	34.994	39.644	44.912

Fuente: El autor

Para nuestro caso, en la Imagen 12, se pueden ver las Curvas IDF para la estación pluviométrica CORNEJO [16020190]

Imagen 12 Curvas IDF Estación Pluviométrica CORNEJO [16020190].



Fuente: El Autor

3.3.1 Tiempo de Concentración

Se define como el tiempo necesario, desde el inicio de la precipitación, para que toda la hoya contribuya al sitio de la obra de drenaje en consideración, o, en otras palabras, el tiempo que toma el agua desde los límites más extremos de la hoya hasta llegar a la salida de la misma. [2]

En general, el tiempo de concentración se calcula por medio de ecuaciones empíricas, dentro de las cuales se cuentan las siguientes:

Ecuación de Kirpich

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

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

Ecuación de Témez

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

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

Ecuación del Cuerpo de Ingenieros del Ejército de los Estados Unidos

$$T_c = 0.28\left(\frac{L}{S^{0.25}}\right)^{0.76}$$

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

El proyecto No cuenta con obras de drenaje que tengan grandes cuencas hidrográficas, únicamente se hace el manejo de las aguas de escorrentía de la calzada proveniente de las cunetas, las cuales descargaran en las alcantarillas.

Para el caso del presente informe se tienen 2 condiciones diferentes de diseño:

---

[2]Manual de Drenaje para carretera INVIAS 2011, página 41

3.3.1.1 Cálculo del Tiempo de Concentración Tc para Diseño de canal.

De acuerdo con las pendientes y longitudes que presenta los tramos de vía, el tiempo de concentración resultará menor de 10 minutos, con lo cual se toma la siguiente recomendación:

De acuerdo con la recomendación dada en el RAS. "El tiempo de concentración mínimo debe ser de 10 minutos, el cual a su vez debe contar con un tiempo de entrada mínimo de 5 minutos. Por otro lado, el tiempo de concentración máximo debe ser 20 minutos. Si dos o más tuberías confluyen a la misma estructura o cámara de conexión, el diseñador debe considerar como tiempo de concentración en ese punto, el mayor de los tiempos de concentración de las respectivas tuberías".[3]

Se tomará como mínimo un tiempo de concentración igual a 10 min (Referencia 2.6), "con el fin de tener en cuenta el tiempo inicial que tarda el agua en concentrarse en una hoya y no sobreestimar la intensidad de precipitación que resultaría con valores calculados menores a este tiempo de concentración".[4]

A continuación, se presenta el cálculo del tiempo de concentración para el tramo de canal proyectado.

Tabla 4 Cálculo del tiempo de concentración.

		Para áreas tributarias								
Ubicación	**Descripción**	**Longitud terreno (m)**	**Pendiente terreno (%)**	**Longitud total (m)**	**pendiete ponderada (%)**	**Tc Kirpich (min)**	**Tc Témez (min)**	**Tc USACE (min)**	**Tc Promedio (min)**	**Tc adoptado (min)**
Casco Urbano Municipio de San Cayetano	Vía Carrera 8	325	3.69%	325	3.69%	5.97	14.34	13.38	11.23	10
	Vía Calle 4	256	3.13%	256	3.13%	5.29	12.35	11.52	9.72	10

Fuente: El Autor.

[3] Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico – RAS. Título D, 2016, página 99
[4] Manual de Drenaje para carretera INVIAS 2009, página 47

A continuación, se muestran las áreas tributarias hasta el sitio proyectado para la obra de drenaje transversal y también se puede apreciar que los drenajes actuales se dan por medio de las calles.

Imagen 13 Áreas tributarias.



Fuente: Google Earth Pro, El Autor

3.3.2 Coeficiente de escorrentía

El coeficiente de escorrentía relaciona el volumen total del agua precipitada con el volumen real de la escorrentía producida después de descontar las pérdidas por almacenamiento, retención e infiltración, es propio de cada cuenca o microcuenca y depende de la morfometría, del tipo de suelo, la cobertura y la condición de humedad antecedente.

El valor de coeficiente de escorrentía para las zonas con cobertura vegetal por tratarse de una topografía plana, en una zona residencial con predominio de zonas verdes y parques, se adoptó un coeficiente de escorrentía de 0.3 según lo indicado en la tabla 5.

El valor del coeficiente de escorrentía para las calles se tomará de 0.9 por tratarse de superficies en pavimento asfaltico y concreto. y para las casas se adoptó de 0.75 por tratarse de zona residencial, con casas antiguas, predominio de zonas duras, según lo indicado en la tabla 5.

Tabla 5 Coeficientes de impermeabilidad.

Tipo de superficie	C
Cubiertas	0,90
Pavimentos asfálticos y superficies de concreto	0,90
Vías adoquinadas	0,85
Zonas comerciales o industriales	0,90
Residencial, con casas contiguas, predominio de zonas duras	0,75
Residencial multifamiliar, con bloques contiguos y zonas duras entre estos	0,75
Residencial unifamiliar, con casas contiguas y predominio de jardines	0,60
Residencial, con casas rodeadas de jardines o multifamiliares apreciablemente separados	0,45
Residencial, con predominio de zonas verdes y parques-cementerios	0,30
Laderas sin vegetación	0,60
Laderas con vegetación	0,30
Parques recreacionales	0,30

Fuente: Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico – RAS. Título D.

3.3.3 Período de retorno

Para la elección del periodo de retorno se consideró el siguiente criterio expuesto en el RAS 2016. "El período de retorno de diseño debe determinarse de acuerdo con la importancia de las áreas y con los daños, perjuicios o molestias que las inundaciones periódicas puedan ocasionar a los habitantes, el tráfico vehicular, el comercio, la industria, etc. La selección del período de retorno está asociada con las características de protección e importancia del área de estudio y, por lo tanto, el valor adoptado debe estar justificado de acuerdo con dicho criterio".[5]

Para este caso se analizará un canal proyectado con un período de retorno de 5 años, considerando la magnitud de las áreas tributarias analizadas, según la Tabla 6.

Tabla 6 Períodos de retorno recomendados según el grado de protección del sistema.

Características del área de drenaje	Mínimo (años)	Aceptable (años)	Recomendado (años)
Tramos iniciales en zonas residenciales con áreas tributarias menores de 2 ha	2	2	3
Tramos iniciales en zonas comerciales o industriales, con áreas tributarias menores de 2 ha	2	3	5
Tramos de alcantarillado con áreas tributarias entre 2 y 10 ha	2	3	5
Tramos de alcantarillado con áreas tributarias mayores a 10 ha	5	5	10
Canales abiertos en zonas planas y que drenan áreas mayores a 1000 ha	10	25	50
Canales abiertos en zonas montañosas (alta velocidad) o a media ladera, que drenan áreas mayores a 1000 ha	25	50	100

Fuente: Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico – RAS. Título D.

[5] Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico – RAS. Título D, 2016, página 77

A continuación, se presenta el resumen del cálculo del caudal para el tramo de canal proyectado.

Tabla 7 Resumen de cálculo del caudal para el tramo de canal proyectado teniendo en cuenta las áreas aferentes delimitadas.

Ubicación	Descripción del Área Tributaria	Área aferente (m2)	Período de retorno (Años)	Tiempo de Concentración (minutos)	Intensidad de Diseño (mm/h)	Coeficiente de Escorrentía ponderado	Caudal (m3/seg)	Caudal De Diseño (m3/seg)
Casco Urbano de San Cayetano	Casas 1	1734	5	10	152.977	0.75	0.0553	0.5961
	Casas 2	369	5	10	152.977	0.75	0.0118	
	Casas 3	1963	5	10	152.977	0.75	0.0626	
	Casas 4	1703	5	10	152.977	0.75	0.0543	
	Casas 5	1183	5	10	152.977	0.75	0.0377	
	zonas destapadas 1	9370.0	5	10	152.977	0.30	0.1194	
	zonas destapadas 2	4752.0	5	10	152.977	0.30	0.0606	
	zonas destapadas 3	2604.0	5	10	152.977	0.30	0.0332	
	Vías 1	1280.0	5	10	152.977	0.90	0.0490	
	Vías 2	1615.0	5	10	152.977	0.90	0.0618	
	Vías 3	359.0	5	10	152.977	0.90	0.0137	
	Vías 4	443.0	5	10	152.977	0.90	0.0169	
	Vías 5	350.0	5	10	152.977	0.90	0.0134	
	Vías 6	170.0	5	10	152.977	0.90	0.0065	
	Total Área en m2	27895.0						
	Total Área en Ha.	2.8						

Fuente: El Autor

Mediante este caudal obtenido se procede a realizar la verificación y evaluación hidráulica del canal.

4.0 EVALUACIÓN HIDRÁULICA.

4.1 MODELACIÓN HIDRÁULICA DEL CANAL.

Se realiza la respectiva modelación hidráulica con las condiciones más críticas, y caudales máximos para la obra de drenaje proyectada tipo canal, por medio del software HIDRAFLOW EXPRESS, en dónde el canal proyectado se modela como un canal con flujo permanente de tipo Normal.

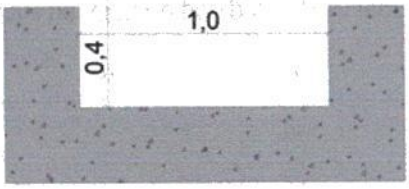
Se analizarán parámetros como Velocidad máxima (6m/seg) y mínima (0.6 m/seg).

Se determinará si la obra de drenaje proyectada junto con los parámetros de diseño cumple con la capacidad mínima para que su funcionamiento sea óptimo.

Para la modelación se toma el caudal calculado de la tabla 7, y se realiza con la pendiente obtenida del 0.5% para el fondo del canal.

Para el canal se consideran las siguientes especificaciones: será en concreto reforzado (rugosidad n=0.013), con una sección rectangular como se puede apreciar en la imagen:

Imagen 14 Sección Hidráulica del canal proyectado.

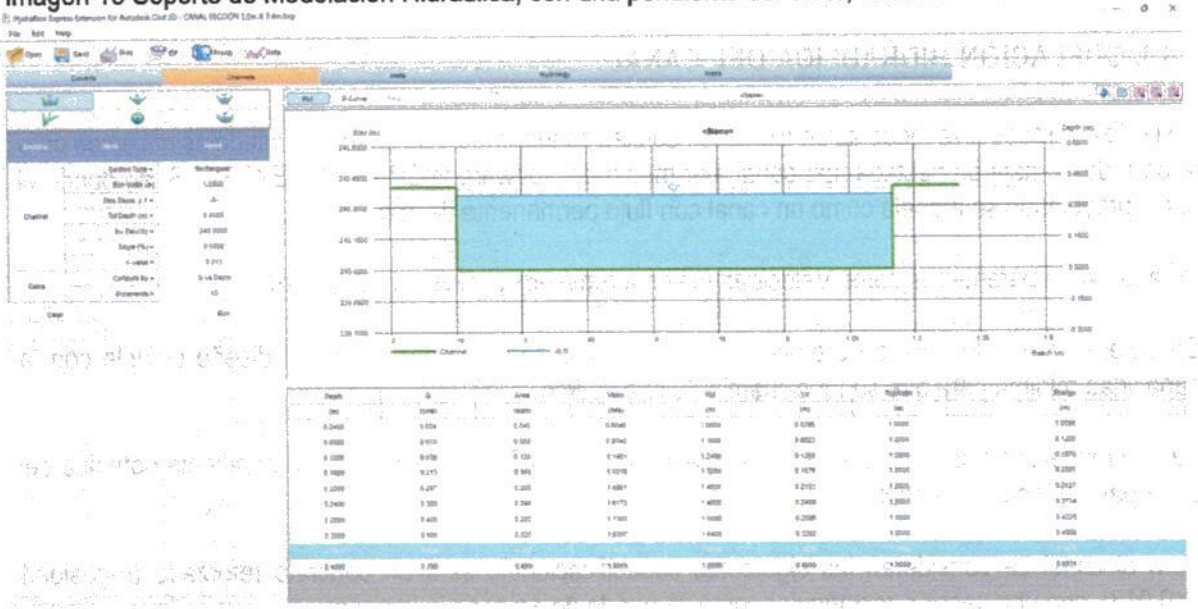


Fuente: El Autor.

La implantación de este se puede apreciar en los planos anexos, allí también se puede apreciar la pendiente y longitud.

A continuación, se muestran los resultados obtenidos mediante la modelación hidráulica.

Imagen 15 Soporte de Modelación Hidráulica, con una pendiente del 0.5%, en HIDRAFLOW EXPRESS



Fuente: El Autor.

Imagen 16 Curva de Caudal vs Profundidad de flujo, en HIDRAFLOW EXPRESS



Fuente: El Autor.

El caudal obtenido para el canal proyectado trabajando como un canal a flujo libre permanente de tipo normal, supera el caudal de diseño obtenido en la tabla 7, y se tiene una profundidad de flujo y velocidad dentro de los rangos recomendados.

5.0 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El tiempo de concentración usado para el cálculo de los caudales fue de 10 minutos, según lo recomendado por el **Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico – RAS. Título D.**

El periodo de retorno usado para el calculo del caudal fue de 5 años, coherente con lo recomendado en el **Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico – RAS. Título D.**

Para la modelación hidráulica del canal se usó el software HIDRAFLOW EXPRESS, los datos ingresados fueron la pendiente hidráulica del 0.5%, la seccion hidraulica de base1.0m y altura 0.4m y el coeficiente de Manning usado fue de 0.013 para concreto.

La modelación realizada para el canal proyectado cumple con las velocidades mínimas (0.6 m/seg) y máximas (6.0 m/seg) recomendadas según el tipo de material del conducto.

El valor de coeficiente de escorrentía para las zonas con cobertura vegetal por tratarse de una topografía plana, en una zona residencial con predominio de zonas verdes y parques, se adoptó un coeficiente de escorrentía de 0.3.

El valor del coeficiente de escorrentía para las calles se adoptó de 0.9 por tratarse de superficies en pavimento asfaltico y concreto. y para las casas se adoptó de 0.75 por tratarse de zona residencial, con casas antiguas, predominio de zonas duras.

El caudal obtenido para el canal proyectado trabajando como un canal a flujo libre permanente de tipo normal, supera el caudal de diseño obtenido en el estudio hidrológico, y se tiene una profundidad de flujo y velocidad dentro de los rangos recomendados.

6.0 BIBLIOGRAFÍA

MANUAL PARA EL DRENAJE DE CARRETERAS INVIAS 2009.

DRENAJE URBANO, ELEMENTOS DE DISEÑO, Drenaje Urbano no convencional, HÉCTOR ALFONSO RODRÍGUEZ DÍAZ.

INTRODUCCIÓN A LA HIDRÁULICA E HIDROLOGÍA CON APLICACIONES PARA LA ADMINISTRACIÓN DEL AGUA PLUVIAL, CUARTA EDICIÓN, JHON E. GRIBBIN.

REGLAMENTO TÉCNICO DEL SECTOR DE AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO BÁSICO – RAS. 2016, Título D.

ANEXOS

Imagen 17 Soporte obtención de la pendiente del terreno para el cálculo del tiempo de concentración.

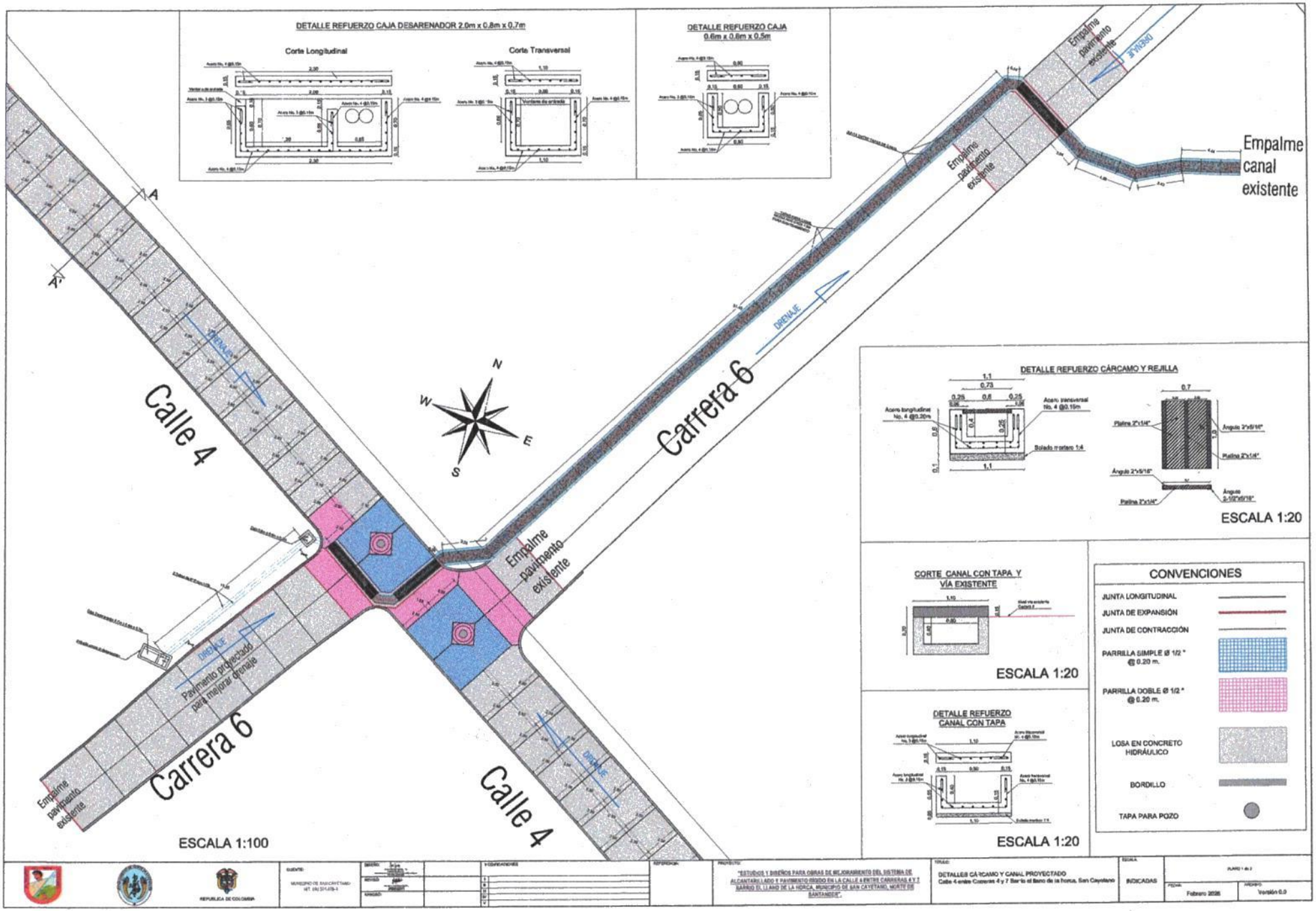


Fuente: GOOGLE EART PRO, El autor.

Imagen 18 Soporte obtención de la pendiente del terreno para el cálculo del tiempo de concentración.



Fuente: GOOGLE EART PRO, El autor.


DETALLE REFUERZO CAJA DESARENADOR 2.0m x 0.8m x 0.7m
Corte Longitudinal
Corte Transversal
DETALLE REFUERZO CAJA
0.6m x 0.8m x 0.5m
Empalme pavimento existente
3%
Empalme canal existente
Empalme pavimento existente
A
A'
DRENAJE
Calle 4
Carrera 6
N
W
E
S
Carrera 6
DRENAJE
Empalme pavimento existente
Pavimento proyectado para mejorar drenaje
DRENAJE
Empalme pavimento existente
Calle 4
ESCALA 1:100
DETALLE REFUERZO CÁRCAMO Y REJILLA
Acero longitudinal No. 4 @0.20m
Acero transversal No. 4 @0.15m
Solado mortero 1:4
Platina 2"x1/4"
Ángulo 2"x5/16"
Platina 2"x1/4"
Ángulo 2"x5/16"
Platina 2"x1/4"
ESCALA 1:20
CORTE CANAL CON TAPA Y VÍA EXISTENTE
ESCALA 1:20
DETALLE REFUERZO CANAL CON TAPA
ESCALA 1:20
CONVENCIONES
JUNTA LONGITUDINAL
JUNTA DE EXPANSIÓN
JUNTA DE CONTRACCIÓN
PARRILLA SIMPLE Ø 1/2 " @ 0.20 m.
PARRILLA DOBLE Ø 1/2 " @ 0.20 m.
LOSA EN CONCRETO HIDRÁULICO
BORDILLO
TAPA PARA POZO
REPUBLICA DE COLOMBIA
"ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA OBRAS DE MEJORAMIENTO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO Y PAVIMENTO RÍGIDO EN LA CALLE 4 ENTRE CARRERAS 6 Y 7 BARRIO EL LLANO DE LA HORCA, MUNICIPIO DE SAN CAYETANO, NORTE DE SANTANDER".
DETALLES CÁRCAMO Y CANAL PROYECTADO
Calle 4 entre Carrera 4 y 7 Barrio el llano de la horca, San Cayetano
INDICADAS
Febrero 2026
Versión 0.0



REPUBLICA DE COLOMBIA

CLIENTE:
MUNICIPIO DE SAN CAYETANO
NIT. 890.501.876-4

DISEÑO:
REVISO:
APROBO:

MODIFICACIONES:

1	
II	
III	
IV	
V	

REFERENCIA:

PROYECTO:
"ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA OBRAS DE MEJORAMIENTO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO Y PAVIMENTO RIGIDO EN LA CALLE 4 ENTRE CARRERAS 4 Y 7 BARRIO EL LLANO DE LA HORCA, MUNICIPIO DE SAN CAYETANO, NORTE DE SANTANDER".

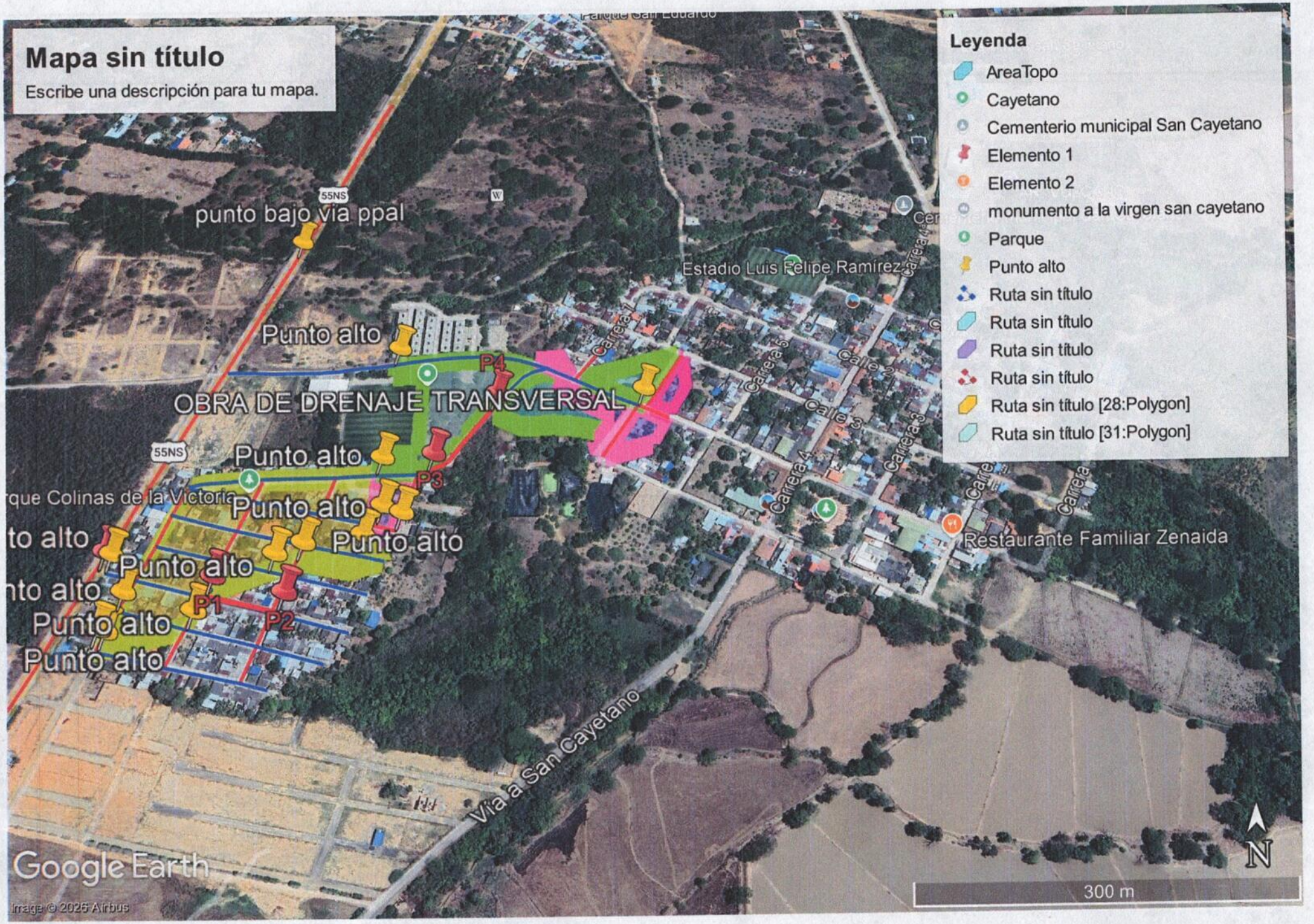
T.TAJO:
ÁREAS TRIBUTARIAS
Calle 4 entre Carreras 4 y 7 Barrio el llano de la horca, San Cayetano

ESCALA:
SIN ESCALA

PLANO 1 de 1

FECHA:
Abril 2026

ARCHIVO:
Versión 1.0


Mapa sin título
Escribe una descripción para tu mapa.
Leyenda
AreaTopo
Cayetano
Cementerio municipal San Cayetano
Elemento 1
Elemento 2
monumento a la virgen san cayetano
Parque
Punto alto
Ruta sin título
Ruta sin título
Ruta sin título
Ruta sin título
Ruta sin título [28:Polygon]
Ruta sin título [31:Polygon]
punto bajo via ppal
55NS
Punto alto
P4
OBRA DE DRENAJE TRANSVERSAL
Punto alto
P3
Punto alto
Punto alto
Punto alto
P1
P2
Punto alto
Punto alto
Estadio Luis Felipe Ramirez
Carrera 7
Carrera 6
Calle 3
Calle 3
Carrera 4
Carrera 3
Restaurante Familiar Zenaida
Vía a San Cayetano
Google Earth
Image © 2026 Airbus
N
300 m