ESTUDIO HIDROLOGICO E HIDRAULICO

MEJORAMIENTO DE LA INFRAESTRUCTURA VIAL EN LA VIA DE TAME- PUERTO RONDON, DEPARTAMENTO DE ARAUCA.

ESTUDIO HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO

Elaborado por:

JUAN CAMILO LEIVA MONTERREY

Presentado a

GOBERNACIÓN DE ARAUCA

MARZO 2026

TABLA DE CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN 7

1.1. ALCANCE 7

1.2. LOCALIZACIÓN 7

2. NORMATIVIDAD 9

3. ANÁLISIS HIDROLÓGICO 10

3.1. RECOPILACIÓN Y ANÁLISIS DE INFORMACIÓN EXISTENTE 10

3.1.1. Cartografía 10
3.1.2. Climatología 10

4. ESTUDIO HIDROLÓGICO 11

4.1. CONDICIONES GENERALES 11

4.2. METODOLOGÍA 12

4.2.1. Procesamiento de información hidrometeoro lógica 12
4.2.2. Cálculo de caudales de diseño 12
4.2.2.1. Método Racional 13
4.2.2.2. Tiempos de Concentración 13
4.2.2.3. Hidrograma de Diseño 20
4.2.3. Delimitación de cuencas y áreas tributarias 22

4.3. CARACTERIZACIÓN CLIMÁTICA 24

4.3.1. Temperatura 24
4.3.2. Precipitación 25
4.3.3. Curvas IDF 26

4.4. ÁREAS TRIBUTARIAS 28

4.4.1. Coeficientes de escorrentía 29

4.5. CAUDALES DE DISEÑO 30

5. ANÁLISIS HIDRÁULICO 33

4.1. MODELACION HIDRAULICA CANAL PARA OBRAS DE PROTECCIÓN 33

4.1.1. Modelo digital de elevación (DEM) 35
4.1.2. Resultados hidráulicos 38

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 51

7. ANEXOS 54

ANEXO 1. CAUDALES DE DISEÑO 54

ANEXO 2. DELIMITACION DE CUENCA 54

ANEXO 3. MODELACION HIDRAULICA RIO Y EROSION 54

ANEXO 4. HIDROLOGÍA 54

ANEXO 5. Planos 54

8. REFERENCIAS 54

LISTADO DE FIGURAS

Figura 1 Ubicación del municipio de Puerto Rondon. 8
Figura 2 Localización del área de LOS PUNTOS DE interés ZONA TAME-RONDON, principales PUNTOS DE PRECIPITACIONES DISTRIBUIDAS EN 4 ZONAS con influencia en el sector de interés, TAME-PUERTO RONDON ARAUCA. Fuente: GOOGLE Earth, 2025, HIDROGRAFÍA: igac, 2025. 9
Figura 4. delimitación de cuenca 1 RIO PLATO a través del software GOOGLE EARTH. FUENTE: PROPIA, 2026. 23
Figura 5 delimitación de cuenca cuenca2_Rio Plato Puente a través del software GOOGLE EARTH. FUENTE: PROPIA, 2026. 23
Figura 8. Temperatura media (°C) ZONA TAME. Fuente: PROPIA, 2026 25
Figura 9 Precipitación media registrada en el área de interés. Fuente: PROPIA, 2026 26
Figura 10. CURVA IDF DE FUNCIÓN DE INTENSIDAD VS TIEMPO CON PERIODOS DE RETORNO EN LA ZONA TAME. 28

LISTADE TABLAS

Tabla 1. PUNTOSNTERVENCIÓN PARA PICIÓN DE ODT según ZONAS.
Tabla 2. ZONAS hlimatológicas adoptadas análisis climatológico.
Tabla 4. Factores gosidad para Uso en la ecde Hathaway.
Tabla 5. valores decidad promedio del agua ción de la pendiente del cauce.
Tabla 6. Coeficiente escorrentía C, para emp el método racional.
Tabla 7. Coeficiente escorrentía C, para empl el método racional.
Tabla 8. Coeficiente escorrentía C, para empl el método racional.
Tabla 9. Números dirva CN recomendados - zurales, Fuente: INVÍAS, 2009.
Tabla 10. Números curva CN recomendados - urbanas, Fuente: EAAB, 2023.
Tabla 11. Informacide los 2 puntos PARA las CAS DEL RIO PLATO, fuente propia
Tabla 12. ZONAS PA ESQUEMA DE TEMPERAS.
Tabla 13. Valores deudales para obras DE PRCCIÓN del tramo en estudio.
Tabla 14. Resultadoe modelación hidráulica pandación del caño cordoba.

LISTADO DE FOTOGRAFÍAS

Fotografía 1 SITIO A INTERVENIR- SECTOR EL PLATO. Fuente: PROPIA, 2026. 30

1. INTRODUCCIÓN

EL MEJORAMIENTO DE LA INFRAESTRUCTURA VIAL EN LA VIA DE TAME- PUERTO RONDON, DEPARTAMENTO DE ARAUCA. se encuentran ubicados en 10 puntos ubicados en la zona del PLATO ubicado a 30 kilometros del casco urbano, lo cual se hace necesario evaluar las obras de protección proyectada para la via a construir de cada punto en cada zona anteriormente mencionada. Este documento desarrolla los estudios hidrológicos y los diseños hidráulicos de las obras de protección de riesgo, con base en la normatividad nacional vigente

Asi las cosas, el presente documento contiene la entrega de los diseños hidráulicos de 10 obras de drenaje protección, en adelante (OP), - *identificadas con los siguientes* ID: OP1_cañoplato, OP2_cañoplato, OP3_cañoplato, OP4_cañoplato, OP5_cañoplato, OP6_cañoplato, OP7_cañoplato, OP8_cañoplato, OP9_cañoplato, OP10_cañoplato que se localizan en el sector mencionado anteriormente. Primero se realiza el análisis hidrológico de todo el sector y del rio caño plato, esto con el objetivo de obtener los caudales de diseño para diferentes periodos de retorno y posteriormente se realiza el análisis hidráulico mediante la modelación hidráulica para determinar las OP proyectadas para permitir la resistencia al corte de la capacidad hidráulica de diseño correspondiente. Estos análisis se fundamentan en los lineamientos incluidos en el Manual de Drenaje para Carreteras del Instituto Nacional de Vías y su diseño se aplicará conforme a la cartilla de obras menores de drenaje y estructuras viales programa Colombia rural.

1.1. ALCANCE

El alcance de este documento es obtener los caudales de diseño por medio del estudio hidrológico de precipitaciones y curvas IDF en los 10 puntos ubicados en la zona rural en el municipio para mitigar el alto impacto conforme a los altos flujos en los cauces que conectan con las vías y proyectar las OP nuevas en los sectores resaltados donde carecen de estructuras por el riesgo de erosión en la via proyectada y el transito vial en temporada invernal es interrumpido por las fuertes precipitaciones con su diseño hidráulico adecuado a las normas vigentes de diseño.

1.2. LOCALIZACIÓN

Tame es un municipio colombiano ubicado en la parte sur-occidental del departamento de Arauca, se caracteriza por sus variados paisajes rurales que van desde el clima frío de la Sierra Nevada del Cocuy hasta el clima tropical de sabana. El municipio de Tame, tiene una altitud va desde los 100 m.s.n.m. en la parte más baja, hasta los 5000 metros aproximadamente en la parte más alta, donde parte del territorio hace parte del Parque Nacional Natural El Cocuy. La cabecera de Tame ésta situada a 6° 27'12" de latitud norte y 75° 45'41" de longitud Occidental de Greenwich.



FIGURA 1 UBICACIÓN DEL MUNICIPIO DE PUERTO RONDON.

El área del proyecto se encuentra localizada en el municipio de Tame arauca, sobre área rural a 30 kilómetros vía a el municipio de rondon, en el departamento de Arauca. Los puntos de intervención se encuentran distribuidos en 10 puntos dentro de la zona rural del municipio de Tame-Puerto Rondon, distribuidas en las siguientes coordenadas:

DESCRIPCION		COORDENADAS	
1	Obra de protección 1	N=1196631.88	E=952391.60
2	Obra de protección 2	N=1196553.38	E=952547.24
3	Obra de protección 3	N=1196443.28	E=952734.37
4	Obra de protección 4	N=1196377.28	E=952864.56
5	Obra de protección 5	N=1196278.19	E=953042.94
6	Obra de protección 6	N=1196170.02	E=953237.45
7	Obra de protección 7	N=1196132.89	E=953305.92
8	Obra de protección 8	N=1195783.27	E=953377.42
9	Obra de protección 9	N=1195640.00	E=953402.36
10	Obra de protección 10	N=1195564.70	E=953476.58

TABLA 1. PUNTOS DE INTERVENCIÓN PARA PROYECCIÓN DE ODT SEGÚN ZONAS.

FIGURA 2 LOCALIZACIÓN DEL ÁREA DE LOS PUNTOS DE INTERÉS ZONA TAME-RONDON, PRINCIPALES PUNTOS DE PRECIPITACIONES DISTRIBUIDAS EN 4 ZONAS CON INFLUENCIA EN EL SECTOR DE INTERÉS, TAME-PUERTO RONDON ARAUCA. FUENTE: GOOGLE EARTH, 2025, HIDROGRAFÍA: IGAC, 2025.



2. NORMATIVIDAD

La normatividad empleada para el diseño del drenaje de la proyectada construcción obras de drenaje en el segmento vial objeto del presente estudio es el Manual de Drenaje para Carreteras en su versión de diciembre de 2009 y La cartilla de obras menores de drenaje y estructuras viales programa Colombia rural.

Adicionalmente, se utiliza la siguiente bibliografía, para el análisis hidrológico e hidráulico.

- INVIAS. UNAL. (2006). Manual Para la Inspección Visual de Estructuras de Drenaje. Bogotá.
- Chow, V. T. (1994). Hidrología Aplicada. Bogotá: Mc Graw Hill.
- INVIAS. (2009). Manual de Drenaje para Carreteras. Bogotá.
- Martín Vide, J. P. (2003). Ingeniería de Ríos. México: Alfaomega.
- Cornero, G. (1996). Proyecto, Construcción y Conservación de Alcantarillas. UNR Editora.
- Ministerio de transporte (2023) Cartilla de obras menores de drenaje y estructuras viales programa Colombia rural.

3. ANÁLISIS HIDROLÓGICO

Para la estimación de los caudales de diseño, se realizó el análisis de las condiciones hidrológicas de las cuencas, que se localizan en el sector de estudio, relacionadas con las corrientes de agua que tienen influencia directa o indirecta sobre la vía, así como las escorrentías provenientes de predios adyacentes, taludes existentes y de la propia calzada vial.

Por otro lado, es importante mencionar que, para el cálculo de caudales se tiene en cuenta la selección de las estaciones hidrometereológicas conforme a las áreas distribuidas del IDEAM según la resolución mensual para la estación de Tame, elaborados para el proyecto y la ubicación propiamente de las obras de drenaje dentro del tramo en estudio.

3.1. RECOPILACIÓN Y ANÁLISIS DE INFORMACIÓN EXISTENTE

3.1.1. Cartografía

La información topográfica e hidrográfica adoptada para el desarrollo de este estudio, toma en cuenta: primero un modelo de elevación digital del terreno, se utilizó la herramienta Google Earth con datos informativos de la Versión 4 del conjunto de datos climáticos multivariados cuadriculados de alta resolución mensual CRU TS SCIENTIFIC DATA con un dato de elevación por cada 2 mts.

Adicionalmente, se descargó y compro del Instituto Geográfico Agustín Codazzi IGAC las capas de cartografía básica con información a escala 1:25.000, disponible como datos abiertos, y referenciada siendo esta de especial interés la información topográfica e hidrográfica, teniendo en cuenta la topografía local de los puntos realizados en el presente proyecto.

3.1.2. Climatología

Para el análisis climático del área de interés, se obtuvo con datos informativos del IDEAM a través de la estación de TAME del conjunto de datos climáticos multivariados cuadriculados de alta resolución mensual, los archivos abiertos en formato (.xls) "Datos hidrológicos zona tame, que resume los valores medios mensuales multianuales desde el año 1990-2025 para el análisis hidroclimatológico debido al sensor satelital para lograr una mayor precisión se asumieron los datos conforme a las áreas cuadriculadas de alta resolución mensual donde cada una especifica las condiciones de precipitaciones con respecto a la información desde el año 1990 hasta el 2025 teniendo en cuenta el promedio mensual multianual de cada año de las precipitaciones de los meses del año teniendo en cuenta el promedio de elevación de cada área y su ubicación respectiva en el rango del municipio de Tame).

TABLA 2. ZONAS HIDROCLIMATOLÓGICAS ADOPTADAS PARA EL ANÁLISIS CLIMATOLÓGICO.

NOMBRE	MUNICIPIO	DEPARTAMENTO	ELEV PROM	INFORMACIÓN DISPONIBLE	VEREDAS EN ESTUDIO
PT TAME	Tame Arauca	Arauca	330	1990-2025	MATARRALA

FUENTE: SCIENTIFIC DATA. 2025

Con respecto a la curva de Intensidad - Duración – Frecuencia (IDF) se realizó conforme a la metodología de curvas idf sintéticas de Vargas, Díaz- Granados la cual se expresa en los archivos abiertos en formato (.xls) 'Curvas IDF - ZONA TAME' Aplicados en los 10 puntos de intervención de OP.

4. ESTUDIO HIDROLÓGICO

Para la estimación de los caudales de diseño, se realiza el análisis de las condiciones hidrológicas de las cuencas relacionadas con las corrientes de agua que tienen influencia directa sobre el punto a construir, así como las escorrentías provenientes de predios adyacentes, taludes proyectados y de la propia calzada vial.

4.1. CONDICIONES GENERALES

Las condiciones y tendencias climáticas en el área de estudio responden a diversos factores y procesos que abarcan tanto elementos de los sistemas globales de circulación atmosférica, como de las características locales de la zona. A nivel de los sistemas globales de circulación atmosférica cabe resaltar que la zona de estudio, al ubicarse dentro de una latitud ecuatorial, se encuentra influenciada por la Zona de Confluencia Intertropical (ZCIT), un área de bajas presiones que se forma a partir del calentamiento diferencial de la superficie terrestre y la consecuente convergencia de las masas de aire de los vientos alisios del sureste y noreste (Pabón et al., 2001: 45). La convergencia de estos vientos, sumada al calentamiento diurno del aire, genera un movimiento ascendente del aire permitiendo la formación de nubes de desarrollo vertical que, por lo general, producen lluvias abundantes y de gran intensidad (Pabón et al., 2001: 45).

Dado que la ZCIT se encuentra asociada a las bajas presiones que resultan del calentamiento diferencial de la superficie terrestre a partir de la incidencia directa de la insolación solar sobre la zona ecuatorial; su posición varía de acuerdo con el desplazamiento aparente que tiene el sol con respecto a la tierra. Así, durante el primer semestre del año, la ZCIT se traslada hacia el hemisferio norte siguiendo el desplazamiento aparente del sol (que alcanza su posición extrema sobre el trópico de cáncer durante el primer solsticio del año hacia el 21 de junio) mientras que para el segundo semestre se devuelve nuevamente hacia el sur, rumbo al trópico de Capricornio. Dentro de la zona de estudio este desplazamiento contribuye a definirle una estacionalidad al régimen de lluvias (el cual, como se verá más adelante, adopta un comportamiento bimodal a lo largo del año de acuerdo con los dos momentos en los que la ZCIT pasa sobre la zona).

En adición al paso de la ZCIT, el área de estudio también se encuentra afectada por los patrones climáticos interanuales que se definen a partir de los cambios cuasi bienales (2 a 3 años aproximadamente) en el sistema de circulación este – oeste de Walker, sobre el Océano Pacífico. Como lo observan Pabón et al (2001: 46), este sistema de circulación atmosférica y la intensidad con que se manifiesta, se encuentran estrechamente asociados con las dinámicas de las aguas del océano Pacífico. Ello, en tanto que el debilitamiento de la circulación de Walker permite la afluencia de las aguas cálidas del Pacífico occidental hacia la zona oriental y la disminución del afloramiento de aguas profundas en la misma, favoreciendo el calentamiento del Pacífico oriental y propiciando condiciones que, en caso de intensificarse pueden dar lugar a un Fenómeno Cálido del Pacífico (o fenómeno del Niño) (Pabón et al., 2001: 46). De forma similar, el fortalecimiento del sistema Walker produce una mayor acumulación de las aguas cálidas en el Pacífico occidental y una mayor surgencia de aguas frías y profundas en el extremo oriental del mismo, situación que puede dar lugar a un Fenómeno Frío del Pacífico (o fenómeno de la Niña) (Pabón etal., 2001: 46).

Bajo la anterior perspectiva se hace evidente que los fenómenos del Niño y la Niña y las oscilaciones cuasi bienales en los vientos del sur, son elementos que afectan las tendencias que se describirán más adelante con respecto a las condiciones climáticas e hidrográficas predominantes en el área de estudio y que, en consecuencia, su ocurrencia debería ser incorporada dentro del diagnóstico del clima local. No obstante, las limitaciones que actualmente existen en la comprensión detallada de estos fenómenos, sus diferentes relaciones con las

condiciones climáticas del país y los posibles ciclos bajo los cuales ellos se pueden presentar (Hernández et al., 2005: 158 y 162); impiden incorporar este elemento de variabilidad climática interanual en los análisis que siguen a continuación.

A un nivel más detallado, también cabe observar que las condiciones climáticas del área delimitada para el proyecto también guardan relación con las dinámicas propias de los sistemas de circulación de meso escala que operan en la zona. En particular, para el área de estudio cabe destacar la circulación valle-montaña la cual se configura a partir de la insolación y el calentamiento diferencial que tienen las zonas de ladera y planicie a lo largo del día. En ausencia de otros factores, estas diferencias pueden definir un movimiento ascendente del aire desde la sabana a la montaña (flujos o brisas anabáticas) durante las horas de la mañana y otro movimiento descendente desde las montañas hacia la sabana durante las horas de la noche (flujo catabático).

Para el caso del área de estudio las observaciones de Barrero (1979, en Poveda, 2008: 13) permiten pensar que esta circulación puede adquirir importancia cuando se debilitan los vientos con componente Este (asociados a la circulación de escala sinóptica).

4.2. METODOLOGÍA

En este capítulo se presenta el marco teórico utilizado, señalando los métodos para desarrollar los análisis y cálculos necesarios para alcanzar los objetivos propuestos.

4.2.1. Procesamiento de información hidrometeoro lógica

Se procesa la información hidrometeorológica de estaciones existentes cercanas al sitio del proyecto, siguiendo la metodología que se describe a continuación:

- Se realiza la localización del punto georreferenciado donde se va a realizar el análisis hidrológico conforme al programa Google Earth y de acuerdo a los datos informativos del IDEAM, se observa las áreas a intervenir con la geometría cuadriculada de alta resolución mensual, donde se descargan las precipitaciones conforme a los años a proyectar para realizar los diferentes promedios para calcular la línea o curva IDF.
- Análisis de la continuidad y tendencia de datos a lo largo del tiempo, se organizan las observaciones en orden cronológico evidenciando ventanas de tiempo sin información o ventanas de tiempo con comportamientos anormales.
- Análisis de valores máximos y anormales, se corroboran que estos valores se ajusten en función del ENSO (El Niño Southern Oscilation): Se indican los meses y años influenciados por el fenómeno de El Niño o La Niña.
- Descarte de datos anormales, se descartan los datos que no se ajusten a periodos ENSO y que no se ajusten a una distribución de probabilidad normal, igualmente se descartan para el análisis los años que presentan datos faltantes o anormales en más de su 10% de su información total.

4.2.2. Cálculo de caudales de diseño

Para el análisis de las obras de protección se debe determinar el caudal de diseño según el comportamiento del río a modelar, que corresponden con el caudal hidrológico máximo de un respectivo periodo de retorno a 25, 50 y 100 años, que se asigna según lo indicado en la tabla 2.8 del manual de drenaje para carreteras.

4.2.2.1. Método Racional

Para el cálculo de caudales máximos en estructuras con áreas de drenaje menores a 2.50 km², se emplea el reconocido método Racional. De tal forma que la lluvia puntual se puede considerar uniformemente distribuida en el área y se asume como el caudal pico en el punto de concentración de la cuenca, el cual se desarrolle cuando coincida el tiempo de concentración con la duración del evento de tormenta.

La hipótesis del método ocurre en un lapso denominado tiempo de concentración, el cual se define como el tiempo que tarda una gota en fluir del punto más alejado de la cuenca hasta el punto de concentración, es decir, el tiempo de demora para que se generé el caudal pico que pasará por una estructura en análisis. La ecuación que describe el método es la siguiente:

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

Dónde,

Q: Caudal máximo (m³/s)
A: área tributaria de la estructura (km²)
i: Intensidad de la lluvia (mm/h)
C: Coeficiente de escorrentía que depende del tiempo de precipitación y las características del terreno (adimensional)
El valor de 0.278 se usa para efectos de conversión de unidades

Para la obtención del valor de intensidad, se debe conocer la duración del evento típico de tormenta en las cuencas hidrográficas analizadas y esta duración corresponde al tiempo de concentración.

Para la adopción del valor del coeficiente de escorrentía "C", en la Tabla 3, Tabla 4 y Tabla 5, se presentan los valores como una guía para su elección. Adicionalmente, se realiza la calibración de estos valores, con base en las marcas de agua existentes en las obras de drenaje y que se podrían asociar con la ocurrencia o periodo de retorno del denominado caudal formativo (Martin, 2003) (Fracassi, 2023).

4.2.2.2. Tiempos de Concentración

Para la obtención de la intensidad de la lluvia, es necesario conocer la duración del evento típico de tormenta en la cuenca de interés. Esta duración se establece igual al tiempo de concentración y para la obtención de éste se emplean las metodologías recomendadas en numeral 2.1 del Manual de Drenaje para Carreteras del INVIAS. A continuación, se presentan estas metodologías:

- Ecuación de Kirpich

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

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

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

Donde:

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

- Ecuación de Williams

$$Tc = 0.272\left(\frac{L\,A^{0.40}}{D\,S^{0.2}}\right)$$

Donde:

Tc: Tiempo de concentración, en horas (h).
L: Longitud del cauce principal, en kilómetros (km).
A: Área de la cuenca, en kilómetros cuadrados (km2).
D: Diámetro de una cuenca circular con área "A", en kilómetros (km).
S: Pendiente total del cauce principal, en porcentaje (%).

- Ecuación de Johnstone y Cross

$$Tc = 0.4623L^{0.5}S^{-0.25}$$

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 kilómetro (m/km).

- Ecuación de Giandotti

$$Tc = \frac{4\,A^{0.5} + 1.50\,L}{0.8(Hm)^{0.5}}$$

Donde:

Tc: Tiempo de concentración, en horas (h).
A: Área de la cuenca, en kilómetros cuadrados (km2).
L: Longitud del cauce principal, en kilómetros (km).
Hm: Altitud media de la cuenca, con respecto de la salida de la cuenca (m).

- Ecuación de SCS – Ranser

$$Tc = 0.947\left(\frac{L^3}{H}\right)^{0.385}$$

Donde:

Tc: Tiempo de concentración, en horas (h).

L: Longitud del cauce principal, en kilómetros (km).
H: Diferencia de cotas entre puntos extremos de la corriente principal, en metros (m).

- Ecuación de Ventura – Heras

$$Tc = 4A^{0.5}L^{0.5}H^{-0.5}$$

Donde:

Tc: Tiempo de concentración, en horas (h).
L: Longitud del cauce principal, en kilómetros (km).
H: Diferencia de cotas entre puntos extremos de la corriente principal, en metros (m).

- Ecuación de V.T. Chow

$$Tc = 0.273\left(\frac{L^{0.64}}{S^{0.5}}\right)$$

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).

- Ecuación del Cuerpo de Ingenieros del Ejército de los Estados Unidos

$$Tc = 0.191L^{0.76}S^{-0.19}$$

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).

- Ecuación de Hathaway

$$Tc = \frac{36.36(Ln)^{0.467}}{S^{0.234}}$$

Donde:

Tc: Tiempo de concentración, en minutos (min).
L: Longitud del cauce principal, en kilómetros (km).
S: Pendiente total del cauce principal, en metros por metro (m/m).
n: Factor de rugosidad, adimensional.

Para efectos del cálculo del Tc por medio de la ecuación de Hathaway se debe realizar la selección de n de la siguiente Tabla.

TABLA 3. FACTORES DE RUGOSIDAD PARA USO EN LA ECUACIÓN DE HATHAWAY.

TIPO DE SUPERFICIE	N
Uniforme con suelo permeable	0.02
Uniforme con suelo desnudo suelto	0.10
Suelo pobre en hierba, con cosecha en hileras o moderadamente rugoso y desnudo	0.020
Pastos	0.40

TIPO DE SUPERFICIE	N
Bosque maderables desarrollados	0.60
Bosques maderables de coníferas, o bosques maderables desarrollados con una capa profunda de humus vegetal o pastos	0.08

- Ecuación de Izzard

$$Tc = \frac{134.5964\ (0.0007\ i\ +\ c)\ L^{0.33}}{S^{0.333} i^{0.667}}$$

Donde:

Tc: Tiempo de concentración, en minutos (min).
i: Intensidad de la lluvia, en milímetros por hora (mm/h).
c: Coeficiente de retardo, adimensional. Igual a 0.0070 para pavimentos lisos, 0.012 para pavimentos rugosos o de concreto y 0.06 para superficies densas de pastos.
L: Longitud del cauce principal, en metros (m).
S: Pendiente total del cauce principal, en metros por metro (m/m).

- Ecuación de Federal Aviation Administration

Esta ecuación nace de la recopilación hecha por el cuerpo de ingenieros del ejército de estados unidos, basándose en datos de drenaje aeroportuario y ha sido frecuentemente usada para calcular flujo superficial en cuencas urbanas

$$Tc = \frac{3.261\ (1.1 - C)^{0.50}}{S^{0.333}}$$

Donde:

Tc: Tiempo de concentración, en minutos (min).
C: Coeficiente de escorrentía, del método racional, adimensional.
L: Longitud del cauce principal, en metros (m).
S: Pendiente del cauce principal, en porcentaje (%).

- Ecuación la onda cinemática (Morgali y Linsley, y Aron y Erborge)

Es una ecuación para flujo superficial desarrollada a partir de análisis de la onda cinemática de la escorrentía superficial a partir de superficies desarrolladas; este método de cálculo requiere iteraciones debido a que tanto i (intensidad de lluvia) como Tc son desconocidos; la superposición de una curva de intensidad-duración-frecuencia da una solución gráfica directa para Tc.

$$Tc = \frac{6.998\ L^{0.60}\ n^{0.60}}{i^{0.04}\ S^{0.3}}$$

Donde:

Tc: Tiempo de concentración, en minutos (min).
i: Intensidad de la lluvia, en milímetros por hora (mm/h).
n: Coeficiente de rugosidad de Manning de la superficie, adimensional.
L: Longitud del cauce principal, en metros (m).
S: Pendiente del cauce principal, en metros por metro (m/m).

- Ecuación de retardo del Soil Conservation Service, SCS

Ecuación desarrollada por el SCS a partir de información de cuencas de uso agrícola; ha sido adaptada a pequeñas cuencas urbanas con áreas inferiores a 2000 acres (1 acre es igual a 4049.9 m2); se ha encontrado que generalmente da buenos resultados cuando el área de drenaje se encuentra complePuerto Rondonnte pavimentada; para áreas mixtas tiene tendencias a la sobreestimación. Se deben aplicar factores de ajuste para corregir efectos de mejoras en canales e impermeabilización de superficies; la ecuación supone que el tiempo de concentración Tc es igual a 1.67 veces el tiempo de retardo de la cuenca, Tl.

$$Tc = \frac{\left(\frac{10}{6}\right) L^{0.80}(2540 - 22.86\,CN)^{0.70}}{14104\,CN^{0.70}S^{0.5}}$$

Donde:

Tc: Tiempo de concentración, en horas (h).
CN: Número de curva del SCS.
L: Longitud del cauce principal, en metros (m).
S: Pendiente del cauce principal, en metros por metro (m/m).

- Ecuación de George Rivero

$$Tc = \frac{16\,L}{(1.05 - 0.2)(100S)^{0.04}}$$

Donde:

Tc: Tiempo de concentración, en minutos (min).
p: Relación entre el área de la cuenca cubierta de vegetación y el área total de la misma, valor adimensional.
S: Pendiente del cauce principal, en metros por metro (m/m).
L: Longitud del cauce principal, en kilómetros (km).

- Ecuación según el método de la velocidad del SCS

$$Tc = \frac{1}{60}\Sigma\frac{L}{V}$$

Donde:

Tc: Tiempo de concentración, en minutos (min).
L: Longitud del cauce en el tramo de canal, en metros (m).
V: Velocidad promedio del agua en el tramo de canal, en metros por segundo (m/s). En la Tabla 2 se dan valores típicos para canales naturales con diferentes pendientes.

En el Manual de Drenaje de Carreteras se estable que, aunque el cálculo de los diferentes tiempos de concentración para una cuenca hidrográfica difiere de acuerdo con la ecuación empleada, se requiere que se utilice, desde el punto de vista de la seguridad en relación con menores tiempos de concentración (mayores intensidades de precipitación y/o histogramas de lluvias más concentrados), la fórmula de Kirpich. Por otro lado, se tomará como mínimo un tiempo de concentración igual a 15 min, esto con el fin de tener en cuenta el tiempo inicial que tarda el agua en concentrarse en una cuenca y no sobreestimar la intensidad de precipitación que resultaría con valores calculados menores a este tiempo de concentración

Algunas de estas metodologías no aplican a las condiciones de las áreas tributarias del tramo vial por tamaño, cobertura y pendiente, por ende, se han incorporado las ecuaciones publicadas en el Manual de Drenaje para Carreteras del INVÍAS, sin embargo, algunas fórmulas contienen errores en esa publicación. Se consultó con diferentes bibliografías y las siguientes son las referencias de la literatura técnica que indican las expresiones correctas:

- *Transportation Research Record 2060.*
- *Journal of Irrigation and Drainage Engineering © ASCE / March/April 2008, November 2011.*
- *Estimation on time of concentration of overland flow in watersheds: a review. São Paulo, UNESP, Geociências. 2014*

En el Anexo 4, se incluyen los resultados obtenidos para las metodologías tenidas en cuenta en el análisis del tiempo de concentración y el valor seleccionado. En la Tabla 5 se presentan los valores de velocidad promedio del agua en función de la pendiente del cauce.

TABLA 4. VALORES DE VELOCIDAD PROMEDIO DEL AGUA EN FUNCIÓN DE LA PENDIENTE DEL CAUCE.

DESCRIPCIÓN DEL CURSO DE AGUA	PENDIENTE EN PORCENTAJE			
	0 - 3	4 - 7	8 – 11	12 o más
	VELOCIDAD (m/s)			
Flujo no concentrado[1]				
Bosques	0 – 0.46	0.46 – 0.76	0.76 – 0.99	0.99 o más
Pastizales	0 – 0.76	0.76 – 1.07	1.07 – 1.30	1.30 o más
Cultivos	0 – 0.91	0.91 – 1.37	1.37 – 1.68	1.68 o más
Pavimentos	0 – 2.59	2.59 – 4.12	4.12 – 5.18	5.18 o más
Flujo concentrado[2]				
Canal de salida	La ecuación de Manning determina la velocidad			
Canal natural no bien definido	0 – 0.61	0.61 – 1.22	1.22 – 2.13	2.13 o más

[1] Esta condición usualmente ocurre en las partes superiores de la cuenca, antes de que el flujo superficial se acumule en un canal.
[2] Estos valores varían con el tamaño del canal y otras condiciones. Cuando sea posible, se deben hacer determinaciones más precisas para condiciones particulares mediante la ecuación de velocidad en canales de Manning.

Para la adopción del valor del coeficiente de escorrentía C, se presentan los siguientes valores como una guía para su elección, adicionalmente, se realiza la calibración de estos valores, con base en las marcas de agua existentes en las obras de drenaje y que se podrían asociar con la ocurrencia o periodo de retorno del denominado caudal formativo, el cual para efectos de análisis de este documento se adopta en 2,33 años, ajustándose a las recomendaciones bibliográficas. (Martin, 2003) (Fracassi, 2023).

TABLA 5. COEFICIENTES DE ESCORRENTÍA C, PARA EMPLEAR EN EL MÉTODO RACIONAL.

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

FUENTE: INVÍAS, 2009.

TABLA 6. COEFICIENTES DE ESCORRENTÍA C, PARA EMPLEAR EN EL MÈTODO RACIONAL.

Características de la superficie	Periodo de retorno (años)						
	2	5	10	25	50	100	500
Áreas desarrolladas							
Asfáltico	0.73	0.77	0.81	0.86	0.90	0.95	1.00
Concreto/techo	0.75	0.80	0.83	0.88	0.92	0.97	1.00
Zonas verdes (jardines, parques, etc)							
Condición pobre (cubierta de pasto menos del 50% del área)							
Plano, 0-2%	0.32	0.34	0.37	0.40	0.44	0.47	0.58
Promedio, 2-7%	0.37	0.40	0.43	0.46	0.49	0.53	0.61
Pendiente, superior a 7%	0.40	0.43	0.45	0.49	0.52	0.55	0.62
Condición promedio (cubierta de pasto del 50 al 75% del área)							
Plano, 0-2%	0.25	0.28	0.30	0.34	0.37	0.41	0.53
Promedio, 2-7%	0.33	0.36	0.38	0.42	0.45	0.49	0.58
Pendiente, superior a 7%	0.37	0.40	0.42	0.46	0.49	0.53	0.60
Condición buena (cubierta de pasto mayor del 75% del área)							
Plano, 0-2%	0.21	0.23	0.25	0.29	0.32	0.36	0.49
Promedio, 2-7%	0.29	0.32	0.35	0.39	0.42	0.46	0.56
Pendiente, superior a 7%	0.34	0.37	0.40	0.44	0.47	0.51	0.58
Áreas no desarrolladas							
Áreas de cultivos							
Plano, 0-2%	0.31	0.34	0.36	0.40	0.43	0.47	0.57
Promedio, 2-7%	0.35	0.38	0.41	0.44	0.48	0.51	0.60
Pendiente, superior a 7%	0.39	0.42	0.44	0.48	0.51	0.54	0.61
Pastizales							

Características de la superficie	Periodo de retorno (años)						
	2	5	10	25	50	100	500
Plano, 0-2%	0.25	0.28	0.30	0.34	0.37	0.41	0.53
Promedio, 2-7%	0.33	0.36	0.38	0.42	0.45	0.49	0.58
Pendiente, superior a 7%	0.37	0.40	0.42	0.46	0.49	0.53	0.60
Bosques							
Plano, 0-2%	0.22	0.25	0.28	0.31	0.35	0.39	0.48
Promedio, 2-7%	0.31	0.34	0.36	0.40	0.43	0.47	0.56
Pendiente, superior a 7%	0.35	0.39	0.41	0.45	0.48	0.52	0.58
Nota: Los valores de la tabla son los estándares utilizados en la ciudad de Austin, Texas. Utilizada con autorización.							

FUENTE: CHOW, 1994.

TABLA 7. COEFICIENTES DE ESCORRENTÍA C, PARA EMPLEAR EN EL MÉTODO RACIONAL.

Tipo de superficie	C
ZONAS URBANIZADAS (Áreas residenciales, comerciales, industriales, vías, andenes, etc.)	
Cubiertas	0.85
Superficies en asfalto	0.80
Superficies en concreto	0.85
Superficies adoquinadas	0.75
Vías no pavimentadas y superficies con suelos compactados	0.60
ZONAS VERDES (Jardines, parques, etc....)	
Terreno plano (Pendiente menor al 2%)	0.25
Terreno promedio (Pendiente entre el 2% y el 7%)	0.35
Terreno de alta pendiente (Pendiente superior al7%)	0.40

FUENTE: EAAB, 2023.

4.2.2.3. Hidrograma de Diseño

El hidrograma de caudales, es el método recomendado para cuencas mayores a 2.50 km² según INVÍAS, éste es la representación gráfica de la precipitación de diseño utilizada para determinar valores máximos que se presentan en una cuenca. Para construir el hidrograma de precipitación, primero se emplea el método del Bloque Alterno para determinar el hietograma de precipitación efectiva y posteriormente, el método de Número de Curva del Soil Conservation Service (SCS).

Para construir el hietograma mediante el método del Bloque Alterno se siguen las indicaciones mostradas a continuación:

- Se define la duración de un aguacero típico de la zona, con base en registros pluviográficos o en el testimonio de la población, para efectos de diseño, la duración critica puede ser determinada con base en el tiempo de concentración de la cuenca en estudio.
- De la curva IDF respectiva se determina la intensidad para diversos intervalos de tiempo, menores a la duración de la precipitación.
- Se calcula la cantidad de precipitación que cayó en cada intervalo de tiempo establecido en el paso anterior, multiplicando la intensidad por la duración (P=I.t).

- Calcular el diferencial de precipitación que cae en cada intervalo de tiempo, mediante la diferencia entre la cantidad de precipitación caída en un intervalo y el anterior (ΔP=Pi-Pi-1).
- Asignar al tiempo aproximadamente medio de la duración de la lluvia la precipitación mayor.
- Alternar los resultados de precipitación, en orden descendente, para cada intervalo de tiempo, empezando de derecha a izquierda de la precipitación mayor, de tal manera que las menores precipitaciones se presenten al inicio y final del hietograma.

Una vez se tiene el hietograma de precipitación construido mediante el método del bloque alterno, se calcula el hidrograma de precipitación efectiva o de diseño utilizando el modelo de Número de Curva, CN (INVIAS, 2009) como una función de la precipitación acumulada, la cobertura de suelo y el periodo de humedad antecedente. La representación matemática de este modelo se define mediante la siguiente ecuación:

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

Donde Pe es la precipitación efectiva; P la precipitación acumulada y S es la retención potencial máxima del suelo (abstracciones), que se calcula aplicando la siguiente expresión (en milímetros):

$$\mathrm{S(mm)} = \frac{25.400}{\mathrm{CN}} - 254$$

Donde CN es el número de curva ponderado para la zona de interés (Ver Tabla 9 y tabla 10).

TABLA 8. NÚMEROS DE CURVA CN RECOMENDADOS - ZONAS RURALES, FUENTE: INVÍAS, 2009.

DESCRIPCIÓN Y TIPO DE COBERTURA	CONDICIÓN HIDROLÓGICA	NÚMERO DE CURVA PARA GRUPOS DE SUELOS HIDROLÓGICOS			
		A	B	C	D
Pastos, forraje para pastoreo[1]	Mala	68	79	86	89
	Regular	49	69	79	84
	Buena	39	61	74	80
Prados continuos, protegidos de pastoreo, y generalmente segados para heno	---	30	58	71	78
Maleza mezclada con pasto de semilla con la maleza como principal elemento [2]	Mala	48	67	77	83
	Regular	35	56	70	77
	Buena	30[3]	48	65	73
Combinación de bosques y pastos (huertas o granjas con árboles) [4]	Mala	57	73	82	86
	Regular	43	65	76	82
	Buena	32	58	72	79
Bosques[5]	Mala	45	66	77	83
	Regular	36	60	73	79
	Buena	30	55	70	77
Predios de granjas, construcciones, veredas, caminos y lotes circundantes	---	59	74	82	86

TABLA 9. NÚMEROS DE CURVA CN RECOMENDADOS - ZONAS URBANAS, FUENTE: EAAB, 2023.

Tipo de cobertura y condición hidrológica		Área impermeable promedio	Números de curva para cada tipo de suelos			
			A	B	E	D
Espacios abiertos	Cobertura pobre (cobertura de pastos < 50%)		68	79	86	89
	Cobertura parcial (cobertura de pastos de 50%a 75%)		49	69	79	84
	Cobertura buena (cobertura de pastos > 75%)		39	61	74	80
Áreas impermeables	Parqueaderos, techos, zonas pavimentadas, entre otros.		98	98	98	98
Calles y carreteras	Andenes pavimentados y sumideros		98	98	98	98
	Zanjas o diques pavimentados		83	89	92	93
	Zona cubierta de gravas		76	85	89	91
	Zona cubierta de arenas o polvo		72	82	87	89
Zonas urbanas	Zonas comerciales y de negocios	85%	89	92	94	95
	Zona industrial	75%	81	88	91	93
Zonas residenciales (por tamaño de lote)	500 m2 o menos	Mínimo 70%	77	85	90	92
	Mayores a 500m2	38%	61	75	83	87
Áreas urbanas permeables en desarrollo y sin vegetación			77	86	91	94

Fuente: Adaptada de: URBAN STRORMWATER HYDROLOGY, Kibler, 1982

Los tipos de suelo A, B, C y D son una clasificación hidrológica basada en el potencial de escorrentía del suelo, donde típicamente los suelos tipo A presentan el potencial de escorrentía más bajo y los suelos tipo D presentan el potencial de escorrentía más alto. La definición de los tipos de suelo A, B, C y D se encuentra en el Capítulo 7 del Hydrology National Engineer ng Handbook del SCS, disponible en su página web. El diseñador debe, basado en la información disponible en la EAB, en el SISGEO, seleccionar el tipo de suelo que más se ajuste a la categoría del SCS. Se debe reportar este ejercicio como parte de las memorias de cálculo.

Para áreas de drenaje que incluyan sub-áreas con números de curva diferentes, el valor de CN representativo del área debe calcularse como el promedio ponderado con las respectivas áreas.

$$CN = \frac{\sum(CN \times A)}{\sum A}$$

(Ecuación 3)

4.2.3. Delimitación de cuencas y áreas tributarias

La extensión y el tipo de áreas tributarias deben determinarse para cada tramo por diseñar y/o evaluar. El área propia o aferente al tramo en consideración solamente se debe incluir dentro del cálculo cuando éste aporte por escorrentía al tramo en consideración. Las áreas de drenaje deben ser determinadas por medición directa en planos topográficos, y su delimitación debe ser consistente con las redes de drenaje natural.

Para la delimitación de cuencas se utilizó el programa de Google Earth digital con delimitaciones implementadas a través de un modelo de elevación digital, igualmente con el uso de éste, se delimitaron las líneas divisorias de aguas y con los puntos de la topografía local se realizaron el entrelazamiento con cotas claves asociadas con el IGAC. Las siguientes cuencas son las halladas conforme a los diseños propuestos a continuación:

- Area cuenca1_Rio Plato



FIGURA 3. DELIMITACIÓN DE CUENCA 1 RIO PLATO A TRAVÉS DEL SOFTWARE GOOGLE EARTH. FUENTE: PROPIA, 2026.

- Area cuenca2_Rio Plato Puente



FIGURA 4 DELIMITACIÓN DE CUENCA CUENCA2_RIO PLATO PUENTE A TRAVÉS DEL SOFTWARE GOOGLE EARTH. FUENTE: PROPIA, 2026.

Para ver la delimitación de las cuencas y áreas tributarias tanto para obras de drenaje transversal, se recomienda ver el Anexo 3 del presente informe donde se especifican los KMZ de los puntos establecidos para el presente informe.

Dentro de la delimitación se indica que la topografía realizada en los 2 puntos a intervenir dentro del área de influencia cabe resaltar que el terreno o la zonificación expuesta en cada punto se demuestra con curvas de niveles menores o con cambios de alturas muy poco visibles (planas o llanas) teniendo en cuenta que las obras que se proyectaran funcionaran como vasos comunicantes en algunos casos cuando se concentren los caudales en áreas como llanuras de inundación en ambos costados de la vía existente.

ID CUENCA	ÁREA M2	TC (min)	Precipitación (mm)	Intensidad (mm/h)	Caudal m3/s
TAME	3143432.00	72.6	174.80	74.14	10.84
TAME PUENTE	37153963.00	167.6	174.80	43.76	90.69

TABLA 10. INFORMACIÓN DE LOS 2 PUNTOS PARA LAS CUENCAS DEL RIO PLATO, FUENTE PROPIA

4.3. CARACTERIZACIÓN CLIMÁTICA

Respecto a la caracterización climática, cabe mencionar que los datos disponibles para su análisis son los de la Estacion IDEAM del municipio de Tame, esto dado su cercanía al área de interés.

4.3.1. Temperatura

La temperatura se puede definir como la energía interna que contiene un sistema, para el área de interés, se refiere a la magnitud de calor medible con un termómetro o la energía cinética promedio de las moléculas de la atmosfera. Para esta variable se presenta la información de los datos climáticos multivariados de las zonas de Tame, respectivamente dentro de la zona de influencia (Ver Figura 2), con un periodo de registro entre los años 1990 y 2023.

N°	VEREDA	ZONA
1	EL PLATO	ZONA TAME

TABLA 11. ZONAS PARA ESQUEMA DE TEMPERATURAS.

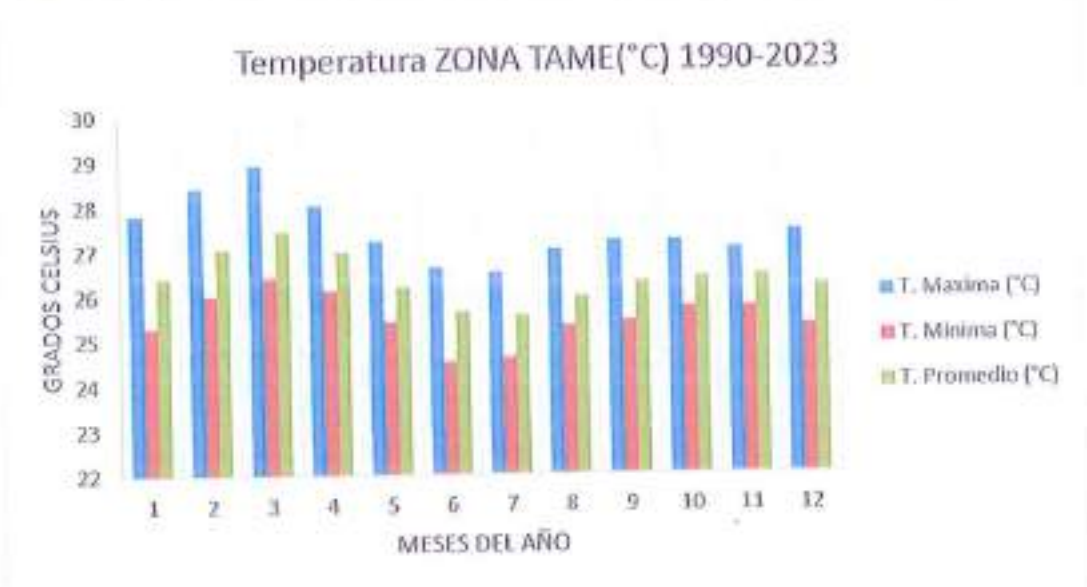


FIGURA 5. TEMPERATURA MEDIA (°C) ZONA TAME. FUENTE: PROPIA, 2026

La temperatura teniendo que, para el área de interés, de acuerdo con las anteriores figuras, la temperatura media para las zonas donde se realizaran las ODT se encuentran entre 26,00°C y 28,00°C; variación relacionada con el comportamiento de tipo bimodal de temperaturas a lo largo del año, siendo el mes de marzo el más caluroso con temperaturas de hasta 30.4°C y el mes de junio el menos caluroso, este con temperaturas mínimas de hasta 25,70°C.

4.3.2. Precipitación

La precipitación es el fenómeno por el cual la atmósfera descarga agua hacia la superficie terrestre, y ésta puede caer en estado sólido como el granizo, o líquido como la lluvia, o gaseoso como la lluvia horizontal. Para el área de interés, la precipitación se manifiesta en lluvia, presentando un comportamiento o régimen de carácter bi modal a lo largo del año, siendo los meses entre abril y octubre la temporada invernal y los meses entre noviembre y marzo la temporada más seca, siendo estas dos temporadas las que registran conforme a sus valores una precipitación media anual en temporada de lluvias de (247,8 mm) y para la precipitación media anual en temporada seca de (66,5.89 mm) ver (Figura 6).



FIGURA 6 PRECIPITACIÓN MEDIA REGISTRADA EN EL ÁREA DE INTERÉS. FUENTE: PROPIA, 2026

Por lo anterior se puede señalar que:

- En el sector de interés, la tendencia es a llover al menos el 58% del año.
- La diferencia de precipitación entre el mes menos lluvioso y más lluvioso del año está en un orden de 7,01 – 608.7 mm y este cambio se da entre los meses de enero y junio.
- La mejor época para realizar intervenciones de obra civil son los meses de final e inicio de año (NOV, DIC, ENE, FEB Y MAR), dado que la probabilidad de ocurrencia de lluvias es la menor registrada.
- La época con mayor probabilidad de lluvias son los meses entre junio y Julio.

4.3.3. Curvas IDF

Conforme a las precipitaciones relacionadas conforme a las zonas en el área de interés realizadas respectivamente para los 2 puntos donde se encuentran proyectadas las cuencas que alimentan el rio que se concentra en la zona que se encuentra paralela a la vía proyectada, se realiza las curvas IDF para los periodos de retornos correspondientes a la siguiente tabla:

INFORMACION PLUVIOGRÁFICA ZONA TAME ARAUCA
CURVAS INTENSIDAD - DURACIÓN - FRECUENCIA
(valores en mm/h)

		PERÍODO DE RETORNO (Años)					
TIEMPO	(min)	2	5	10	20	50	100
10		168.3	196.6	221.2	248.9	290.8	327.2

20	108.7	127.1	142.9	160.8	187.9	211.4
30	84.2	98.4	110.7	124.6	145.6	163.8
40	70.3	82.1	92.4	103.9	121.4	136.6
50	61.0	71.3	80.3	90.3	105.5	118.7
60	54.4	63.6	71.5	80.5	94.1	105.8
70	49.4	57.7	64.9	73.0	85.4	96.0
80	45.4	53.1	59.7	67.2	78.5	88.3
90	42.2	49.3	55.4	62.3	72.9	82.0
100	39.4	46.1	51.9	58.3	68.2	76.7
110	37.1	43.4	48.8	54.9	64.2	72.2
120	35.2	41.1	46.2	52.0	60.8	68.4
130	33.4	39.1	44.0	49.5	57.8	65.0
140	31.9	37.3	42.0	47.2	55.2	62.1
150	30.6	35.7	40.2	45.2	52.8	59.4
160	29.3	34.3	38.6	43.4	50.7	57.0
170	28.2	33.0	37.1	41.8	48.8	54.9
180	27.2	31.8	35.8	40.3	47.1	53.0

Para el cálculo de las curvas IDF, se utilizó el método simplificado, según titulo 2.6.6.3. del Manual de drenaje para
carreteras - Instituto Nacional de Vías (INVIAS) - 2009.

Fórmula:

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



Donde:

i :	Intensidad de precipitación (mm/h)
T :	Periodo de retorno, años
M :	Precipitación máxima promedio anual en 24 h a nivel multianual
t :	Duración de la lluvia, en horas (hr)
a, b, c, d :	Parámetros de ajuste de la regresión según la región.

Región: Orinoquia (R4)

Parámetros:

Parámetros	
a	5,53
b	0,17
c	0,63
d	0,42

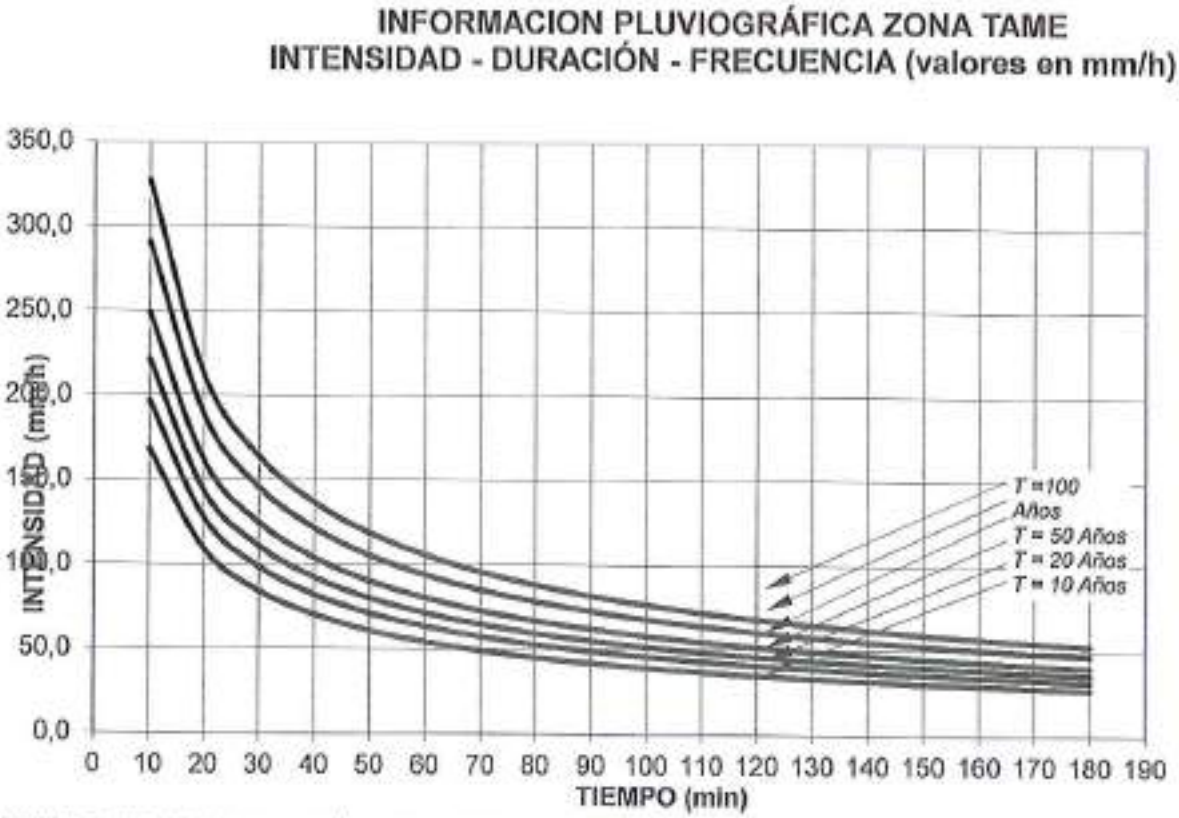


FIGURA 7. CURVA IDF DE FUNCIÓN DE INTENSIDAD VS TIEMPO CON PERIODOS DE RETORNO EN LA ZONA TAME.

4.4. ÁREAS TRIBUTARIAS

Se denomina cuenca a un área cuyas aguas afluyen todas a un mismo punto. Las características topográficas, geológicas y fitográficas de una cuenca definen su comportamiento hidrológico, y conjuntamente con las características climáticas de la región permiten valorar los derrames de agua producidos por las precipitaciones pluviales. Cada cuenca está separada de las que la rodean por una línea denominada divisoria de aguas.

Las condiciones geológicas y edafológicas de la cuenca tienen una notable influencia en la integración de los caudales de derrame, los terrenos superficiales y permeables permiten infiltrar gran parte de la precipitación y consecuentemente proveen un bajo caudal de derrame, en cambio, los suelos de escasa permeabilidad dejan escurrir la casi totalidad del agua precipitada. Es evidente la importancia de un detallado conocimiento de las condiciones geológicas y edafológicas de una cuenca para lograr una correcta evaluación de sus características hidrológicas.

La cobertura vegetal de una cuenca condiciona las cualidades del escurrimiento superficial, su incidencia responde a cuatro efectos: interceptación de la lluvia hasta la saturación de las hojas y ramas, Aumento de la evaporación, dispersión de las gotas de lluvia reduciendo el proceso erosivo en la cuenca, por último, fijación del suelo reduciendo el proceso erosivo en la cuenca (Cornero, 1996).

Para el análisis de las anteriores características, se cuenta con los denominados coeficientes de escorrentía y números de curva, los cuales son factores en las metodologías señaladas para el cálculo de caudales y que, además, están documentados en estudios realizados en los Estados Unidos principalmente (Ver tablas) Más adelante se presentan los valores adoptados para los coeficientes de escorrentía y la metodología abordada para la calibración de los mismos.

4.4.1. Coeficientes de escorrentía

La metodología para la elección de este importante parámetro, inicialmente, parte de realizar una descripción de cobertura y pendiente promedio con base en imágenes satelitales (Google Earth y Alos Palsar), y sobre ésta se escogen los coeficientes que mejor se ajusten según las investigaciones de Chow.

Dada la existencia de alcantarillas en el área de interés, se calibran los coeficientes de escorrentía para cada cuenca con base en las investigaciones realizadas por el Ing. Juan Pablo Martin Vide en Cataluña, España, donde se señala que: *"El rio desborda de su cauce, sale de su madre, alguna que otra vez. El caudal que llena a rebosar el cauce es especialmente importante porque es el principal responsable de la forma y de las dimensiones del cauce. Esto es así porque mientras el agua está contenida en el cauce, circula con cierta velocidad, en tanto que cuando desborda levemente el incremento de caudal simplemente anega las llanuras adyacentes y deposita sedimento en ellas, pero no cambia sustancialmente el flujo en el cauce principal. El caudal que llena el cauce principal desarrolla la mayor o más importante acción modeladora sobre el cauce (en términos de velocidad o de tensión tangencial) puesto que un caudal mayor es menos frecuente y sobre todo apenas incrementa la acción, por eso este caudal de cauce lleno se conoce también como caudal formativo, dominante o efectivo. Según algunos autores es un caudal que se da 2 veces al año como promedio o bien, según otros, un caudal con un periodo de retorno de 1,4 años. Para la hidrología irregular de nuestro país se ha encontrado mejor correspondencia con un periodo de retorno de 1,5 a 7 años. El caudal formativo sería el determinante de geometría hidráulica."* Por esta razón, para efecto de elección del coeficiente de escorrentía y número de curva, la marca de agua dominante dentro de los ductos e infraestructura hidráulica existente se asocia con un periodo de retorno de 2,33 años, el cual está en el rango investigado.

A continuación, se presenta el manejo que se realizó conforme al análisis hidráulico para la estimación del caudal de periodo de retorno de 25 años de una obra de drenaje transversal típica de una vía en el territorio nacional, donde se hacen los usos del método Racional y del Soil Conservation Service.. Para el analisis de capacidad hidráulica de las obras proyectada, se emplea el software HY8, de la federal highway admisnistration (fhwa) del departamento de transporte de los Estados Unidos.

Como primera medida se analizan en los registros fotograficos tomados en terreno conforme a la topografia y poblacion aledaña los espacios con la lamina maxima de agua que se pueden apreciar dentro de los sitios o puntos estrategicos donde carecen de ODT.



FOTOGRAFÍA 1 SITIO A INTERVENIR- SECTOR EL PLATO. FUENTE: PROPIA, 2026.



FOTOGRAFÍA 2 SITIO A INTERVENIR- CAÑO PLATO. FUENTE: PROPIA, 2026.

4.5. CAUDALES DE DISEÑO

Una vez recopilada y asociada la información obtenida conforme a los datos identificados en campo, se desarrollan los análisis y ecuaciones pertinentes para la estimación de los caudales de diseño del cauce o de las corrientes que generan afectación directa sobre la infraestructura, con el fin de definir las condiciones hidráulicas

de diseño de las obras de protección en gaviones. A partir de dichos caudales, y para períodos de retorno acordes con la importancia de la obra, se determinan variables como niveles de inundación, velocidades de flujo, esfuerzos tractivos y condiciones de socavación, las cuales permiten establecer el factor de seguridad requerido para el dimensionamiento y estabilidad de las estructuras de protección a proyectar.

Para las áreas tributarias mayores a 2,50 km², la estimación de caudales se realiza mediante el método del hidrograma unitario, considerando parámetros como el área aferente, coeficiente de cobertura o escorrentía, tiempo de concentración, intensidad de precipitación y caudales asociados a los períodos de retorno seleccionados. Estos resultados permiten definir el comportamiento hidráulico del cauce frente a eventos de creciente y, con ello, establecer la altura, longitud, cimentación y protección al pie de las obras en gaviones.

Para las áreas tributarias menores a 2,50 km², la estimación de caudales se realiza mediante el método racional, en el cual se consideran los valores de área, coeficiente de escorrentía, tiempo de concentración, intensidad de precipitación y caudales para diferentes períodos de retorno. El resultado, de acuerdo con las memorias de cálculo correspondientes, debe analizarse bajo criterios conservadores, especialmente cuando existe incertidumbre en la información de campo, ausencia de estaciones climatológicas cercanas o cuando la zona de estudio presenta características geomorfológicas asociadas a llanuras de inundación, cauces inestables o procesos activos de erosión lateral y socavación.

En este sentido, y con base en las recomendaciones derivadas de la recopilación de información y de las condiciones observadas en sitio, se adopta el método y el caudal que representen la condición más crítica, con el propósito de garantizar un mayor factor de seguridad en el diseño de las obras de protección en gaviones. Esto permite que las estructuras proyectadas tengan la capacidad suficiente para resistir la acción hidráulica del flujo, controlar procesos erosivos, proteger taludes, estribos, márgenes o estructuras viales adyacentes, y brindar estabilidad frente a eventos hidrológicos extremos. Los resultados obtenidos se presentan en la siguiente tabla:

TABLA 12. VALORES DE CAUDALES PARA OBRAS DE PROTECCIÓN DEL TRAMO EN ESTUDIO.

ID Cuenca	Precipitación (mm)	Área de drenaje (km2)	Longitud curso del agua (m)	Tiempo de concentración (min)	Coeficiente de escorrentia	Numero de curva	Metodo de calculo	Caudal de diseño (m3/s) TR 25 AÑOS	Caudal de diseño (m3/s) TR 50 AÑOS	Caudal de diseño (m3/s) TR 100 AÑOS
TAME	174.80	3.14	2482.16	72.62	0.336	57.01	Hidrograma Unitario	10.84	14.75	19.64
TAME PUENTE	174.80	37.15	8533.57	167.65	0.300	55.08	Hidrograma Unitario	90.69	120.51	157.21

FUENTE: PROPIA, 2026

5. ANÁLISIS HIDRÁULICO

4.1. MODELACION HIDRAULICA CANAL PARA OBRAS DE PROTECCIÓN

La modelación hidráulica de ríos es la representación matemática del flujo en un cauce natural con el fin de estimar variables hidráulicas de interés, tales como caudal, tirante, velocidad, energía específica, régimen de flujo, extensión de la inundación, distribución espacial de profundidades, capacidad de transporte y parámetros asociados a erosión y socavación. Esta modelación parte de la geometría del sistema fluvial y de las condiciones hidrológicas de entrada, y busca reproducir el comportamiento del agua bajo diferentes escenarios de creciente.

En términos generales, los modelos hidráulicos pueden ser de una dimensión (1D), dos dimensiones (2D) o combinados 1D/2D. De acuerdo con la documentación oficial del USACE, HEC-RAS permite realizar cálculos de flujo permanente unidimensional, flujo no permanente en una y dos dimensiones, transporte de sedimentos y evaluación hidráulica de puentes y alcantarillas. La selección entre un esquema 1D y 2D depende de la complejidad del cauce, la necesidad de representar planicies de inundación, bifurcaciones, desbordamientos laterales, flujos preferenciales, cambios fuertes de dirección y zonas urbanas o viales donde la trayectoria del flujo no puede describirse adecuadamente con secciones transversales aisladas.

En cauces relativamente confinados, rectos o con geometría controlable mediante secciones transversales, un modelo 1D suele ser suficiente para obtener perfiles de lámina de agua y revisar puentes o alcantarillas. En contraste, cuando existen abanicos aluviales, llanuras amplias, meandros, cauces múltiples, expansión sobre márgenes, retorno de flujo o interacción con la infraestructura vial, un modelo 2D o mixto ofrece una representación más realista del campo de velocidades y de las trayectorias del flujo.

Ningún modelo hidráulico de río es confiable si no está sustentado en una hidrología adecuada. La primera fase del estudio consiste en definir los caudales de diseño, los cuales dependen del análisis de precipitación, de la respuesta hidrológica de la cuenca y del período de retorno asociado a la importancia de la obra. La ANI exige que el consultor utilice información de precipitación proveniente de entidades como IDEAM, CIOH, CCCP, CAR, empresas de servicios públicos o de energía, y que incorpore un análisis espacial y temporal del fenómeno, incluyendo parámetros climatológicos relevantes. También exige que los hidrogramas o caudales se definan en función del tiempo de concentración y de períodos de retorno como 2, 5, 10, 25, 50 y 100 años, conforme al Manual de Drenaje del INVÍAS y al tipo de estructura.

En términos hidrológicos, el diseño de una obra sobre cauce debe partir de la caracterización de la cuenca aportante: área, longitud del cauce principal, pendiente media, tiempo de concentración, uso del suelo, condiciones de infiltración, almacenamiento superficial y comportamiento geomorfológico. Dependiendo del tamaño de la cuenca y de la información disponible, pueden emplearse métodos racionales, hidrogramas unitarios, análisis regionales, métodos empíricos calibrados o modelación lluvia–escorrentía. La selección metodológica debe justificarse, pues la misma ANI resalta que la diversidad de fórmulas hidrológicas exige que el consultor explique las ventajas y criterios de escogencia del método adoptado.

Por tanto, en el contexto colombiano, el caudal de diseño no es un simple dato de entrada sino el resultado de un proceso técnico que integra estadística hidrológica, análisis regional, fisiografía de la cuenca y criterio ingenieril. Un error en esta fase repercute directamente en la definición de niveles máximos, áreas inundadas y dimensiones de las obras de protección.

Socavación como variable de diseño

La socavación es uno de los fenómenos más determinantes en la hidráulica fluvial aplicada a infraestructura. Consiste en la remoción del material del lecho o de las márgenes por acción del flujo, y puede comprometer fundaciones, estribos, pilas, cabezotes, aletas, muros y terraplenes. En la práctica, muchas fallas de puentes y

de obras de drenaje no ocurren porque el caudal exceda la luz hidráulica, sino porque la erosión asociada reduce la capacidad portante del terreno o deja sin soporte las protecciones.

En el análisis ingenieril, la socavación debe tratarse como una variable de diseño y no como una revisión secundaria. La ANI establece que en la selección del área hidráulica deben tenerse en cuenta el nivel de aguas máximas, el paso de materiales de arrastre y la socavación; además, exige determinar niveles de agua y velocidades. Por su parte, FHWA desarrolla la base metodológica para evaluar la socavación en puentes y para seleccionar contramedidas de protección y estabilidad del cauce.

En términos prácticos, el diseño de una obra de gaviones debe considerar una profundidad de cimentación suficiente para quedar por debajo de la socavación esperada o, al menos, prever un sistema flexible que mantenga integridad aun cuando se produzca cierto abatimiento del lecho. De allí la importancia de los colchogaviones o de los delantales de protección al pie de la estructura, especialmente en estribos de puentes, salidas de alcantarillas y márgenes curvas sometidas a ataque directo del flujo.

Las obras de protección en gaviones: definición y función hidráulica

Los **gaviones** son elementos conformados por mallas metálicas, generalmente de alambre de acero galvanizado y tejido de doble torsión, rellenas con roca. Su principal ventaja es que combinan **peso**, **flexibilidad**, **permeabilidad** y **adaptabilidad** al terreno. A diferencia de un muro rígido de concreto, el gavión tolera deformaciones diferenciales moderadas sin colapsar abruptamente, permite el drenaje a través de su masa y disipa energía por la rugosidad de su superficie. Por estas razones, se utilizan ampliamente en protección de taludes, márgenes de ríos, cabezotes de alcantarillas, salidas de box culverts, estribos de puentes y estabilización de terraplenes viales. El marco técnico del INVÍAS reconoce su aplicación en estructuras hidráulicas y de drenaje. Desde el punto de vista hidráulico, los gaviones cumplen una o varias de las siguientes funciones:

- proteger una margen o talud contra erosión superficial;
- estabilizar la banca de una vía frente a socavación lateral;
- conformar un revestimiento flexible en canales y cauces;
- disipar energía en descargas de obras de drenaje;
- servir de apoyo a estructuras de encauzamiento;
- proteger estribos y aproximaciones de puentes;
- controlar erosión en salidas de alcantarillas y box culverts.

Estas funciones guardan coherencia con las contramedidas de socavación y estabilidad de cauce recogidas por FHWA, donde se incluyen revestimientos, colchones, espolones, guías, diques y otros sistemas de protección mecánica.

Tipologías de obras en gaviones

En la práctica vial e hidráulica colombiana, las obras en gaviones suelen clasificarse en:

Gavión caja

Es el elemento prismático tradicional usado para levantar muros gravitacionales, conformar terrazas o construir defensas de ribera en altura. Trabaja principalmente por peso propio y confinamiento del material pétreo.

Colchogavión

Es un elemento de espesor reducido y gran superficie, adecuado para proteger lechos y pies de talud frente a socavación y erosión superficial. Su papel es más hidráulico que estructural, pues distribuye esfuerzos, protege el contacto con el flujo y se adapta a asentamientos del terreno.

Estructuras mixtas

Incluyen combinaciones de gavión caja y colchogavión, muy usadas en estribos de puentes y salidas de obras de drenaje: el gavión caja estabiliza el talud y el colchogavión protege el pie contra erosión regresiva.

Gaviones como disipadores o sedimentadores

Las especificaciones del INVÍAS mencionan expresamente disipadores y sedimentadores construidos en gaviones de alambre de acero entrelazado o en concreto ciclópeo, lo cual muestra que el gavión no sólo se usa como contención, sino también como estructura hidráulica para control de energía y de material transportado.

Criterios hidráulicos para el diseño de protecciones en gaviones

El diseño de una protección en gaviones no debe basarse únicamente en estabilidad estructural estática. Debe responder a criterios hidráulicos y geotécnicos integrados. Entre los principales criterios se encuentran:

Nivel de agua de diseño

La altura de la protección debe considerar la lámina de agua correspondiente al evento de diseño, más un margen razonable por oleaje local, turbulencia, incertidumbre del modelo y posibles incrementos por obstrucción parcial.

Velocidad del flujo

La velocidad media y local determina la intensidad del ataque hidráulico sobre la obra. En zonas de curvatura, contracción o descarga, la velocidad local puede ser mucho mayor que la velocidad media de la sección.

Esfuerzo tractivo

Es uno de los criterios más útiles para verificar erosión potencial. Si el esfuerzo de borde supera la resistencia del material natural, la protección se vuelve indispensable.

Socavación al pie

Toda protección marginal debe resolver la estabilidad del pie. Un gavión bien dimensionado en altura puede fallar si su cimentación queda expuesta por socavación.

Transiciones hidráulicas

La unión entre la zona protegida y el cauce natural debe hacerse progresivamente para evitar concentraciones de velocidad o erosión en los extremos.

Una vez asociado la ubicación del puente, se realiza la modelación hidráulica de las aguas rio arriba y rio abajo que conectan directamente donde se utiliza la herramienta arcgis para calcular primeramente las curvas del nivel del cauce para su comportamiento. Luego de ello se exporta a HEC-RAS generando los resultados hidráulicos y posterior a esto se corrobora la inundación con las lamina de agua obtenidas.

4.1.1. Modelo digital de elevación (DEM)

Una vez se tenga las curvas de nivel se ingresan al software Arcgis y se genera el DEM, como se muestra en la figura. Luego se genera el eje del rio, las bancadas y las secciones.

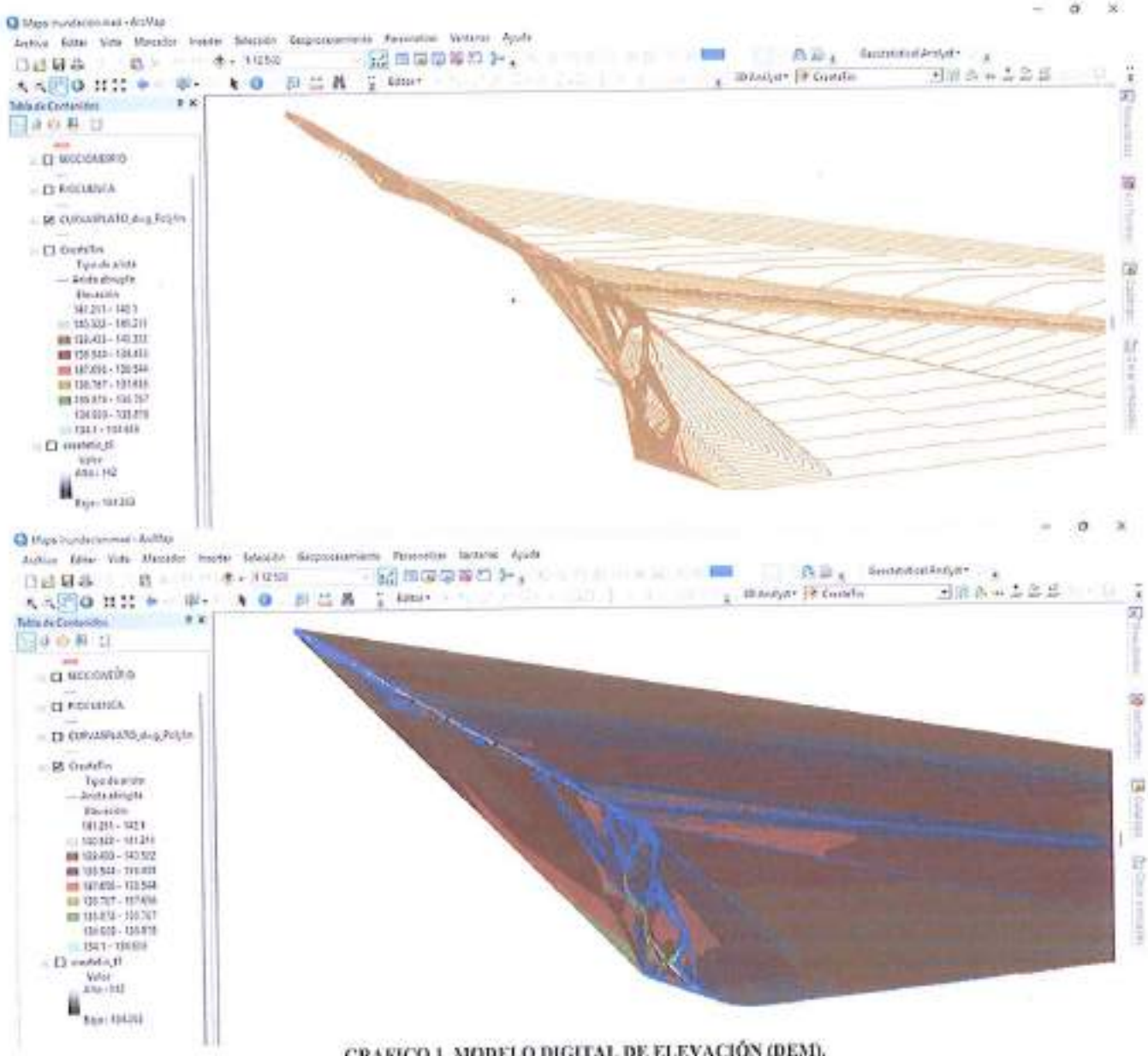


GRAFICO 1. MODELO DIGITAL DE ELEVACIÓN (DEM).

Se realiza la exportación de HEC-RAS, allí se realiza todo lo referente al caudal ingresado y las condiciones de frontera que se exponen a continuación:

- Coeficiente de rugosidad

Según la ilustración se observa el pasto o la cobertura vegetal corta y el rastro de agua en estanquidad, por ello se toma el valor de recomendado de cauces de planicie inundada con pasto corto, es de 0,035-0,040 de acuerdo al coeficiente de rugosidad de manning.



ILUSTRACIÓN 1. CAUCE CAÑO PLATO PARA PROTECCIÓN DE VIA PROYECTADO. FUENTE PROPIA

Al momento de ingresar los valores en el software de diseño HEC-RAS se debe incluir el periodo de retorno del caudal calculado para revisar la cota de inundación, en la siguiente ilustración se demuestran los cálculos incluidos en el programa:

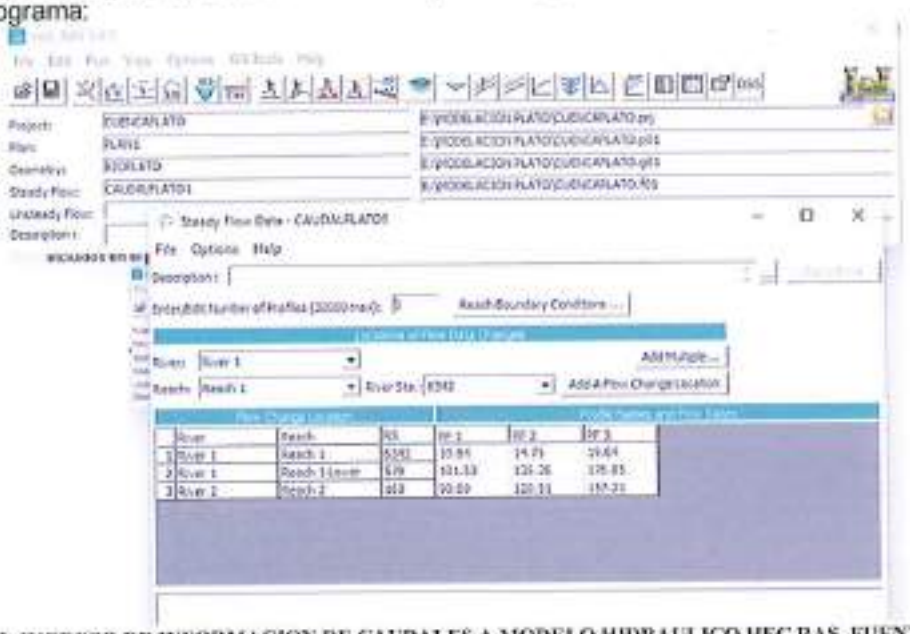


GRAFICO 2. INGRESO DE INFORMACION DE CAUDALES A MODELO HIDRAULICO HEC RAS. FUENTE PROPIA.

Una vez se tiene definida la geometría, las condiciones de frontera se realiza el cálculo en el programa HEC-RAS. Seguido a esto se exporta la información de los resultados, arrojando las huellas de inundación en el tramo de la vía.

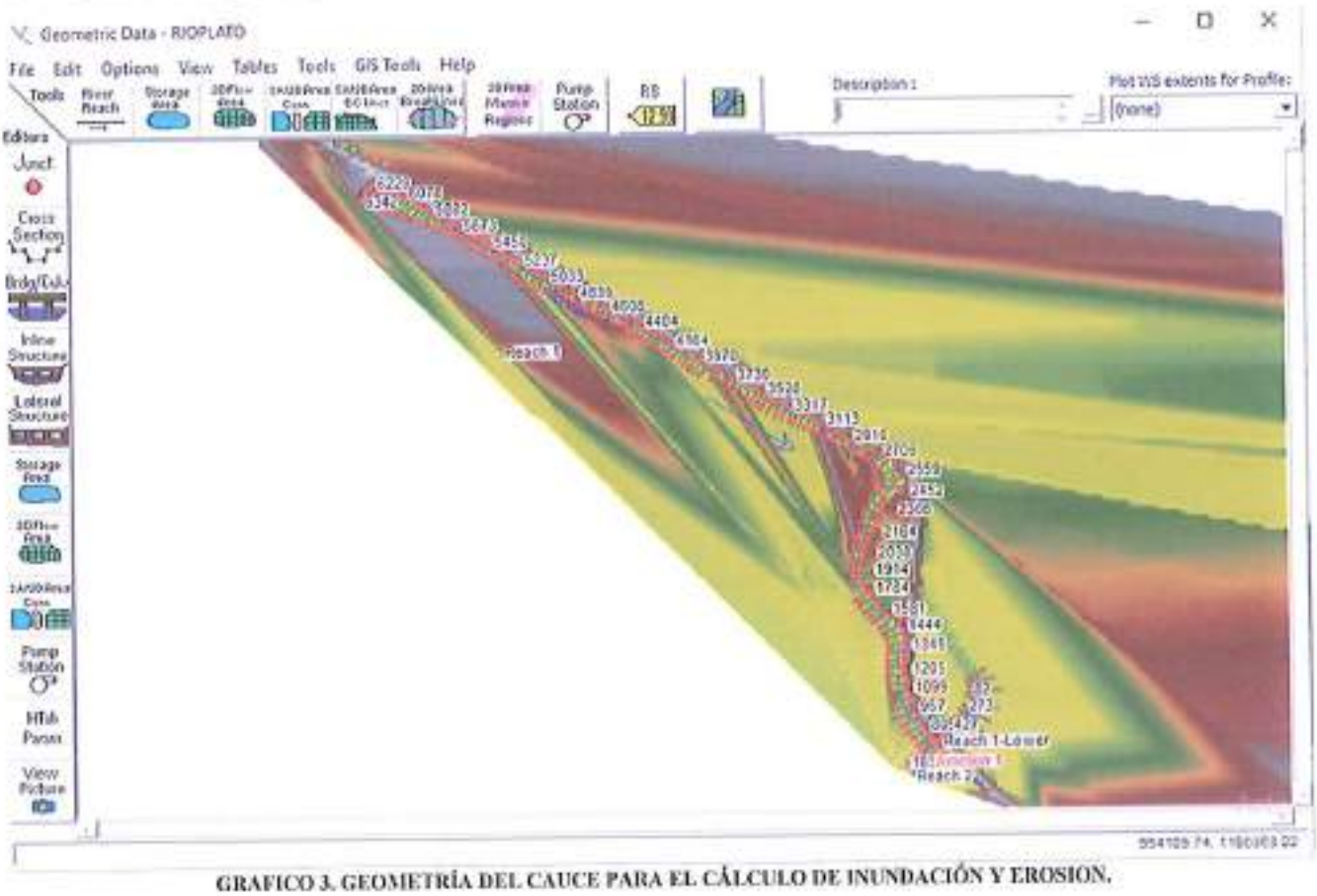
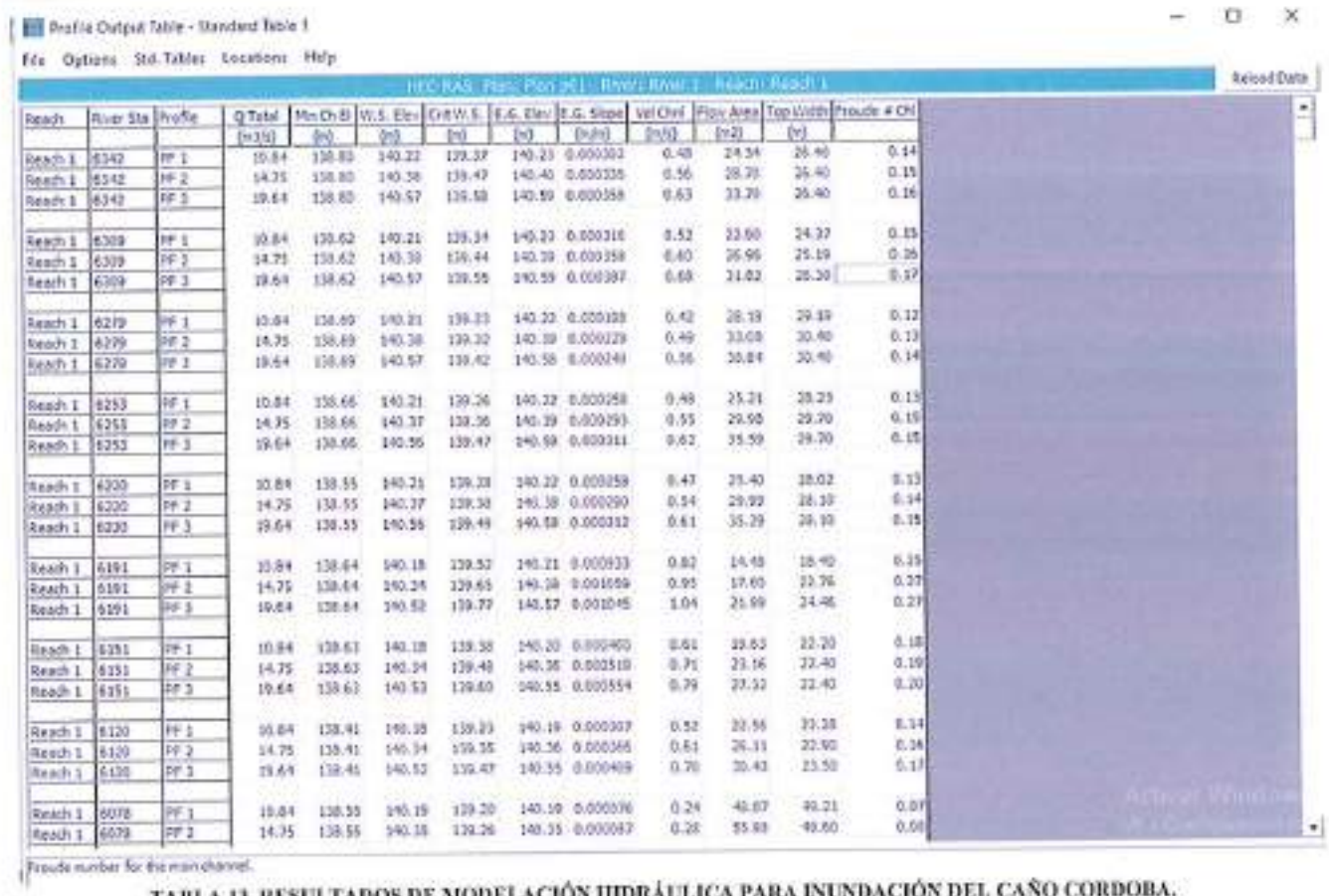


GRAFICO 3. GEOMETRÍA DEL CAUCE PARA EL CÁLCULO DE INUNDACIÓN Y EROSION.

4.1.2. Resultados hidráulicos

Los resultados según HEC-RAS en cuanto al perfil de flujo, se presentan en el grafico, y el régimen del flujo se caracteriza por ser un flujo subcrítico pues el número de Froude es menor a 1. En cuanto a velocidades para los diferentes periodos de retorno se presentan entre 0,4 y la máxima de 1,86 m/s.



Profile Output Table - Standard Table 1

File Options Std. Tables Locations Help

HEC-RAS Plan: Plan 01 River: River 1 Reach: Reach 1

Reload Data

Reach	River Sta	Profile	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	Froude # Chl
Reach 1	6342	PF 1	10.84	138.80	140.22	139.37	140.23	0.000302	0.48	24.54	26.46	0.14
Reach 1	6342	PF 2	14.75	138.80	140.36	139.47	140.40	0.000335	0.56	28.70	26.46	0.15
Reach 1	6342	PF 3	19.64	138.80	140.57	139.58	140.59	0.000368	0.63	33.70	26.46	0.16
Reach 1	6309	PF 1	10.84	138.62	140.21	139.34	140.23	0.000316	0.52	22.60	24.37	0.15
Reach 1	6309	PF 2	14.75	138.62	140.36	139.44	140.39	0.000358	0.60	26.96	25.19	0.16
Reach 1	6309	PF 3	19.64	138.62	140.57	139.55	140.59	0.000397	0.68	31.82	26.20	0.17
Reach 1	6279	PF 1	10.84	138.69	140.21	139.33	140.23	0.000308	0.42	26.19	29.89	0.12
Reach 1	6279	PF 2	14.75	138.69	140.36	139.32	140.39	0.000229	0.49	33.08	30.40	0.13
Reach 1	6279	PF 3	19.64	138.69	140.57	139.42	140.58	0.000248	0.56	38.84	30.40	0.14
Reach 1	6253	PF 1	10.84	138.66	140.21	139.26	140.22	0.000258	0.48	25.21	28.29	0.13
Reach 1	6253	PF 2	14.75	138.66	140.37	139.36	140.39	0.000293	0.55	29.90	29.70	0.15
Reach 1	6253	PF 3	19.64	138.66	140.56	139.47	140.58	0.000331	0.62	35.59	29.70	0.16
Reach 1	6200	PF 1	10.84	138.55	140.21	139.28	140.22	0.000259	0.47	25.40	28.02	0.13
Reach 1	6200	PF 2	14.75	138.55	140.37	139.38	140.38	0.000290	0.54	29.99	28.10	0.14
Reach 1	6200	PF 3	19.64	138.55	140.56	139.49	140.58	0.000332	0.61	35.29	28.10	0.15
Reach 1	6191	PF 1	10.84	138.64	140.18	139.52	140.21	0.000933	0.82	14.48	18.40	0.25
Reach 1	6191	PF 2	14.75	138.64	140.24	139.65	140.28	0.001059	0.95	17.60	23.76	0.27
Reach 1	6191	PF 3	19.64	138.64	140.32	139.77	140.37	0.001045	1.04	21.99	24.46	0.27
Reach 1	6151	PF 1	10.84	138.63	140.18	139.38	140.20	0.000403	0.61	19.63	22.20	0.18
Reach 1	6151	PF 2	14.75	138.63	140.24	139.48	140.26	0.000510	0.71	23.16	22.40	0.19
Reach 1	6151	PF 3	19.64	138.63	140.33	139.60	140.35	0.000554	0.79	27.12	22.40	0.20
Reach 1	6120	PF 1	10.84	138.41	140.18	139.23	140.19	0.000307	0.52	22.56	23.28	0.14
Reach 1	6120	PF 2	14.75	138.41	140.24	139.35	140.26	0.000366	0.61	26.31	22.90	0.16
Reach 1	6120	PF 3	19.64	138.41	140.32	139.47	140.35	0.000409	0.70	30.43	23.50	0.17
Reach 1	6078	PF 1	10.84	138.55	140.19	139.20	140.19	0.000076	0.24	46.07	49.21	0.07
Reach 1	6078	PF 2	14.75	138.55	140.18	139.26	140.19	0.000087	0.28	55.93	49.60	0.08

Froude number for the main channel.

TABLA 13. RESULTADOS DE MODELACIÓN HIDRÁULICA PARA INUNDACIÓN DEL CAÑO CORDOBA.

En la tabla de componentes de las secciones se evidencia que los siguientes tramos hay un indice alto de esfuerzo cortante hacia las zonas que colindan con la via donde el porcentaje de erosion es alto lo cual se requiere realizar el reforzamiento por medio de gaviones tipo cajón y colchones en piedra en la parte inferior para evitar su socavación:

Cross Section Output

File Type Options Help

River: River 1 Profile: PF 1

Reach Reach 1 RS: 6191 Plan: Plan p01

Plan: Plan p01 River 1 Reach 1 RS: 6191 Profile: PF 1

		Element	Left OB	Channel	Right OB
E.G. Elev (m)	140.21	Wt. n-Val.	0.035	0.040	0.034
Vel Head (m)	0.03	Reach Len. (m)	17.20	12.20	9.40
W.S. Elev (m)	140.18	Flow Area (m2)	1.55	11.79	1.15
Crit W.S. (m)	139.52	Area (m2)	1.55	11.79	1.15
E.G. Slope (m/m)	0.000933	Flow (m3/s)	0.68	9.70	0.47
Q Total (m3/s)	10.84	Top Width (m)	4.27	10.40	3.73
Top Width (m)	18.40	Avg. Vel. (m/s)	0.44	0.82	0.41
Vel Total (m/s)	0.75	Hydr. Depth (m)	0.36	1.13	0.31
Max Chl Dpth (m)	1.54	Conv. (m3/s)	22.3	317.5	15.2
Conv. Total (m3/s)	354.9	Wetted Per. (m)	4.34	10.54	3.78
Length Wtd. (m)	12.44	Shear (N/m2)	3.26	10.23	2.77
Min Ch El (m)	138.64	Stream Power (N/m s)	1.43	8.41	1.12
Alpha	1.11	Cum Volume (1000 m3)	1.98	47.73	6.67
Frctn Loss (m)	0.01	Cum SA (1000 m2)	5.63	39.29	8.80
C & E Loss (m)	0.00				

Errors, Warnings and Notes

GRAFICO 4. RESULTADOS SEGUN MODELACION HIDRAULICA DE LOS ESFUERZOS CORTANTES APLICADOS EN LAS SECCIONES TRANSVERSALES CRITICAS DEL CAUCE CAÑO PLATO TRAMO 1. FUENTE PROPIAS. 2026

Cross Section Output

File Type Options Help

River: River 1 Profile: PF 1

Reach Reach 1 RS: 5639 Plan: Plan p01

Plan: Plan p01 River 1 Reach 1 RS: 5639 Profile: PF 1

		Element	Left OB	Channel	Right OB
E.G. Elev (m)	140.17	Wt. n-Val.	0.035	0.040	0.034
Vel Head (m)	0.03	Reach Len. (m)	9.20	9.00	8.70
W.S. Elev (m)	140.14	Flow Area (m2)	2.47	10.39	1.79
Crit W.S. (m)	139.70	Area (m2)	2.47	10.39	1.79
E.G. Slope (m/m)	0.001299	Flow (m3/s)	1.49	8.50	0.86
Q Total (m3/s)	10.84	Top Width (m)	5.40	12.00	5.80
Top Width (m)	23.20	Avg. Vel. (m/s)	0.60	0.82	0.48
Vel Total (m/s)	0.74	Hydr. Depth (m)	0.46	0.87	0.31
Max Chl Dpth (m)	0.98	Conv. (m3/s)	41.3	235.8	23.8
Conv. Total (m3/s)	300.8	Wetted Per. (m)	5.53	12.03	5.94
Length Wtd. (m)	9.00	Shear (N/m2)	5.69	11.01	3.85
Min Ch El (m)	139.16	Stream Power (N/m s)	3.42	9.00	1.84
Alpha	1.08	Cum Volume (1000 m3)	1.38	41.77	6.29
Frctn Loss (m)	0.01	Cum SA (1000 m2)	4.56	34.93	7.84
C & E Loss (m)	0.00				

Errors, Warnings and Notes

GRAFICO 5. RESULTADOS SEGUN MODELACION HIDRAULICA DE LOS ESFUERZOS CORTANTES APLICADOS EN LAS SECCIONES TRANSVERSALES CRITICAS DEL CAUCE CAÑO PLATO TRAMO 2. FUENTE PROPIAS. 2026

Cross Section Output

File Type Options Help

River: River 1 Profile: PF 1

Reach: Reach 1 RS: 4839 Plan: Plan p01

Plan: Plan p01 River: 1 Reach: 1 RS: 4839 Profile: PF 1

		Element	Left OB	Channel	Right OB
E.G. Elev (m)	140.07	Wt. n-Val.	0.035	0.040	0.034
Vel Head (m)	0.07	Reach Len. (m)	10.60	11.70	14.70
W.S. Elev (m)	140.00	Flow Area (m2)	0.43	7.53	1.73
Crit W.S. (m)	139.85	Area (m2)	0.43	7.53	1.73
E.G. Slope (m/m)	0.004863	Flow (m3/s)	0.23	9.21	1.40
Q Total (m3/s)	10.84	Top Width (m)	3.02	12.80	6.70
Top Width (m)	22.52	Avg. Vel. (m/s)	0.54	1.22	0.81
Vel Total (m/s)	1.12	Hydr. Depth (m)	0.14	0.59	0.26
Max Chl Dpth (m)	0.79	Conv. (m3/s)	3.3	132.0	20.1
Conv. Total (m3/s)	155.4	Wetted Per. (m)	3.04	12.83	7.03
Length Wtd. (m)	11.91	Shear (N/m2)	6.74	28.00	11.77
Min Ch El (m)	139.21	Stream Power (N/m s)	3.65	34.23	9.50
Alpha	1.09	Cum Volume (1000 m3)	0.99	35.07	5.63
Frctn Loss (m)	0.02	Cum SA (1000 m2)	3.49	29.75	6.53
C & E Loss (m)	0.01				

Errors, Warnings and Notes

GRAFICO 6. RESULTADOS SEGUN MODELACION HIDRAULICA DE LOS ESFUERZOS CORTANTES APLICADOS EN LAS SECCIONES TRANSVERSALES CRITICAS DEL CAUCE CAÑO PLATO TRAMO 3. FUENTE PROPIAS. 2026

Cross Section Output

File Type Options Help

River: River 1 Profile: PF 1

Reach Reach 1 RS: 4448 Plan: Plan p01

Plan: Plan p01 River 1 Reach 1 RS: 4448 Profile: PF 1

		Element	Left OB	Channel	Right OB
E.G. Elev (m)	139.97	Wt. n-Val.	0.035	0.040	0.034
Vel Head (m)	0.06	Reach Len. (m)	14.70	13.30	12.10
W.S. Elev (m)	139.91	Flow Area (m2)	0.87	7.07	2.37
Crit W.S. (m)	139.74	Area (m2)	0.87	7.07	2.37
E.G. Slope (m/m)	0.004465	Flow (m3/s)	0.64	7.86	2.34
Q Total (m3/s)	10.84	Top Width (m)	3.60	13.00	6.30
Top Width (m)	22.90	Avg. Vel. (m/s)	0.74	1.11	0.99
Vel Total (m/s)	1.05	Hydr. Depth (m)	0.24	0.54	0.38
Max Chl Dpth (m)	0.68	Conv. (m3/s)	9.5	117.7	35.0
Conv. Total (m3/s)	162.2	Wetted Per. (m)	3.62	13.02	6.63
Length Wtd. (m)	13.18	Shear (N/m2)	10.47	23.79	15.62
Min Ch El (m)	139.23	Stream Power (N/m s)	7.70	26.45	15.44
Alpha	1.03	Cum Volume (1000 m3)	0.80	32.52	5.38
Frctn Loss (m)	0.01	Cum SA (1000 m2)	2.86	27.47	5.84
C & E Loss (m)	0.01				

Errors, Warnings and Notes

GRAFICO 7. RESULTADOS SEGUN MODELACION HIDRAULICA DE LOS ESFUERZOS CORTANTES APLICADOS EN LAS SECCIONES TRANSVERSALES CRITICAS DEL CAUCE CAÑO PLATO TRAMO 4. FUENTE PROPIAS. 2026

Cross Section Output

File Type Options Help

River: River 1 Profile: PF 1

Reach Reach 1 RS: 3024 Plan: Plan p01

Plan: Plan p01 River 1 Reach 1 RS: 3024 Profile: PF 1

		Element	Left OB	Channel	Right OB
E.G. Elev (m)	139.84	Wt. n-Val.	0.035	0.040	0.034
Vel Head (m)	0.03	Reach Len. (m)	11.80	12.30	13.10
W.S. Elev (m)	139.80	Flow Area (m2)	0.65	12.84	0.25
Crit W.S. (m)	139.28	Area (m2)	0.65	12.84	0.25
E.G. Slope (m/m)	0.001372	Flow (m3/s)	0.22	10.57	0.06
Q Total (m3/s)	10.84	Top Width (m)	3.71	15.20	2.59
Top Width (m)	21.50	Avg. Vel. (m/s)	0.33	0.82	0.23
Vel Total (m/s)	0.79	Hydr. Depth (m)	0.18	0.85	0.10
Max Chl Dpth (m)	1.27	Conv. (m3/s)	5.9	285.3	1.5
Conv. Total (m3/s)	292.7	Wetted Per. (m)	3.73	15.34	2.60
Length Wtd. (m)	12.30	Shear (N/m2)	2.36	11.27	1.28
Min Ch El (m)	138.53	Stream Power (N/m s)	0.78	9.27	0.29
Alpha	1.06	Cum Volume (1000 m3)	0.39	20.58	2.07
Frctn Loss (m)	0.02	Cum SA (1000 m2)	1.33	18.34	2.87
C & E Loss (m)	0.00				

Errors, Warnings and Notes

GRAFICO 8. RESULTADOS SEGUN MODELACION HIDRAULICA DE LOS ESFUERZOS CORTANTES APLICADOS EN LAS SECCIONES TRANSVERSALES CRITICAS DEL CAUCE CAÑO PLATO TRAMO 5. FUENTE PROPIAS. 2026

Cross Section Output

File Type Options Help

River: River 1 Profile: PF 1

Reach Reach 1 RS: 2817 Plan: Plan p01

Plan: Plan p01 River: 1 Reach: 1 RS: 2817 Profile: PF 1

		Element	Left OB	Channel	Right OB
E.G. Elev (m)	139.78	Wt. n-Val.	0.035	0.040	0.034
Vel Head (m)	0.03	Reach Len. (m)	13.10	11.10	8.70
W.S. Elev (m)	139.75	Flow Area (m2)	1.11	13.34	0.93
Crit W.S. (m)	139.35	Area (m2)	1.11	13.34	0.93
E.G. Slope (m/m)	0.001434	Flow (m3/s)	0.48	10.06	0.30
Q Total (m3/s)	10.84	Top Width (m)	4.45	18.70	5.80
Top Width (m)	28.95	Avg. Vel. (m/s)	0.43	0.75	0.33
Vel Total (m/s)	0.70	Hydr. Depth (m)	0.25	0.71	0.16
Max Chl Dpth (m)	0.92	Conv. (m3/s)	12.6	265.7	8.0
Conv. Total (m3/s)	286.3	Wetted Per. (m)	4.49	18.75	5.87
Length Wtd. (m)	11.12	Shear (N/m2)	3.49	10.00	2.22
Min Ch El (m)	138.83	Stream Power (N/m s)	1.49	7.55	0.72
Alpha	1.09	Cum Volume (1000 m3)	0.34	19.52	1.94
Frctn Loss (m)	0.01	Cum SA (1000 m2)	1.10	17.22	2.45
C & E Loss (m)	0.00				

Errors, Warnings and Notes

GRAFICO 9. RESULTADOS SEGUN MODELACION HIDRAULICA DE LOS ESFUERZOS CORTANTES APLICADOS EN LAS SECCIONES TRANSVERSALES CRITICAS DEL CAUCE CAÑO PLATO TRAMO 6. FUENTE PROPIAS. 2026

Cross Section Output

File Type Options Help

River: River 1 Profile: PF 1

Reach Reach 1 RS: 2706 Plan: Plan p01

Plan: Plan p01 River 1 Reach 1 RS: 2706 Profile: PF 1

		Element	Left OB	Channel	Right OB
E.G. Elev (m)	139.74				
Vel Head (m)	0.14	Wt. n-Val.	0.035	0.040	0.034
W.S. Elev (m)	139.60	Reach Len. (m)	13.10	11.60	10.70
Crit W.S. (m)	139.60	Flow Area (m2)	0.05	6.42	0.29
E.G. Slope (m/m)	0.021194	Area (m2)	0.05	6.42	0.29
Q Total (m3/s)	10.84	Flow (m3/s)	0.03	10.58	0.23
Top Width (m)	25.67	Top Width (m)	0.97	21.10	3.60
Vel Total (m/s)	1.60	Avg. Vel. (m/s)	0.59	1.65	0.80
Max Chl Dpth (m)	0.42	Hydr. Depth (m)	0.05	0.30	0.08
Conv. Total (m3/s)	74.5	Conv. (m3/s)	0.2	72.6	1.6
Length Wtd. (m)	11.60	Wetted Per. (m)	0.98	21.13	3.64
Min Ch El (m)	139.18	Shear (N/m2)	10.98	63.21	16.75
Alpha	1.04	Stream Power (N/m s)	6.43	104.05	13.38
Frctn Loss (m)	0.06	Cum Volume (1000 m3)	0.25	18.97	1.91
C & E Loss (m)	0.03	Cum SA (1000 m2)	0.92	16.56	2.29

Errors, Warnings and Notes

GRAFICO 10. RESULTADOS SEGUN MODELACION HIDRAULICA DE LOS ESFUERZOS CORTANTES APLICADOS EN LAS SECCIONES TRANSVERSALES CRITICAS DEL CAUCE CAÑO PLATO TRAMO 7. FUENTE PROPIAS. 2026

Cross Section Output

File Type Options Help

River: River 1 Profile: PF 1

Reach Reach 1 RS: 2366 Plan: Plan p01

Plan: Plan p01 River 1 Reach 1 RS: 2366 Profile: PF 1

		Element	Left OB	Channel	Right OB
E.G. Elev (m)	139.40				
Vel Head (m)	0.07	Wt. n-Val.	0.035	0.040	
W.S. Elev (m)	139.33	Reach Len. (m)	16.30	16.20	17.10
Crit W.S. (m)	139.20	Flow Area (m2)	0.10	9.25	
E.G. Slope (m/m)	0.007741	Area (m2)	0.10	9.25	
Q Total (m3/s)	10.84	Flow (m3/s)	0.04	10.80	
Top Width (m)	25.47	Top Width (m)	1.61	23.86	
Vel Total (m/s)	1.16	Avg. Vel. (m/s)	0.38	1.17	
Max Chl Dpth (m)	0.56	Hydr. Depth (m)	0.06	0.39	
Conv. Total (m3/s)	123.2	Conv. (m3/s)	0.4	122.8	
Length Wtd. (m)	16.20	Wetted Per. (m)	1.61	23.89	
Min Ch El (m)	138.77	Shear (N/m2)	4.48	29.38	
Alpha	1.01	Stream Power (N/m s)	1.71	34.33	
Frctn Loss (m)	0.02	Cum Volume (1000 m3)	0.20	16.33	1.90
C & E Loss (m)	0.02	Cum SA (1000 m2)	0.61	13.12	2.08

Errors, Warnings and Notes

GRAFICO 11. RESULTADOS SEGUN MODELACION HIDRAULICA DE LOS ESFUERZOS CORTANTES APLICADOS EN LAS SECCIONES TRANSVERSALES CRITICAS DEL CAUCE CAÑO PLATO TRAMO 8. FUENTE PROPIAS. 2026

Cross Section Output

File Type Options Help

River: River 2 Profile: PF 1

Reach Reach 2 RS: 52 Plan: Plan p01

Plan: Plan p01 River 2 Reach 2 RS: 52 Profile: PF 1

		Element	Left OB	Channel	Right OB
E.G. Elev (m)	139.42	Wt. n-Val.	0.035	0.040	
Vel Head (m)	0.44	Reach Len. (m)	15.80	15.80	15.80
W.S. Elev (m)	138.98	Flow Area (m2)	2.33	28.86	
Crit W.S. (m)	138.98	Area (m2)	2.33	28.86	
E.G. Slope (m/m)	0.016357	Flow (m3/s)	5.31	85.38	
Q Total (m3/s)	90.69	Top Width (m)	4.10	32.21	
Top Width (m)	36.31	Avg. Vel. (m/s)	2.28	2.96	
Vel Total (m/s)	2.91	Hydr. Depth (m)	0.57	0.90	
Max Chl Dpth (m)	1.43	Conv. (m3/s)	41.5	667.6	
Conv. Total (m3/s)	709.1	Wetted Per. (m)	4.71	32.43	
Length Wtd. (m)	15.80	Shear (N/m2)	79.23	142.74	
Min Ch El (m)	137.55	Stream Power (N/m s)	180.89	422.26	
Alpha	1.01	Cum Volume (1000 m3)	0.07	0.58	0.03
Frctn Loss (m)	0.07	Cum SA (1000 m2)			
C & E Loss (m)	0.07				

Errors, Warnings and Notes

GRAFICO 12. RESULTADOS SEGUN MODELACION HIDRAULICA DE LOS ESFUERZOS CORTANTES APLICADOS EN LAS SECCIONES TRANSVERSALES CRITICAS DEL CAUCE CAÑO PLATO TRAMO 9. FUENTE PROPIAS. 2026

Cross Section Output

File Type Options Help

River: River 1 Profile: PF 1

Reach Reach 1-Lower RS: 579 Plan: Plan p01

Plan: Plan p01 River 1 Reach 1-Lower RS: 579 Profile: PF 1

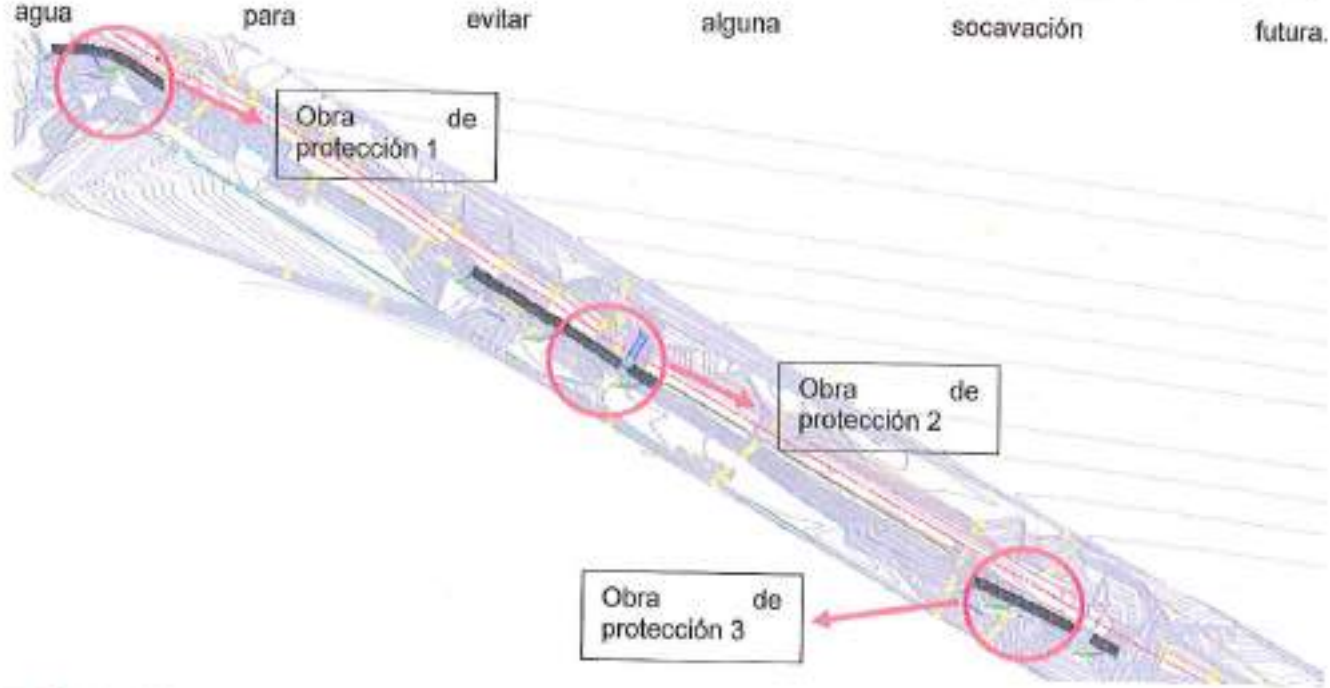
E.G. Elev (m)	139.00	Element	Left OB	Channel	Right OB
Vel Head (m)	0.19	Wt. n-Val.	0.035	0.040	0.034
W.S. Elev (m)	138.81	Reach Len. (m)	13.50	16.00	20.50
Crit W.S. (m)	137.95	Flow Area (m2)	6.82	44.47	3.73
E.G. Slope (m/m)	0.002165	Area (m2)	6.82	44.47	3.73
Q Total (m3/s)	101.53	Flow (m3/s)	7.63	89.50	4.40
Top Width (m)	32.34	Top Width (m)	8.70	19.30	4.34
Vel Total (m/s)	1.85	Avg. Vel. (m/s)	1.12	2.01	1.18
Max Chl Dpth (m)	2.76	Hydr. Depth (m)	0.78	2.30	0.86
Conv. Total (m3/s)	2182.3	Conv. (m3/s)	164.0	1923.6	94.6
Length Wtd. (m)	16.00	Wetted Per. (m)	8.85	19.54	4.66
Min Ch El (m)	136.05	Shear (N/m2)	16.38	48.31	17.00
Alpha	1.09	Stream Power (N/m s)	18.31	97.21	20.05
Frctn Loss (m)	0.07	Cum Volume (1000 m3)	0.19	9.08	0.17
C & E Loss (m)	0.04	Cum SA (1000 m2)	0.36	5.12	0.45

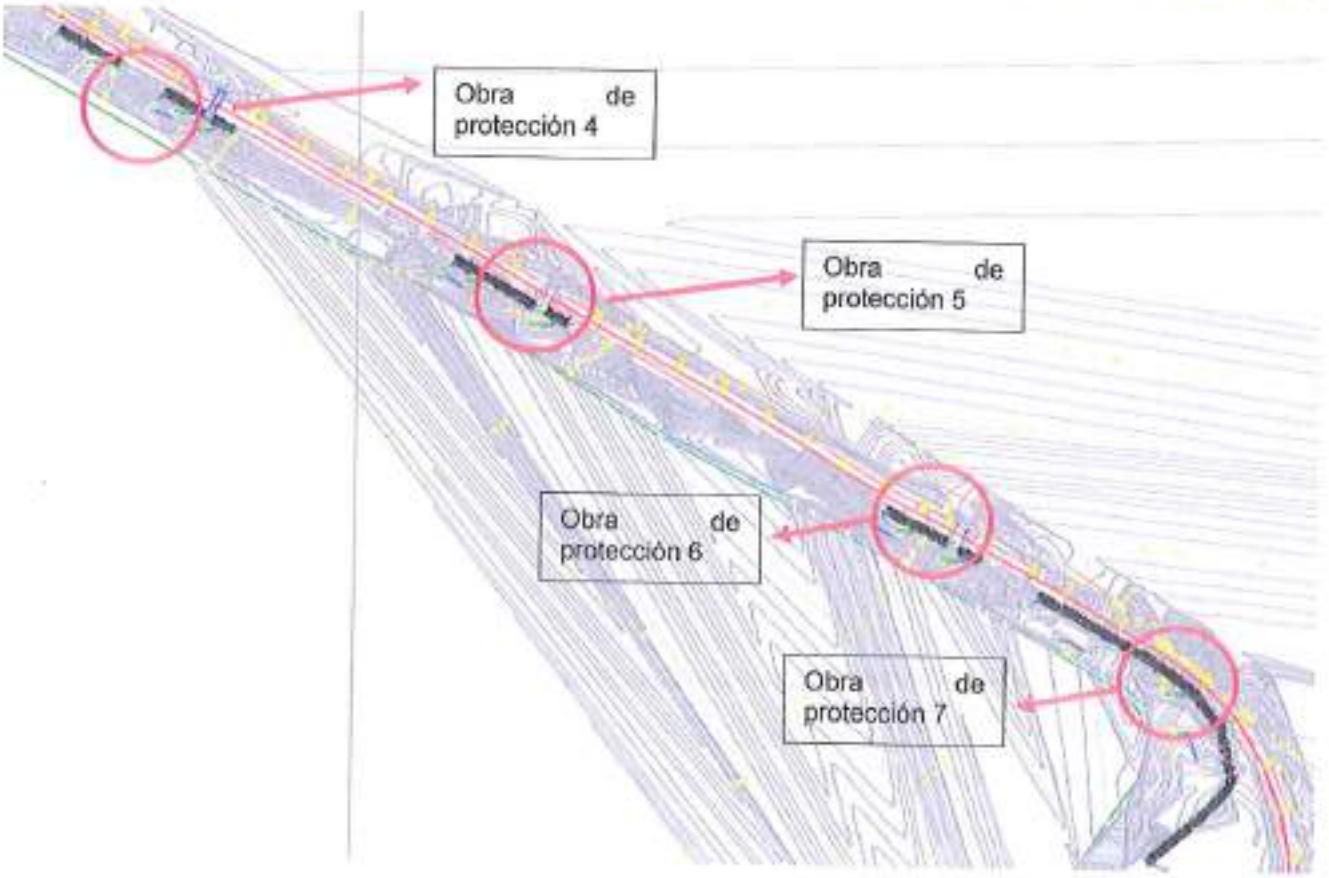
Errors, Warnings and Notes

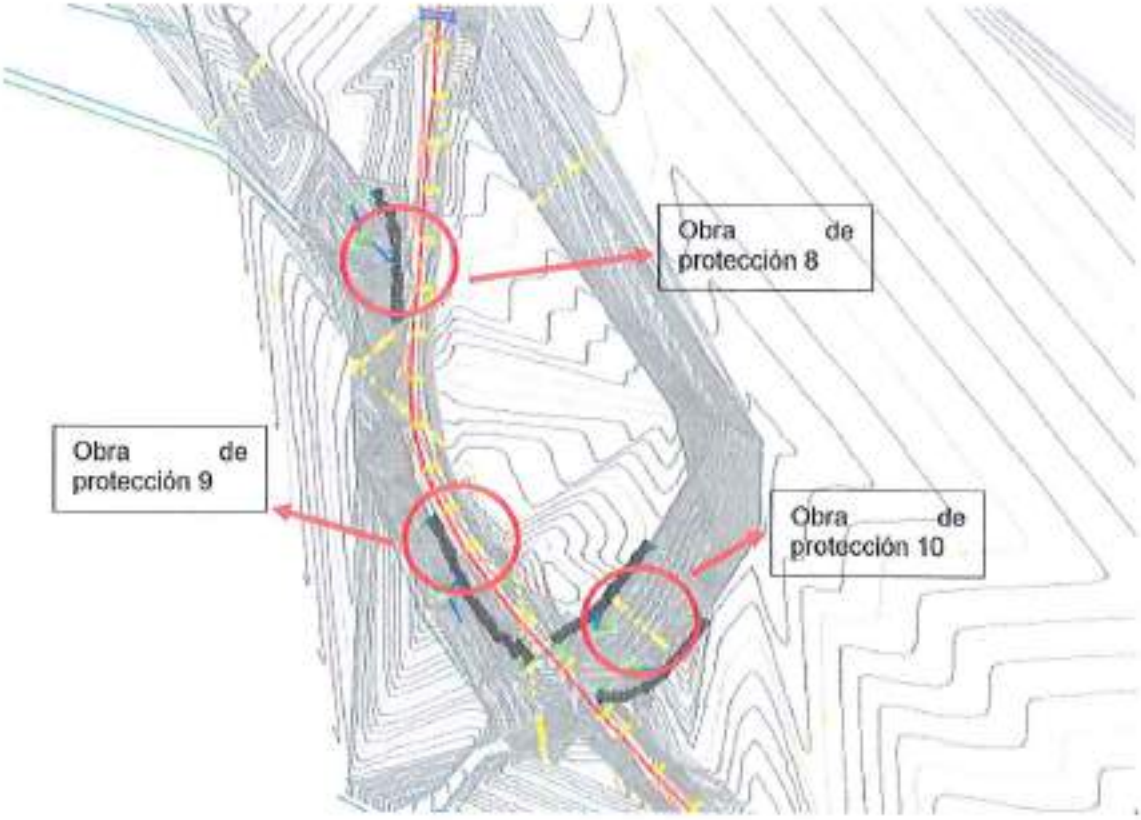
GRAFICO 13. RESULTADOS SEGUN MODELACION HIDRAULICA DE LOS ESFUERZOS CORTANTES APLICADOS EN LAS SECCIONES TRANSVERSALES CRITICAS DEL CAUCE CAÑO PLATO TRAMO 10. FUENTE PROPIAS. 2026

Una vez calculada la socavación se denota que se debe realizar una engavionadura el cual permita amortiguar el ancho de la excavación en la zona de encole de las obras de drenaje transversal, esta engavionadura debe ser superior de los 10 metros de longitud para garantizar una mejor cobertura en el impacto del peso específico del

agua para evitar alguna socavación futura.







DESCRIPCIÓN	ABSCISA INICIO	ABSCISA FIN	LARGO (m)
TRAMO 1	K27+626	K27+659,15	33,15
TRAMO 2	K27+831,61	K27+865,61	34,00
TRAMO 2A	K27+870	K27+880,00	10,00
TRAMO 3	K28+037,94	K28+057,94	20,00
TRAMO 3A	K28+066,03	K28+076,03	10,00
TRAMO 4	K28+184,06	K28+194,06	10,00
TRAMO 4A	K28+228,38	K28+238,38	10,00
TRAMO 4B	K28+242,82	K28+252,82	10,00
TRAMO 5	K28+388,13	K28+398,13	10,00
TRAMO 5A	K28+415,10	K28+425,10	10,00
TRAMO 6	K28+610,06	K28+620,06	10,00
TRAMO 6A	K28+627,35	K28+637,35	10,00
TRAMO 7	K28+678,61	K28+788,61	110,00
TRAMO 8	K29+086,59	K29+116,59	30,00
TRAMO 9	K29+229,15	K29+299,15	70,00
TRAMO 10	K29+300	K27+659,15	20,00
TRAMO 10A	K29+320	K27+865,61	20,00

Especificaciones del enrocado:

- Enrocado con material seleccionado mayor a 4 pulgadas, el espesor del enrocado debe ser de 1 m y la altura debe ser de 1 m
- Malla para gaviones calibre 11, hueco de 7,5 x 7,5 con medidas de 2x1x1
- De acuerdo al estudio geotécnico presentado para el proyecto, este arrojó un CBR menor al 5%, según la normativa INVIAS los CBR's cuyo valor es menor al 5%, requieren una adecuación de la estructura proyectada para su estabilidad portante, la cual se sugiere en un espesor mínimo de 75 centímetros de profundidad en material de crudo de rio.

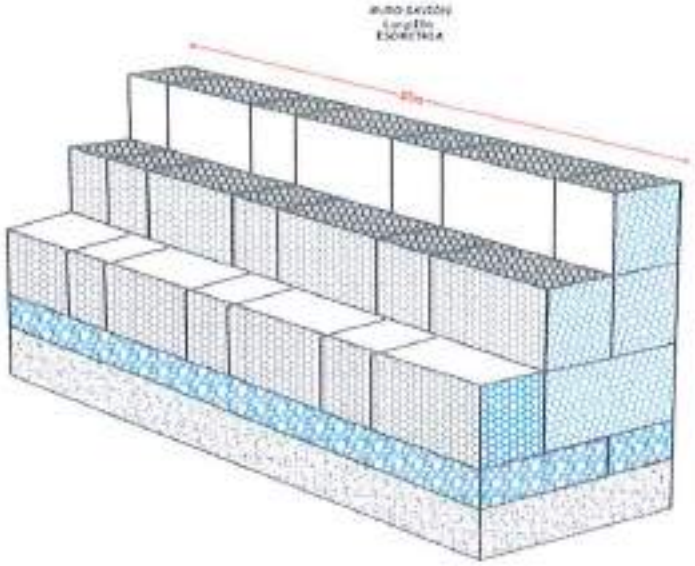


GRAFICO 14. DETALLE MURO DE GAVIÓN PROYECTADO PARA EROSION DEL CAUCE. FUENTE PROPIA. 2026

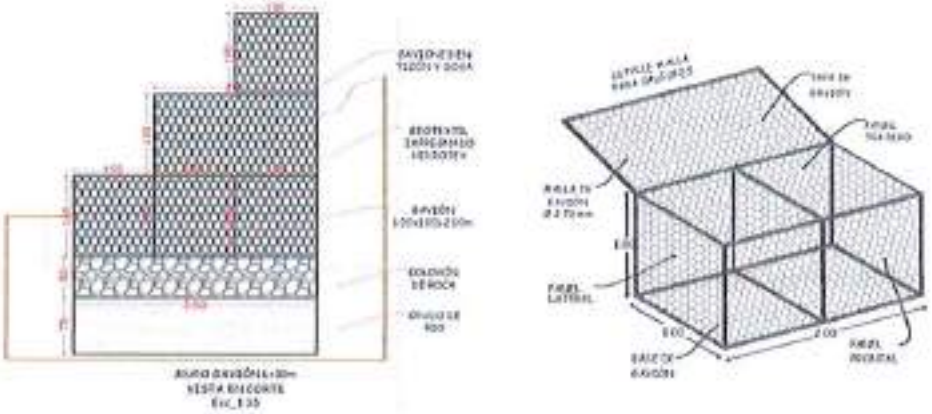


GRAFICO 15. DETALLE MALLA Y PERFIL DE GAVIÓN PROYECTADO PARA EROSION DEL CAUCE. FUENTE PROPIA. 2026

Los gaviones presentan varias ventajas técnicas: flexibilidad ante asentamientos diferenciales, permeabilidad, facilidad relativa de construcción, adaptabilidad a geometrías irregulares, uso de materiales pétreos locales cuando cumplen especificación, integración paisajística gradual y buena disipación de energía. En cauces con deformación moderada y suelos blandos, esta flexibilidad suele ser superior a la de soluciones completamente rígidas. Su uso extendido en defensas y contramedidas fluviales es consistente con las guías internacionales de FHWA y con las prácticas constructivas recogidas por el INVÍAS.

Se hace necesaria la ampliación y conformación de la vía mediante la colocación de material granular tipo crudo de río, con el fin de generar un respaldo estructural que proteja los gaviones en su cara posterior frente a posibles procesos de socavación y desestabilización. Asimismo, se contempla la instalación de geotextil como elemento de separación y filtración, evitando la migración de finos y mejorando el desempeño del sistema. La ampliación proyectada será conformada y perfilada mecánicamente, garantizando las condiciones geométricas y de compactación requeridas.

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- El análisis hidrológico realizado, fundamentado en información climatológica del IDEAM (periodo 1990–2025), permitió caracterizar adecuadamente el régimen de precipitaciones de la zona, evidenciando un comportamiento bimodal con eventos de alta intensidad que generan incrementos significativos en los caudales de escorrentía superficial, lo cual representa un factor crítico para la estabilidad de la infraestructura vial proyectada.

- La estimación de caudales de diseño mediante la aplicación del método racional para cuencas menores y del hidrograma unitario para cuencas mayores, garantiza una adecuada representación del comportamiento hidrológico de las áreas tributarias, adoptando criterios conservadores que incrementan el nivel de confiabilidad de los resultados frente a la incertidumbre asociada a la disponibilidad de información hidrometeorológica en la zona de estudio.

- Los caudales obtenidos para periodos de retorno de 25, 50 y 100 años evidencian condiciones hidráulicas significativas, especialmente en la cuenca principal asociada al río Caño Plato, donde se presentan valores elevados que implican altos niveles de energía del flujo, incrementando la susceptibilidad a procesos de erosión lateral, socavación y pérdida de estabilidad de la banca vial.

- La modelación hidráulica desarrollada permite establecer los niveles de lámina de agua, velocidades de flujo y condiciones de régimen hidráulico, evidenciando que el comportamiento del flujo en el área de estudio está influenciado por condiciones de llanura de inundación, con baja pendiente longitudinal y tendencia a desbordamientos laterales, lo cual incrementa el riesgo de afectación directa sobre la vía proyectada.

- Las condiciones geomorfológicas observadas en campo, caracterizadas por terrenos predominantemente planos, suelos con baja capacidad de infiltración y presencia de escorrentías difusas, favorecen la generación de flujos superficiales extensivos que actúan sobre la infraestructura vial, requiriendo la implementación de soluciones de protección más que de conducción hidráulica puntual.

- En este contexto, las obras de protección en gaviones se constituyen como la solución técnica más adecuada para el control de procesos erosivos, debido a su comportamiento flexible, permeable y adaptativo frente a asentamientos diferenciales, así como su capacidad para disipar energía hidráulica y resistir esfuerzos tractivos generados por el flujo.

- El diseño de las obras de protección en gaviones se fundamenta en la interacción entre variables hidráulicas como velocidad, tirante y esfuerzo cortante, y variables geotécnicas del terreno, permitiendo establecer dimensiones, alturas y condiciones de cimentación que garanticen la estabilidad estructural frente a fenómenos de socavación general, local y regresiva.

- Se concluye que la principal amenaza sobre la vía no corresponde únicamente a insuficiencia hidráulica de estructuras transversales, sino a procesos de erosión lateral y socavación en zonas de concentración de flujo, lo cual justifica plenamente la implementación de obras de protección longitudinal y puntual en los sectores identificados.

- La adopción de criterios conservadores en la selección de caudales de diseño, considerando escenarios críticos y la falta de estaciones hidrometeorológicas cercanas, permite garantizar un mayor factor de seguridad en las obras proyectadas, reduciendo el riesgo de falla estructural ante eventos hidrológicos extremos.

- Las obras proyectadas permiten mitigar los riesgos asociados a la pérdida de banca, socavación de taludes y afectación de la rasante vial, contribuyendo a la continuidad del servicio de la vía, especialmente durante periodos de alta precipitación donde históricamente se presentan interrupciones del tránsito.

- Finalmente, se concluye que la integración entre el análisis hidrológico, la modelación hidráulica y el diseño de obras de protección en gaviones constituye un enfoque técnico adecuado y coherente con la normatividad vigente del INVÍAS, garantizando soluciones funcionales, seguras y adaptadas a las condiciones reales del entorno.

- Conforme a los diseños realizados en el presente informe se denota que se proyectaron para los puntos **proyectados por riesgo de erosión y socavación se contempla la construcción de gaviones de 2x1x1 con piedra bola de tamaño máximo de 6 pulg** según los resultados arrojados en el programa HEC-RAS.

- En el sector de interés, la tendencia es a llover al menos el 58% del año, Adicionalmente se indica que los periodos de precipitaciones se comprenden desde los meses desde abril a octubre y los meses de sequía se encuentran comprendidos desde los meses de noviembre hasta marzo respectivamente.

- La diferencia de precipitación entre el mes menos lluvioso y más lluvioso del año está en un orden de 7,01 – 330,9 mm mm y este cambio se da entre los meses de enero y junio según Versión 4 del conjunto de datos climáticos multivariados cuadriculados de alta resolución mensual CRU TS SCIENTIFIC DATA de la zona de Rondon.

- La mejor época para realizar intervenciones de obra civil son los meses de final e inicio de año (NOV, DIC, ENE, FEB Y MAR), dado que la probabilidad de ocurrencia de lluvias es la menor registrada según Versión 4 del conjunto de datos climáticos multivariados cuadriculados de alta resolución mensual CRU TS SCIENTIFIC DATA de la zona de Rondon.

- La época con mayor probabilidad de lluvias son los meses entre junio y Julio.

- De acuerdo al estudio geotécnico presentado para el proyecto, este arrojó un CBR menor al 5%, según la normativa INVIAS los CBR's cuyo valor es menor al 5%, requieren una adecuación de la estructura proyectada para su estabilidad portante, la cual se sugiere en un espesor mínimo de 70 centímetros de profundidad en material de crudo de rio.

  Se hace necesaria la ampliación y conformación de la vía mediante la colocación de material granular tipo crudo de río, con el fin de generar un respaldo estructural que proteja los gaviones en su cara posterior frente a posibles procesos de socavación y desestabilización. Asimismo, se contempla la instalación de geotextil como elemento de separación y filtración, evitando la migración de finos y

mejorando el desempeño del sistema. La ampliación proyectada será conformada y perfilada mecánicamente, garantizando las condiciones geométricas y de compactación requeridas.



7. ANEXOS

ANEXO 1. CAUDALES DE DISEÑO

ANEXO 2. DELIMITACION DE CUENCA

ANEXO 3. MODELACION HIDRAULICA RIO Y EROSION

ANEXO 4. HIDROLOGÍA

ANEXO 5. PLANOS

8. REFERENCIAS

Chow, V. T. (1994). *Hidrología Aplicada*. Bogotá: Mc Graw Hill.
Comero, G. A. (1996). *Proyecto, Construcción y Conservación de Alcantarillas*. Argentina: UNR EDITORA.
Fracassi, G. (2019). *Defensas ribereñas con gaviones y geosintéticos*. Bogotá: Ediciones de la U.
INVIAS. (2009). *Manual de Drenaje para Carreteras*. Bogotá.
Martín Vide, J. P. (2003). *Ingeniería de Ríos*. México: Alfaomega.
transporte, M. d. (2019). *Obras menores de drenaje y estructuras viales programa Colombia rural*. Medellin.

Certificación de Donación de ESTUDIO HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO

Certifico que he realizado el ESTUDIO HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO y a la vez lo dono a titulo gratuito a la GOBERNACIÓN DE ARAUCA, para el proyecto **"MEJORAMIENTO DE LA INFRAESTRUCTURA VIAL EN LA VIA DE TAME - PUERTO RONDON, DEPARTAMENTO DE ARAUCA"** a construirse en el Municipio de Tame. Departamento de Arauca de acuerdo con los requisitos técnicos vigentes.

Para los fines pertinentes anexo copia de mi Tarjeta o Matricula Profesional y certificado de vigencia de la misma y copia de la cédula de ciudadania.

JUAN CAMILO RIVA MONTERREY
INGENIERO HIDRÁULICO
Matricula Profesional 25202-423094

MEMORIAL DE RESPONSABILIDAD

Yo **JUAMILO LEIVA MONTERREY** identificado con CC No. 1.018.492.324, en calidad Ingeniero Hidráulico con Matrícula Profesional 25202-423094 CERTIFIque realicé el ESTUDIO HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO, para el Proyecto **JORAMIENTO DE LA INFRAESTRUCTURA VIAL EN LA VIA DE TAME - FTO RONDON, DEPARTAMENTO DE ARAUCA"**

Por lo ant manifiesto que es viable la construcción objeto del proyecto, siempre y cuando tengan en cuenta el Presente ESTUDIO HIDROLÓGICO E HIDRÁULI

En consencia, asumo toda responsabilidad referente al ESTUDIO HIDROLÓO E HIDRÁULICO para el proyecto **"MEJORAMIENTO DE LA INFRAESTCTURA VIAL EN LA VIA DE TAME - PUERTO RONDON, DEPARTANTO DE ARAUCA"** y exonero a la GOBERNACIÓN DE ARAUCA ante tercerce cualquier responsabilidad civil, penal o administrativa por cualquier falta u omisidel presente estudio.

Declaro así smo, que asumo la responsabilidad por los perjuicios que por causa de ellos pue deducirse, exonerando a la GOBERNACIÓN DE ARAUCA de cualquier resnsabilidad.

Acepto y recoozco que la revisión efectuada por la secretaría de Infraestructura no constituye unaprobación al ESTUDIO HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO, sino una verificación de cumplimiento de los decretos antes mencionados.

Adicionalmente manifiesto que realizo la donación del ESTUDIO HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO a la GOBERNACIÓN DE ARAUCA, secretaría de Infraestructura, de tal manera que se viabilice la aprobación y ejecución de las actividades para el cumplimiento de las metas del ente Gubernamental.

Atentamente

JUAN CAMILO LEIVA MONTERREY
INGENIERO HIDRÁULICO
Matrícula Profesional 25202-423094

REPUBLICA DE COLOMBIA
IDENTIFICACION PERSONAL
CEDULA DE CIUDADANIA

NUMERO 1.018.492.324

LEIVA MONTERREY
APELLIDOS

JUAN CAMILO
NOMBRES





INDICE DERECHO

FECHA DE NACIMIENTO 03-OCT-1996

TAME
(ARAUCA)
LUGAR DE NACIMIENTO

1.70 ESTATURA | A+ G.S. RH | M SEXO

09-FEB-2015 BOGOTA D.C.
FECHA Y LUGAR DE EXPEDICION

REGISTRADOR NACIONAL
CARLOS ARIEL SÁNCHEZ TORRES

P-1500150-00682445-M-1018492324-20150326 0043655753A 1 44022928

REPÚBLICA DE COLOMBIA
COPNIA
Consejo Profesional Nacional de Ingeniería

Certificado de vigencia y antecedentes disciplinarios
CVAD-2026-4433656

CONSEJO PROFESIONAL NACIONAL DE INGENIERÍA
COPNIA

EL DIRECTOR GENERAL

CERTIFICA:

1. Que JUAN CAMILO LEIVA MONTERREY, identificado(a) con CEDULA DE CIUDADANIA 1018492324, se encuentra inscrito(a) en el Registro Profesional Nacional que lleva esta entidad, en la profesión de INGENIERIA CIVIL con MATRICULA PROFESIONAL 25202-423094 desde el 27 de Mayo de 2019, otorgado(a) mediante Resolución Nacional 830.

2. Que el(la) MATRICULA PROFESIONAL es la autorización que expide el Estado para que el titular ejerza su profesión en todo el territorio de la República de Colombia, de conformidad con lo dispuesto en la Ley 842 de 2003.

3. Que el(la) referido(a) MATRICULA PROFESIONAL se encuentra **VIGENTE**

4. Que el profesional no tiene antecedentes disciplinarios ético-profesionales.

5. Que la presente certificación se expide en Bogotá, D.C., a los veintiocho (28) días del mes de Abril del año dos mil veintiseis (2026).

Rubén Dario Ochoa Arbeláez

Firma del titular (*)

(*)Con el fin de verificar que el titular autoriza su participación en procesos estatales de selección de contratistas. La falta de firma del titular no invalida el Certificado
El presente es un documento público expedido electrónicamente con firma digital que garantiza su plena validez jurídica y probatoria según lo establecido en la Ley 527 de 1999. Para verificar la firma digital, consulte las propiedades del documento original en formato .pdf.
Para verificar la integridad e inalterabilidad del presente documento consulte en el sitio web https://tramites.copnia.gov.co/Copnia_Microsite/CertificateOfGoodStanding/CertificateOfGoodStandingStart indicado el número del certificado que se encuentra en la esquina superior derecha de este documento.

COPNIA

Matrícula Profesional No.
25202-423094 CND
Fecha de Expedición: **27/05/2019**

Nombre:
JUAN CAMILO
LEIVA MONTERREY

Identificación:
C.C. 1018402324

Profesión:
INGENIERO CIVIL

Institución:
FUNDACION UNIVERSITARIA AGRARIA DE COL. - UNIAGRARIA



Este es un documento público expedido en virtud de la Ley 842 de 2003, que autoriza al titular a ejercer como Ingeniero en el Territorio Nacional.

DIRECTOR GENERAL

En caso de extravío debe ser remitida al COPNIA. Calle 78 No. 9-57 primer piso
Línea Nacional: 01 8000 116590

UNIVERSIDAD CATÓLICA de Colombia

Vigilada Mineducación

Personería Jurídica: Resolución del Ministerio de Justicia No. 2271 de Julio de 1970

CONSIDERANDO QUE:

JUAN CAMILO LEIVA MONTERREY

C.C 1018492324 BOGOTÁ D.C.

APROBÓ LOS ESTUDIOS DE POSGRADO PROGRAMADOS POR LA UNIVERSIDAD Y CUMPLIÓ CON LOS REQUISITOS EXIGIDOS POR LA LEY Y LOS REGLAMENTOS, LE CONFIERE EL TÍTULO DE

ESPECIALISTA EN RECURSOS HÍDRICOS

EN TESTIMONIO DE LO EXPUESTO SE EXPIDE EL PRESENTE DIPLOMA QUE ASÍ LO ACREDITA

BOGOTÁ D.C., SEPTIEMBRE 29 DE 2023

SECRETARIO GENERAL

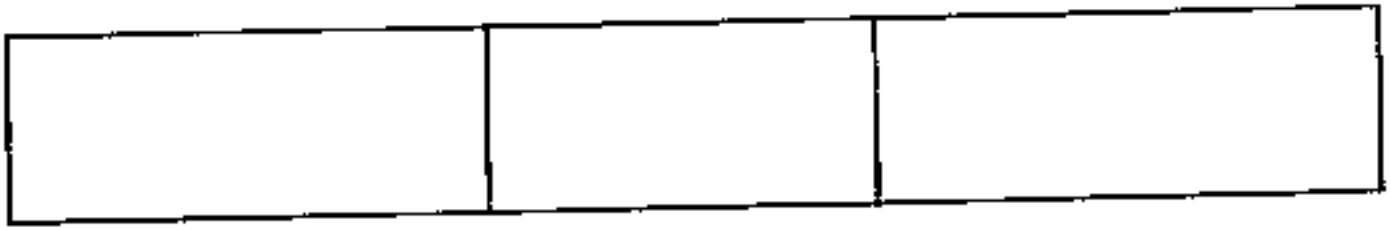
DECANO

ANOTADO AL LIBRO 4 FOLIO NO. 179 DEL 29 DE SEPTIEMBRE DE 2023

29914

DOCUMENTO VALIDO PARA EL PROYECTO MEJORAMIENTO DE LA INFRAESTRUCTURA VIAL EN LA VIA DE TAME - PUERTO ROBINSON

Anexo 1
CAUDALES DE DISEÑO



ANÁLISIS HIDROLÓGICO - CÁLCULO DE CAUDALES
ANEXO 4

TAME MARZO DE 2026

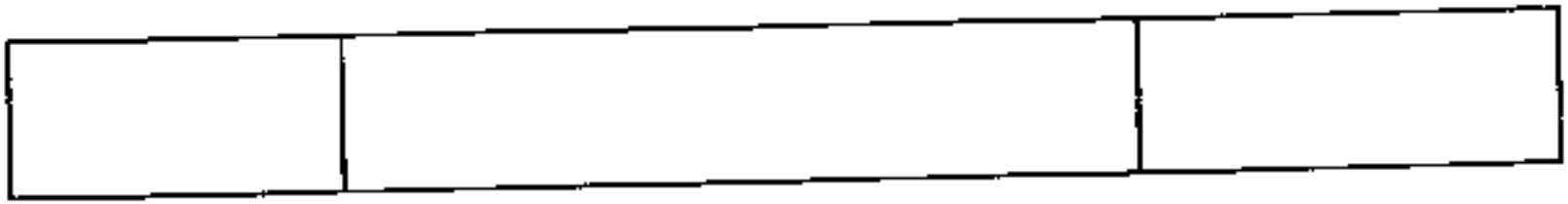


TABLA DE CONTENIDO

1 Parámetros Generales
2 Sectorización I-D-F
3 Información Cuencas
4 Tiempo de Concentración
5 Escorrentia - CN
6 Caudales

A continuación, se presenta la memoria correspondiente al análisis hidrológico de cada una de las áreas asociadas a las obras de paso del proyecto en referencia.

Memoria de cálculo: Hidrología, Cálculo de caudales por obra.

Notas:

Parámetros adoptados:

PARÁMETRO	VARIABLE	NOMBRE	VALOR	UNIDAD
Valor del área máxima en el cálculo de caudales por método	A	Área de la	2.45	km^2
Tiempo de concentración Mínimo	Tc	Tiempo de	15	min

Para el cálculo de las curvas IDF, se utilizó el método simplificado, según titulo 2.6.6.3. del Manual de drenaje para carreteras - Instituto Nacional de Vías (INVIAS) - 2009.

Fórmula:

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



Donde:

- i : Intensidad de precipitación (mm/h)
- T : Periodo de retorno, años
- M : Precipitación máxima promedio anual en 24 h a nivel multianual
- t : Duración de la lluvia, en horas (hr)
- a, b, c, d : Parámetros de ajuste de la regresión según la región.

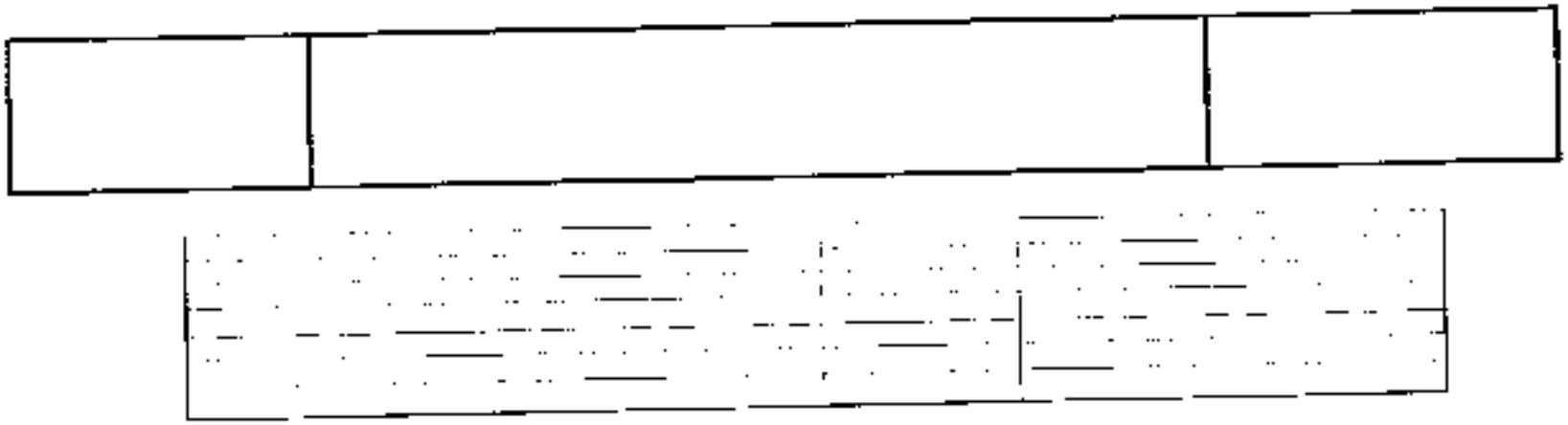
Región: Orinoquia (R4)

Parámetros:

Parámetros	
a	5.53
b	0.17
c	0.63
d	0.42

A continuación, se presentan los valores de precipitación máxima promedio anual en 24 horas a nivel multianual de cada estación utilizada a lo largo del proyecto:

ZONA	CÓDIGO	ABSCISA INICIAL	ABSCISA FINAL	M	OBSERVACIÓN
TAME	36025010	K0+370	K2+118	174.800	PLATO 1
TAME PUENTE	36025010	K2+118	K2+130	174.800	PLATO 2



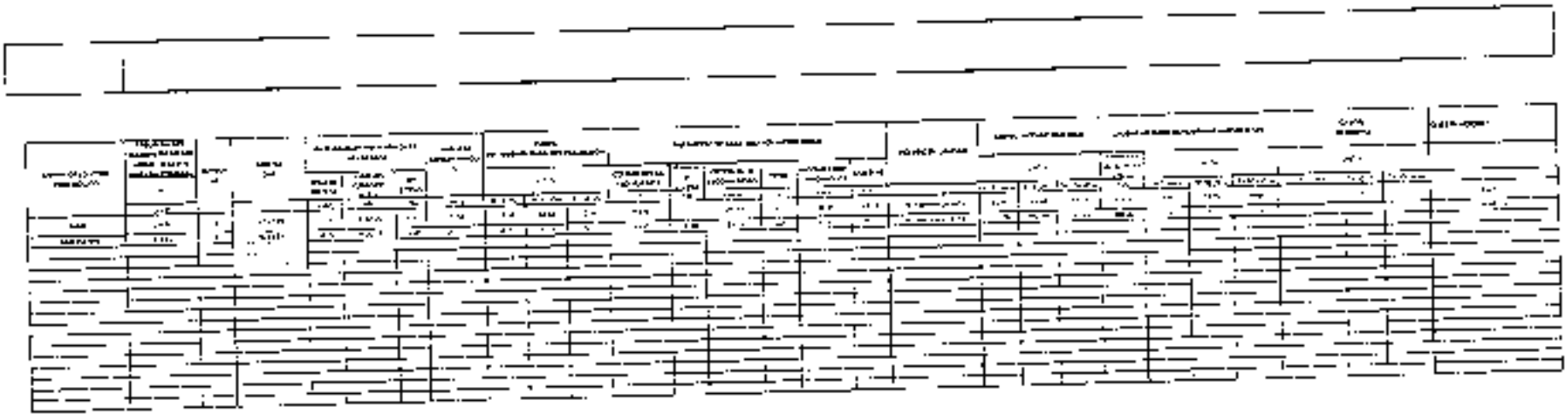
Detalles_de_diseño_Terminados.dwg
ESCALA
ENERO DE 2022

A continuación, se presenta el listado de cuencas del proyecto.

CUENCA	COORDENADA		ÁREA				PERÍMETRO	COTA (m.s.n.m)		DIFERENCIA DE COTAS		LONGITUD DEL CURSO DE AGUA				PENDIENTE MEDIA		ID OBRA DE DRENAJE
No.	NORTE	ESTE	(m2)	(Ha)	(Km2)	(Millas2)	(m)	ALTA	BAJA	(m)	(p4es)	(m)	(Km.)	(millas)	(pies)	(m/m)	(%)	
1	1196597.114	952387.328	3140432.00	314.34	3.14	1.21	8749.00	177.00	169.00	8.00	26.25	3442.161703	2.48	1.54	8143.58	0.00	0%	PUNTO 1
2	1195563.98	959464.40	37153963.00	3715.40	37.15	14.35	53029.00	208.00	171.00	37.00	121.39	8533.567502	8.53	5.30	27997.27	0.00	0.4%	PUNTO 2

A continuación, se presenta los tiempos de concentración cálculados por distintos autores.

CUENCA	ABSCISA	Kirpich	Williams & Hann	Témez	Johnstone y Cross	SCS	Kerby n=0,4	TC ADOPTADO	OBSERVACIONES
		1	2	3	4	5	6	7	
No.		(minutos)							
1	K+369.55	72.6	87.72	104.4	183.4	559.5	138.5	72.6	PLATO 1
2	K2+118.41	167.6	217.02	249.3	315.8	1,360.1	230.0	167.6	PLATO 2

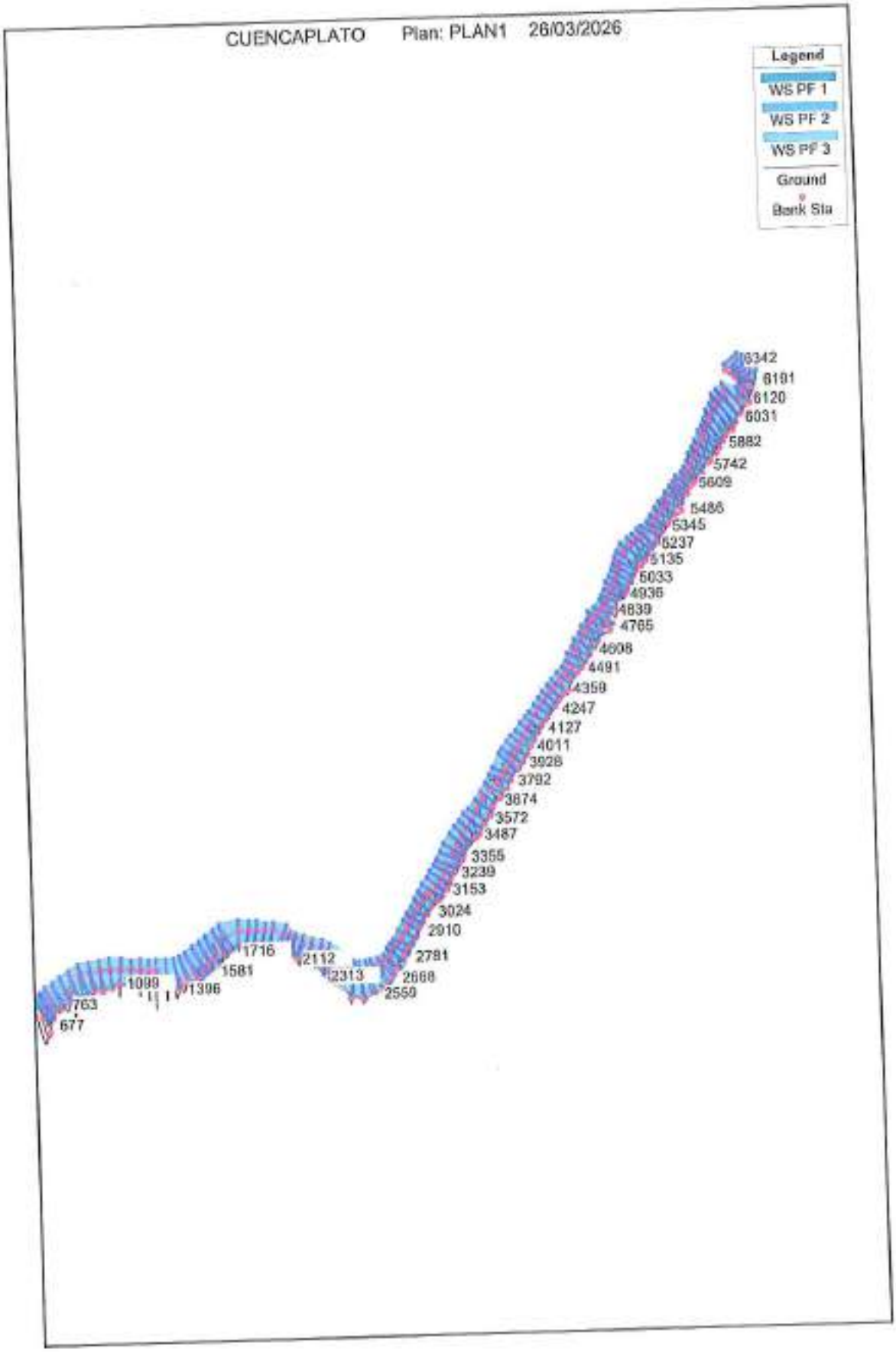


Anexo 2
DELIMITACIÓN DE CUENCA

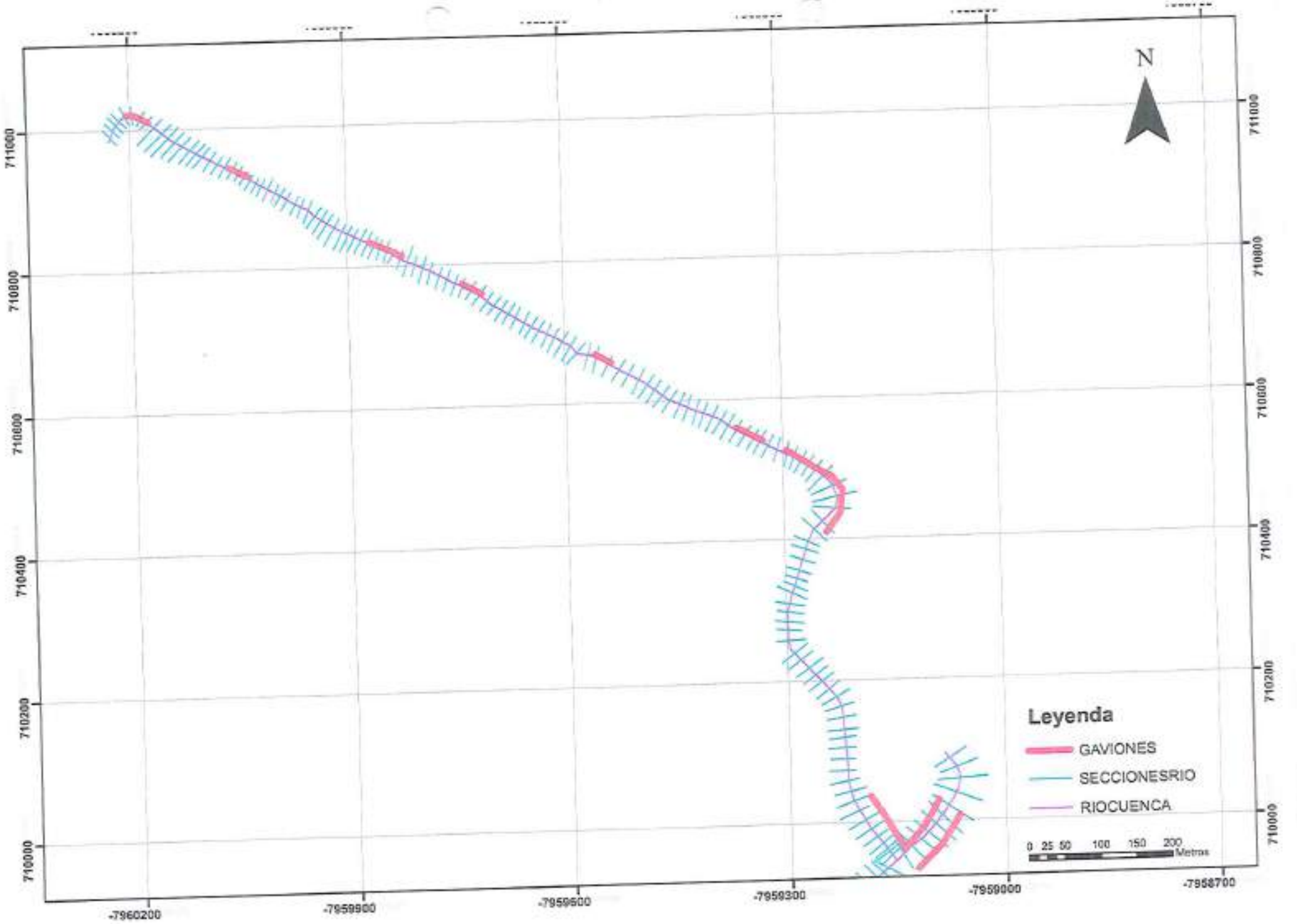

Cuenca plato
Via Tame-Rondon
Leyenda
caño plato
CUENCA PUENTE
CUENCAVIAPLATO
Santa Rita
El Algarrobo
Matecorozo
El Concilio
Saporiento
La Holanda
Malarraya
Paraiso
La Guallilla
Entrada caño plato
Entrada puente caño plato
Santa Rosa
Jaguar
Google Earth
10 km

Anexo 3
MODELACIÓN HIDRÁULICA

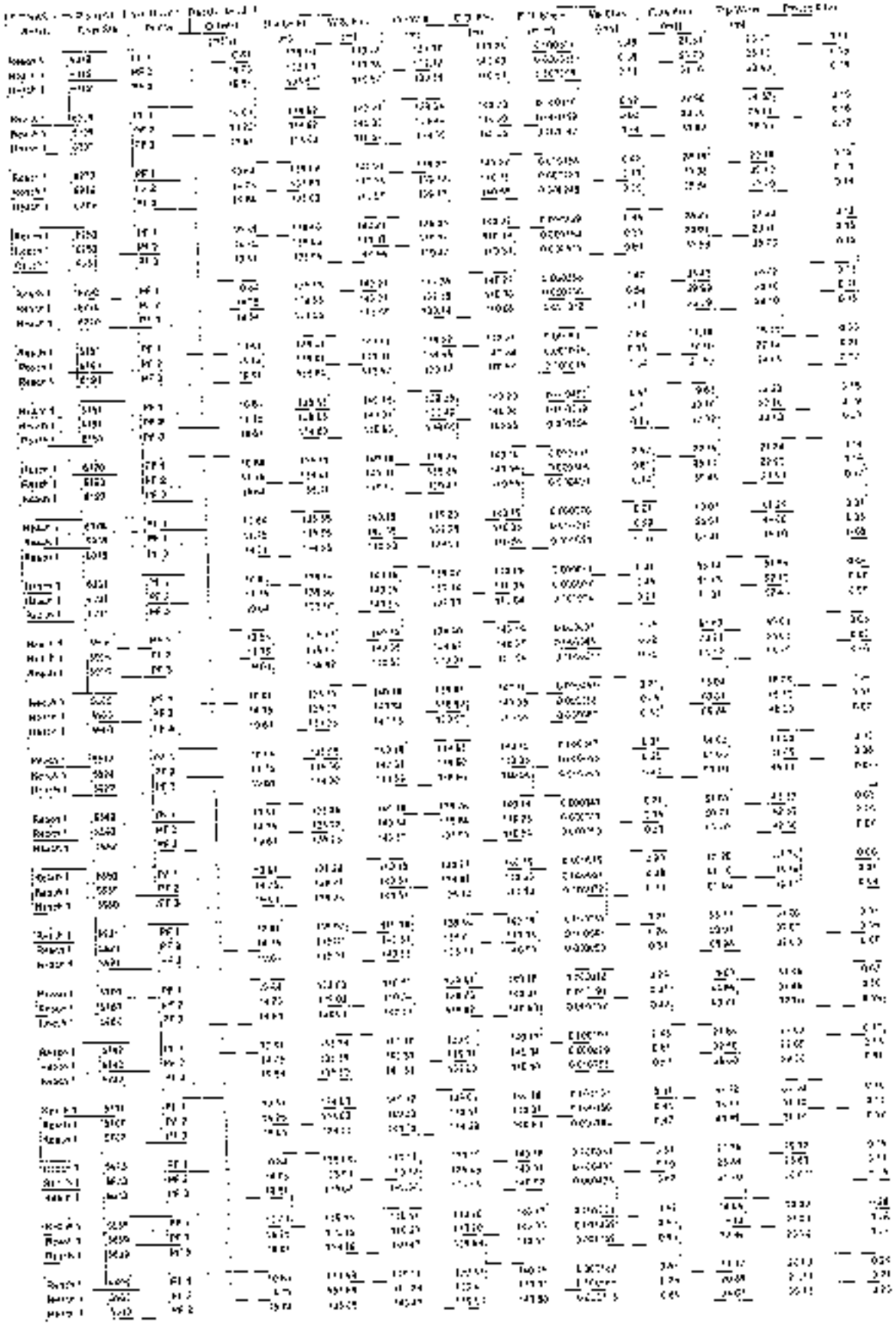
MODELO PLATO

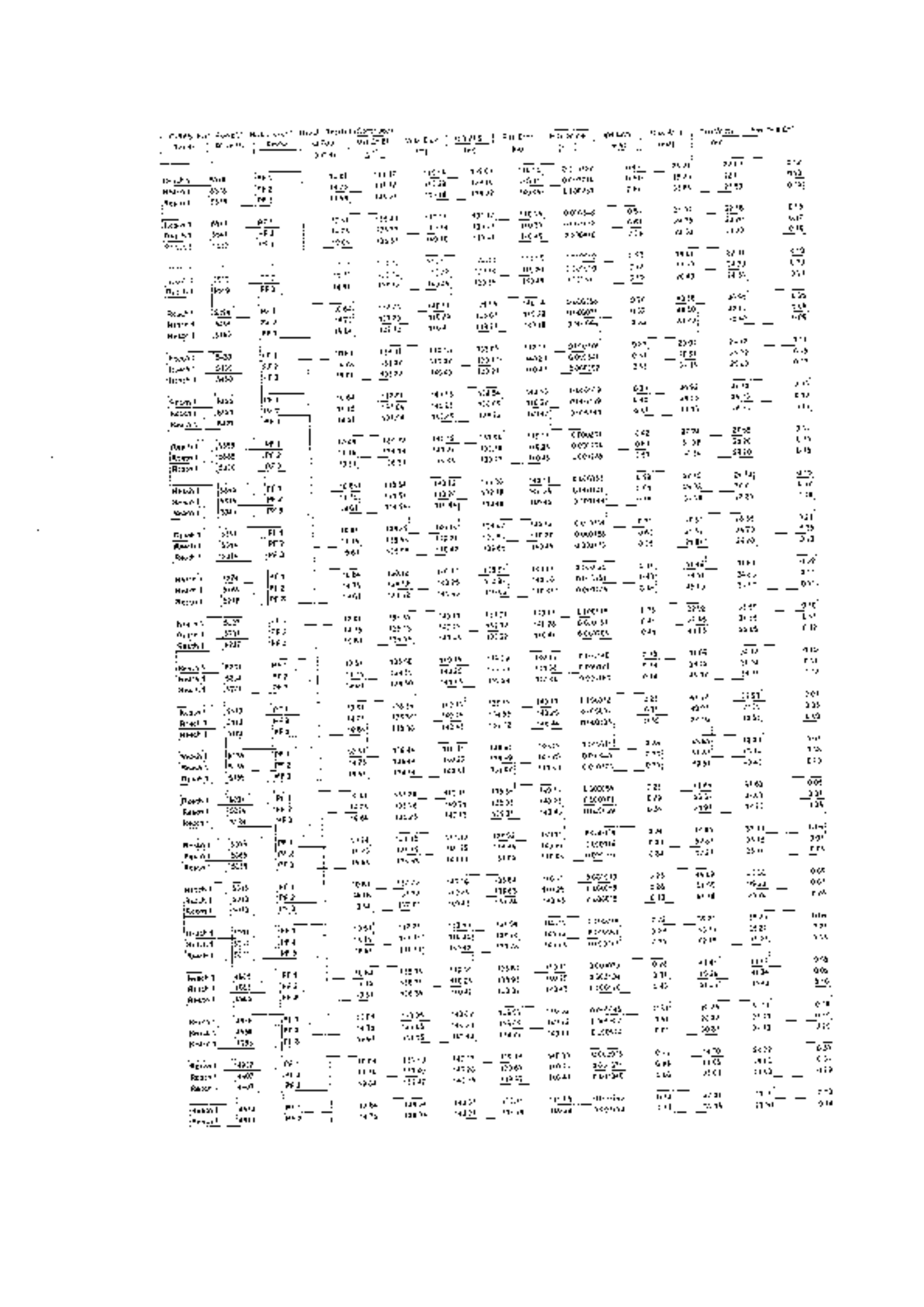

CUENCAPLATO Plan: PLAN1 26/03/2026
Legend
WS PF 1
WS PF 2
WS PF 3
Ground
Bank Sta
6342
6191
6120
6031
5882
5742
5609
5486
5345
5237
5135
5033
4936
4839
4765
4608
4491
4359
4247
4127
4011
3928
3792
3674
3572
3487
3355
3239
3153
3024
2910
2781
2668
2559
2313
2112
1716
1581
1396
1099
763
677

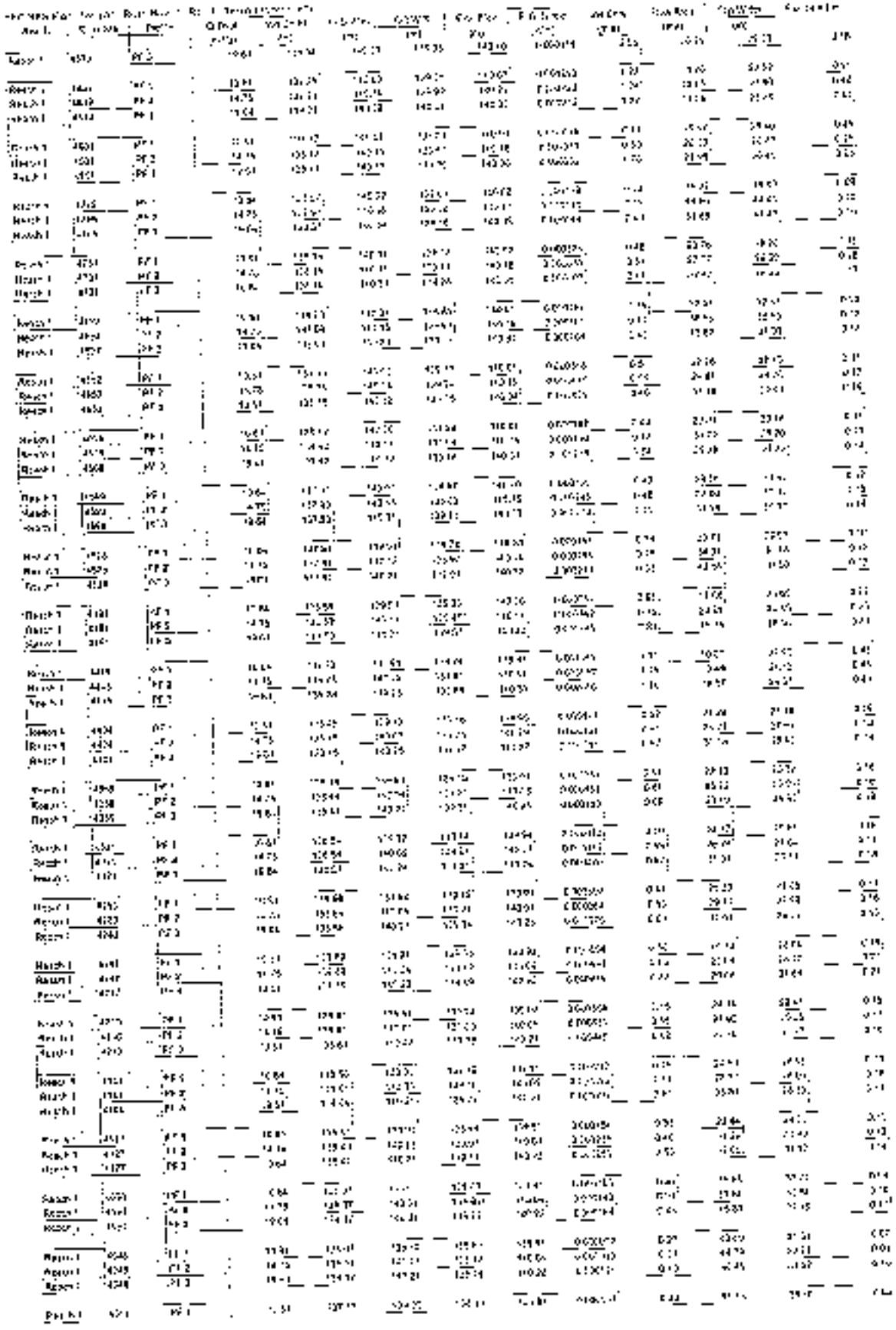
PROYECCIÓN MODELACIÓN

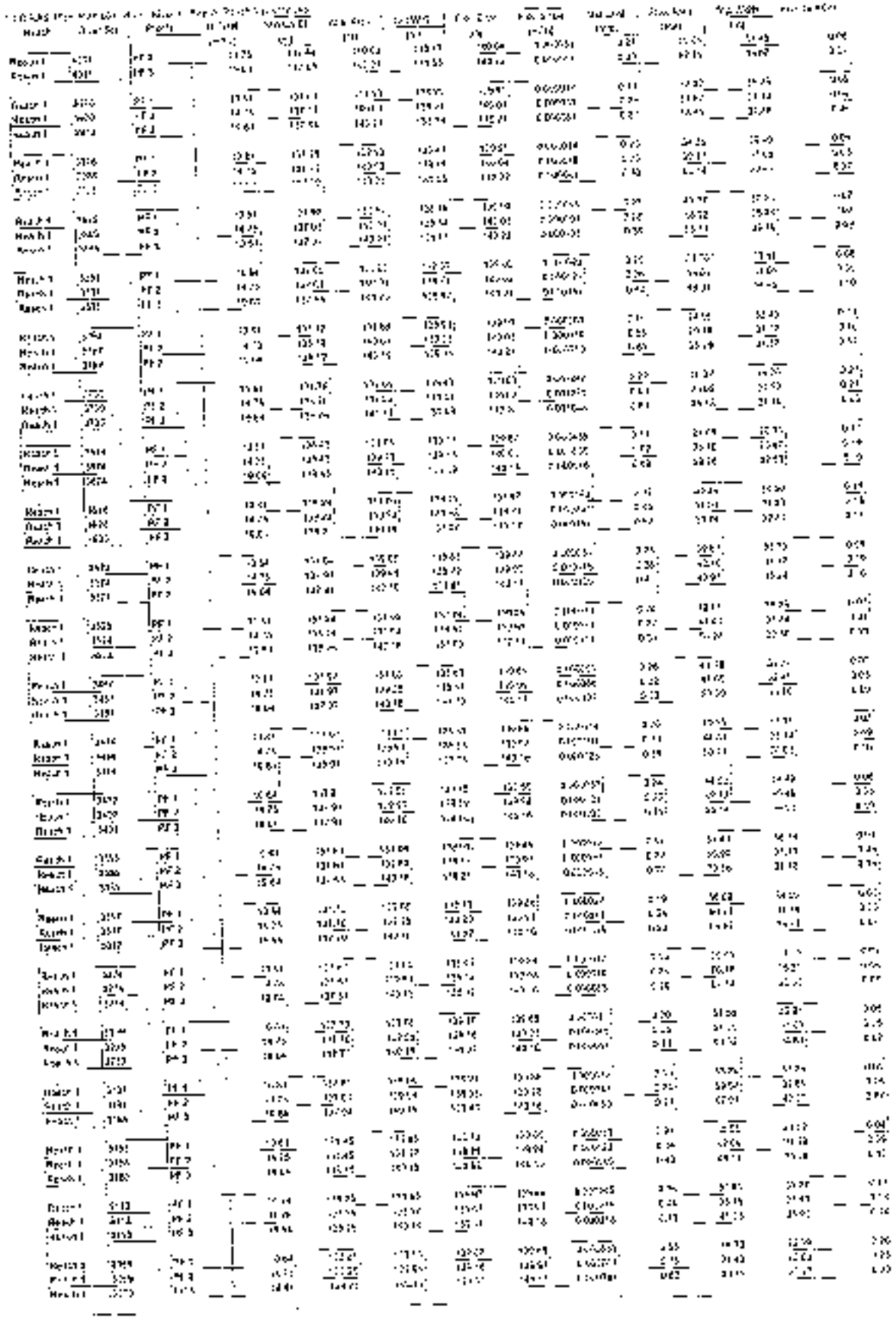

N
711000
710800
710600
710400
710200
710000
-7960200
-7959900
-7959600
-7959300
-7959000
-7958700
Leyenda
GAVIONES
SECCIONESRIO
RIOCUENCA
0 25 50 100 150 200
Metros

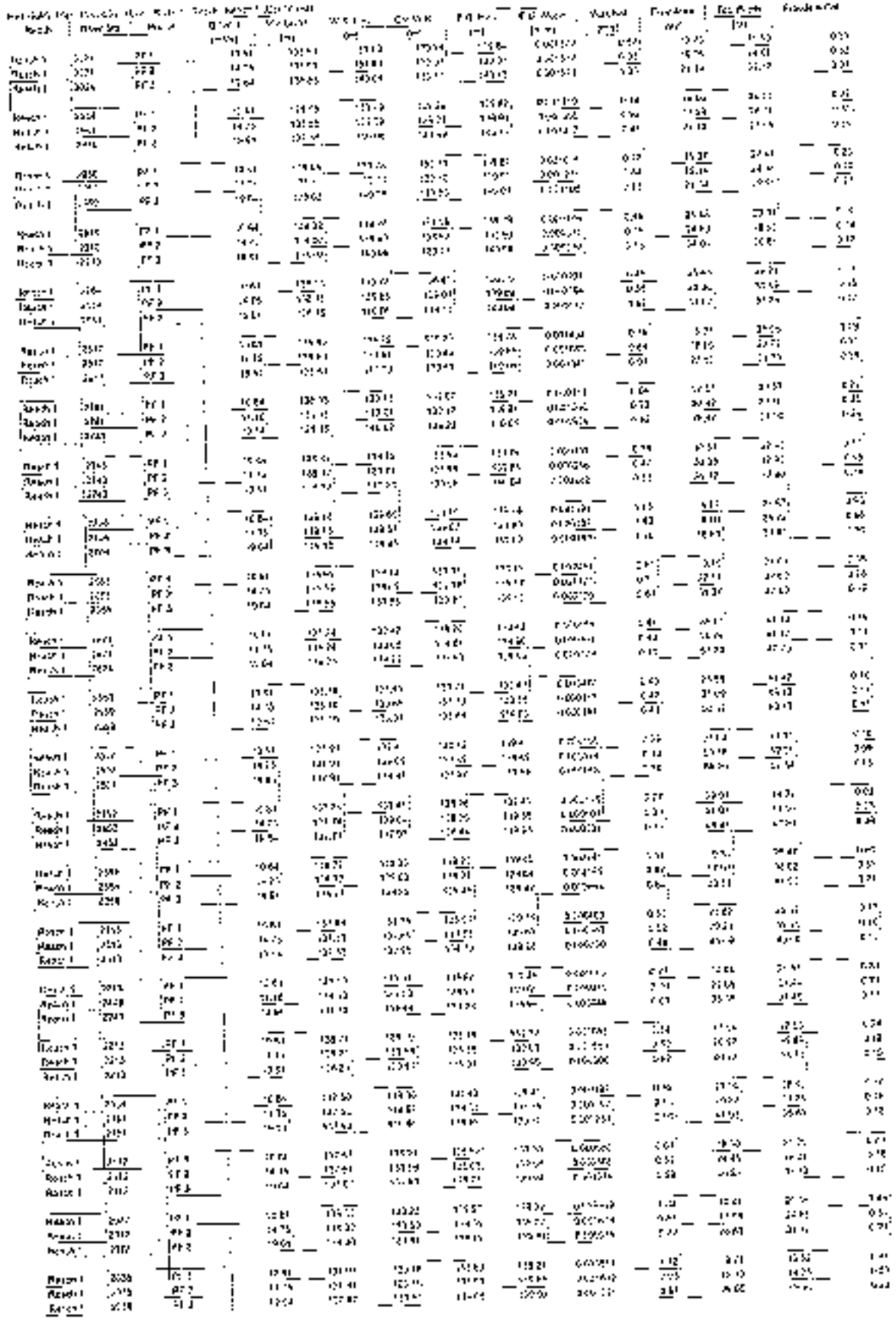
RESULTADOS HEC-RAS

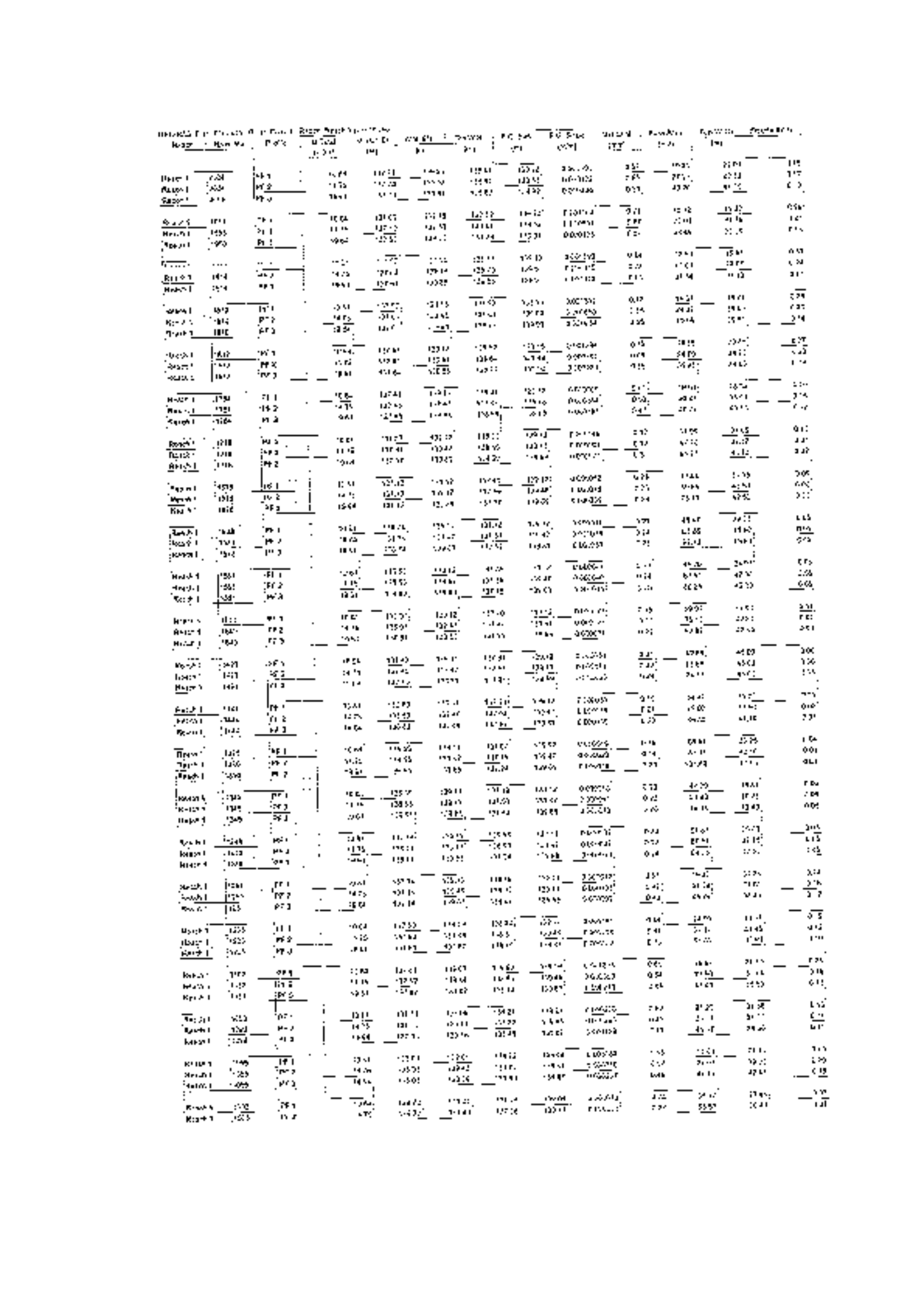


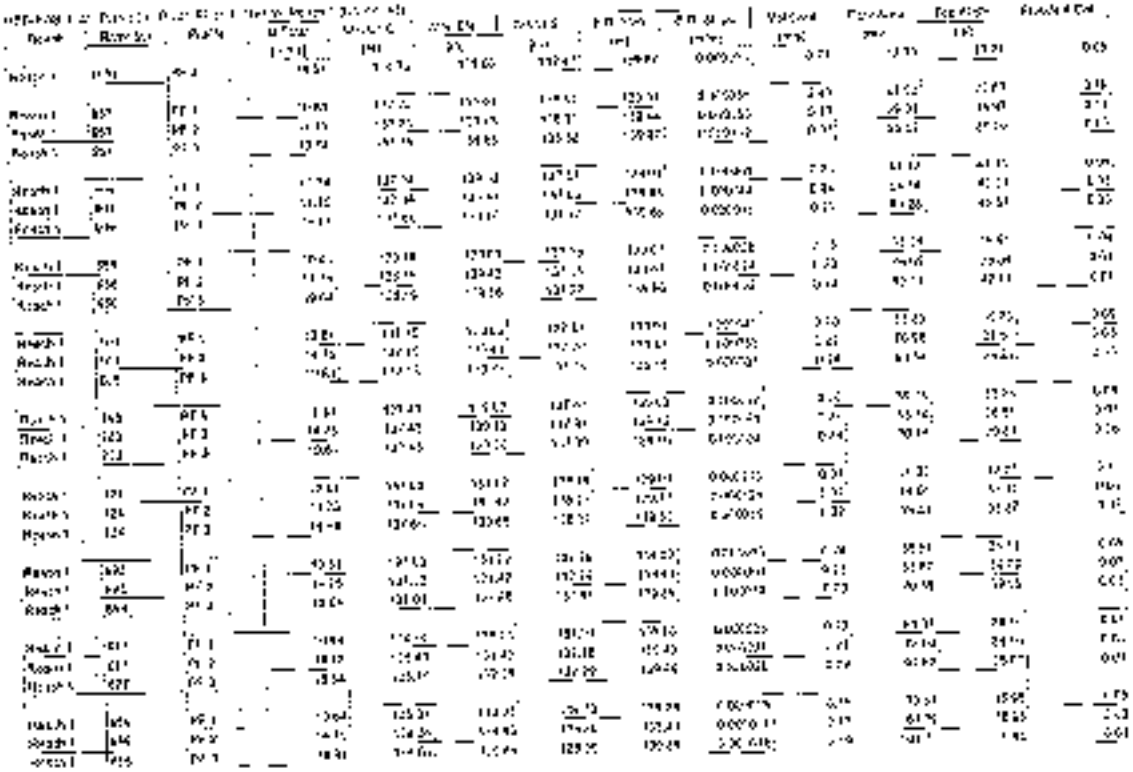












Anexo 4
HIDROLOGÍA

CURVAS IDF

ANEXO No 3

INFORMACION PLUVIOGRÁFICA ZONA TAME ARAUCA
CURVAS INTENSIDAD - DURACIÓN - FRECUENCIA
(valores en mm/h)

TIEMPO (min)	PERIODO DE RETORNO (Años)					
	2	5	10	20	50	100
10	163.3	195.6	221.2	248.9	288.8	327.2
20	138.7	127.1	142.9	160.8	187.9	211.4
30	94.2	98.4	110.7	124.6	145.8	163.8
40	70.9	82.1	92.4	103.9	121.4	136.8
50	61.0	71.3	80.3	90.3	105.5	118.7
60	54.1	63.8	71.8	80.5	94.1	105.8
70	49.4	57.7	64.9	73.0	85.4	96.0
80	45.4	53.1	59.7	67.2	78.5	88.3
90	42.2	49.3	55.4	62.3	72.9	82.0
100	39.4	46.1	51.8	58.3	68.2	76.7
110	37.1	43.4	48.8	54.9	64.2	72.2
120	35.2	41.1	46.2	52.0	60.8	68.4
130	33.4	39.1	44.0	49.5	57.8	65.0
140	31.9	37.3	42.0	47.2	55.2	62.1
150	30.6	35.7	40.2	45.2	52.8	59.4
160	29.3	34.2	38.6	43.4	50.7	57.0
170	28.2	32.9	37.1	41.8	48.8	54.9
180	27.2	31.8	35.8	40.3	47.1	53.0

INFORMACION PLUVIOGRÁFICA ZONA TAME
INTENSIDAD - DURACIÓN - FRECUENCIA (valores en mm/h)

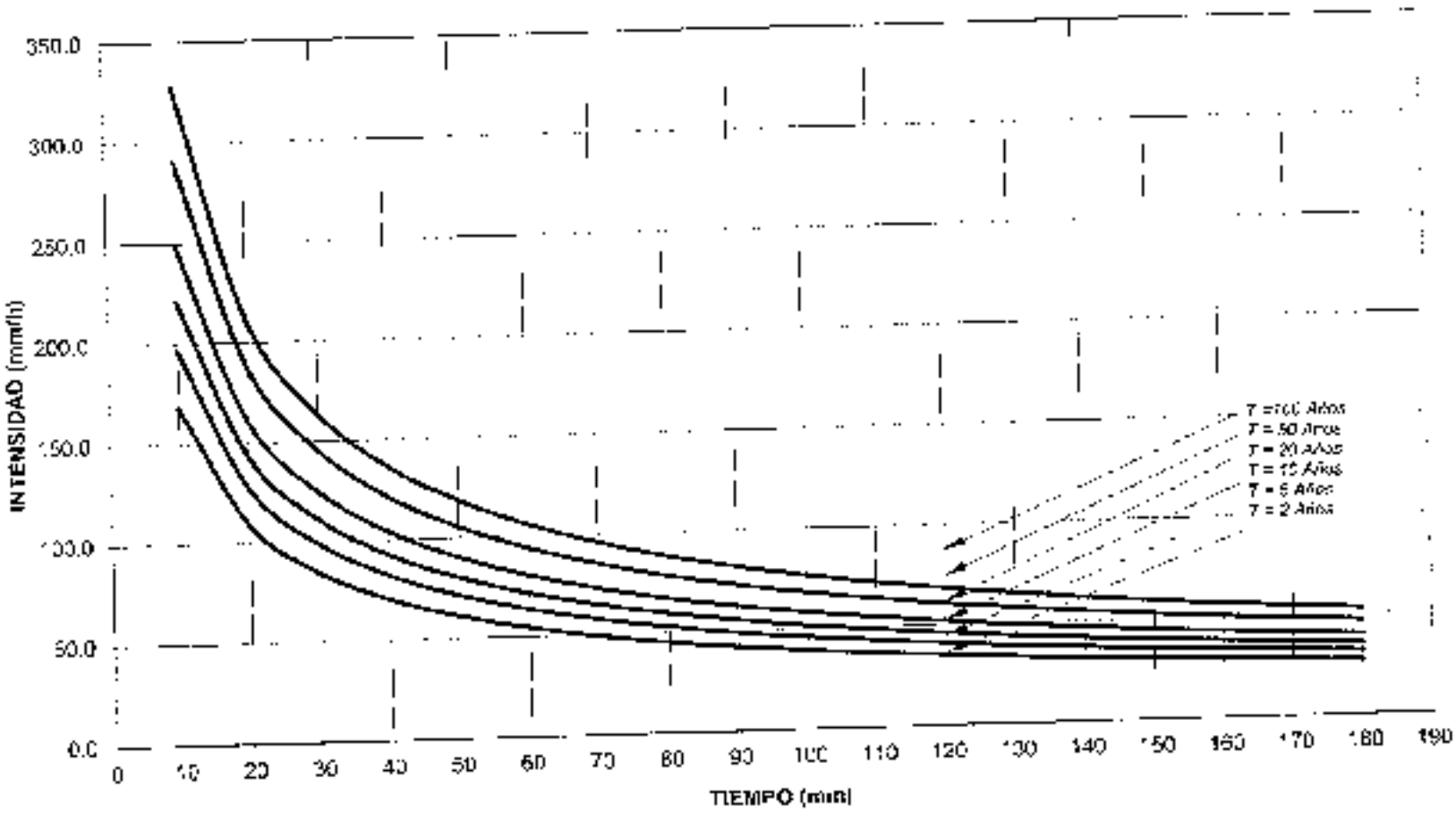


Figura No 3
Hoja No 1 de 2

DATOS HIDROLÓGICOS

Reporte de información Hidrometeorológica de DHIME generado (25/03/2026 09:18)

Nombre estación:	TANK [36025010]	Corriente:		Categoría de estación:	Climatológica Ordinaria
Entidad:	6-4500944440	Longitud:	-71.74502778	Elevación:	350
Municipio:	INSTITUTO DE HIDROLOGÍA I	Area Operativa:	Area Operativa 05 - Boyacá-(	Departamento:	Arauca
	Tame	Fecha instalación:	15/02/1965 00:00	Fecha suspensión:	
				Fecha consulta:	01/01/1990 00:00-31/12/2025 00:00
Variable:	PRECIPITACION	Frecuencia:	Mensual		
Parametro:	Precipitación total mensual	Unidad medida:	mm		

Fecha	Valor:	Nivel de Agregación
1990-01-01 00:00	5.7	Preliminar
1990-02-01 00:00	51.1	Preliminar
1990-03-01 00:00	66.8	Preliminar
1990-04-01 00:00	168.2	Preliminar
1990-05-01 00:00	271.1	Preliminar
1990-06-01 00:00	337.3	Preliminar
1990-07-01 00:00	293.4	Preliminar
1990-08-01 00:00	277.5	Preliminar
1990-09-01 00:00	247.1	Preliminar
1990-10-01 00:00	229.7	Preliminar
1990-11-01 00:00	97.7	Preliminar
1990-12-01 00:00	32.1	Preliminar
1991-07-01 00:00	327.8	Preliminar
1991-08-01 00:00	165.5	Preliminar
1991-09-01 00:00	348	Preliminar
1991-10-01 00:00	228.3	Preliminar
1991-11-01 00:00	62	Preliminar
1992-04-01 00:00	84.9	Preliminar
1992-05-01 00:00	285.4	Preliminar
1992-06-01 00:00	314.7	Preliminar
1992-07-01 00:00	194.5	Preliminar
1992-09-01 00:00	248.4	Preliminar
1992-10-01 00:00	336.6	Preliminar
1992-11-01 00:00	100.6	Preliminar
1992-12-01 00:00	104.2	Preliminar
1993-01-01 00:00	1.8	Preliminar
1993-02-01 00:00	4.6	Preliminar
1993-03-01 00:00	136.7	Preliminar
1993-04-01 00:00	253.8	Preliminar
1993-05-01 00:00	359.4	Preliminar
1993-06-01 00:00	434.5	Preliminar
1993-07-01 00:00	388.6	Preliminar
1993-08-01 00:00	181.8	Preliminar
1993-09-01 00:00	187.1	Preliminar
1993-10-01 00:00	180.2	Preliminar
1993-11-01 00:00	151.6	Preliminar
1993-12-01 00:00	6.7	Preliminar
1994-01-01 00:00	5.1	Preliminar
1994-02-01 00:00	21.3	Preliminar
1994-03-01 00:00	184	Preliminar
1994-04-01 00:00	258.8	Preliminar
1994-05-01 00:00	250.6	Preliminar
1994-06-01 00:00	371.4	Preliminar
1994-07-01 00:00	387.1	Preliminar
1994-08-01 00:00	384	Preliminar
1994-09-01 00:00	233.5	Preliminar
1994-10-01 00:00	347.4	Preliminar
1994-11-01 00:00	147.6	Preliminar
1994-12-01 00:00	9.1	Preliminar
1995-01-01 00:00	1.5	Preliminar
1995-02-01 00:00	13.4	Preliminar
1995-03-01 00:00	96.4	Preliminar
1995-04-01 00:00	309.3	Preliminar
1995-05-01 00:00	258.9	Preliminar
1995-06-01 00:00	478.6	Preliminar
1995-07-01 00:00	217.5	Preliminar
1995-08-01 00:00	332.2	Preliminar
1996-01-01 00:00	12.7	Preliminar
1996-02-01 00:00	56.2	Preliminar
1996-03-01 00:00	25.8	Preliminar
1996-04-01 00:00	215.1	Preliminar
1996-05-01 00:00	302.7	Preliminar
1996-06-01 00:00	357	Preliminar
1996-07-01 00:00	333	Preliminar
1996-08-01 00:00	242	Preliminar
1996-12-01 00:00	27	Preliminar
1997-01-01 00:00	0	Preliminar
1997-02-01 00:00	101.1	Preliminar
1997-03-01 00:00	1	Preliminar
1997-04-01 00:00	114	Preliminar
1997-05-01 00:00	353	Preliminar
1997-07-01 00:00	364	Preliminar
1997-08-01 00:00	316	Preliminar
1997-09-01 00:00	190.5	Preliminar

1997-10-01 00:00	91.2	Preliminar
1997-11-01 00:00	96.1	Preliminar
1997-12-01 00:00	17.6	Preliminar
1998-01-01 00:00	3.4	Preliminar
1998-02-01 00:00	39.5	Preliminar
1998-03-01 00:00	65.1	Preliminar
1998-04-01 00:00	222.8	Preliminar
1998-05-01 00:00	299.1	Preliminar
1998-06-01 00:00	417.6	Preliminar
1998-07-01 00:00	313.6	Preliminar
1998-08-01 00:00	119.5	Preliminar
1998-09-01 00:00	226.8	Preliminar
1998-10-01 00:00	75.7	Preliminar
1998-11-01 00:00	8	Preliminar
1998-12-01 00:00	40.8	Preliminar
1999-01-01 00:00	104.9	Preliminar
1999-02-01 00:00	29.2	Preliminar
1999-03-01 00:00	338	Preliminar
1999-04-01 00:00	393	Preliminar
1999-05-01 00:00	253.6	Preliminar
1999-06-01 00:00	464.4	Preliminar
1999-07-01 00:00	319.6	Preliminar
1999-08-01 00:00	449	Preliminar
1999-09-01 00:00	291.8	Preliminar
1999-10-01 00:00	116.3	Preliminar
1999-11-01 00:00	78.1	Preliminar
1999-12-01 00:00	64	Preliminar
2000-01-01 00:00	25.8	Preliminar
2000-02-01 00:00	142.8	Preliminar
2000-03-01 00:00	134.1	Preliminar
2000-04-01 00:00	406.1	Preliminar
2000-07-01 00:00	249.9	Preliminar
2000-08-01 00:00	104.9	Preliminar
2000-09-01 00:00	106.9	Preliminar
2000-10-01 00:00	122.9	Preliminar
2000-11-01 00:00	17.9	Preliminar
2000-12-01 00:00	0.7	Preliminar
2001-01-01 00:00	0.9	Preliminar
2001-02-01 00:00	14.7	Preliminar
2001-03-01 00:00	37.8	Preliminar
2001-04-01 00:00	208.5	Preliminar
2001-05-01 00:00	320.8	Preliminar
2001-06-01 00:00	332.2	Preliminar
2001-07-01 00:00	160.9	Preliminar
2001-08-01 00:00	177.5	Preliminar
2001-09-01 00:00	150.4	Preliminar
2001-10-01 00:00	104	Preliminar
2001-11-01 00:00	149	Preliminar
2001-12-01 00:00	16.3	Preliminar
2002-01-01 00:00	1.4	Preliminar
2002-02-01 00:00	104.9	Preliminar
2002-03-01 00:00	279.6	Preliminar
2002-04-01 00:00	403.7	Preliminar
2002-05-01 00:00	261.1	Preliminar
2002-06-01 00:00	250.4	Preliminar
2002-07-01 00:00	292.5	Preliminar
2002-08-01 00:00	126.9	Preliminar
2002-09-01 00:00	255.1	Preliminar
2002-10-01 00:00	57.3	Preliminar
2002-11-01 00:00	9.8	Preliminar
2002-12-01 00:00	0	Preliminar
2003-01-01 00:00	2	Preliminar
2003-02-01 00:00	53.4	Preliminar
2003-03-01 00:00	221.6	Preliminar
2003-04-01 00:00	242.9	Preliminar
2003-05-01 00:00	130.1	Preliminar
2003-06-01 00:00	0	Preliminar
2003-07-01 00:00	151	Preliminar
2003-08-01 00:00	0	Preliminar
2003-09-01 00:00	113.6	Preliminar
2003-10-01 00:00	0	Preliminar
2003-11-01 00:00	0	Preliminar
2003-12-01 00:00	0	Preliminar
2004-01-01 00:00	0	Preliminar
2004-02-01 00:00	286.3	Preliminar
2004-04-01 00:00	555	Preliminar
2004-06-01 00:00	88.5	Preliminar
2004-07-01 00:00	353.6	Preliminar
2004-08-01 00:00	583	Preliminar
2004-09-01 00:00	199.3	Preliminar
2004-10-01 00:00	682.6	Preliminar
2004-11-01 00:00	559	Preliminar
2004-12-01 00:00	95	Preliminar
2005-01-01 00:00	317.8	Preliminar
2005-02-01 00:00	118.5	Preliminar

2005-03-01 00:00	30.5	Preliminar
2005-06-01 00:00	165.5	Preliminar
2005-08-01 00:00	134.2	Preliminar
2005-09-01 00:00	241	Preliminar
2005-10-01 00:00	190	Preliminar
2005-11-01 00:00	277.4	Preliminar
2005-12-01 00:00	56	Preliminar
2006-01-01 00:00	136.5	Preliminar
2006-10-01 00:00	237.5	Preliminar
2006-11-01 00:00	291.5	Preliminar
2006-12-01 00:00	31	Preliminar
2007-01-01 00:00	0.7	Preliminar
2007-02-01 00:00	13.8	Preliminar
2007-03-01 00:00	125.5	Preliminar
2007-04-01 00:00	190.4	Preliminar
2007-05-01 00:00	269.2	Preliminar
2007-06-01 00:00	324.3	Preliminar
2007-07-01 00:00	240.7	Preliminar
2007-08-01 00:00	306.3	Preliminar
2007-09-01 00:00	212.8	Preliminar
2007-10-01 00:00	216.5	Preliminar
2007-11-01 00:00	104.4	Preliminar
2007-12-01 00:00	58.4	Preliminar
2008-01-01 00:00	2.7	Preliminar
2008-02-01 00:00	44.3	Preliminar
2008-03-01 00:00	40.5	Preliminar
2008-04-01 00:00	169.8	Preliminar
2008-05-01 00:00	221.7	Preliminar
2008-06-01 00:00	351.8	Preliminar
2008-07-01 00:00	219.6	Preliminar
2008-08-01 00:00	147	Preliminar
2008-09-01 00:00	138.1	Preliminar
2008-10-01 00:00	171	Preliminar
2008-11-01 00:00	164.3	Preliminar
2008-12-01 00:00	0	Preliminar
2009-01-01 00:00	43.8	Preliminar
2009-02-01 00:00	36.8	Preliminar
2009-03-01 00:00	20.4	Preliminar
2009-04-01 00:00	151.2	Preliminar
2009-05-01 00:00	281.8	Preliminar
2009-06-01 00:00	398.4	Preliminar
2009-07-01 00:00	251.8	Preliminar
2009-08-01 00:00	229.2	Preliminar
2009-09-01 00:00	45.8	Preliminar
2009-10-01 00:00	385.4	Preliminar
2009-11-01 00:00	45.8	Preliminar
2009-12-01 00:00	11	Preliminar
2010-01-01 00:00	0	Preliminar
2010-02-01 00:00	0	Preliminar
2010-03-01 00:00	108.6	Preliminar
2010-04-01 00:00	200.2	Preliminar
2010-05-01 00:00	361.2	Preliminar
2010-06-01 00:00	534.3	Preliminar
2010-07-01 00:00	302.4	Preliminar
2010-08-01 00:00	253.8	Preliminar
2010-09-01 00:00	224.2	Preliminar
2010-10-01 00:00	135.2	Preliminar
2010-11-01 00:00	89.4	Preliminar
2010-12-01 00:00	34.8	Preliminar
2011-01-01 00:00	18.6	Preliminar
2011-02-01 00:00	98.4	Preliminar
2011-03-01 00:00	38.4	Preliminar
2011-04-01 00:00	224.8	Preliminar
2011-05-01 00:00	608.2	Preliminar
2011-06-01 00:00	260.2	Preliminar
2011-07-01 00:00	223.4	Preliminar
2011-08-01 00:00	323.5	Preliminar
2011-09-01 00:00	386	Preliminar
2011-10-01 00:00	175.8	Preliminar
2011-11-01 00:00	113.4	Preliminar
2011-12-01 00:00	53.6	Preliminar
2012-01-01 00:00	0	Preliminar
2012-02-01 00:00	8.4	Preliminar
2012-03-01 00:00	368.8	Preliminar
2012-04-01 00:00	541	Preliminar
2012-05-01 00:00	280	Preliminar
2012-06-01 00:00	226	Preliminar
2012-07-01 00:00	191.8	Preliminar
2012-08-01 00:00	153.4	Preliminar
2012-09-01 00:00	145	Preliminar
2012-10-01 00:00	218.2	Preliminar
2012-11-01 00:00	128.2	Preliminar
2012-12-01 00:00	47	Preliminar
2013-01-01 00:00	0	Preliminar
2013-02-01 00:00	0	Preliminar

2012-05-01 05:00	664	Preliminary
2013-01-01 00:00	2716	Preliminary
2013-03-01 00:00	3965	Preliminary
2013-06-01 00:00	1264	Preliminary
2013-07-01 05:00	1897	Preliminary
2013-09-01 00:00	1214	Preliminary
2014-03-01 00:00	2578	Preliminary
2014-04-01 05:00	1153	Preliminary
2014-05-01 00:00	1044	Preliminary
2014-11-01 05:00	44.6	Preliminary
2015-12-01 05:00	2	Preliminary
2016-01-01 00:00	1147	Preliminary
2014-03-01 00:00	38.8	Preliminary
2014-04-01 00:00	1065	Preliminary
2014-05-01 00:00	1063	Preliminary
2014-06-01 00:00	662.9	Preliminary
2014-07-01 00:00	491.4	Preliminary
2014-08-01 00:00	137.6	Preliminary
2014-09-01 00:00	1294.5	Preliminary
2014-10-01 00:00	2281.4	Preliminary
2014-11-01 00:00	52.6	Preliminary
2014-12-01 00:00	14.2	Preliminary
2015-01-01 00:00	22	Preliminary
2015-02-01 00:00	41	Preliminary
2015-03-01 00:00	11	Preliminary
2015-04-01 00:00	2418	Preliminary
2015-05-01 00:00	1443	Preliminary
2015-06-01 00:00	1051	Preliminary
2015-07-01 00:00	1041	Preliminary
2015-08-01 00:00	2.32	Preliminary
2015-09-01 00:00	20.1	Preliminary
2015-10-01 00:00	2103	Preliminary
2015-11-01 00:00	1764	Preliminary
2015-12-01 00:00	1438	Preliminary
2016-01-01 00:00	85	Preliminary
2016-02-01 00:00	21.5	Preliminary
2016-03-01 00:00	41.5	Preliminary
2016-04-01 00:00	1971	Preliminary
2016-05-01 00:00	1321.4	Preliminary
2016-06-01 00:00	1266.2	Preliminary
2016-07-01 00:00	2.18	Preliminary
2016-08-01 00:00	1511.8	Preliminary
2016-09-01 00:00	1564.4	Preliminary
2016-10-01 00:00	1275.5	Preliminary
2016-11-01 00:00	215.3	Preliminary
2016-12-01 00:00	74.5	Preliminary
2017-01-01 00:00	18	Preliminary
2017-02-01 00:00	6.9	Preliminary
2017-03-01 00:00	735.1	Preliminary
2017-04-01 00:00	1149	Preliminary
2017-05-01 00:00	1152	Preliminary
2017-06-01 00:00	1801.5	Preliminary
2017-07-01 00:00	1134	Preliminary
2017-08-01 00:00	1511.4	Preliminary
2017-09-01 00:00	264	Preliminary
2017-10-01 00:00	1206.5	Preliminary
2017-11-01 00:00	61.2	Preliminary
2017-12-01 00:00	59.4	Preliminary
2018-01-01 00:00	32	Preliminary
2018-02-01 00:00	0	Preliminary
2018-03-01 00:00	1306	Preliminary
2018-04-01 00:00	1963.4	Preliminary
2018-05-01 00:00	1225	Preliminary
2018-06-01 00:00	1180	Preliminary
2018-07-01 00:00	2174	Preliminary
2018-08-01 00:00	1997	Preliminary
2018-09-01 00:00	2431	Preliminary
2018-10-01 00:00	1258	Preliminary
2018-11-01 00:00	5	Preliminary
2018-12-01 00:00	1.9	Preliminary
2019-01-01 00:00	0	Preliminary
2019-02-01 00:00	1.9	Preliminary
2019-03-01 00:00	987	Preliminary
2019-04-01 00:00	2152	Preliminary
2019-05-01 00:00	1558	Preliminary
2019-06-01 00:00	1994	Preliminary
2019-07-01 00:00	2221	Preliminary
2019-08-01 00:00	1332	Preliminary
2019-09-01 00:00	2078	Preliminary
2019-10-01 00:00	1313	Preliminary
2019-11-01 00:00	1008	Preliminary
2019-12-01 00:00	224	Preliminary
2020-01-01 00:00	1.5	Preliminary
2020-02-01 00:00	0	Preliminary
2020-03-01 00:00	1124	Preliminary

[illegible]	1234	[illegible]
[illegible]	1116	[illegible]
[illegible]	882	[illegible]
[illegible]	1016	[illegible]
[illegible]	1326	[illegible]
[illegible]	940	[illegible]
[illegible]	1054	[illegible]
[illegible]	116	[illegible]
[illegible]	11	[illegible]
[illegible]	286	[illegible]
[illegible]	1224	[illegible]
[illegible]	1504	[illegible]
[illegible]	5411	[illegible]
[illegible]	1092	[illegible]
[illegible]	1756	[illegible]
[illegible]	1504	[illegible]
[illegible]	1504	[illegible]
[illegible]	1326	[illegible]
[illegible]	556	[illegible]
[illegible]	88	[illegible]
[illegible]	0	[illegible]
[illegible]	1063	[illegible]
[illegible]	884	[illegible]
[illegible]	1242	[illegible]
[illegible]	1147	[illegible]
[illegible]	1156	[illegible]
[illegible]	522	[illegible]
[illegible]	854	[illegible]
[illegible]	1910	[illegible]
[illegible]	111	[illegible]
[illegible]	1107	[illegible]
[illegible]	806	[illegible]
[illegible]	268	[illegible]
[illegible]	1065	[illegible]
[illegible]	1115	[illegible]
[illegible]	1510	[illegible]
[illegible]	1516	[illegible]
[illegible]	1082	[illegible]
[illegible]	1668	[illegible]
[illegible]	1704	[illegible]
[illegible]	1468	[illegible]
[illegible]	1546	[illegible]
[illegible]	1116	[illegible]
[illegible]	554	[illegible]
[illegible]	0	[illegible]
[illegible]	1556	[illegible]
[illegible]	1112	[illegible]
[illegible]	2108	[illegible]
[illegible]	1566	[illegible]
[illegible]	1558	[illegible]
[illegible]	1402	[illegible]
[illegible]	1115	[illegible]
[illegible]	1016	[illegible]
[illegible]	1111	[illegible]
[illegible]	1663	[illegible]
[illegible]	1114	[illegible]
[illegible]	1062	[illegible]
[illegible]	1317	[illegible]
[illegible]	1116	[illegible]
[illegible]	1012	[illegible]
[illegible]	1011	[illegible]
[illegible]	1111	[illegible]
[illegible]	1054	[illegible]
[illegible]	1113	[illegible]

Suma de PRECIPITACION (MM)	Etiquetas de columna												
Etiquetas de fila	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Total general
1990	5.7	91.1	69.8	308.2	271.1	397.3	266.4	197.5	147.1	120.7	97.1	61.1	2077.6
1991							327.8	180.5	340	188.9	62		1181.6
1992				84.9	266.4	334.7	194.9		248.4	386.6	100.6	106.1	1686.5
1993	3.8	4.6	136.7	155.8	330.4	414.5	168.6	181.8	287.1	188.2	150.6	6.7	2048.8
1994	5.1	21.2	188	258.6	190.6	171.4	187.1	161	220.5	247.4	163.6	5.1	1658.6
1995	1.5	14.4	96.4	308.3	262.9	470.6	217.5	132.2					1703.8
1996	17.7	50.2	73.8	243.1	302.7	387	333	347				21	1830.5
1997	0	101.1	1	114	959		904	616	1025	81.3	86.3	77.6	5044.7
1998	2.4	19.5	65.1	223.4	381.1	417.6	818.6		119.5	216.8	75.7	8	1978.5
1999	10.6	104.9	39.2	338	391	291.6	464.4	319.6	438	296.8	118.4	78.1	2740.3
2000	44	15.6	143.8	178.1			405.5	146.6	184.8	356.9	122.9	17.9	1526.8
2001	0.7	0.3	14.7	33.8	268.5	1308.8	812.2	142.9	177.5	150.4	304	168	2641.8
2002	16.8	1.4	184.9	279.5	406.7	161.1	280.4	192.5	176.9	295.1	93.3	9.8	914.6
2003	0	2	53.4	321.6	238.9	133.1	0	141	0	178.6	0	0	1402.8
2004	0	0		300.4	555	88.5	353.6	503	159.8	683.6	559	85	1716.9
2005	313.6	318.5	33.9			365.5		254.3	265	100	273.6	56	720.5
2006	130.5									957.5	220.5	38	1971.4
2007	0.7	13.6	123.5	199.4	260.2	338.6	248.7	264.3	252.6	316.5	194.4	16.4	1650.6
2008	2.7	44.3	43.6	168.8	215.7	365.9	213.6	147	133.1	171	165.3	0	1703.2
2009	43.8	35.8	30.4	157.3	381.6	368.4	254.8	313.2	45.8	265.4	45.8	11	2018
2010	8	8	180.6	180.2	361.2	364.2	402.4	253.8	284.2	135.2	88.4	34.8	2312.7
2011	18.1	98.4	38.4	224.6	688.7	360.3	275.4	291.9	106	379.8	313.4	13.4	2307.4
2012	0	8.4	168.4	541	260	276	191.8	155.4	145	310.2	328.2	47	1960
2013	0	0	66.4	214.6	214.6	328.8	265.2	149.6	166.8	310.2	184.4	34.6	1825.2
2014	0	51.2	16.8	265.8	279.2	312.8	303.8	129.6	233.6	288.6	90.6	54.2	1765.9
2015	25	41	11	183.8	344.4	302.7	265	213.2	78.6	216.2	185.4	69.8	2233.8
2016	2.5	31.8	41.8	287.1	501.4	356.3	316	351.8	168.8	125.5	265.3	34.6	1818.3
2017	18	4.8	238.4	184.9	326.3	180.8	135.4	153.8	304	320.6	81.3	66.2	1849
2018	31	6	120.8	154.5		306	380	237.4	399.2	348.6	40.8	8	1793.4
2019	7.8	0	58.3	278.2	155.6	388.6	218.7	305	166.6	120.5	88.8	21.8	2031.9
2020	1.1	0	0	133.3	258.6	615.6	380.2	367.6	257.6	288.2	185.6	32.6	2551.5
2021	27	28.8	170.5	356.6	647.6	401.3	376.8	257.8	252.8	332.8	55.6	7.8	2619
2022	8	76.2	68.6	226.2	344.2	378.4	221	84.8	282.6	112	160	8.6	1760
2023	26.8	16.8	35.6	251.6	396.8	365.2	365.8	188.6	143.8	284.8	124.6	56.4	1683.2
2024	0	216.8	31.2	259.8	256.6	155.2	382.8	155	80.6	271.4	68	16.4	1634.1
2025	41.4	50.2	197.3	338	300.2				149.1	227	59.6	34.2	1847.1
Total general	827.6	1895.1	2528.8	7823.7	9995.4	9150.9	9618	7811.5	6806.5	7809.8	4468.8	1220.9	67957.4
Precipitacion promedio	14.51513642	32.185	38.9	131.83	305.58	298.97	285.7	232.98	206.26	220.68	139.53	35.909	
Precipitacion maxima	313.6	318.5	216.4	541	688.7	470.6	464.4	588	445	868.6	558	149	
Precipitacion minima	0	0	0	33.8	144.6	88.5	0	84.8	0	91.3	0	0	

178.1
226.3
241.2
183.2
250.3
212.9
170.9
145.5
161.8
218.9
174.8
127.2
191.6
76.1
209.4
201.8
225.3
171.4
130.1
141.8
168.1
172.7
175.6
170.8
157.1
148.9
186.9
151.8
168.7
161.1
169.3
241.0
164.8
146.7
160.2
144.9
174.8

AÑO	MES	PRECIPITACION (MM)
1990	1	5.7
1990	2	51.1
1990	3	56.8
1990	4	108.7
1990	5	271.1
1990	6	337.2
1990	7	293.4
1990	8	277.5
1990	9	247.1
1990	10	229.7
1990	11	97.7
1990	12	32.1
1991	7	327.8
1991	8	165.5
1991	9	308
1991	10	228.3
1991	11	62
1992	4	84.9
1992	5	285.4
1992	6	334.7
1992	7	194.5
1992	9	248.4
1992	10	336.6
1992	11	100.6
1992	12	104.2
1993	1	1.8
1993	2	4.6
1993	3	136.7
1993	4	253.8
1993	5	359.4
1993	6	414.5
1993	7	368.6
1993	8	181.5
1993	9	187.1
1993	10	180.2
1993	11	151.6
1993	12	6.7
1994	1	5.1
1994	2	21.2
1994	3	184
1994	4	258.6
1994	5	250.6
1994	6	171.4
1994	7	387.1
1994	8	344
1994	9	233.5
1994	10	247.4
1994	11	147.6
1994	12	9.1
1995	1	1.5

1995	2	13.4
1995	3	96.4
1995	4	309.3
1995	5	253.9
1995	6	478.6
1995	7	217.5
1995	8	332.2
1996	1	12.7
1996	2	56.2
1996	3	75.8
1996	4	213.1
1996	5	302.7
1996	6	357
1996	7	333
1996	8	244
1996	12	27
1997	1	0
1997	2	101.1
1997	3	1
1997	4	114
1997	5	353
1997	7	364
1997	8	316
1997	9	190.5
1997	10	91.7
1997	11	96.3
1997	12	17.6
1998	1	2.4
1998	2	29.5
1998	3	65.1
1998	4	222.3
1998	5	299.1
1998	6	417.6
1998	7	313.6
1998	9	119.5
1998	10	226.8
1998	11	75.7
1998	12	8
1999	1	40.6
1999	2	104.9
1999	3	29.2
1999	4	338
1999	5	393
1999	6	253.6
1999	7	464.4
1999	8	319.6
1999	9	449
1999	10	291.8
1999	11	110.3
1999	12	78.2
2000	1	44

2000	2	15.8
2000	3	142.8
2000	4	134.1
2000	7	405.1
2000	8	244.9
2000	9	304.9
2000	10	306.0
2000	11	122.9
2000	12	17.9
2001	1	0.7
2001	2	0.3
2001	3	24.7
2001	4	37.8
2001	5	268.5
2001	6	170.8
2001	7	312.2
2001	8	140.9
2001	9	177.5
2001	10	150.4
2001	11	104
2001	12	149
2002	1	16.3
2002	2	1.4
2002	3	104.0
2002	4	279.6
2002	5	401.7
2002	6	261.1
2002	7	250.4
2002	8	292.3
2002	9	176.9
2002	10	255.1
2002	11	32.3
2002	12	9.8
2003	1	0
2003	2	2
2003	3	53.4
2003	4	221.6
2003	5	242.9
2003	6	150.1
2003	7	0
2003	8	151
2003	9	0
2003	10	313.6
2003	11	0
2003	12	0
2004	1	0
2004	2	0
2004	4	286.3
2004	5	555
2004	6	88.5
2004	7	352.6

2004	8	583
2004	9	199.3
2004	10	682.6
2004	11	559
2004	12	95
2005	1	317.8
2005	2	118.5
2005	3	30.5
2005	6	365.5
2005	8	134.2
2005	9	241
2005	10	130
2005	11	277.4
2005	12	56
2006	1	136.5
2006	10	337.5
2006	11	291.5
2006	12	31
2007	1	0.7
2007	2	13.8
2007	3	123.5
2007	4	190.4
2007	5	269.7
2007	6	324.3
2007	7	240.7
2007	8	304.3
2007	9	217.8
2007	10	216.5
2007	11	104.4
2007	12	96.4
2008	1	2.7
2008	2	44.3
2008	3	40.3
2008	4	169.8
2008	5	222.7
2008	6	351.6
2008	7	219.6
2008	8	147
2008	9	138.1
2008	10	171
2008	11	164.3
2008	12	0
2009	1	43.8
2009	2	36.8
2009	3	70.4
2009	4	151.2
2009	5	181.6
2009	6	398.4
2009	7	251.8
2009	8	229.2
2009	9	45.8

2009	10	285.4
2009	11	45.8
2009	12	12
2010	1	0
2010	2	0
2010	3	108.6
2010	4	200.2
2010	5	361.2
2010	6	334.2
2010	7	302.4
2010	8	253.8
2010	9	224.2
2010	10	155.2
2010	11	89.4
2010	12	24.8
2011	1	18.6
2011	2	98.4
2011	3	38.4
2011	4	224.8
2011	5	608.7
2011	6	260.3
2011	7	270,4
2011	8	121.6
2011	9	166
2011	10	175.8
2011	11	113.4
2011	12	33.4
2012	1	0
2012	2	8.6
2012	3	168.4
2012	4	541
2012	5	780
2012	6	226
2012	7	191.8
2012	8	153.4
2012	9	145
2012	10	218.2
2012	11	128.2
2012	12	47
2013	1	0
2013	2	0
2013	3	66.4
2013	4	270.6
2013	5	234.6
2013	6	228.8
2013	7	285.2
2013	8	140,4
2013	9	305.8
2013	10	410.2
2013	11	164.4
2013	12	34,6

2014	1	0
2014	2	51.2
2014	3	16.8
2014	4	265.8
2014	5	196.2
2014	6	332.8
2014	7	305.8
2014	8	123.6
2014	9	239.6
2014	10	228.6
2014	11	50.6
2014	12	14.2
2015	1	25
2015	2	41
2015	3	11
2015	4	143.8
2015	5	144.4
2015	6	390.7
2015	7	261
2015	8	213.2
2015	9	70.4
2015	10	276.2
2015	11	166.4
2015	12	43.8
2016	1	2.5
2016	2	21.8
2016	3	41.6
2016	4	297.3
2016	5	501.4
2016	6	166.2
2016	7	216
2016	8	361.8
2016	9	149.8
2016	10	125.5
2016	11	265.3
2016	12	74.6
2017	1	18
2017	2	4.8
2017	3	236.4
2017	4	334.9
2017	5	225.2
2017	6	180.8
2017	7	113.4
2017	8	153.8
2017	9	304
2017	10	220.6
2017	11	81.2
2017	12	66.2
2018	1	32
2018	2	0
2018	3	120.6

2018	4	160.4
2018	5	206
2018	7	390
2018	8	237.4
2018	9	399.2
2018	10	249.6
2018	11	40.8
2018	12	0
2019	1	7.8
2019	2	0
2019	3	98.2
2019	4	278.2
2019	5	195.6
2019	6	399.4
2019	7	222.2
2019	8	303
2019	9	196.8
2019	10	170.5
2019	11	88.8
2019	12	22.4
2020	1	1.2
2020	2	0
2020	3	0
2020	4	112.3
2020	5	259.4
2020	6	411.6
2020	7	180.2
2020	8	367.6
2020	9	257.4
2020	10	290.2
2020	11	185.4
2020	12	32.6
2021	1	27
2021	2	28.8
2021	3	170.5
2021	4	296.6
2021	5	547.6
2021	6	402.2
2021	7	376.8
2021	8	257.8
2021	9	252.8
2021	10	232.8
2021	11	55.6
2021	12	2.8
2022	1	0
2022	2	76.2
2022	3	68.4
2022	4	224.2
2022	5	344.2
2022	6	379.4
2022	7	322

2022	8	84.4
2022	9	192.6
2022	10	112
2022	11	167
2022	12	8.6
2023	1	26.8
2023	2	15.6
2023	3	25.6
2023	4	251.6
2023	5	236.8
2023	6	268.2
2023	7	368.8
2023	8	139.4
2023	9	143.8
2023	10	134.4
2023	11	121.6
2023	12	56.4
2024	1	0
2024	2	216.8
2024	3	31.2
2024	4	237.8
2024	5	256.6
2024	6	158.2
2024	7	320.2
2024	8	115
2024	9	90.6
2024	10	271.4
2024	11	68
2024	12	16.4
2025	1	41.4
2025	2	16.2
2025	3	137.2
2025	4	338
2025	5	301.7
2025	9	149.1
2025	10	227
2025	11	59.3
2025	12	34.2

TEMPERATURA

Suma de TEMPERATURA (°c)	Etiquetas de columna												
Etiquetas de fila	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Total general
1990	26	26	26.9	26.7	25.7	25.5	24.9	25.8	26.2	25.9	26.3	25.7	311.6
1991	25.9	27.4	27.4	26.6	26.2	25.6	25.2	25.5	25.9	26.1	26.1	25.3	313.2
1992	26.4	27.2	28	27.3	26	25.5	24.6	25.4	25.4	26.2	26	25.4	313.4
1993	26	26.8	27.1	26.6	25.4	25.1	25.2	25.6	25.5	26.2	26.2	25.7	311.4
1994	25.9	26.7	27.4	26.8	26.2	25.5	25	25.6	26.2	26.1	26.4	26.2	314
1995	26.6	27.3	27.3	26.9	26.3	25.5	25.6	25.5	26.2	26	26.4	26.3	315.9
1996	26.4	27.2	27.8	27.1	26	25.2	25.1	25.7	28	26.1	26	25.7	314.3
1997	25.9	26.6	26.7	26.9	26.3	25.8	25.4	26	26.3	26.8	26.9	27	316.6
1998	27.7	28.2	28.3	27.3	26.2	25.6	25.5	26.2	26.4	26.4	26.2	26.1	320.1
1999	26	26.3	27	26.1	26.1	25.5	25	25.9	25.4	25.7	26.1	25.3	309.8
2000	25.3	26	26.4	26.5	26	25.3	25.1	25.9	25.7	26.2	25.8	26.1	310.3
2001	26	26.3	27.4	26.9	26.5	25.3	25.7	26.2	26.3	26.8	26.5	26.8	316.7
2002	26.8	27.2	27.3	26.5	26.1	24.9	25.6	26	26.4	26.6	26.7	26.7	316.8
2003	27.1	27.9	27.9	27.3	26.6	25.5	25.5	26	26.2	26.6	26.7	26.7	320
2004	26.3	27.5	27.7	27.1	25.8	25.6	25.4	25.8	25.9	26.2	25.9	26.1	315.1
2005	26	26.6	28.3	27.6	26.3	25.7	25.7	26.1	26.5	26.3	25.8	25.5	316.4
2006	25.9	26.7	27	26.3	25.5	25.6	25.5	26.1	26.6	26.6	26.6	26.3	314.7
2007	26.6	26.8	27.6	26.9	26.5	25.7	25.9	25.4	25.8	25.8	26.5	25.7	315.2
2008	26	26.4	26.9	27	25.6	25.6	25	25.6	26.3	25.7	26.1	25.5	311.7
2009	26.3	26.2	26.6	26.4	26	25.6	25.8	26.4	26.6	26.8	26.9	27.2	316.8
2010	27.6	28	28.9	27.5	26.6	26	25.5	26.1	26	26.5	26	26.2	320.9
2011	26.4	26.9	26.6	26.2	25.7	25.8	25.7	26.5	26.6	26.3	26.5	25.9	315.1
2012	26.2	26.8	27.2	26.5	26	26	26	26	26.6	26.7	26.9	27	317.9
2013	27	27.3	28.6	27.5	26.1	26.1	26	26.1	26.4	27	26.7	26.5	321.1
2014	26.8	27.4	27.8	27.7	26.7	26.6	26.4	26.2	26.8	26.6	26.8	26.9	322.7
2015	27.1	27.8	27.7	27.5	27.2	26	26.5	27	27.2	27.1	27	27.4	325.5
2016	27.8	28.4	28.1	28	26.8	26.5	26.4	26.9	27	27.2	26.8	26.5	326.4
2017	25.9	26.8	26.9	27.4	26.3	25.8	25.8	25.7	26.8	26.5	26.7	26.1	316.7
2018	26.2	26.8	27.4	26.5	25.6	25.5	25.5	25.9	26.3	26.2	26.5	26.1	314.5
2019	26.5	27.4	27.6	27.1	26.2	26	25.7	26.4	26.7	26.2	26.9	26.7	319.4
2020	26.9	27.8	28	27.5	26.5	25.6	25.4	26	26.3	26.5	26.3	26.2	319
2021	26.2	27.3	26.7	26.8	26.2	25.2	25.4	25.4	26.1	26.4	26.3	26.3	314.3
2022	26.2	26.9	26.9	26.6	26	24.5	25.1	25.4	25.7	26.1	25.7	25.6	310.7
2023	25.7	26.8	27.2	26.8	26.6	26.2	26.1	26.6	27.1	26.8	26.9	26.4	319.2
Total general	**897.6**	**919.5**	**932.4**	**916.4**	**889.8**	**871.4**	**868.2**	**882.3**	**893.4**	**897.2**	**898.1**	**891.1**	**10757.4**
TEMP MAXIMA	27.8	28.4	28.9	28	27.2	26.6	26.5	27	27.2	27.2	27	27.4	
TEMP MINIMA	25.3	26	26.4	26.1	25.4	24.5	24.6	25.3	25.4	25.7	25.7	25.3	
TEMP PROMEDIO	26.4	27.0	27.4	27.0	26.2	25.6	25.5	26.0	26.3	26.4	26.4	26.2	26.4

AÑO	MES	TEMPERATURA (°C)	
1990	1	26	8
1990	2	26	8
1990	3	26.9	8
1990	4	26.7	8
1990	5	25.7	8
1990	6	25.5	8
1990	7	24.9	8
1990	8	25.8	8
1990	9	26.2	8
1990	10	25.9	8
1990	11	26 3	8
1990	12	25.7	8
1991	1	25.9	8
1991	2	27.4	8
1991	3	27 4	8
1991	4	26.6	8
1991	5	26 2	8
1991	6	25.6	8
1991	7	25.2	8
1991	8	25.5	8
1991	9	25.9	8
1991	10	26.1	8
1991	11	26.2	8
1991	12	25 3	8
1992	1	26 4	8
1992	2	27.2	8
1992	3	28	8
1992	4	27.3	8
1992	5	26	8
1992	6	25 5	8
1992	7	24.6	8
1992	8	25.4	8
1992	9	25.4	8
1992	10	26 2	8
1992	11	26	8
1992	12	25.4	8
1993	1	26	8
1993	2	26.8	8
1993	3	27.1	8
1993	4	26.6	8
1993	5	25.4	8
1993	6	25.1	8
1993	7	25 2	8
1993	8	25.6	8
1993	9	25.5	8
1993	10	26.2	8
1993	11	26 2	8
1993	12	25 7	8
1994	1	25 9	8
1994	2	26.7	8

1994	3	27.4	8
1994	4	26.8	8
1994	5	26.2	8
1994	6	25.5	8
1994	7	25	8
1994	8	25.6	8
1994	9	26.2	8
1994	10	26.1	8
1994	11	25.4	8
1994	12	25.7	8
1995	1	26.6	8
1995	2	27.3	8
1995	3	27.3	8
1995	4	26.9	8
1995	5	26.3	8
1995	6	25.5	8
1995	7	25.6	8
1995	8	25.5	8
1995	9	26.2	8
1995	10	26	8
1995	11	26.4	8
1995	12	26.3	8
1996	1	26.4	8
1996	2	27.2	8
1996	3	27.8	8
1996	4	27.1	8
1996	5	26	8
1996	6	25.2	8
1996	7	25.1	8
1996	8	25.7	8
1996	9	26	8
1996	10	26.1	8
1996	11	26	8
1996	12	25.7	8
1997	1	25.5	8
1997	2	26.6	8
1997	3	26.7	8
1997	4	26.9	8
1997	5	26.3	8
1997	6	25.8	8
1997	7	25.4	8
1997	8	26	8
1997	9	26.3	8
1997	10	26.8	8
1997	11	26.9	8
1997	12	27	8
1998	1	27.7	8
1998	2	28.2	8
1998	3	28.3	8
1998	4	27.3	8
1998	5	26.2	8

1998	6	25.6	R
1998	7	25.5	R
1998	8	26.2	R
1998	9	26.4	R
1998	10	26.4	R
1998	11	26.2	R
1998	12	26.1	R
1999	1	26	R
1999	2	26.3	R
1999	3	27	R
1999	4	26.1	R
1999	5	26.1	R
1999	6	25.5	R
1999	7	25	R
1999	8	25.3	R
1999	9	25.4	R
1999	10	25.7	R
1999	11	26.1	R
1999	12	25.3	R
2000	1	25.3	R
2000	2	26	R
2000	3	26.4	R
2000	4	26.5	R
2000	5	26	R
2000	6	25.3	R
2000	7	25.1	R
2000	8	25.9	R
2000	9	25.7	R
2000	10	26.2	R
2000	11	25.8	R
2000	12	26.1	R
2001	1	26	R
2001	2	26.3	R
2001	3	27.4	R
2001	4	26.9	R
2001	5	26.5	R
2001	6	25.3	R
2001	7	25.7	R
2001	8	26.2	R
2001	9	26.3	R
2001	10	26.8	R
2001	11	26.5	R
2001	12	26.8	R
2002	1	26.8	R
2002	2	27.2	R
2002	3	27.3	R
2002	4	26.5	R
2002	5	26.1	R
2002	6	24.9	R
2002	7	25.6	R
2002	8	26	R

2002	9	26.4	8
2002	10	26.6	8
2002	11	26.7	8
2002	12	26.7	8
2003	1	27.1	8
2003	2	27.9	8
2003	3	27.9	8
2003	4	27.3	8
2003	5	26.6	8
2003	6	25.5	8
2003	7	25.5	8
2003	8	26	8
2003	9	26.2	8
2003	10	26.6	8
2003	11	26.7	8
2003	12	26.7	8
2004	1	26.3	8
2004	2	27.3	8
2004	3	27.7	8
2004	4	27.1	8
2004	5	25.8	8
2004	6	25.6	8
2004	7	25.4	8
2004	8	25.8	8
2004	9	25.9	8
2004	10	26.2	8
2004	11	25.5	8
2004	12	26.1	8
2005	1	26	8
2005	2	26.6	8
2005	3	28.3	8
2005	4	27.6	8
2005	5	26.3	8
2005	6	25.7	8
2005	7	25.7	8
2005	8	26.1	8
2005	9	26.5	8
2005	10	26.3	8
2005	11	25.6	8
2005	12	25.5	8
2006	1	25.9	8
2006	2	26.7	8
2006	3	27	8
2006	4	26.3	8
2006	5	25.5	8
2006	6	25.6	8
2006	7	25.5	8
2005	8	26.1	8
2005	9	26.6	8
2006	10	26.6	8
2006	11	26.6	8

2006	12	26.3	8
2007	1	26.6	8
2007	2	26.8	8
2007	3	27.0	8
2007	4	26.9	8
2007	5	26.5	8
2007	6	25.7	8
2007	7	25.9	8
2007	8	25.4	8
2007	9	25.8	8
2007	10	25.8	8
2007	11	26.5	8
2007	12	25.7	8
2008	1	26	8
2008	2	26.4	8
2008	3	26.9	8
2008	4	27	8
2008	5	25.6	8
2008	6	25.6	8
2008	7	25	8
2008	8	25.5	8
2008	9	26.3	8
2008	10	25.7	8
2008	11	26.1	8
2008	12	25.5	8
2009	1	26.3	8
2009	2	26.2	8
2009	3	26.6	8
2009	4	26.4	8
2009	5	26	8
2009	6	25.6	8
2009	7	25.8	8
2009	8	26.4	8
2009	9	26.6	8
2009	10	26.6	8
2009	11	26.9	8
2009	12	27.2	8
2010	1	27.6	8
2010	2	28	8
2010	3	28.9	8
2010	4	27.5	8
2010	5	26.6	8
2010	6	26	8
2010	7	25.5	8
2010	8	25.1	8
2010	9	26	8
2010	10	26.5	8
2010	11	26	8
2010	12	26.7	8
2011	1	26.4	8
2011	2	26.9	8

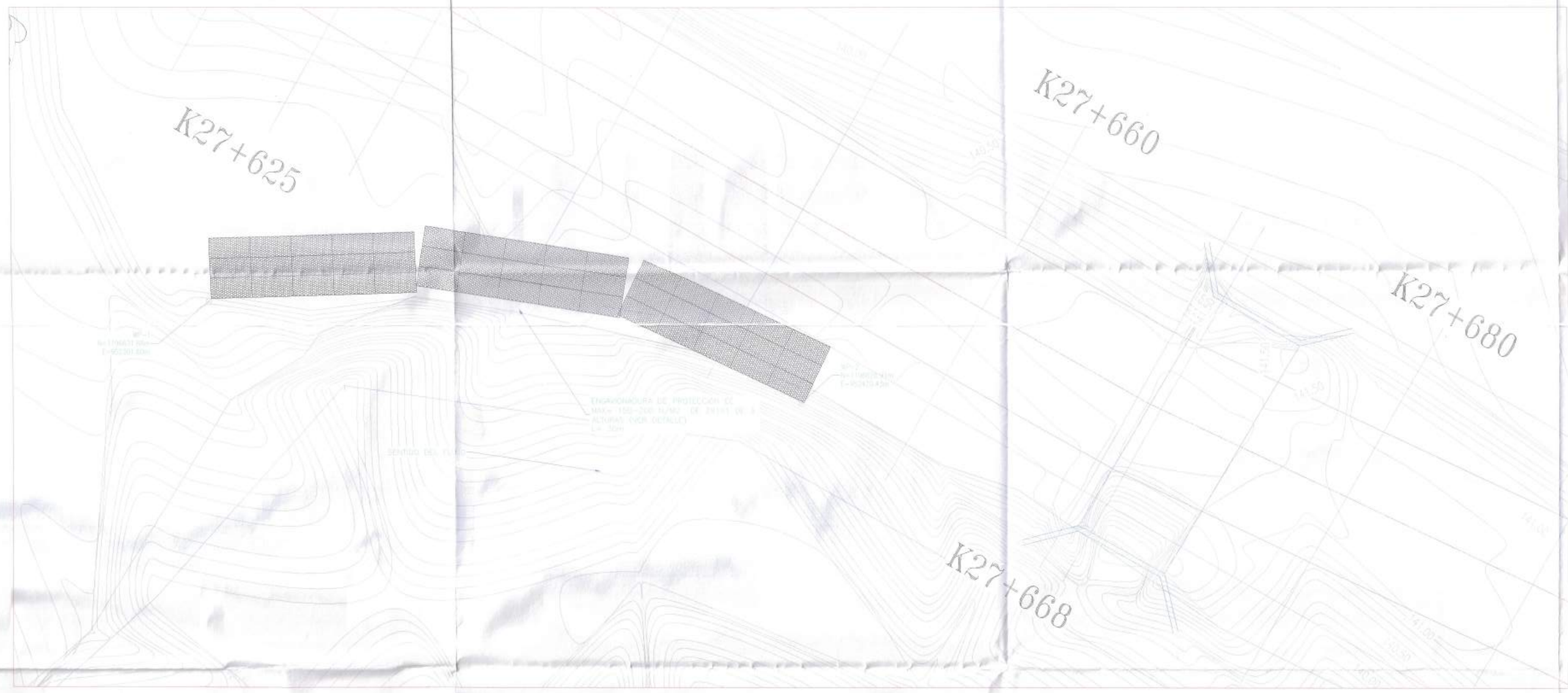
2011	3	26.6	8
2011	4	26.2	8
2011	5	25.7	8
2011	6	25.8	8
2011	7	25.7	8
2011	8	26 5	8
2011	9	26 6	8
2011	10	26.3	8
2011	11	26.5	8
2011	12	25 9	8
2012	1	26.2	8
2012	2	26.8	8
2012	3	27.2	8
2012	4	26 5	8
2012	5	26	8
2012	6	26	8
2012	7	26	8
2012	8	26	8
2012	9	26.6	8
2012	10	26.7	8
2012	11	26.9	8
2012	12	27	8
2013	1	27	8
2013	2	27.3	8
2013	3	28.4	8
2013	4	27.5	8
2013	5	26 1	8
2013	6	26 1	8
2013	7	26	8
2013	8	26.1	8
2013	9	26.4	8
2013	10	27	8
2013	11	26.7	8
2013	12	26.5	8
2014	1	26.8	8
2014	2	27.4	8
2014	3	27.8	8
2014	4	27.7	8
2014	5	26.7	8
2014	6	26.6	8
2014	7	26.4	8
2014	8	26.2	8
2014	9	26.8	8
2014	10	26.6	8
2014	11	26.8	8
2014	12	26.9	8
2015	1	27.1	8
2015	2	27.8	8
2015	3	27.7	8
2015	4	27.5	8
2015	5	27.2	8

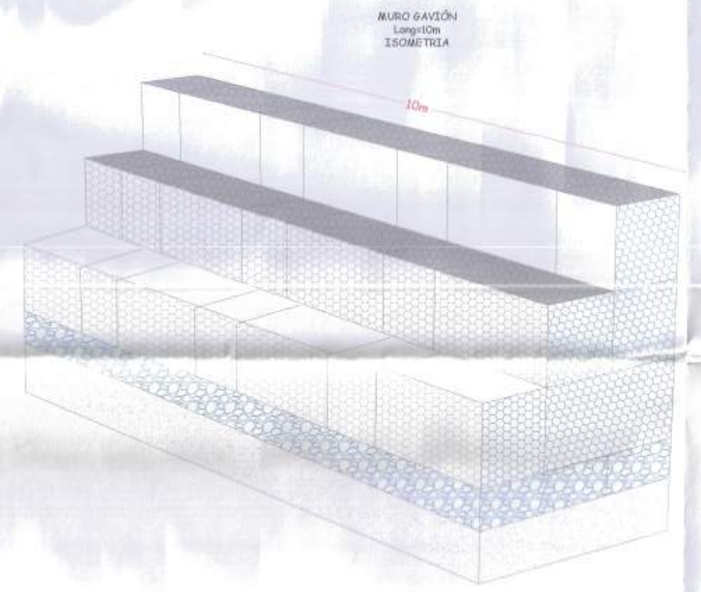
2015	6	26	8
2015	7	26.5	8
2015	8	27	8
2015	9	27.2	8
2015	10	27.1	8
2015	11	27	8
2015	12	27.4	8
2016	1	27.8	8
2016	2	28.4	8
2016	3	28.1	5
2016	4	28	8
2016	5	26.9	8
2016	6	26.5	8
2016	7	26.4	8
2016	8	26.9	8
2016	9	27	8
2016	10	27.2	8
2016	11	26.8	8
2016	12	26.5	8
2017	1	25.9	6
2017	2	26.8	6
2017	3	26.9	6
2017	4	27.4	7
2017	5	26.3	8
2017	6	25.8	8
2017	7	25.8	7
2017	8	25.7	2
2017	9	26.8	3
2017	10	26.5	7
2017	11	25.7	8
2017	12	26.1	5
2018	1	26.2	5
2018	2	26.8	5
2018	3	27.4	5
2018	4	26.5	5
2018	5	25.6	5
2018	6	25.5	5
2018	7	25.5	6
2018	8	25.9	6
2018	9	26.3	5
2018	10	26.2	5
2018	11	26.5	4
2018	12	26.1	6
2019	1	26.3	6
2019	2	27.4	7
2019	3	27.6	6
2019	4	27.1	6
2019	5	26.2	8
2019	6	26	8
2019	7	25.7	8
2019	8	26.4	7

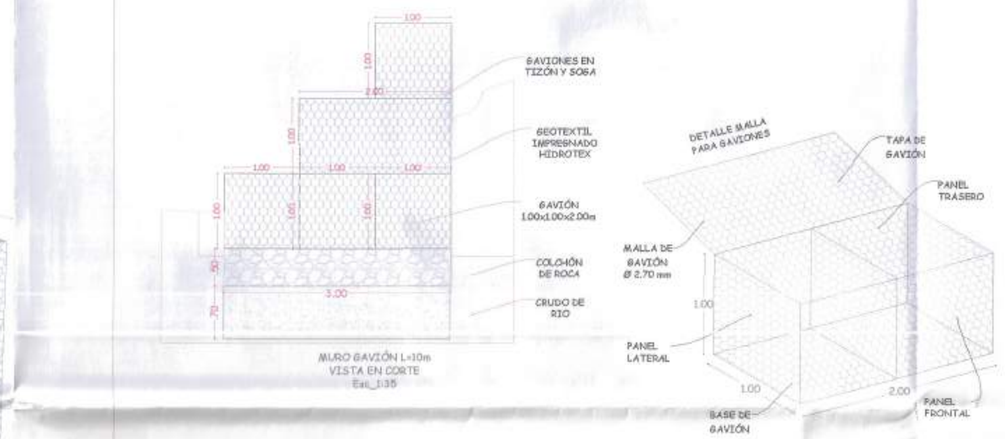
2019	9	25.7	6
2019	10	25.2	6
2019	11	26.9	5
2019	12	26.7	4
2020	1	26.9	5
2020	2	27.8	6
2020	3	28	5
2020	4	27.5	5
2020	5	26.5	5
2020	6	25.6	6
2020	7	25.4	5
2020	8	26	6
2020	9	26.3	5
2020	10	26.5	4
2020	11	26.3	4
2020	12	26.2	4
2021	1	26.2	4
2021	2	27.3	4
2021	3	26.7	4
2021	4	26.8	4
2021	5	26.2	5
2021	6	25.2	5
2021	7	25.4	6
2021	8	25.4	6
2021	9	26.1	5
2021	10	26.4	5
2021	11	26.3	5
2021	12	26.3	5
2022	1	26.2	5
2022	2	26.9	6
2022	3	26.9	4
2022	4	26.6	5
2022	5	26	5
2022	6	24.5	6
2022	7	25.1	5
2022	8	25.4	6
2022	9	25.7	6
2022	10	26.1	6
2022	11	25.7	6
2022	12	25.6	6
2023	1	25.7	6
2023	2	26.8	6
2023	3	27.2	8
2023	4	26.8	8
2023	5	26.6	8
2023	6	26.2	8
2023	7	26.1	6
2023	8	26.6	5
2023	9	27.1	8
2023	10	26.8	5
2023	11	26.9	5

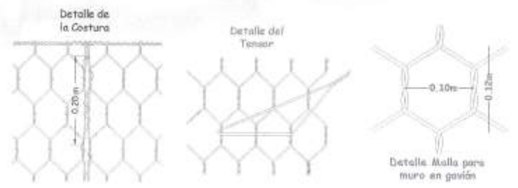
2023	17	26.4	3

Anexo 5
PLANOS









ESPECIFICACIONES TÉCNICAS	
GAVIONES CAJA MATERIAL SELECCIONADO	= P.S. Ø6" A 8" CAJA DE 2.00x1.00x1.00 m
TIPO Y ESPECIFICACIONES MALLA DE CAJA	=Doble Torsión (ASTM A975-97) Hex. 10x12cm

NOTAS:

1. Los gaviones a utilizar serán tipo Maccaferri o similar y deberán cumplir con las siguientes especificaciones mínimas:
   * Gaviones caja fuerte o Tipo 1 será de dimensiones de 1.00 x 1.00 x 2.00m con longitud según el nivel correspondiente y serán confeccionados en malla hexagonal de doble torsión, tipo 10x12, a partir de alambres recubiertos estilo 2, conforme la NTC 5333, en el diámetro de 2.70mm para los paños que conforman la base y pared posterior y diámetro de 3.40mm para los paños que conforman la pared frontal, tapa superior y una de las paredes laterales. Los gaviones tipo caja fuerte presentan diafragmas insertados de metro en metro durante el proceso de fabricación y son acompañados del alambre del mismo tipo, para las operaciones de amarre y atirantado, con diámetro de 2.20 mm y en la proporción de 9% sobre el peso de los gaviones con 1,00 m de altura.
2. El geotextil no tejido a emplear será del tipo NT-3000 PAVCO o similar y deberá cumplir con las siguientes especificaciones mínimas: *. Resistencia mínima a la tensión 800 N (180 lb). * Resistencia mínima al punzonamiento 460 N (103 lb).* Resistencia al rasgado trapezoidal 320 N (72 lb).*Tamaño de abertura aparente 0.15 mm.*Espesor mínimo 2.20 mm.* Permeabilidad 40 x 10 cm/s.
3. los Gaviones estarán enterradas a nivel proyectado en perfiles, a los cuales los geocolchones deberán estar anclados a través de alambre estilo 2 de diámetro 2.20 mm.

CUADRO DE CONVENCIONES

Relleno — CURVA MAYOR
Empradizado — CURVA MENOR
Grama — VIAS
Gaviones — Rio proyectado
Concreto — BORDE CAUCE

OBJETO :
MEJORAMIENTO DE LA INFRAESTRUCTURA VIAL EN LA VIA TAME - PUERTO RONDON, DEPARTAMENTO DE ARAUCA

ELABORÓ:

JUAN CAMILO LEIVA
INGENIERO CIVIL
ESP EN RECURSOS HIDRICOS
MP. 25202-423094

DISEÑO:

JUAN CAMILO LEIVA
ESP. EN RECURSOS HIDRICOS

OBSERVACIONES

DESCRIPCION	FECHA

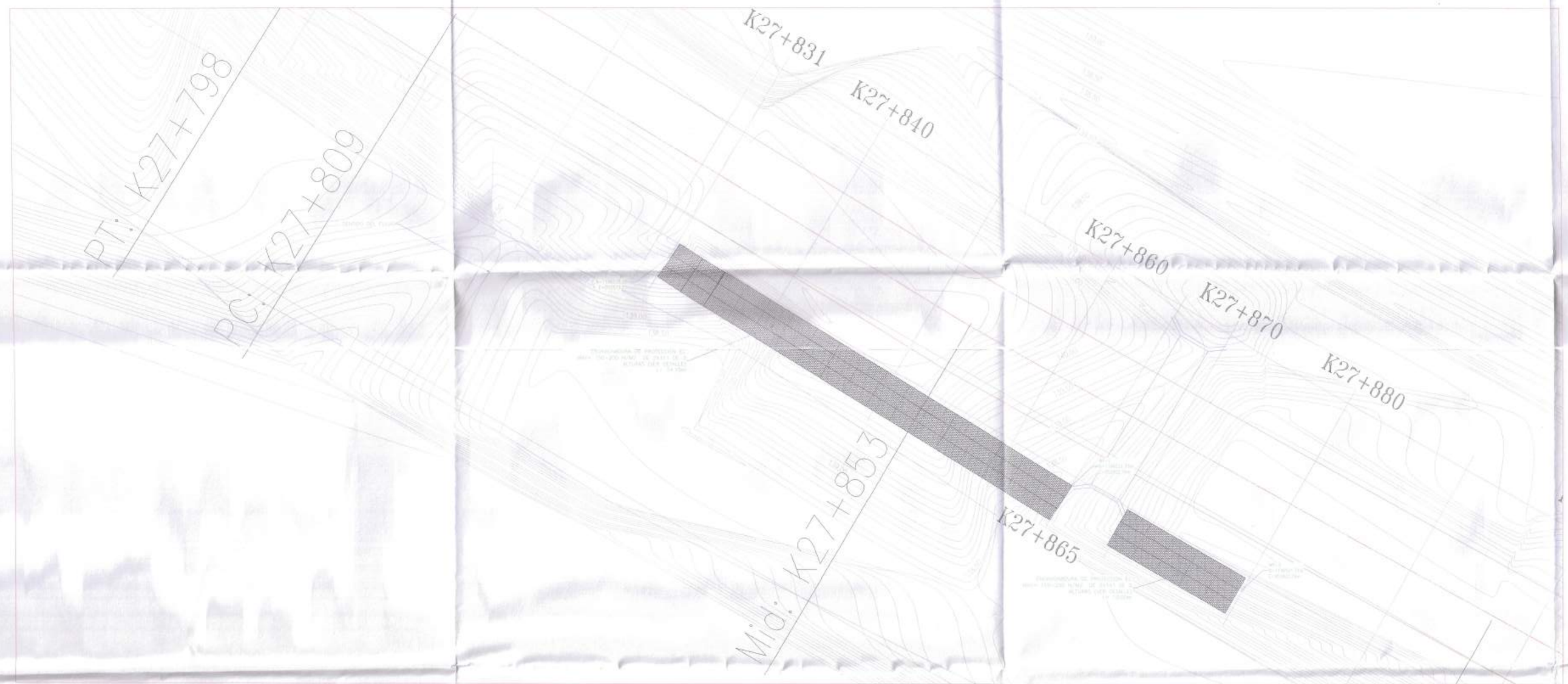
CONTIENE:

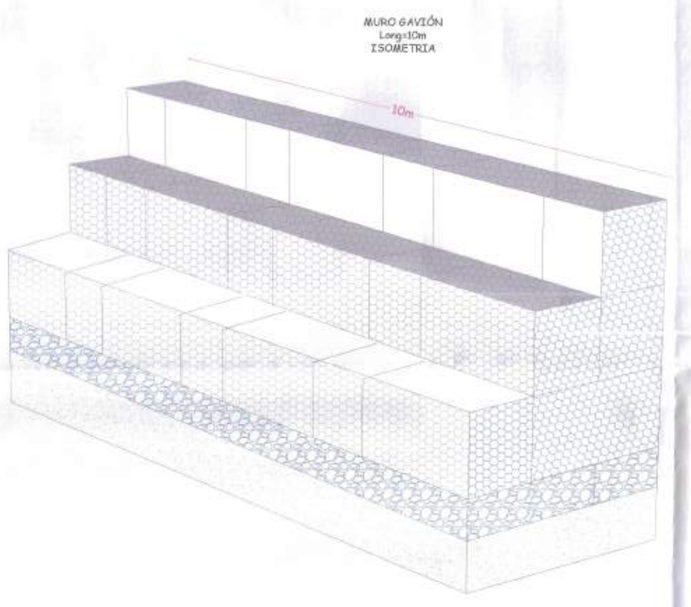
DISEÑO HIDRAULICO E HIDROLOGICO

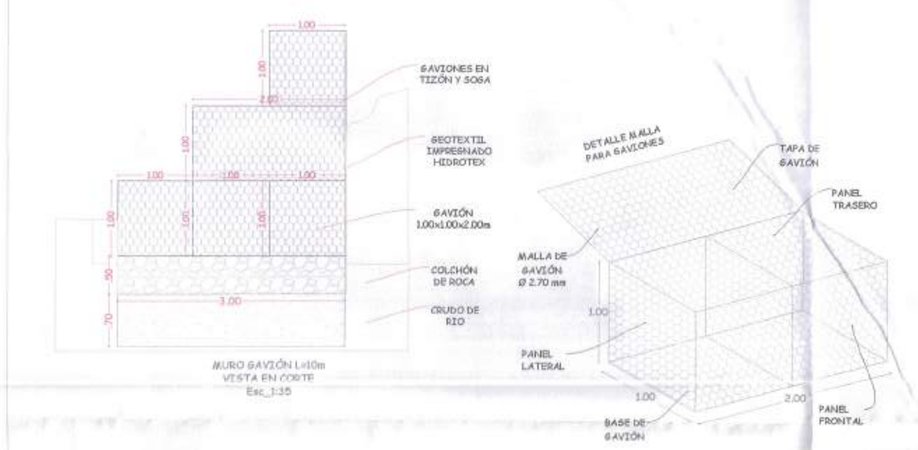
ESCALA
INDICADAS

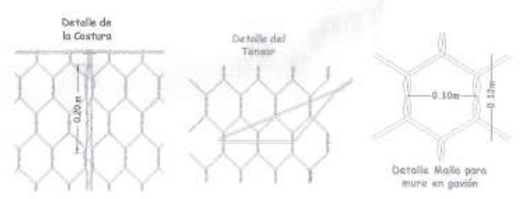
FECHA
MARZO 2026

PLANO N°
1/14









ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

GAVIONES CAJA MATERIAL SELECCIONADO	= P.G. Ø6" A 8" CAJA DE 2.00x1.00x1.00 m
TIPO Y ESPECIFICACIONES MALLA DE CAJA	=Doble Torsión (ASTM A975-97) Hex. 10x12cm

NOTAS:

1. Los gaviones a utilizar serán tipo Maccaferri o similar y deberán cumplir con las siguientes especificaciones mínimas:
   - Gaviones caja fuerte o Tipo 1 será de dimensiones de 1.00 x 1.00 x 2.00m con longitud según el nivel correspondiente y serán confeccionados en malla hexagonal de doble torsión, tipo 10x12, a partir de alambres recubiertos estilo 2, conforme la NTC 5333, en el diámetro de 2.70mm para los paños que conforman la base y pared posterior y diámetro de 3.40mm para los paños que conforman la pared frontal, tapa superior y una de las paredes laterales. Los gaviones tipo caja fuerte presentan diafragmas insertados de metro en metro durante el proceso de fabricación y son acompañados del alambre del mismo tipo, para las operaciones de amarre y atirantado, con diámetro de 2,20 mm y en la proporción de 9% sobre el peso de los gaviones con 1,00 m de altura.
2. El geotextil no tejido a emplear será del tipo NT-3000 PAVCO o similar y deberá cumplir con las siguientes especificaciones mínimas: * Resistencia mínima a la tensión 800 N (180 lb). * Resistencia mínima al punzonamiento 460 N (103 lb). * Resistencia al rasgado trapezoidal 320 N (72 lb).*Tamaño de abertura aparente 0.15 mm.*Espesor mínimo 2.20 mm.* Permeabilidad 40 x 10 cm/s.
3. los Gaviones estarán enterradas a nivel proyectado en perfiles, a los cuales los geocolchones deberán estar anclados a través de alambre estilo 2 de diámetro 2.20 mm.

CUADRO DE CONVENCIONES

OBJETO :
MEJORAMIENTO DE LA INFRAESTRUCTURA VIAL EN LA VIA TAME - PUERTO RONDON, DEPARTAMENTO DE ARAUCA

ELABORÓ:

JUAN CAMILO LEIVA
INGENIERO CIVIL
ESP EN RECURSOS HIDRICOS
MP. 25202-423094

DIBUJO:

JUAN CAMILO LEIVA
ESP. EN RECURSOS HIDRICOS

OBSERVACIONES

DESCRIPCION	FECHA

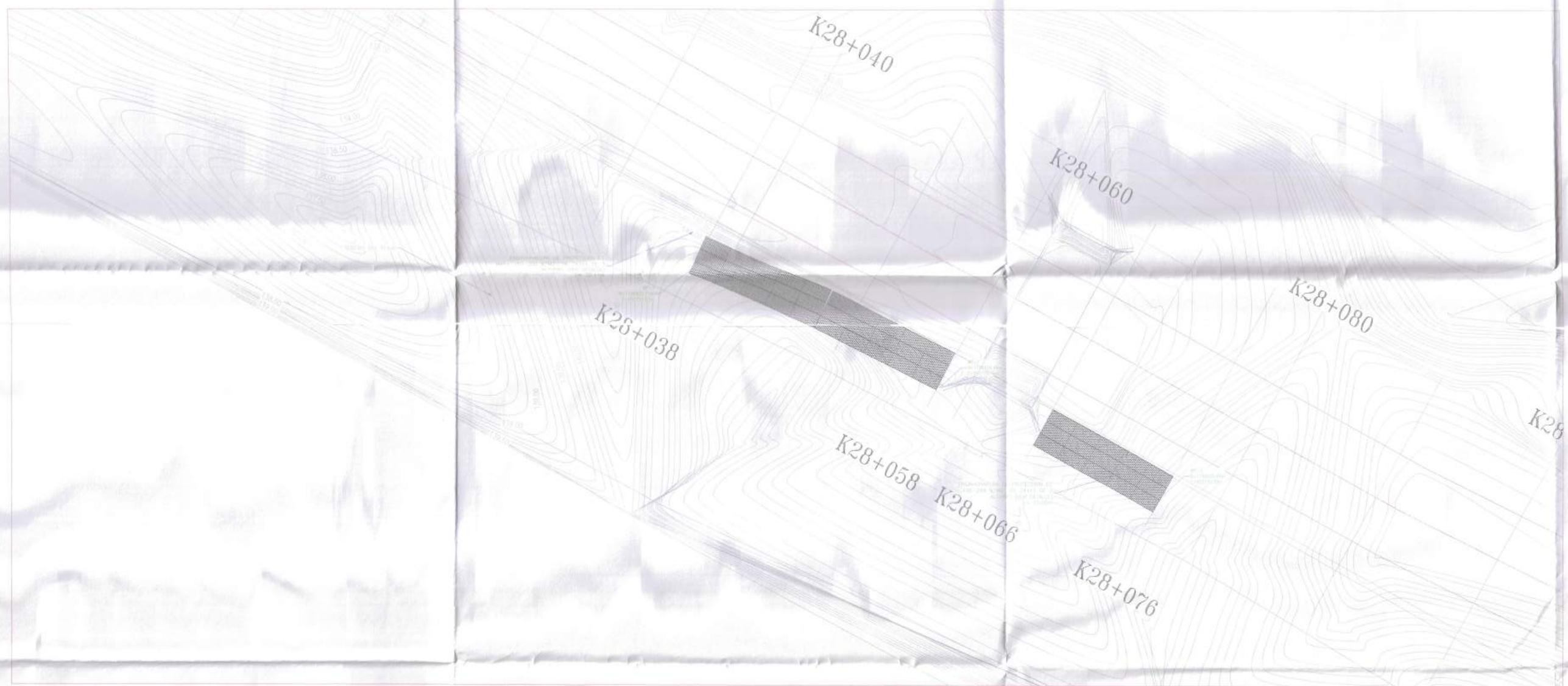
CONTIENE:

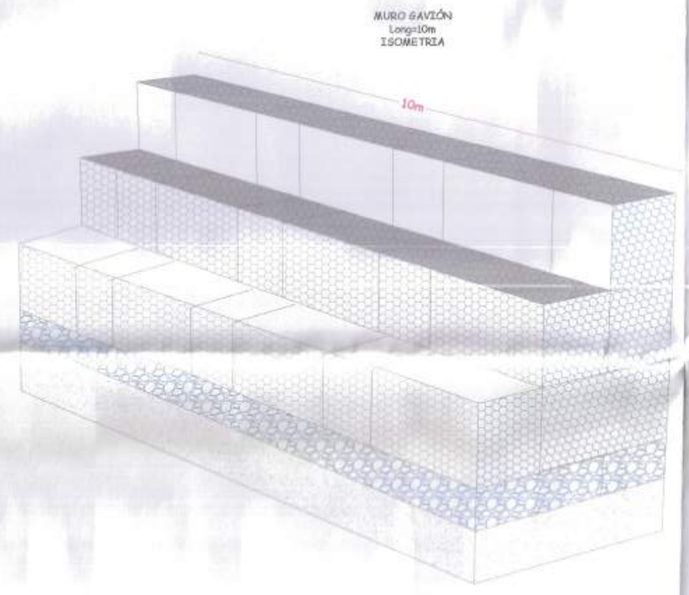
DISEÑO HIDRAULICO E HIDROLOGICO

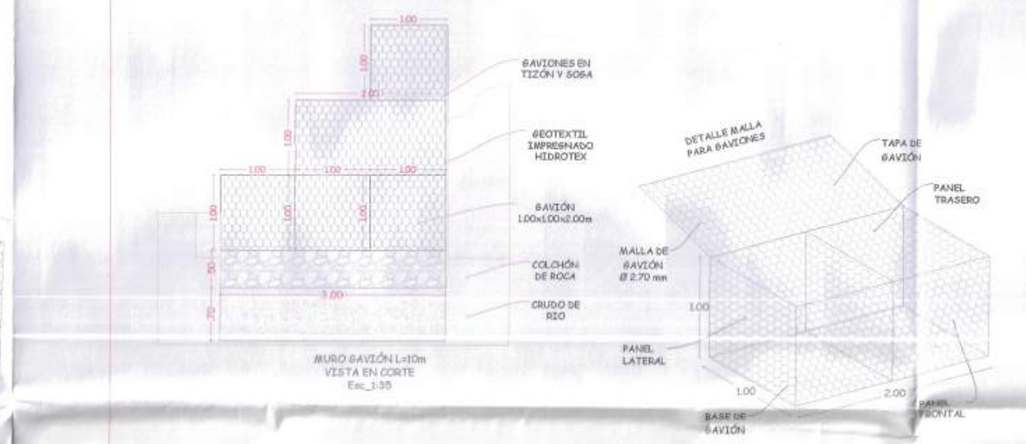
ESCALA	FECHA
INDICADAS	MARZO 2026

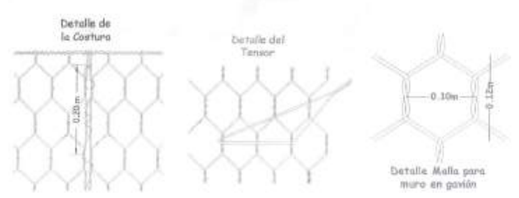
PLANO N°

2/14









ESPECIFICACIONES TÉCNICAS	
GAVIONES CAJA MATERIAL SELECCIONADO	= P.G. Ø6° A 8° CAJA DE 2.00x1.00x1.00 m
TIPO Y ESPECIFICACIONES MALLA DE CAJA	=Doble Torsión (ASTM A975-97) Hex. 10x12cm

NOTAS:

1. Los gaviones a utilizar serán tipo Maccaferri o similar y deberán cumplir con las siguientes especificaciones mínimas:
   - Gaviones caja fuerte o Tipo 1 será de dimensiones de 1.00 x 1.00 x 2.00m con longitud según el nivel correspondiente y serán confeccionados en malla hexagonal de doble torsión, tipo 10x12, a partir de alambres recubiertos estilo 2, conforme la NTC 5333, en el diámetro de 2.70mm para los paños que conforman la base y pared posterior y diámetro de 3.40mm para los paños que conforman la pared frontal, tapa superior y una de las paredes laterales. Los gaviones tipo caja fuerte presentan diafragmas insertados de metro en metro durante el proceso de fabricación y son acompañados del alambre del mismo tipo, para las operaciones de amarre y atirantado, con diámetro de 2,20 mm y en la proporción de 9% sobre el peso de los gaviones con 1,00 m de altura.
2. El geotextil no tejido a emplear será del tipo NT-3000 PAVCO o similar y deberá cumplir con los siguientes especificaciones mínimas: * Resistencia mínima a la tensión 800 N (180 lb). * Resistencia mínima al punzonamiento 460 N (103 lb). * Resistencia al rasgado trapezoidal 320 N (72 lb).*Tamaño de abertura aparente 0.15 mm.*Espesor mínimo 2.20 mm.* Permeabilidad 40 x 10 cm/s.
3. los Gaviones estarán enterradas a nivel proyectado en perfiles, a los cuales los geocolchones deberán estar anclados a través de alambre estilo 2 de diámetro 2.20 mm.

CUADRO DE CONVENCIONES

OBJETO :
MEJORAMIENTO DE LA INFRAESTRUCTURA VIAL EN LA VIA TAME - PUERTO RONDON, DEPARTAMENTO DE ARAUCA

ELABORÓ:

JUAN CAMILO LEIVA
INGENIERO CIVIL
ESP EN RECURSOS HIDRICOS
MP. 25202-423094

DIBUJO:

JUAN CAMILO LEIVA
ESP. EN RECURSOS HIDRICOS

OBSERVACIONES

DESCRIPCION	FECHA

CONTIENE:

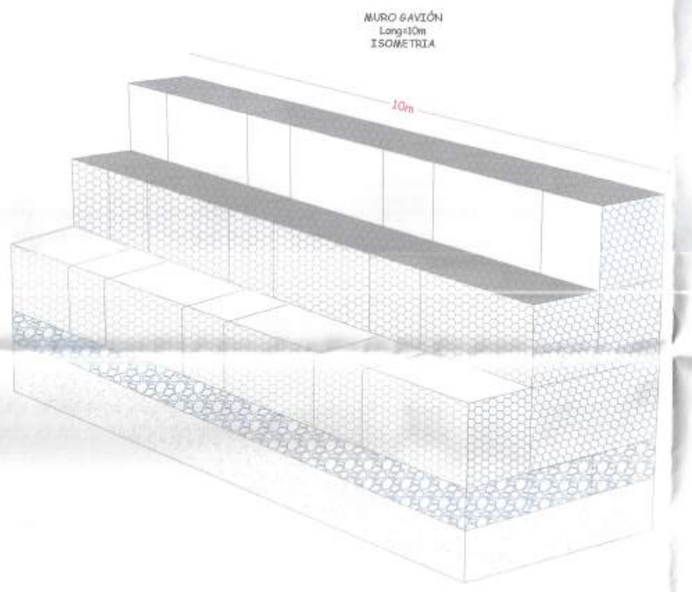
DISEÑO HIDRAULICO E HIDROLOGICO

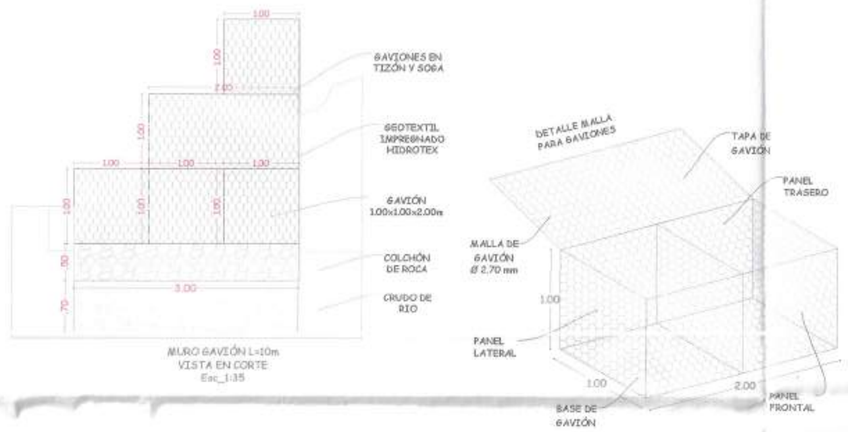
ESCALA
INDICADAS

FECHA
MARZO 2026

PLANO N°
3/14









ESPECIFICACIONES TÉCNICAS	
GAVIONES CAJA MATERIAL SELECCIONADO	= P.G. Ø6" A 8" CAJA DE 2.00x1.00x1.00 m
TIPO Y ESPECIFICACIONES MALLA DE CAJA	=Doble Torsión (ASTM A975-97) Hex. 10x12cm

NOTAS:

1. Los gaviones a utilizar serán tipo Maccaferri o similar y deberán cumplir con las siguientes especificaciones mínimas:
   - Gaviones caja fuerte o Tipo 1 será de dimensiones de 1.00 x 1.00 x 2.00m con longitud según el nivel correspondiente y serán confeccionados en malla hexagonal de doble torsión, tipo 10x12, a partir de alambres recubiertos estilo 2, conforme la NTC 5333, en el diámetro de 2.70mm para los paños que conforman la base y pared posterior y diámetro de 3.40mm para los paños que conforman la pared frontal, tapa superior y una de las paredes laterales. Los gaviones tipo caja fuerte presentan diafragmas insertados de metro en metro durante el proceso de fabricación y son acompañados del alambre del mismo tipo, para las operaciones de amarre y atirantado, con diámetro de 2,20 mm y en la proporción de 9% sobre el peso de los gaviones con 1,00 m de altura.
2. El geotextil no tejido a emplear será del tipo NT-3000 PAVCO o similar y deberá cumplir con los siguientes especificaciones mínimas: * Resistencia mínima a la tensión 800 N (180 lb). * Resistencia mínima al punzonamiento 460 N (103 lb). * Resistencia al rasgado trapezoidal 320 N (72 lb).*Tamaño de abertura aparente 0.15 mm.*Espesor mínimo 2.20 mm.* Permeabilidad 40 x 10 cm/s.
3. los Gaviones estarán enterradas a nivel proyectado en perfiles, a los cuales los geocolchones deberán estar anclados a través de alambre estilo 2 de diámetro 2.20 mm.

CUADRO DE CONVENCIONES

Rocas — CODIGO_MUROS
Empradizado — CODIGO_MUROS
Gravilla — CODIGO
Relleno — Vía proyectada
Concreto — BORDE CANAL

OBJETO :
MEJORAMIENTO DE LA INFRAESTRUCTURA VIAL EN LA VIA TAME - PUERTO RONDON, DEPARTAMENTO DE ARAUCA

ELABORÓ:

JUAN CAMILO LEIVA
INGENIERO CIVIL
ESP EN RECURSOS HIDRICOS
MP. 25202-423094

DIBUJÓ:

JUAN CAMILO LEIVA
ESP. EN RECURSOS HIDRICOS

OBSERVACIONES

DESCRIPCION	FECHA

CONTIENE:

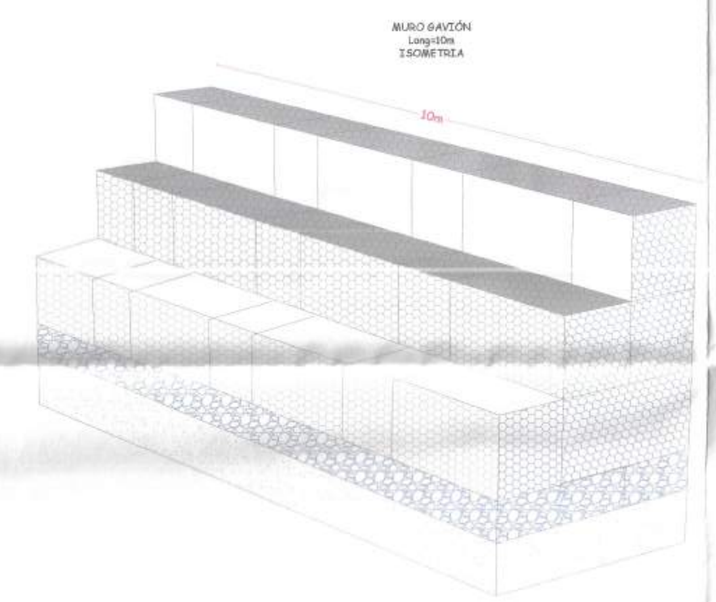
DISEÑO HIDRAULICO E HIDROLOGICO

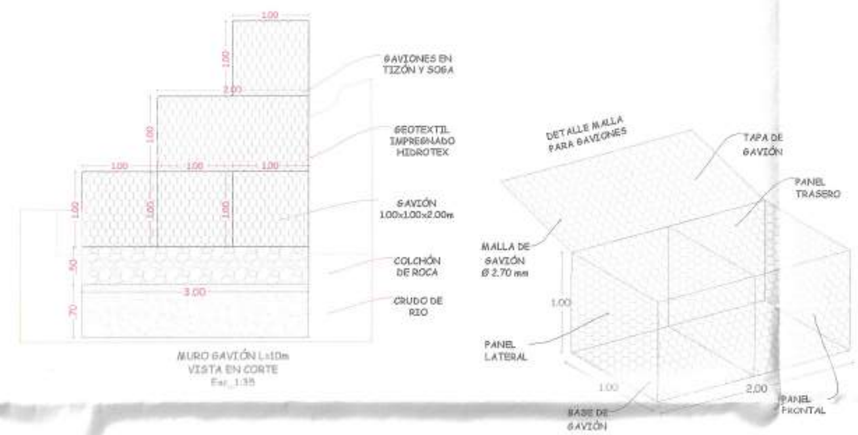
ESCALA	FECHA
INDICADAS	MARZO 2026

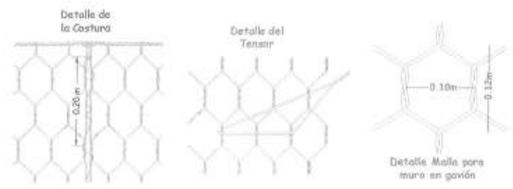
PLANO N°

5/14









ESPECIFICACIONES TÉCNICAS	
GAVIONES CAJA MATERIAL SELECCIONADO	= P.G. Ø6" A 8" CAJA DE 2.00x1.00x1.00 m
TIPO Y ESPECIFICACIONES MALLA DE CAJA	=Doble Torsión (ASTM A975-97) Hex. 10x12cm

NOTAS:

1. Los gaviones a utilizar serán tipo Maccaferri o similar y deberán cumplir con las siguientes especificaciones mínimas:
   - Gaviones caja fuerte o Tipo 1 será de dimensiones de 1.00 x 1.00 x 2.00m con longitud según el nivel correspondiente y serán confeccionados en malla hexagonal de doble torsión, tipo 10x12, a partir de alambres recubiertos estilo 2, conforme la NTC 5333, en el diámetro de 2.70mm para los paños que conforman la base y pared posterior y diámetro de 3.40mm para los paños que conforman la pared frontal, tapa superior y una de las paredes laterales. Los gaviones tipo caja fuerte presentan diafragmas insertados de metro en metro durante el proceso de fabricación y son acompañados del alambre del mismo tipo, para las operaciones de amarre y atirantado, con diámetro de 2,20 mm y en la proporción de 9% sobre el peso de los gaviones con 1,00 m de altura.
2. El geotextil no tejido a emplear será del tipo NT-3000 PAVCO o similar y deberá cumplir con las siguientes especificaciones mínimas: * Resistencia mínima a la tensión 800 N (180 lb). * Resistencia mínima al punzonamiento 460 N (103 lb).* Resistencia al rasgado trapezoidal 320 N (72 lb).*Tamaño de abertura aparente 0.15 mm.*Espesor mínimo 2.20 mm.* Permeabilidad 40 x 10 cm/s.
3. los Gaviones estarán enterradas a nivel proyectado en perfiles, a los cuales los geocolchones deberán estar anclados a través de alambre estilo 2 de diámetro 2.20 mm.

OBJETO :
MEJORAMIENTO DE LA INFRAESTRUCTURA VIAL EN LA VIA TAME - PUERTO RONDON, DEPARTAMENTO DE ARAUCA

ELABORÓ:

JUAN CAMILO LEIVA
INGENIERO CIVIL
ESP EN RECURSOS HIDRICOS
MP. 25202-423094

DIBUJÓ:

JUAN CAMILO LEIVA
ESP. EN RECURSOS HIDRICOS

OBSERVACIONES

DESCRIPCION	FECHA

CONTIENE:

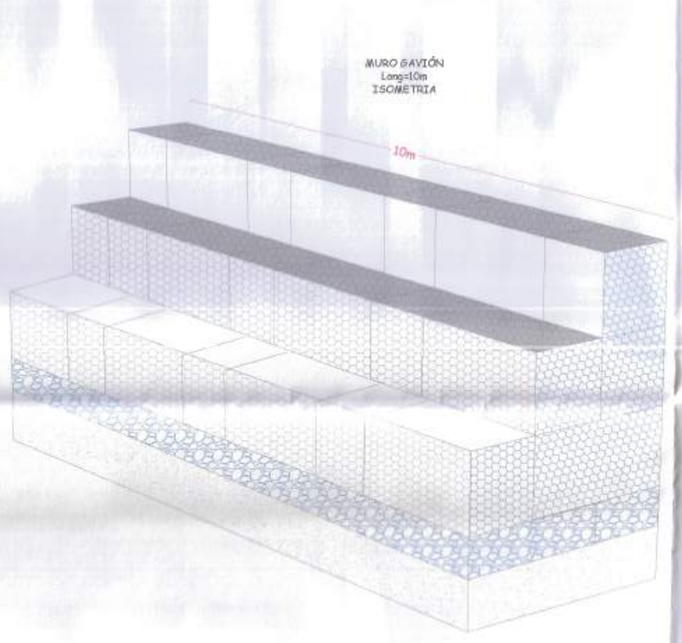
DISEÑO HIDRAULICO E HIDROLOGICO

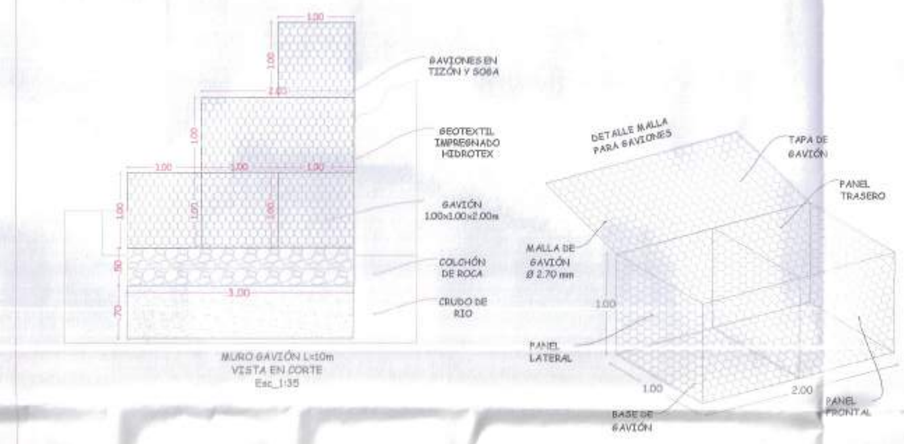
ESCALA
INDICADAS

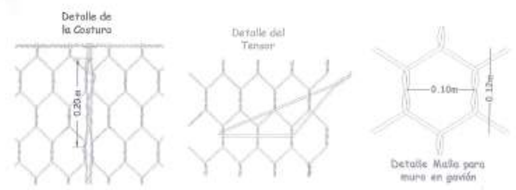
FECHA
MARZO 2026

PLANO N°
6/14









ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

GAVIONES CAJA MATERIAL SELECCIONADO	= P.G. Ø6" A 8" CAJA DE 2.00x1.00x1.00 m
TIPO Y ESPECIFICACIONES MALLA DE CAJA	=Doble Torsión (ASTM A975-97) Hex. 10x12cm

NOTAS:

1. Los gaviones a utilizar serán tipo Maccaferri o similar y deberán cumplir con las siguientes especificaciones mínimas:
   - Gaviones caja fuerte o Tipo 1 será de dimensiones de 1.00 x 1.00 x 2.00m con longitud según el nivel correspondiente y serán confeccionados en malla hexagonal de doble torsión, tipo 10x12, a partir de alambres recubiertos estilo 2, conforme la NTC 5333, en el diámetro de 2.70mm para los paños que conforman la base y pared posterior y diámetro de 3.40mm para los paños que conforman la pared frontal, tapa superior y una de las paredes laterales. Los gaviones tipo caja fuerte presentan diafragmas insertados de metro en metro durante el proceso de fabricación y son acompañados del alambre del mismo tipo, para las operaciones de amarre y atirantado, con diámetro de 2,20 mm y en la proporción de 9% sobre el peso de los gaviones con 1,00 m de altura.
2. El geotextil no tejido a emplear será del tipo NT-3000 PAVCO o similar y deberá cumplir con los siguientes especificaciones mínimas: * Resistencia mínima a la tensión 800 N (180 lb). * Resistencia mínima al punzonamiento 460 N (103 lb). * Resistencia al rasgado trapezoidal 320 N (72 lb).*Tamaño de abertura aparente 0.15 mm.*Espesor mínimo 2.20 mm.* Permeabilidad 40 x 10 cm/s.
3. los Gaviones estarán enterrados a nivel proyectado en perfiles, a los cuales los geocolchones deberán estar anclados a través de alambre estilo 2 de diámetro 2.20 mm.

CUADRO DE CONVENCIONES

Predio — CURVA MAYOR
Edificación — CURVA MENOR
Vivienda — VIAS
Cultivos — TTE ENERGIA
Bosque — BORDE VIAS

OBJETO :
MEJORAMIENTO DE LA INFRAESTRUCTURA VIAL EN LA VIA TAME - PUERTO RONDON, DEPARTAMENTO DE ARAUCA

ELABORÓ:

JUAN CAMILO LEIVA
INGENIERO CIVIL
ESP EN RECURSOS HIDRICOS
MP. 25202-423094

DIBUJO:

JUAN CAMILO LEIVA
ESP. EN RECURSOS HIDRICOS

OBSERVACIONES

DESCRIPCION	FECHA

CONTIENE:

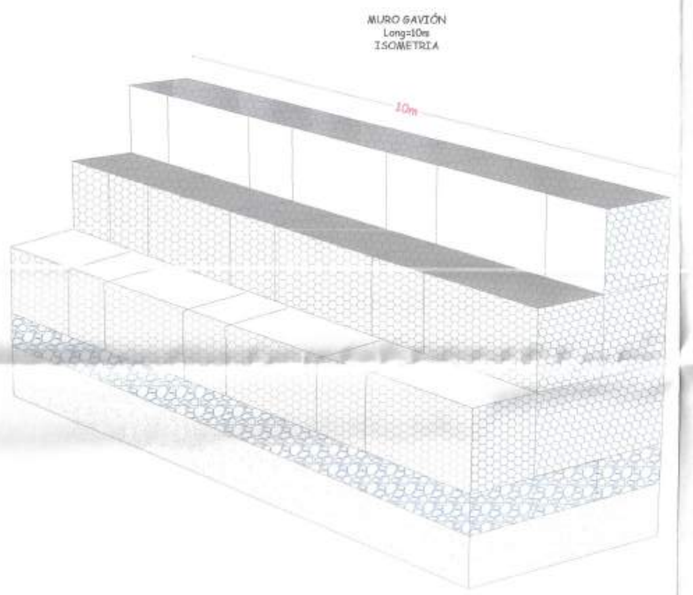
DISEÑO HIDRAULICO E HIDROLOGICO

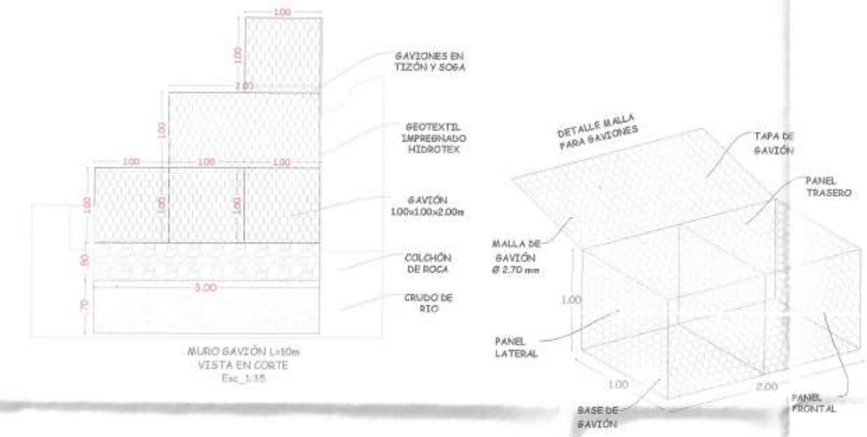
ESCALA	FECHA
INDICADAS	MARZO 2026

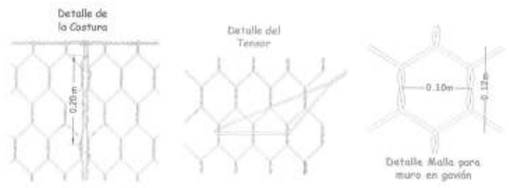
PLANO N°

7/14









ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

GAVIONES CAJA MATERIAL SELECCIONADO	= P.6. Ø6° A 8° CAJA DE 2.00x1.00x1.00 m
TIPO Y ESPECIFICACIONES MALLA DE CAJA	=Doble Torsión (ASTM A975-97) Hex. 10x12cm

NOTAS:

1. Los gaviones a utilizar serán tipo Maccaferri o similar y deberán cumplir con las siguientes especificaciones mínimas:
   * Gaviones caja fuerte o Tipo 1 será de dimensiones de 1.00 x 1.00 x 2.00m con longitud según el nivel correspondiente y serán confeccionados en malla hexagonal de doble torsión, tipo 10x12, a partir de alambres recubiertos estilo 2, conforme la NTC 5333, en el diámetro de 2.70mm para los paños que conforman la base y pared posterior y diámetro de 3.40mm para los paños que conforman la pared frontal, tapa superior y una de las paredes laterales. Los gaviones tipo caja fuerte presentan diafragmas insertados de metro en metro durante el proceso de fabricación y son acompañados del alambre del mismo tipo, para las operaciones de amarre y atirantado, con diámetro de 2,20 mm y en la proporción de 9% sobre el peso de los gaviones con 1,00 m de altura.
2. El geotextil no tejido a emplear será del tipo NT-3000 PAVCO o similar y deberá cumplir con las siguientes especificaciones mínimas: * Resistencia mínima a la tensión 800 N (180 lb). * Resistencia mínima al punzonamiento 460 N (103 lb). * Resistencia al rasgado trapezoidal 320 N (72 lb).*Tamaño de abertura aparente 0.15 mm.*Espesor mínimo 2.20 mm.* Permeabilidad 40 x 10 cm/s.
3. los Gaviones estarán enterradas a nivel proyectado en perfiles, a los cuales los geocolchones deberán estar anclados a través de alambre estilo 2 de diámetro 2.20 mm.

OBJETO :
MEJORAMIENTO DE LA INFRAESTRUCTURA VIAL EN LA VIA TAME - PUERTO RONDON, DEPARTAMENTO DE ARAUCA

ELABORÓ:

JUAN CAMILO LEIVA
INGENIERO CIVIL
ESP EN RECURSOS HIDRICOS
MP. 25202-423094

DIBUJO:

JUAN CAMILO LEIVA
ESP. EN RECURSOS HIDRICOS

OBSERVACIONES

DESCRIPCION	FECHA

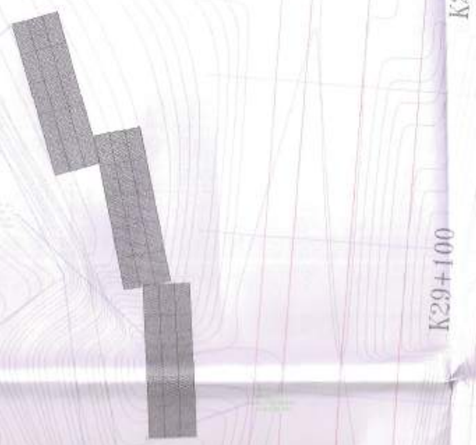
CONTIENE:

DISEÑO HIDRAULICO E HIDROLOGICO

ESCALA
INDICADAS

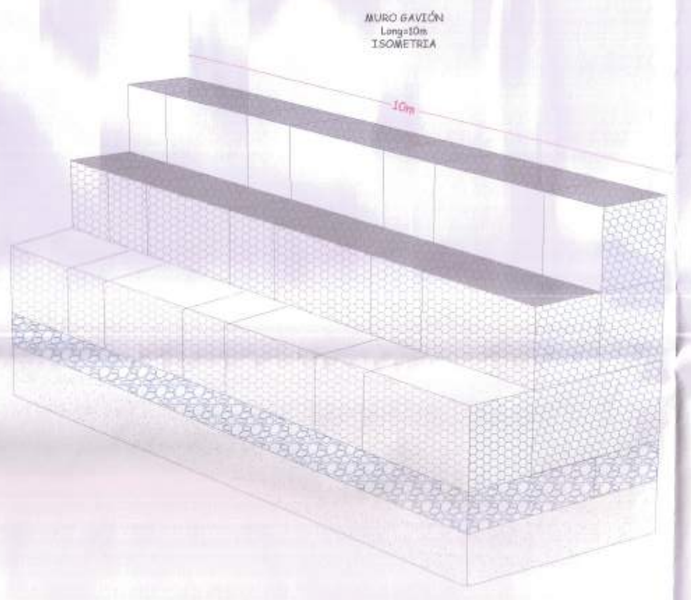
FECHA
MARZO 2026

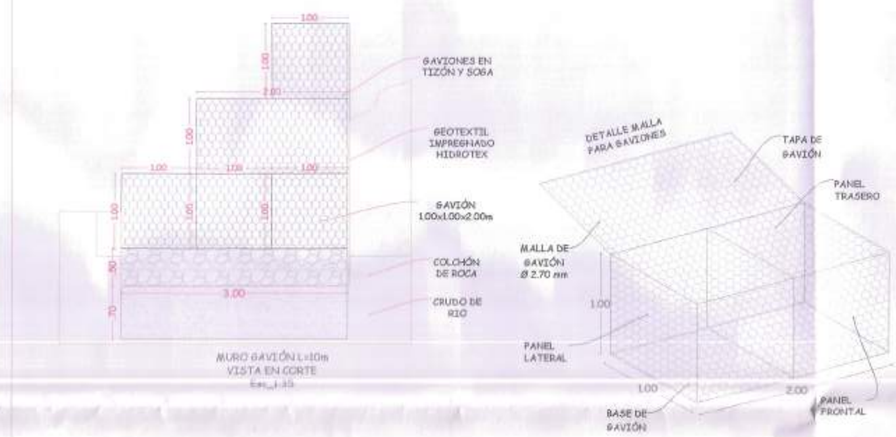
PLANO N°
8/14

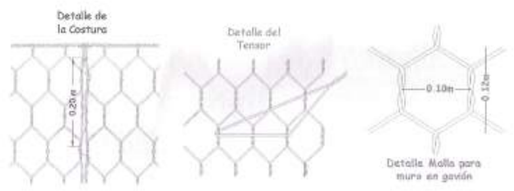




PC: K29+142







ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

GAVIONES CAJA MATERIAL SELECCIONADO	= P.G. Ø6" A 8" CAJA DE 2.00x1.00x1.00 m
TIPO Y ESPECIFICACIONES MALLA DE CAJA	=Doble Torsión (ASTM A975-97) Hex. 10x12cm

NOTAS:

1. Los gaviones a utilizar serán tipo Maccaferri o similar y deberán cumplir con las siguientes especificaciones mínimas:
   * Gaviones caja fuerte o Tipo 1 será de dimensiones de 1.00 x 1.00 x 2.00m con longitud según el nivel correspondiente y serán confeccionados en malla hexagonal de doble torsión, tipo 10x12, a partir de alambres recubiertos estilo 2, conforme la NTC 5333, en el diámetro de 2.70mm para los paños que conforman la base y pared posterior y diámetro de 3.40mm para los paños que conforman la pared frontal, tapa superior y una de las paredes laterales. Los gaviones tipo caja fuerte presentan diafragmas insertados de metro en metro durante el proceso de fabricación y son acompañados del alambre del mismo tipo, para las operaciones de amarre y atirantado, con diámetro de 2,20 mm y en la proporción de 9% sobre el peso de los gaviones con 1,00 m de altura.
2. El geotextil no tejido a emplear será del tipo NT-3000 PAVCO o similar y deberá cumplir con las siguientes especificaciones mínimas: * Resistencia mínima a la tensión 800 N (180 lb). * Resistencia mínima al punzonamiento 460 N (103 lb). * Resistencia al rasgado trapezoidal 320 N (72 lb).*Tamaño de abertura aparente 0.15 mm.*Espesor mínimo 2.20 mm.* Permeabilidad 40 x 10 cm/s.
3. los Gaviones estarán enterradas a nivel proyectado en perfiles, a los cuales los geocolchones deberán estar anclados a través de alambre estilo 2 de diámetro 2.20 mm.

OBJETO :
MEJORAMIENTO DE LA INFRAESTRUCTURA VIAL EN LA VIA TAME - PUERTO RONDON, DEPARTAMENTO DE ARAUCA

ELABORÓ:

JUAN CAMILO LEIVA
INGENIERO CIVIL
ESP EN RECURSOS HIDRICOS
MP. 25202-423094

DIBUJÓ:

JUAN CAMILO LEIVA
ESP. EN RECURSOS HIDRICOS

OBSERVACIONES

DESCRIPCION	FECHA

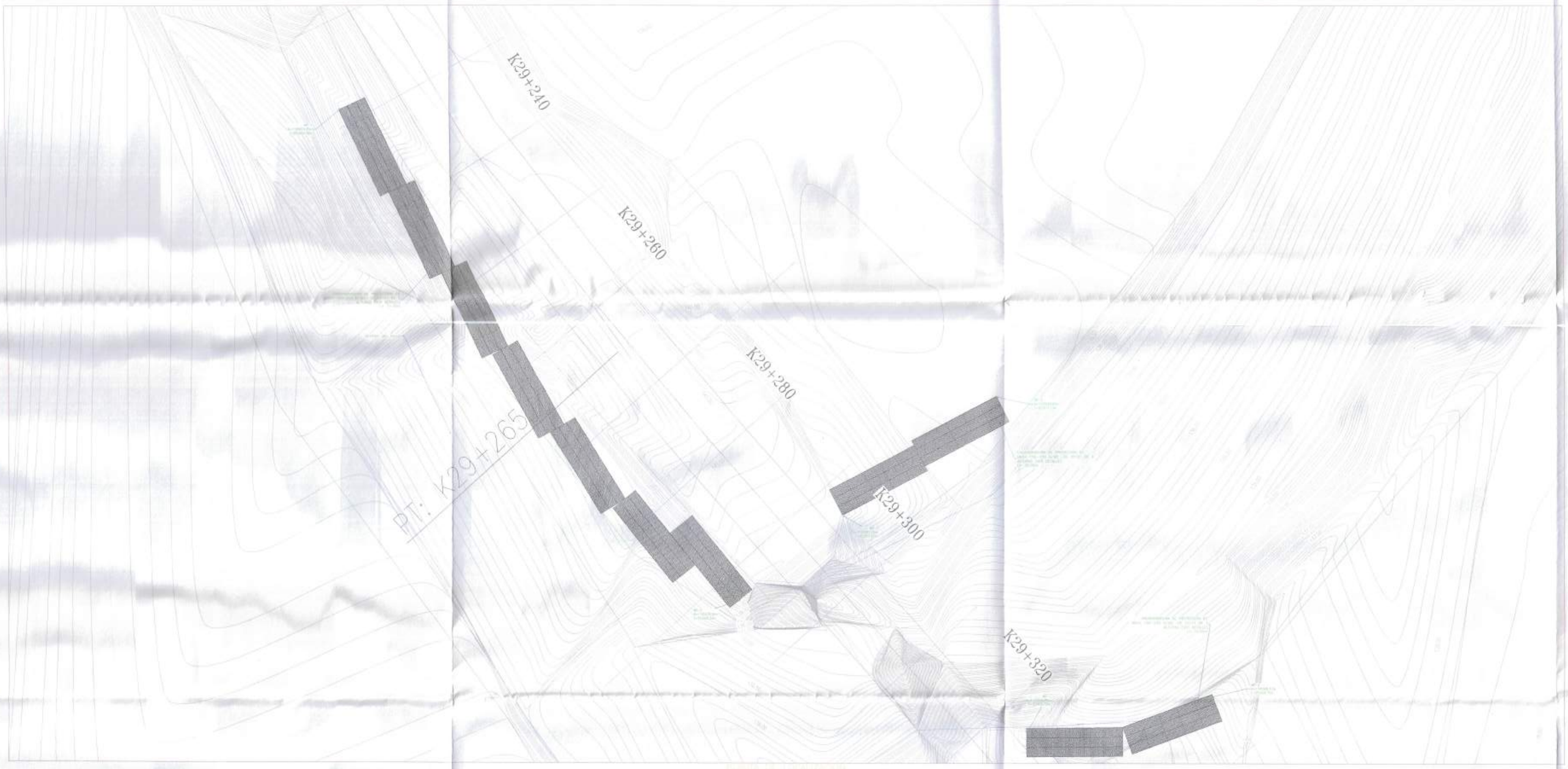
CONTIENE:

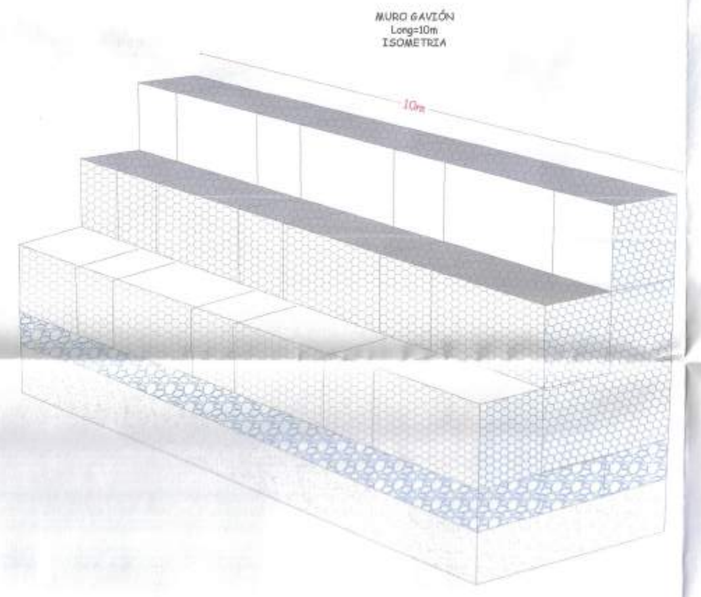
DISEÑO HIDRAULICO E HIDROLOGICO

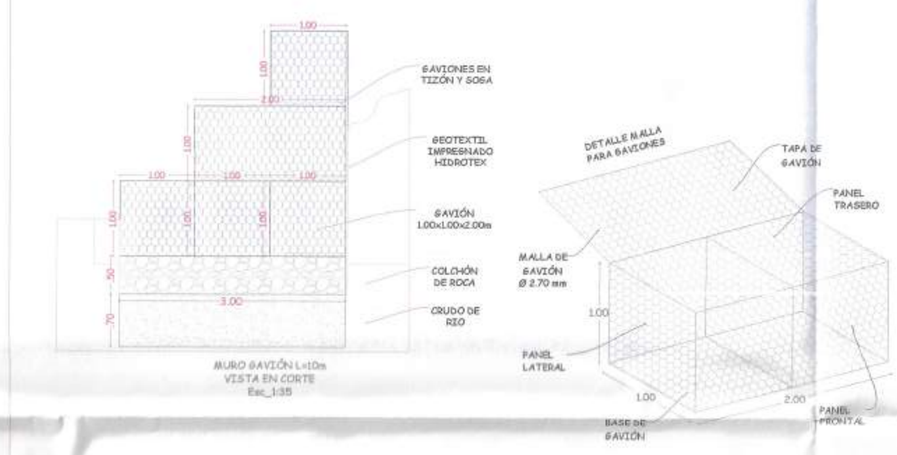
ESCALA	FECHA
INDICADAS	MARZO 2026

PLANO N°

9/14









ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

GAVIONES CAJA MATERIAL SELECCIONADO	= P.G. Ø6" A 8" CAJA DE 2.00x1.00x1.00 m
TIPO Y ESPECIFICACIONES MALLA DE CAJA	=Doble Torsión (ASTM A975-97) Hex. 10x12cm

NOTAS:

1. Los gaviones a utilizar serán tipo Maccaferri o similar y deberán cumplir con las siguientes especificaciones mínimas:
   - Gaviones caja fuerte o Tipo 1 será de dimensiones de 1.00 x 1.00 x 2.00m con longitud según el nivel correspondiente y serán confeccionados en malla hexagonal de doble torsión, tipo 10x12, a partir de alambres recubiertos estilo 2, conforme la NTC 5333, en el diámetro de 2.70mm para los paños que conforman la base y pared posterior y diámetro de 3.40mm para los paños que conforman la pared frontal, tapa superior y una de las paredes laterales. Los gaviones tipo caja fuerte presentan diafragmas insertados de metro en metro durante el proceso de fabricación y son acompañados del alambre del misma tipo, para las operaciones de amarre y atirantado, con diámetro de 2,20 mm y en la proporción de 9% sobre el peso de los gaviones con 1,00 m de altura.
2. El geotextil no tejido a emplear será del tipo NT-3000 PAVCO o similar y deberá cumplir con las siguientes especificaciones mínimas: * Resistencia mínima a la tensión 800 N (180 lb). * Resistencia mínima al punzonamiento 460 N (103 lb). * Resistencia al rasgado trapezoidal 320 N (72 lb).*Tamaño de abertura aparente 0.15 mm.*Espesor mínimo 2.20 mm.* Permeabilidad 40 x 10 cm/s.
3. los Gaviones estarán enterradas a nivel proyectado en perfiles, a los cuales los geocolchones deberán estar anclados a través de alambre estilo 2 de diámetro 2.20 mm.

OBJETO :
MEJORAMIENTO DE LA INFRAESTRUCTURA VIAL EN LA VIA TAME - PUERTO RONDON, DEPARTAMENTO DE ARAUCA

ELABORÓ:

JUAN CAMILO LEIVA
INGENIERO CIVIL
ESP EN RECURSOS HIDRICOS
MP. 25202-423094

DIBUJÓ:

JUAN CAMILO LEIVA
ESP. EN RECURSOS HIDRICOS

OBSERVACIONES

DESCRIPCION	FECHA

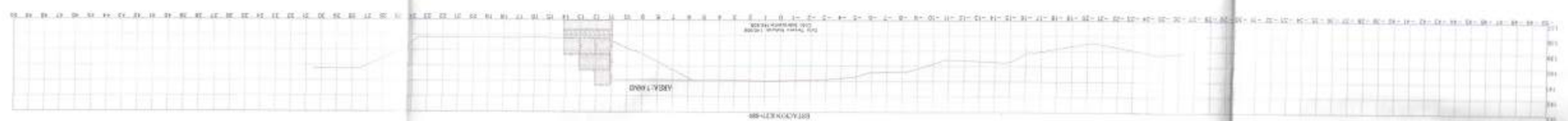
CONTIENE:

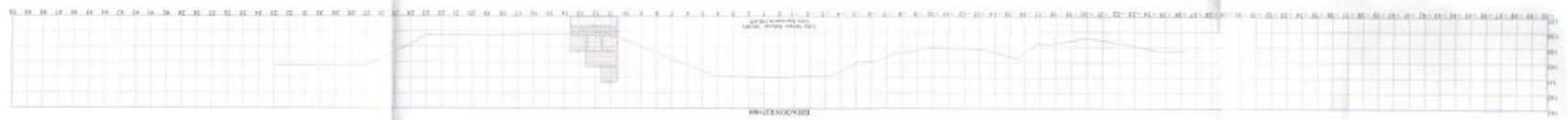
DISEÑO HIDRAULICO E HIDROLOGICO

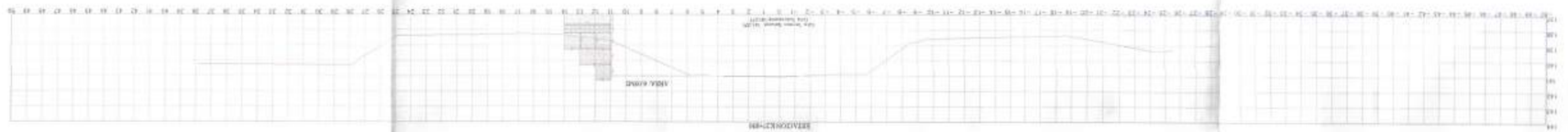
ESCALA
INDICADAS

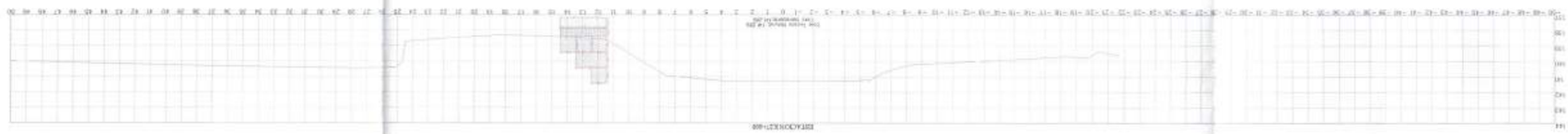
FECHA
MARZO 2026

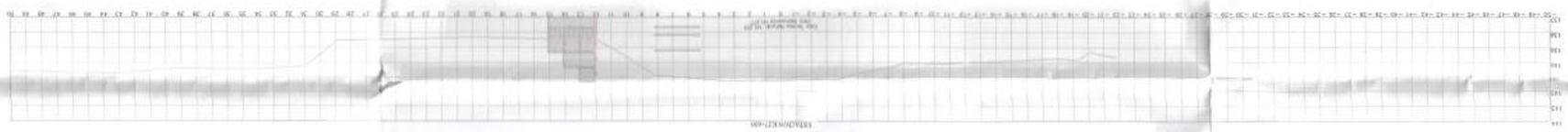
PLANO N°
10/14

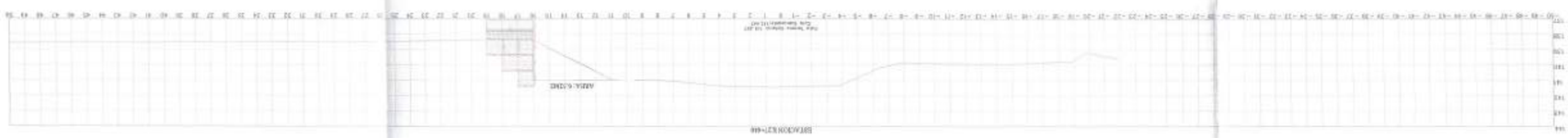












PLANO Nº

11/14

ESCALA
INDICADAS

FECHA
MARZO
2026

CONTIENE:

DISEÑO
HIDRAULICO
E
HIDROLOGICO

OBSERVACIONES

DESCRIPCION	FECHA

DIBUJO:

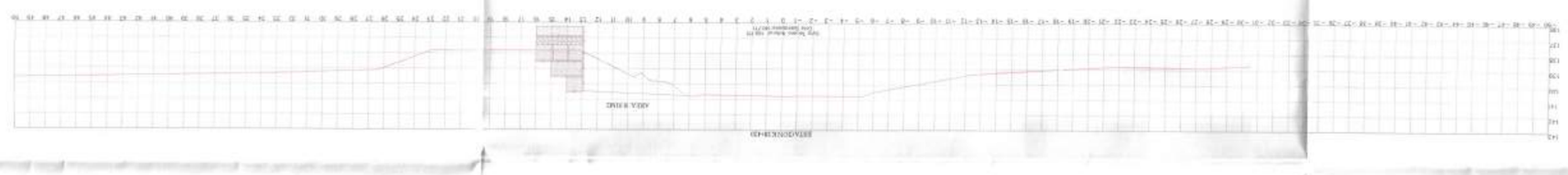
JUAN DAMILD LEIVA
ESP. EN RECURSOS
HIDRICOS

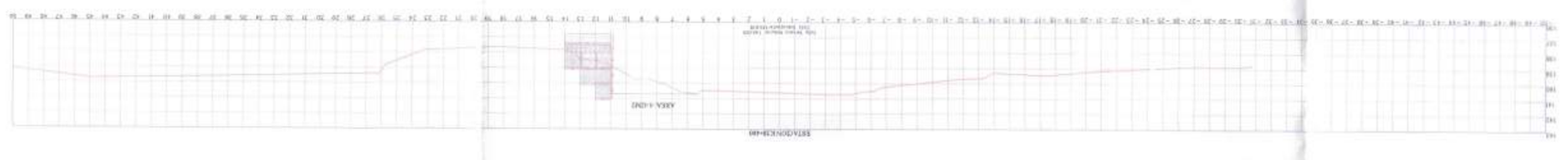
ELABORÓ:

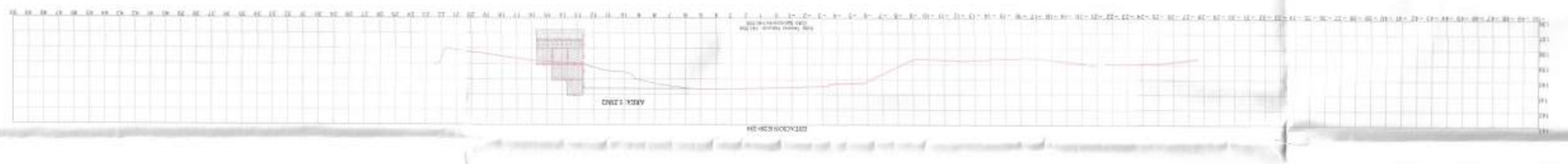
JUAN DAMILD-LEIVA
INGENIERO CIVIL
ESP EN RECURSOS HIDRICOS
MP. 25202-423094

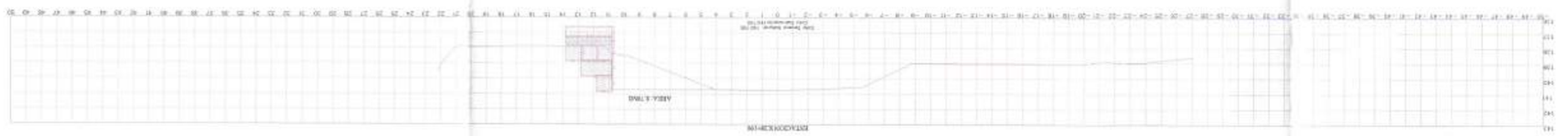
OBJETO :

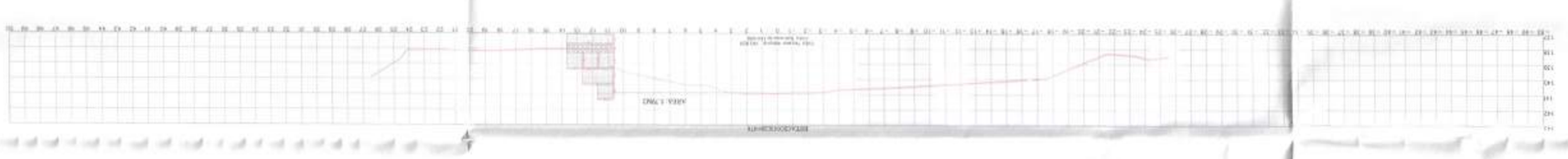
MEJORAMIENTO DE LA
INFRAESTRUCTURA VIAL EN LA VIA
TAME - PUERTO RONDON,
DEPARTAMENTO DE ARAUCA

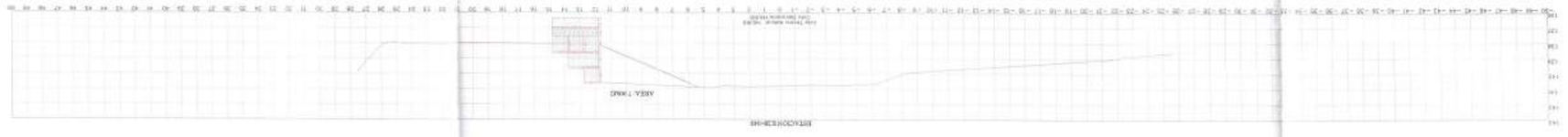












PLANO Nº

12/14

ESCALA
INDICADAS

FECHA
MARZO
2026

CONTIENE:
DISEÑO
HIDRAULICO
E
HIDROLOGICO

OBSERVACIONES

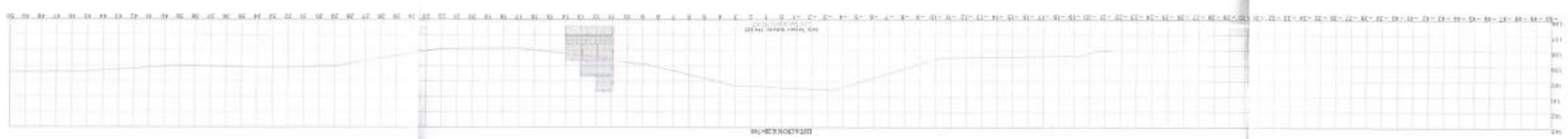
DESCRIPCION	FECHA

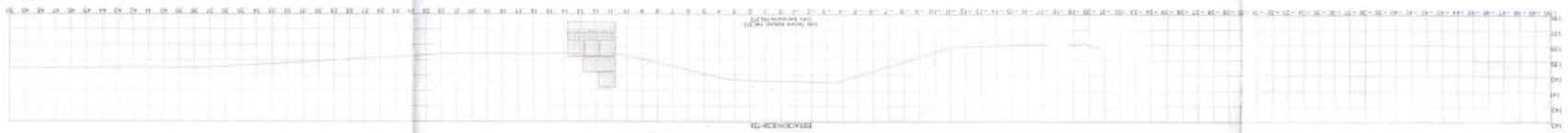
DIBUJO:

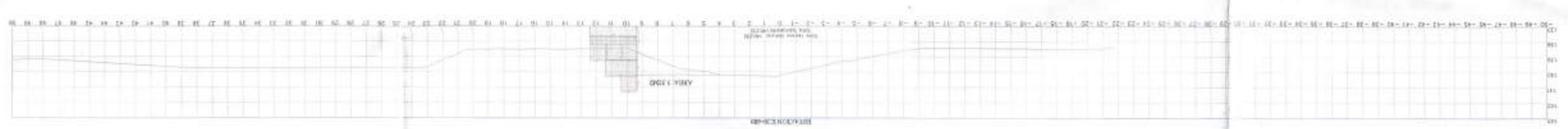
ELABORÓ:

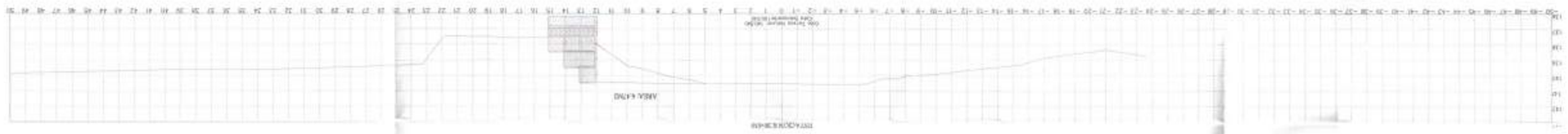
JUAN CAMILO LEIVA
INGENIERO CIVIL
ESP EN RECURSOS HIDRICOS
MP. 25202-423094

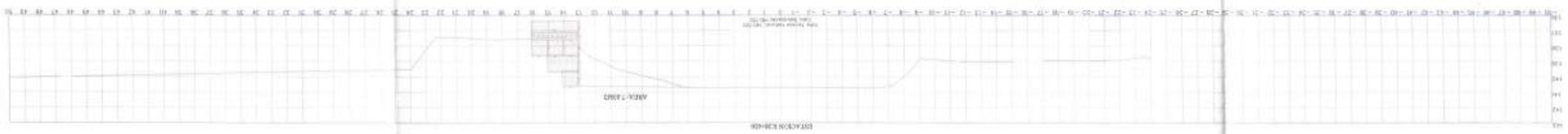
OBJETO :
MEJORAMIENTO DE LA
INFRAESTRUCTURA VIAL EN LA VIA
TAME - PUERTO RONDON,
DEPARTAMENTO DE ARAUCA











PLANO Nº

13/14

ESCALA
INDICADAS

FECHA
MARZO
2026

CONTIENE:

DISEÑO
HIDRAULICO
E
HIDROLOGICO

OBSERVACIONES

DESCRIPCION	FECHA

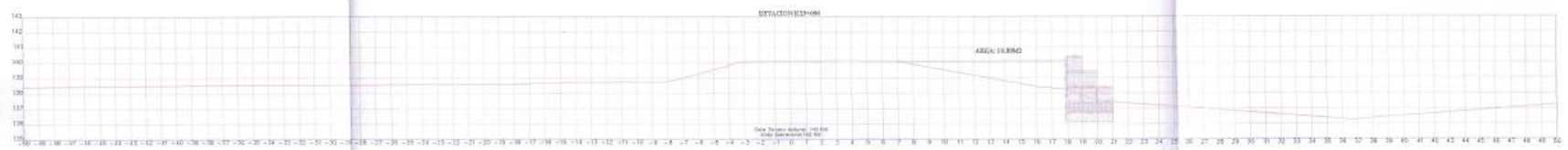
DIBUJO:

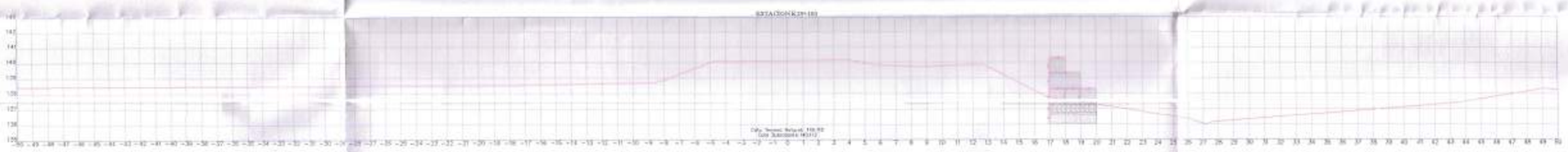
JUAN CAMILO LEIVA
ESP. EN RECURSOS HIDRICOS

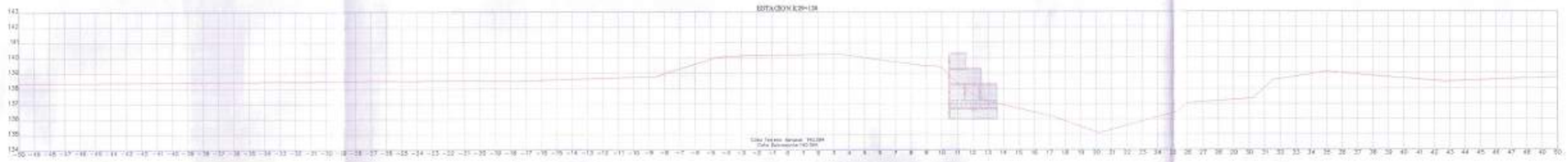
ELABORÓ:

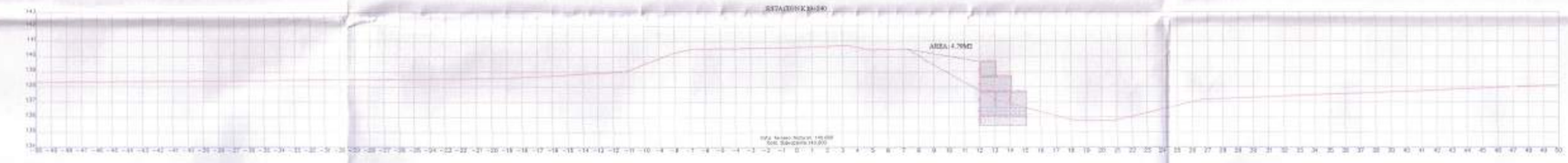
JUAN CAMILO LEIVA
INGENIERO CIVIL
ESP EN RECURSOS HIDRICOS
MP. 25202-423094

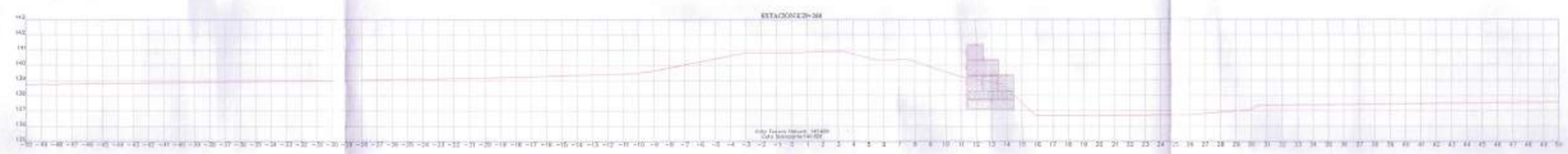
OBJETO :
MEJORAMIENTO DE LA
INFRAESTRUCTURA VIAL EN LA VIA
TAME - PUERTO RONDON,
DEPARTAMENTO DE ARAUCA

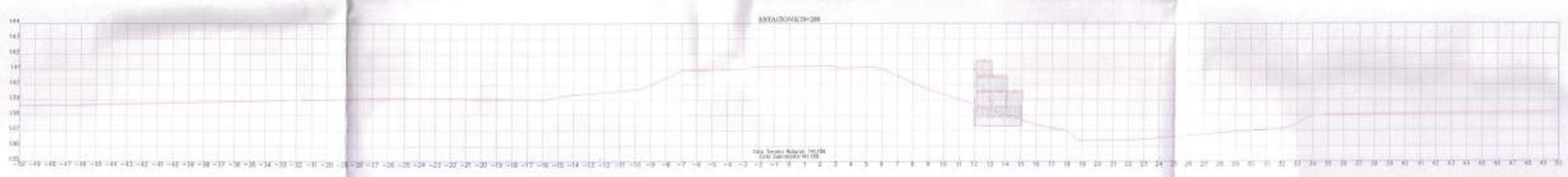


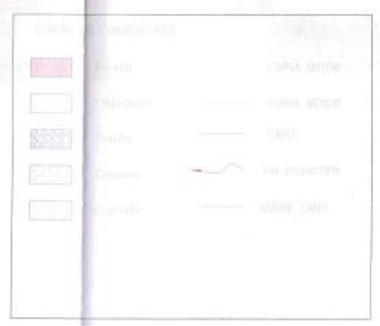












OBJETO :
MEJORAMIENTO DE LA INFRAESTRUCTURA VIAL EN LA VIA TAME - PUERTO RONDON, DEPARTAMENTO DE ARAUCA

ELABORÓ:

JUAN CAMILO LEIVA
INGENIERO CIVIL
ESP EN RECURSOS HIDRICOS
MP. 25202-423094

DIBUJÓ:

JUAN CAMILO LEIVA
ESP. EN RECURSOS HIDRICOS

OBSERVACIONES

DESCRIPCION	FECHA

CONTIENE:

DISEÑO HIDRAULICO E HIDROLOGICO

ESCALA
INDICADAS

FECHA
MARZO 2026

PLANO N°
14/14