

INFORME DE EVALUACIÓN DEL PUENTE METÁLICO DE PASTALES IBAGUÉ

**FRANCISCO JAVIER MARULANDA OCAMPO
INGENIERO CIVIL MAGISTER EN INGENIERÍA - ESTRUCTURAS,
MATRÍCULA 25202-30726CND**

— Fundación —



IBAGUÉ, ENERO DE 2025

TABLA DE CONTENIDO

LOCALIZACIÓN Y DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO, ANTECEDENTES	3
CARTOGRAFÍA E HIDROLOGÍA UTILIZADA	7
DETERMINACIÓN DEL TIEMPO DE CONCENTRACIÓN	10
DETERMINACIÓN DE LOS HIETOGRAMAS DE DISEÑO	17
CALCULO DE HIDROGRAMAS DE CRECIENTE Y CAUDAL PICO	29
CALCULOS HIDRÁULICOS DE LA QUEBRADA LA PLATA SECTOR PUENTE PASTALES.....	34
DETERMINACIÓN DE LA RUGOSIDAD DE MANNIG n	34
PERFILES HIDRAULICOS.....	34
SOCAVACIÓN	42
CONCLUSIONES GENERALES.....	49
ANEXO DATOS DE PRECIPITACIÓN ESTACIÓN 21210030 PASTALES	61
ANEXO FOTOGRÁFICO.....	67
ANEXO PLANOS TOPOGRAFÍA.....	68

LOCALIZACIÓN Y DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO, ANTECEDENTES

Se realiza el presente estudio de estado del puente vehicular metálico sobre la quebrada la Plata en el corregimiento de Villa Restrepo, vereda Pastales en el cañón del Combeima, municipio de Ibagué. Aproximadamente a 11 kilómetros de la vía que conduce del barrio libertador de la cabecera municipal de Ibagué hacia el corregimiento de Villa Restrepo. Ver figura 1.

El puente metálico de Pastales, se ubica en las coordenadas geográficas: 4°30'38.8"N 75°18'02"W.

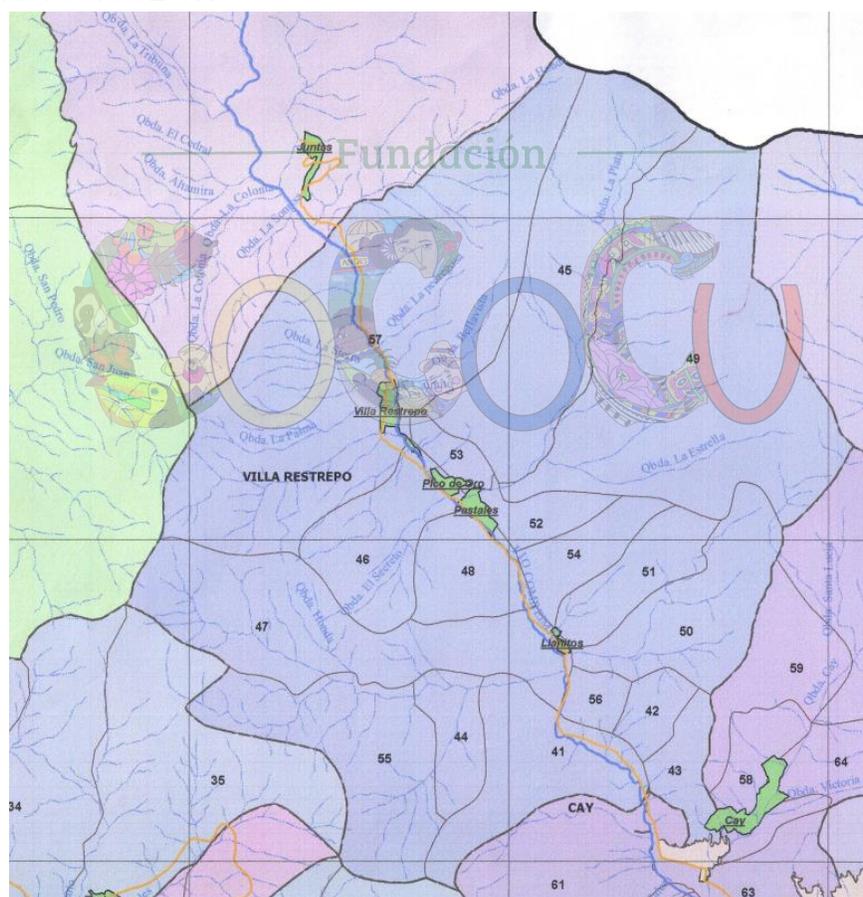


Figura 1 Vereda Pastales, en el corregimiento de Villa Restrepo, Ibagué. (Fuente <https://ibague.gov.co/portal/admin/archivos/publicaciones/2023/12818-DOC-20230112090216.pdf>)

Eventos de flujo de lodos:

De acuerdo con Qhubo, con fecha de publicación 28 de septiembre de 2021 en: (<https://www.qhuboibague.com/memorias-del-rio-combeima-62-anos-de-tragedias-emergencias-y-calamidades-2/107708/>), se tiene los siguientes antecedentes:

Avalancha del 29 y 30 de junio de 1959:

“En la madrugada del lunes 29 y martes 30 de junio de 1959 ocurrió el desastre natural más catastrófico del que se tenga dato en la capital tolimense”.

“Una avalancha del río Combeima y varios de sus afluentes tributarios arrasó con los caseríos de Juntas y parte de Villa Restrepo y Pastales, dejando como consecuencia más de 200 muertos, familias damnificadas y cientos de hectáreas de cultivos destruidas a lo largo del trayecto que recorre hasta su desembocadura en el río Coello, a la altura de la zona conocida como Llanos del Combeima”.

“Existen varias versiones acerca del número de víctimas mortales, algunos afirman que fueron entre 400 y 500, otros dicen que 200 o menos. De lo que sí se tiene certeza es que este hecho marcó la historia de la ciudad y en especial del Cañón del Combeima”

Avalancha del 2 de julio de 1987, en cañón del Combeima y otros barrios de Ibagué:

“El 2 de julio de 1987, sucedió una tragedia en el Cañón del Combeima y algunos barrios de Ibagué como consecuencia de una creciente en el río. Según la prensa de la época, un desbordamiento de las quebradas la Plata, Platica, Bellavista y Peña Roja, provocaron la emergencia”.

“Este hecho dejó como consecuencia 15 muertos, 50 heridos, 15 barrios afectados, 23 desaparecidos, 250 viviendas

destruidas, más de dos mil damnificados y la completa destrucción de casas, cultivos y enseres en Pastales y sectores ribereños, al igual que una emergencia sanitaria en toda la ciudad a raíz de los daños en la bocatoma del acueducto de Ibagué”.

“Después de 12 días del siniestro, las autoridades seccionales encabezadas por el gobernador del Tolima, Juan Tole Lis, debieron solicitar ayuda urgente al Gobierno nacional en materia de vivienda, acueducto, auxilio a los damnificados y atención a la hoya del Combeima y sus afluentes, pues hasta ese momento los organismos de orden nacional no habían ofrecido apoyo a la urgencia en la capital Musical”.

“ ‘No resulta exagerado afirmar que, en caso de una nueva creciente del Combeima, Ibagué quede borrado del mapa’ afirmó el gobernador Tole Lis ante la gravedad de los riesgos que para aquella época amenazaban la ciudad y luego de calcular que se necesitarían más de tres mil millones de pesos para financiar las obras de reconstrucción y mitigación luego de la tragedia del Combeima”.

Avalancha de Villa Restrepo 2009:

“El miércoles primero de julio de 2009, 22 años después de la tragedia de 1987, hubo una nueva avalancha en el Cañón del Combeima que causó graves afectaciones al corregimiento Villa Restrepo. La emergencia de ese día dejó cientos de personas damnificadas, destrozos en varios sectores y a Ibagué sin el servicio de acueducto durante cuatro días”.

“El profesor de la Universidad del Tolima, Henry Garzón, visitó ese día, junto a Jesús María Botero, alcalde de Ibagué, la zona que arrasó la avalancha. Garzón explicó que las constantes avalanchas en el Cañón del Combeima se debían a que las microcuencas de la zona son bastante torrenciales”.

Avalancha del 23 de septiembre de 2021:

“En la madrugada del jueves 23 de septiembre hubo una creciente del río Combeima que dejó más de 200 familias afectadas en la zona rural del Cañón y 14 barrios del Sur de Ibagué. La emergencia fue atendida por los organismos de socorro que desde la noche anterior estuvieron pendientes de la evacuación de las personas que habitaban cerca al afluente”.

“Según las autoridades, alrededor de 175 viviendas sufrieron daños y 39 resultaron con pérdida total luego de que la fuerza del caudal arrasara con lo que encontraba a su paso”.

Fundación

“La emergencia, a pesar de su gravedad, no dejó personas fallecidas, esto gracias al monitoreo y la rápida reacción de las autoridades que iniciaron labores de evacuación desde la noche anterior”.

“Habitantes de algunas veredas del Cañón del Combeima y barrios como Baltazar, Industrial, Matallana, Santofimio, El Palmar, Avenida, Yuldaima, San José, La Isla, Uribe Uribe, El Bosque, La Cartagena y Cámbulos tuvieron que pasar la noche donde vecinos y familiares, a la espera de que la Alcaldía de Ibagué les ofreciera soluciones a su difícil situación”.

De acuerdo con el periódico el Espectador, en fecha del 1 de junio de 2015 en: (<https://www.elespectador.com/colombia/mas-regiones/riesgo-en-el-canon-del-combeima-ibague-article-563903/>) se tiene los siguientes antecedentes:

“Registros señalan que el 29 de junio de 1959 el río arremetió contra Villa Restrepo, Juntas e Ibagué, arrasó con casas y puentes, dejó un saldo de 120 personas muertas y 350 damnificadas. El 4 de julio de 1987, las quebradas la Plata, Platica, Bellavista y Peña Roja, presentaron deslizamientos,

derrumbes, flujos de escombros e inundaciones en Pastales, que dejaron 15 muertos y 2.300 damnificados. El 5 y 22 de julio de 2006 se produjeron derrumbes, deslizamientos, avalanchas, taponamientos de la bocatoma del acueducto, desaparición parcial del corregimiento de Villa Restrepo, destrucción de casas y pérdida de cultivos y ganado”.

De acuerdo con Alerta Tolima en:

https://repositorio.gestiondelriesgo.gov.co:8443/bitstream/handle/20.500.11762/35384/464_2020.png?sequence=1&isAllowed=y se tiene los siguientes antecedentes:

“Las lluvias también generaron crecimiento de la quebrada La Plata donde se vio incomunicado el paso hacia el sector de Bella Vista. No paran los estragos por las lluvias en la zona rural de Ibagué, según el secretario de Ambiente y Gestión del Riesgo, César Gutiérrez, las zonas más afectadas en las últimas 24 horas han sido los caseríos Llanitos y Villa Restrepo. También colapsó la quebrada La Plata, donde se vio incomunicado el paso hacia el sector de Bella Vista”.

De acuerdo con elconfesionario.com se muestra un video de una creciente ocurrida en la quebrada la Plata. Ver en el siguiente link: <https://www.facebook.com/reel/512836697987669>

CARTOGRAFÍA E HIDROLOGÍA UTILIZADA

El puente metálico de Pastales, se ubica en las coordenadas 864265E,990668N y coordenadas geográficas aproximadas 4°30'38.8"N 75°18'02"W.

La cuenca hidrográfica de la quebrada La Plata, que desemboca en el río Combeima, en el centro poblado de Pastales, vereda Pastales, corregimiento de Villa Restrepo, se enmarca dentro del rectángulo dado por las coordenadas extremas de su diagonal: 864222E,990090N a 869858E,997306N.

La cartografía utilizada corresponde a la del IGAC, ajustada por CORTOLIMA y por el IDEAM.

La información cartográfica e hidrológica tomada de CORTOLIMA, consultada el día 9 de enero de 2025 corresponde a:

Zonificación Ambiental del Plan de Ordenación y Manejo de la Cuenca Hidrográfica del Rio Coello, Municipios de Cajamarca, Ibagué, Rovira, San Luis, Coello, Espinal y Flandes del Departamento del Tolima. Escala 25000 Año 2019.

CCoelloZonific_7113255082107455517.xlsx

https://datosabiertos.CORTOLIMA.gov.co/datasets/9659bd2b87e44869b05402f61e914789_0/about

Subzonas hidrograficas rio Coello, por CORTOLIMA 9 ene 2025

Código de la cuenca de la Quebrada La Plata: 2121.10.5 _____

Tablas_Doc_IUA_Definitivo_07_05_2021.pdf

https://CORTOLIMA.gov.co/images/noticias/actualidad_tua/liquidacion_tua_2021/Tablas_Doc_IUA_Definitivo_07_05_2021.pdf

CARACTERIZACION_HIDROLOGICA CUENCA RIO COELLO.pdf

https://CORTOLIMA.gov.co/images/POMCA/Rio_Coello/2fase/CARACTERIZACION_HIDROLOGICA.pdf

Archivos de POMCA Rio Coello 2004:

<https://datosabiertos.CORTOLIMA.gov.co/documents/5073f42a1bb940ee82245f61dd768451/explore>

Algunas partes de lo anterior:

2_1 Estudio Morfometrico Cuenca Rio Coello

<https://datosabiertos.CORTOLIMA.gov.co/documents/5073f42a1bb940ee82245f61dd768451/explore>

2_3 Hidrologia Cuenca Mayor Rio Coello

https://CORTOLIMA.gov.co/images/planes_y_programas/recurso_hidrico/pomca/COELLO/2004/II_FASE_DIAGNOSTICO/D-%202.3%20HIDROLOGIA%20SUPERFICIAL.pdf

La información cartográfica e hidrológica tomada del IDEAM, consultada el día 9 de enero de 2025 corresponde a:

Curvas de IDF del IDEAM estaciones. bajado el 9 de enero de 2025 de:

21210030_IDF_PASTALES_15032017.pdf.pdf

http://dhime.IDEAM.gov.co/InformacionEspecial/21210030/21210030_IDF_PASTALES_15032017.pdf.pdf

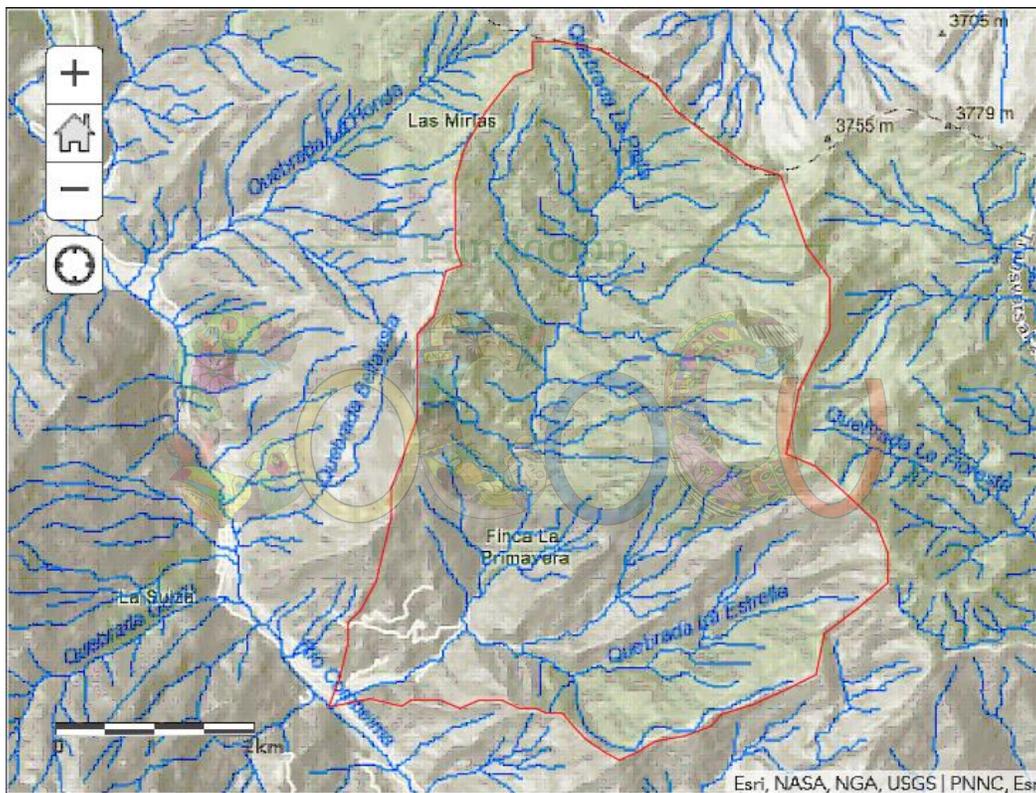


Figura 2 Características de la cuenca de la quebrada La Plata en el sector del puente de Pastales. Área de drenaje 2548Ha, perímetro de la cuenca 21.68km. Longitud y pendiente de la corriente principal: 9.2km 21.23%

Con la información de la cuenca, ver figura 2, se procedió a determinar el tiempo de concentración, y los caudales máximos de creciente.

DETERMINACIÓN DEL TIEMPO DE CONCENTRACIÓN

Para la caracterización de la cuenca de la quebrada La Plata, hasta el sitio del puente de Pastales, se estudió la información del IGAC, CORTOLIMA e IDEAM.

Ver información hidrológica del IDEAM en el “Anexo datos de precipitación estación 21210030 Pastales”

En la determinación del tiempo de concentración se tuvo en cuenta la metodología presentada en el Manual de Drenaje para Carreteras Invias 2009. Se transcriben aquí las ecuaciones y se realizan los cálculos respectivos.

Fundación

1 Ecuación de Kirpich

$$T_c = 0.06628 \left(\frac{L}{S^{0.5}} \right)^{0.77} = 0.06628 \left(\frac{9.2}{0.2123^{0.5}} \right)^{0.77} = 0.66 \text{ horas}$$

Donde:

T_c= 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 m/m

2 Ecuación de Témez

$$T_c = 0.30 \left(\frac{L}{S^{0.25}} \right)^{0.76} = 0.30 \left(\frac{9.2}{21.23^{0.25}} \right)^{0.76} = 0.91 \text{ horas}$$

Donde:

T_c= 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 %

3 Ecuación de Williams

$$D = \sqrt{\left(\frac{4A}{\pi}\right)} = \sqrt{\left(\frac{4 \times 25.48}{\pi}\right)} = 5.70 \text{ km}$$

$$T_c = 0.683 \left(\frac{LA^{0.40}}{DS^{0.25}}\right) = 0.683 \left(\frac{9.2 \times 25.48^{0.40}}{5.70 \times 21.23^{0.25}}\right) = 1.88 \text{ horas}$$

Donde:

Fundación

T_c= Tiempo de concentración, en horas (h)

L= Longitud del cauce principal, en kilómetros (km)

A=Area de la cuenca, en kilómetros cuadrados (km²)

D=Diámetro de una cuenca circular con área "A", en kilómetros

S= Pendiente entre las elevaciones máxima y mínima (pendiente total) del cauce principal, en %

4 Ecuación de Johnstone y Cross

$$T_c = 2.6 \left(\frac{L}{S^{0.5}}\right)^{0.50} = 2.6 \left(\frac{9.2}{212.3^{0.5}}\right)^{0.50} = 2.07 \text{ horas}$$

Donde:

T_c= Tiempo de concentración, en horas (h)

L= Longitud del cauce principal, en kilómetros (km)

S= Pendiente pendiente total del cauce principal, en m/km

5 Ecuación de Giandotti

$$T_c = \frac{4A^{0.5} + 1.50L}{25.3(LS)^{0.5}} = \frac{4(25.48)^{0.5} + 1.50(9.2)}{25.3(9.2 \times 0.2123)^{0.5}} = 0.96 \text{ horas}$$

Donde:

T_c= Tiempo de concentración, en horas (h)

A=Área de la cuenca, en kilómetros cuadrados (km²)

L= Longitud del cauce principal, en kilómetros (km)

S= Pendiente entre las elevaciones máxima y mínima (pendiente total) del cauce principal, en m/m

6 Ecuación de SCS – Ranser

Fundación

$$T_c = 0.947 \left(\frac{L^3}{H} \right)^{0.385} = 0.947 \left(\frac{9.2^3}{1953} \right)^{0.385} = 0.66 \text{ horas}$$

Donde:

T_c= 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)

7 Ecuación de Ventura – Heras

$$T_c = 0.30 \left(\frac{L}{S^{0.25}} \right)^{0.75} = 0.30 \left(\frac{9.2}{21.23^{0.25}} \right)^{0.75} = 0.89 \text{ horas}$$

Donde:

T_c= 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 %

8 Ecuación de V. T. Chow

$$T_c = 0.273 \left(\frac{L}{S^{0.5}} \right)^{0.64} = 0.273 \left(\frac{9.2}{0.2123^{0.5}} \right)^{0.64} = 1.86 \text{ horas}$$

Donde:

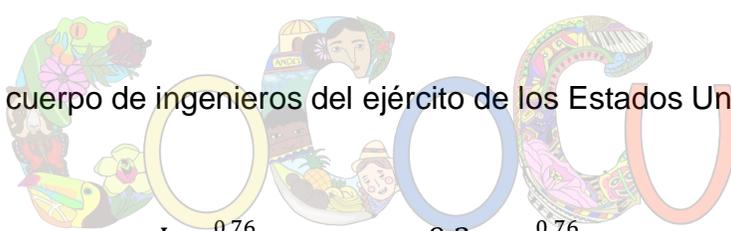
T_c= Tiempo de concentración, en horas (h)

L= Longitud del cauce principal, en kilómetros (km)

S= Pendiente entre las elevaciones máxima y mínima (pendiente total) del cauce principal, en m/m

Fundación

9 Ecuación del cuerpo de ingenieros del ejército de los Estados Unidos


$$T_c = 0.28 \left(\frac{L}{S^{0.25}} \right)^{0.76} = 0.28 \left(\frac{9.2}{0.2123^{0.25}} \right)^{0.76} = 2.03 \text{ horas}$$

Donde:

T_c= 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 m/m

10 Ecuación de Hathaway

$$T_c = \frac{36.36(Ln)^{0.467}}{S^{0.234}} = \frac{36.36(9.2 \times 0.80)^{0.467}}{0.2123^{0.234}} = 132.7 \text{ min} = 2.21 \text{ horas}$$

Donde:

T_c= Tiempo de concentración, en minutos (min)

L= Longitud del cauce principal, en kilómetros (km)

S= Pendiente entre las elevaciones máxima y mínima (pendiente total) del cauce principal, en m/m

Los valores de la rugosidad se toman de la tabla 2.



Tabla 1 Valores de rugosidad n a ser usados en la ecuación de Hathaway

TIPO DE SUPERFICIE	n
Uniforme con suelo impermeable	0.02
Uniforme con suelo desnudo suelto	0.10
Suelo pobre en hierba, con cosecha en hileras o moderadamente rugoso y desnudo	0.20
Pastos	0.40
Bosques maderables desarrollados	0.60
Bosques maderables de coníferas, o bosques maderables desarrollados con una capa profunda de humus vegetal o pastos	0.80

11 Ecuación de retardo del Soil Conservation Service SCS

$$T_c = \frac{\left(\frac{10}{6}\right)L^{0.80}(2540 - 22.86CN)^{0.70}}{14104CN^{0.70}S^{0.5}} = \frac{\left(\frac{10}{6}\right)9200^{0.80}(2540 - 22.86(80))^{0.70}}{14104(80)^{0.70}0.2123^{0.5}}$$

$$= 1.76 \text{ horas}$$

Donde:

Tc= Tiempo de concentración, en horas (h)

CN= Número de curva del SCS, en este caso se tomó un CN=80

L= Longitud del cauce principal, en metros (m)

S= Pendiente entre las elevaciones máxima y mínima (pendiente total) del cauce principal, en m/m

Fundación

12 Ecuación de George Rivero

$$T_c = \frac{16L}{(1.05 - 0.2p)(100S)^{0.04}} = \frac{16(9.2)}{(1.05 - 0.2 \times 0.8)(100 \times 0.2123)^{0.04}}$$

$$= 146.37 \text{ min} = 2.44 \text{ horas}$$

Donde:

Tc= Tiempo de concentración, en minutos (min)

p= relación entre el área de la hoya cubierta de vegetación y el área total de la misma, valor adimensional. En este caso se tomó p=0.80

L= Longitud del cauce principal, en kilómetros (km)

S= Pendiente entre las elevaciones máxima y mínima (pendiente total) del cauce principal, en m/m

En la tabla 2 se resumen los resultados del tiempo de concentración hallados.

Tabla 2 Resumen tiempo de concentración cuenca de la quebrada La PLata

1 Ecuación de Kirpich	Tc=0.66 horas
2 Ecuación de Témez	Tc=0.91horas
3 Ecuación de Williams	Tc=1.88horas
4 Ecuación de Johnstone y Cross	Tc=2.07horas
5 Ecuación de Giandotti	Tc=0.96horas
6 Ecuación de SCS – Ranser	Tc=0.66horas
7 Ecuación de Ventura – Heras	Tc=0.89horas
8 Ecuación de V. T. Chow	Tc=1.86horas
9 Ecuación del cuerpo de ingenieros del ejército de los Estados Unidos	Tc=2.03horas
10 Ecuación de Hathaway	Tc=2.21horas
11 Ecuación de retardo del Soil Conservation Service SCS	Tc=1.76horas
12 Ecuación de George Rivero (no tomada en el promedio por estar alejada de los otros valores)	Tc=2.44horas
Valor tomado para el diseño: Se tomó el promedio de las ecuaciones 1 a12, dando Tc= 1.53horas = 92minutos	Tc= 1.53horas = 92minutos

Valor tomado para el diseño: Se tomó el promedio de las ecuaciones 1 a12, dando Tc= 1.53horas = 92minutos

De acuerdo con el Soil Conservation Service SCS, el tiempo de concentración Tc es igual a 1.67 veces el tiempo de retardo de la cuenca Ti, por lo tanto, el tiempo de retardo de la cuenca a usar es: $T_i = 92\text{min}/1.67 = 55 \text{ minutos}$.

DETERMINACIÓN DE LOS HIETOGRAMAS DE DISEÑO

Los datos de precipitación, asociados a periodos de retorno y tiempo de duración de lluvias se tomaron de la curva de intensidad duración frecuencia de la estación Pastales (Ibagué) código 21210030 del IDEAM y que se presenta en la figura 3.

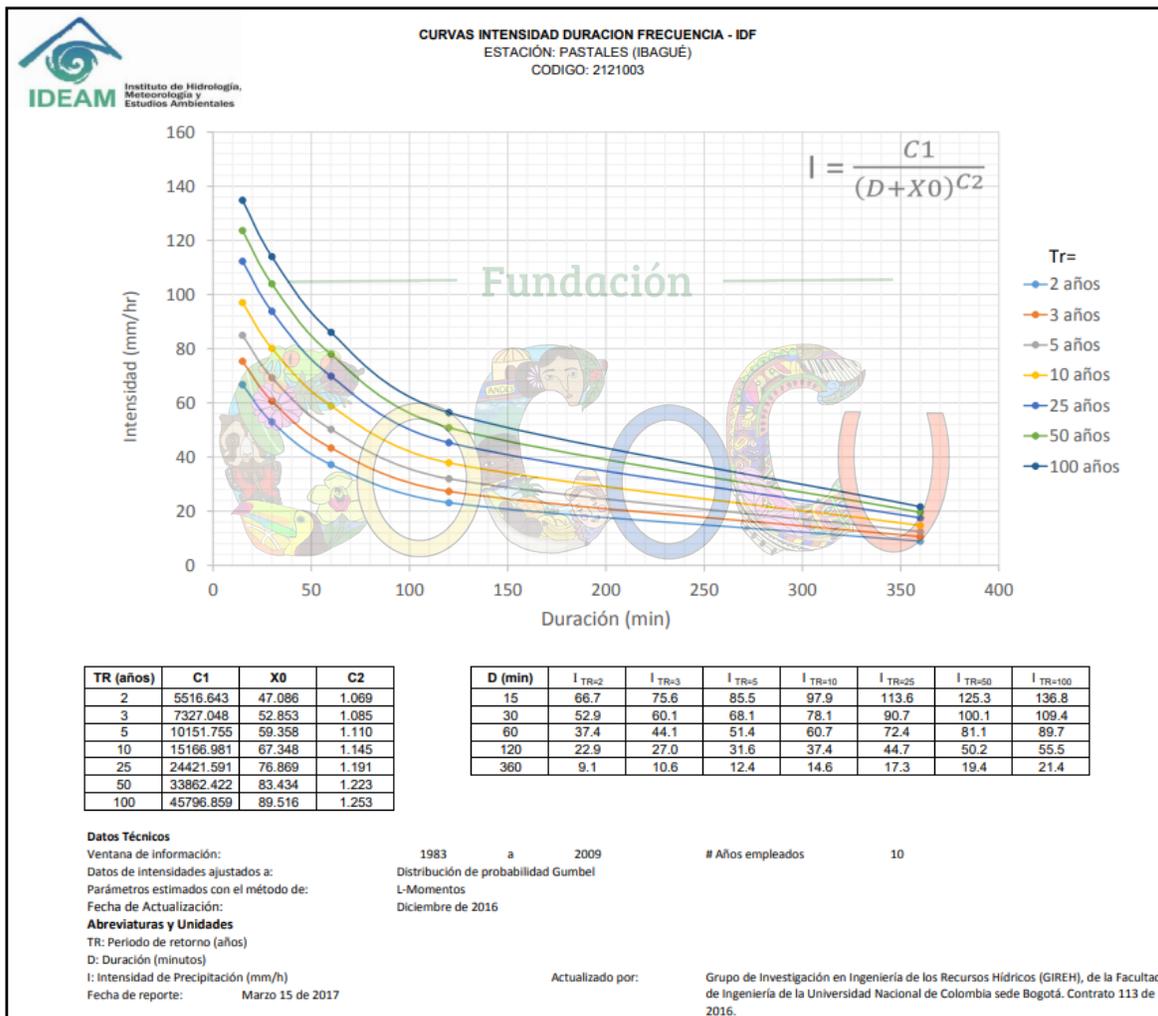


Figura 3 Curvas de intensidad duración frecuencia estación Pastales (Ibagué) IDEAM código 21210030.

En la determinación de los hietogramas de diseño se usó la metodología de Ven Te Chow, de distribución de lluvias por bloques alternados, plasmada en el software HEC HMS del cuerpo de ingeniero de los Estados Unidos.

Dado que se quiere determinar caudales extremos, no se descontó de los hietogramas el caudal base de la escorrentía total. A continuación, se presentan los hietogramas para los diferentes periodos de retorno, haciendo uso de software “Programa de distribución de lluvia por Bloques Alternados” desarrollado por el instituto Flumen. Los datos de entrada son las características de las curvas de intensidad duración frecuencia tomadas de la figura 3 para cada periodo de retorno en consideración, la duración de la lluvia se tomó igual al tiempo de concentración de la cuenca, se toma el valor indicado de la tabla 2 y se usó un intervalo de tiempo de 5 minutos para lograr valores representativos. Los resultados de los hietogramas para cada periodo de retorno se presentan a en las figuras 4 a 10 y en las tablas 3 a 9.

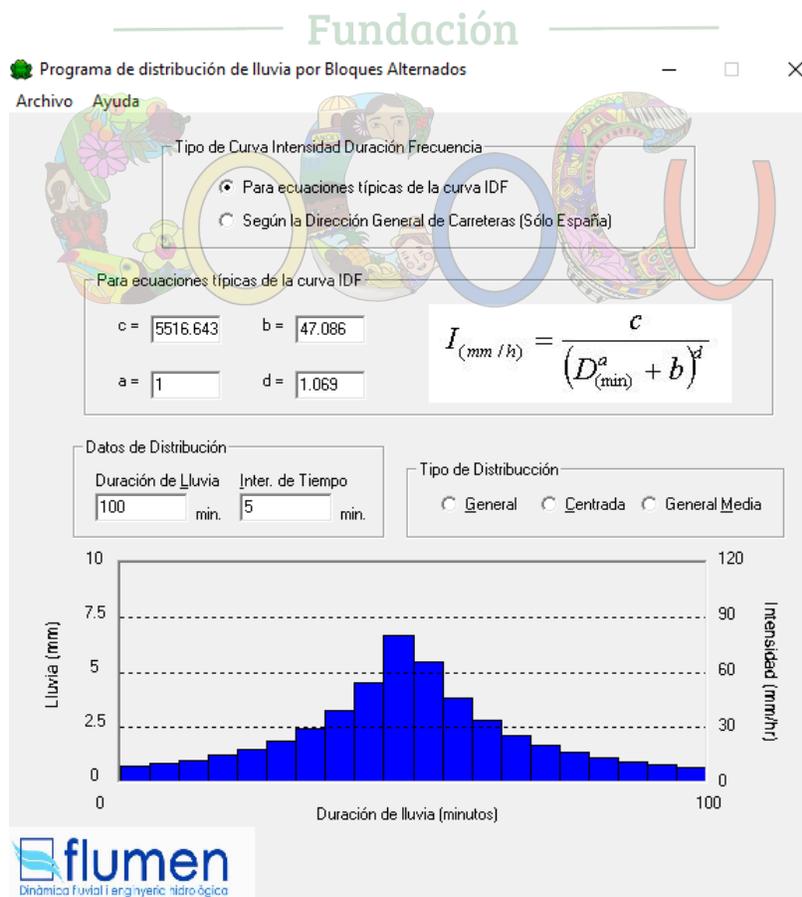


Figura 4 Hietograma para periodo de retorno de 2 años

Tabla 3 Valores del hietograma de periodo de diseño 2 años

Programa de distribución de lluvia por Bloques Alternados
 Curva de IDF según la ecuación típica

Parametro c = 5516.64

Parametro b = 47.086

Parametro a = 1.000

Parametro d = 1.069

Duración de la lluvia = 100 min

Intervalo de tiempo = 5 min

Delta Tiempo (minutos)	Precipitación (mm)	Intensidad (mm/hr)
5	0.68	8.20
10	0.81	9.73
15	0.97	11.68
20	1.18	14.22
25	1.47	17.61
30	1.86	22.28
35	2.41	28.91
40	3.23	38.77
45	4.52	54.28
50	6.72	80.63
55	5.46	65.58
60	3.80	45.59
65	2.78	33.32
70	2.11	25.29
75	1.65	19.75
80	1.32	15.79
85	1.07	12.86
90	0.89	10.64
95	0.74	8.92
100	0.63	7.56

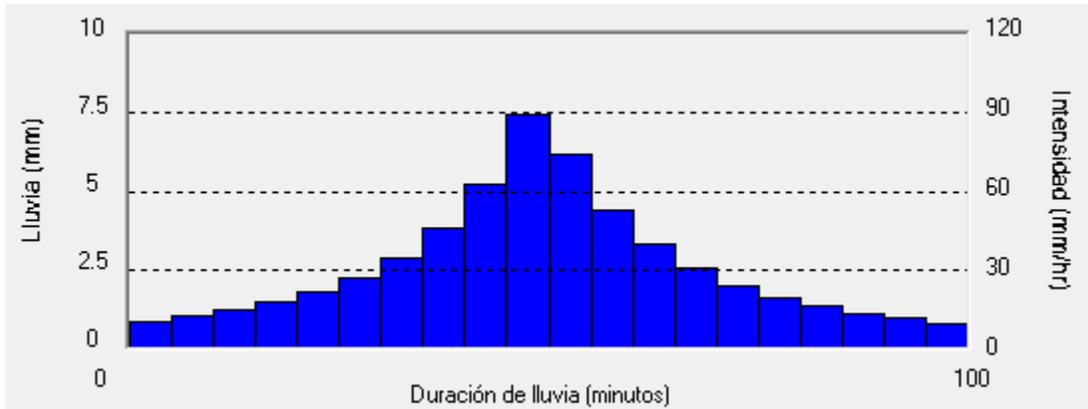


Figura 5 Hietograma para periodo de retorno de 3 años

Fundación

Tabla 4 Valores del hietograma de periodo de diseño 3 años

Programa de distribución de lluvia por Bloques Alternados
Curva de IDF según la ecuación típica

Parametro c = 7327.05

Parametro b = 52.853

Parametro a = 1.000

Parametro d = 1.085

Duración de la lluvia = 100 min

Intervalo de tiempo = 5 min

Delta Tiempo (minutos)	Precipitación (mm)	Intensidad (mm/hr)
5	0.85	10.22
10	1.01	12.09
15	1.20	14.45
20	1.46	17.49
25	1.79	21.52

30	2.25	26.96
35	2.88	34.56
40	3.80	45.58
45	5.20	62.38
50	7.48	89.70
55	6.19	74.27
60	4.42	53.05
65	3.29	39.53
70	2.54	30.43
75	2.00	24.02
80	1.61	19.36
85	1.32	15.87
90	1.10	13.19
95	0.93	11.10
100	0.79	9.44

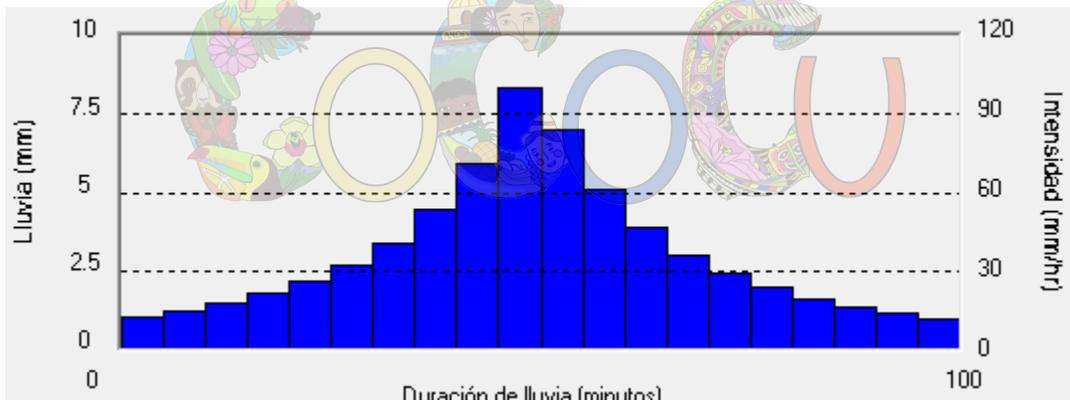


Figura 6 Hietograma para periodo de retorno de 5 años

Tabla 5 Valores del hietograma de periodo de diseño 5 años

Programa de distribución de lluvia por Bloques Alternados
Curva de IDF según la ecuación típica

Parametro c = 10151.76

Parametro b = 59.358

Parametro a = 1.000

Parametro d = 1.110

Duración de la lluvia = 100 min

Intervalo de tiempo = 5 min

Delta Tiempo (minutos)	Precipitación (mm)	Intensidad (mm/hr)
5	1.04	12.46
10	1.23	14.71
15	1.46	17.54
20	1.76	21.17
25	2.16	25.89
30	2.68	32.20
35	3.40	40.86
40	4.43	53.14
45	5.94	71.34
50	8.31	99.77
55	6.99	83.87
60	5.11	61.30
65	3.87	46.44
70	3.01	36.17
75	2.40	28.81
80	1.95	23.37
85	1.60	19.24
90	1.34	16.05
95	1.13	13.53
100	0.96	11.51

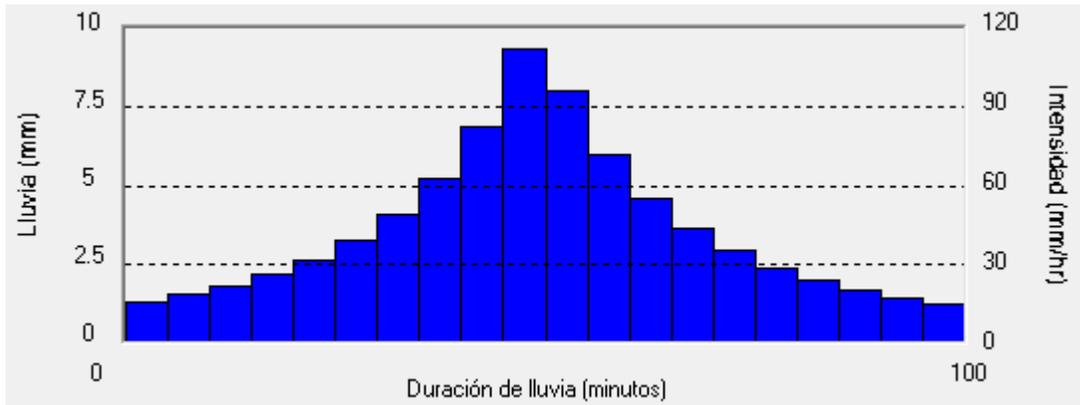


Figura 7 Hietograma para periodo de retorno de 10 años

Tabla 6 Valores del hietograma de periodo de diseño 10 años

Fundación

Programa de distribución de Lluvia por Bloques Alternados
Curva de IDF según la ecuación típica

Parametro c = 15166.98
Parametro b = 67.348
Parametro a = 1.000
Parametro d = 1.145

Duración de la lluvia = 100 min
Intervalo de tiempo = 5 min

Delta Tiempo (minutos)	Precipitación (mm)	Intensidad (mm/hr)
5	1.28	15.35
10	1.51	18.10
15	1.80	21.54
20	2.16	25.90
25	2.63	31.53
30	3.24	38.94
35	4.08	48.92

40	5.23	62.78
45	6.89	82.71
50	9.39	112.68
55	8.01	96.08
60	5.98	71.79
65	4.60	55.26
70	3.63	43.54
75	2.91	34.97
80	2.38	28.53
85	1.97	23.59
90	1.64	19.72
95	1.39	16.65
100	1.18	14.17

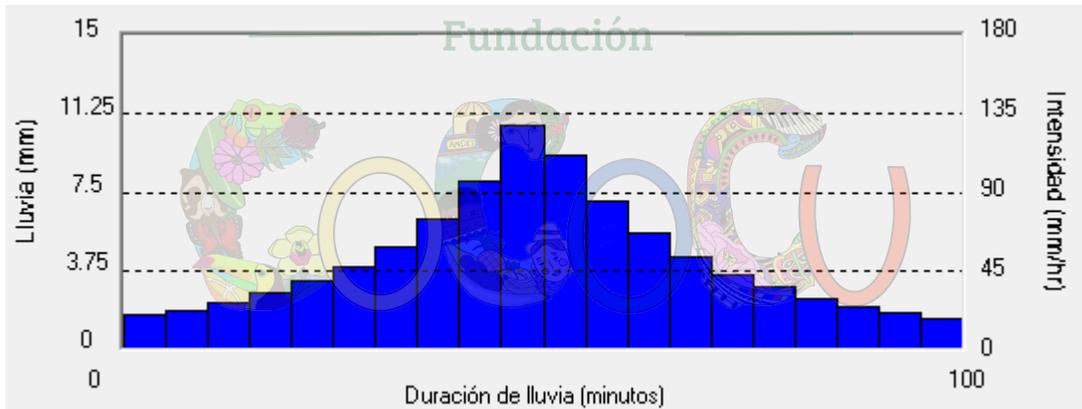


Figura 8 Hietograma para periodo de retorno de 25 años

Tabla 7 Valores del hietograma de periodo de diseño 25 años

Programa de distribución de lluvia por Bloques Alternados
Curva de IDF según la ecuación típica

Parametro c = 24421.59

Parametro b = 76.869

Parametro a = 1.000

Parametro d = 1.191

Duración de la lluvia = 100 min

Intervalo de tiempo = 5 min

Delta Tiempo (minutos)	Precipitación (mm)	Intensidad (mm/hr)
5	1.58	18.92
10	1.86	22.31
15	2.21	26.52
20	2.65	31.81
25	3.21	38.55
30	3.94	47.30
35	4.91	58.89
40	6.22	74.63
45	8.05	96.66
50	10.72	128.60
55	9.26	111.07
60	7.06	84.68
65	5.51	66.14
70	4.39	52.67
75	3.55	42.63
80	2.91	34.97
85	2.42	29.01
90	2.03	24.30
95	1.71	20.53
100	1.46	17.46

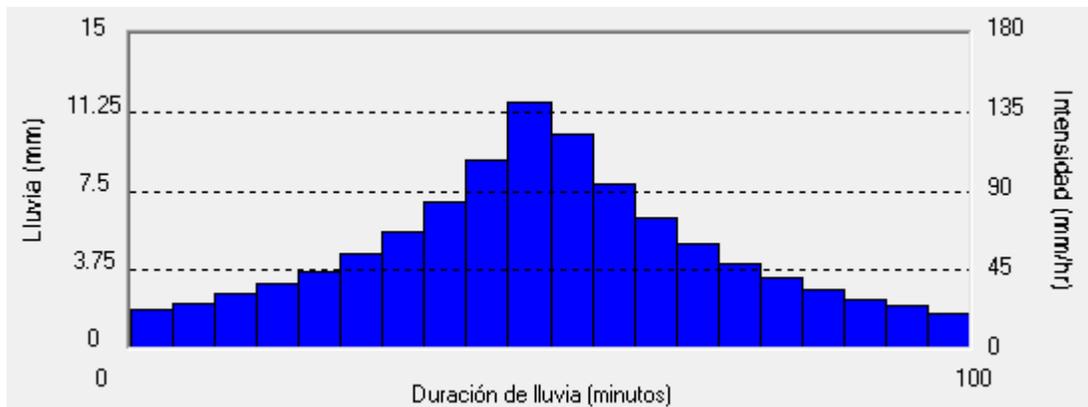


Figura 9 Hietograma para periodo de retorno de 50 años

Tabla 8 Valores del hietograma de periodo de diseño 50 años

Programa de distribución de lluvia por Bloques Alternados
Curva de IDF según la ecuación típica

Parametro c = 33862.42

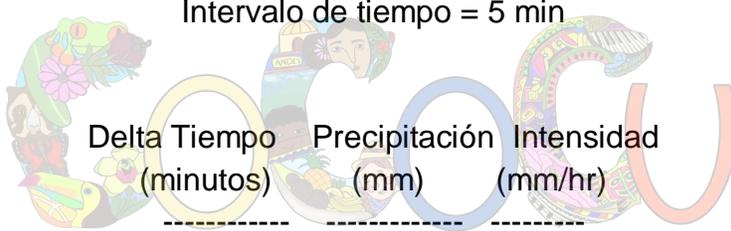
Parametro b = 83.434

Parametro a = 1.000

Parametro d = 1.223

Duración de la lluvia = 100 min

Intervalo de tiempo = 5 min



Delta Tiempo (minutos)	Precipitación (mm)	Intensidad (mm/hr)
5	1.81	21.70
10	2.13	25.59
15	2.53	30.39
20	3.03	36.39
25	3.66	43.98
30	4.48	53.74
35	5.55	66.55
40	6.98	83.72
45	8.95	107.35
50	11.74	140.93
55	10.22	122.59
60	7.88	94.55
65	6.21	74.48
70	4.97	59.70
75	4.05	48.54

80	3.33	39.95
85	2.77	33.22
90	2.32	27.86
95	1.96	23.55
100	1.67	20.03

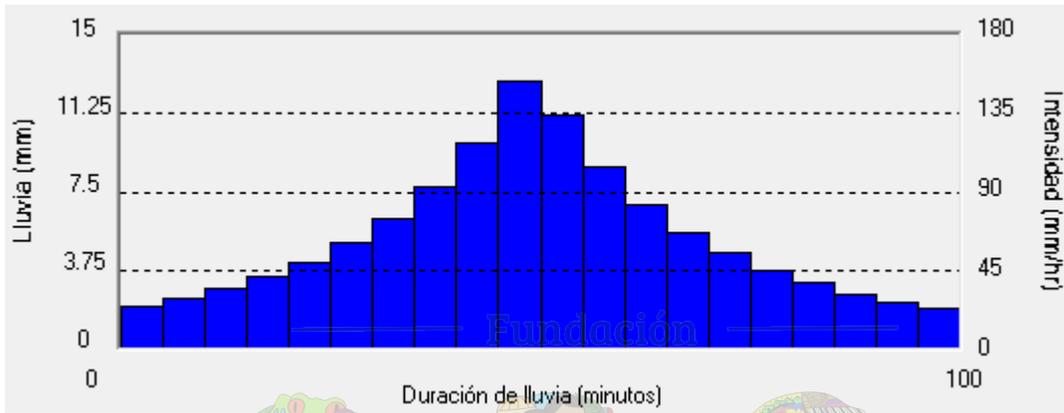


Figura 10 Hietograma para periodo de retorno de 100 años

Tabla 9 Valores del hietograma de periodo de diseño 100 años

Programa de distribución de lluvia por Bloques Alternados
Curva de IDF según la ecuación típica

Parametro c = 45796.86		
Parametro b = 89.516		
Parametro a = 1.000		
Parametro d = 1.253		
Duración de la lluvia = 100 min		
Intervalo de tiempo = 5 min		
Delta Tiempo	Precipitación	Intensidad
(minutos)	(mm)	(mm/hr)
-----	-----	-----
5	2.04	24.50
10	2.41	28.90
15	2.86	34.29
20	3.42	40.99

25	4.12	49.43
30	5.02	60.20
35	6.18	74.21
40	7.73	92.79
45	9.84	118.02
50	12.77	153.29
55	11.18	134.12
60	8.70	104.40
65	6.90	82.82
70	5.56	66.73
75	4.54	54.48
80	3.75	44.96
85	3.12	37.46
90	2.62	31.45
95	2.22	26.59
100	1.88	22.61

Los hietogramas de los diferentes periodos de retorno se resumen en la tabla 10.

Tabla 10 Resumen hietogramas para periodos de retorno de 2 a100años

HIETOGRAMAS DE DISEÑO PRECIPITACIÓN CUENCA QUEBRADA LA PLATA							
HASTA PUENTE PASTALES							
Tiempo	Precipitación mm para el periodo de retorno en años indicado						
Minutos	2 años	3 años	5 años	10 años	25 años	50 años	100 años
	P(mm)	P(mm)	P(mm)	P(mm)	P(mm)	P(mm)	P(mm)
5	0.68	0.85	1.04	1.28	1.58	1.81	24.50
10	0.81	1.01	1.23	1.51	1.86	2.13	28.90
15	0.97	1.20	1.46	1.80	2.21	2.53	34.29
20	1.18	1.46	1.76	2.16	2.65	3.03	40.99
25	1.47	1.79	2.16	2.63	3.21	3.66	49.43
30	1.86	2.25	2.68	3.24	3.94	4.48	60.20
35	2.41	2.88	3.40	4.08	4.91	5.55	74.21
40	3.23	3.80	4.43	5.23	6.22	6.98	92.79
45	4.52	5.20	5.94	6.89	8.05	8.95	118.02
50	6.72	7.48	8.31	9.39	10.72	11.74	153.29
55	5.46	6.19	6.99	8.01	9.26	10.22	134.12
60	3.80	4.42	5.11	5.98	7.06	7.88	104.40
65	2.78	3.29	3.87	4.60	5.51	6.21	82.82
70	2.11	2.54	3.01	3.63	4.39	4.97	66.73
75	1.65	2.00	2.40	2.91	3.55	4.05	54.48
80	1.32	1.61	1.95	2.38	2.91	3.33	44.96
85	1.07	1.32	1.60	1.97	2.42	2.77	37.46
90	0.89	1.10	1.34	1.64	2.03	2.32	31.45
95	0.74	0.93	1.13	1.39	1.71	1.96	26.59
100	0.63	0.79	0.96	1.18	1.46	1.67	22.61

CALCULO DE HIDROGRAMAS DE CRECIENTE Y CAUDAL PICO

Con los datos de lluvia de los hietogramas de la tabla 10, se aplicó la metodología del SCS, utilizada en el software HEC HMS del cuerpo de ingenieros de los Estados Unidos, versión 4.2.1, para los periodos de retorno de 2, 3, 5, 10, 25, 50 y 100 años con el fin de obtener los hidrogramas de creciento y de estos hidrogramas el caudal máximo pico y el tiempo al que se presenta. En las figuras 11 a 17 se muestran los hidrogramas de creciento y en la tabla 11 se muestra el resumen de los caudales máximos pico.

Con el fin de verificar el orden de magnitud de los caudales máximos pico de creciento, se aplicó el método racional, para un coeficiente de escorrentía de $C=0.60$ un área de drenaje de la cuenca de la quebrada La Plata de 2548Ha, ver figura 2, un tiempo de concentración de 92 minutos, ver tabla 2, para los periodos de retorno de 2 a 100 años y la curva de intensidad duración frecuencia de la estación Pastales, ver figura 3, se obtuvieron los caudales mostrados en la tabla 12. Se puede apreciar, para la creciento con periodo de retorno de 100 años, que los caudales son del mismo orden de magnitud.

Se realizó la modelación hidráulica con los caudales pico determinados por el método del SCS, tabla 11 dado que presentan un mejor ajuste.

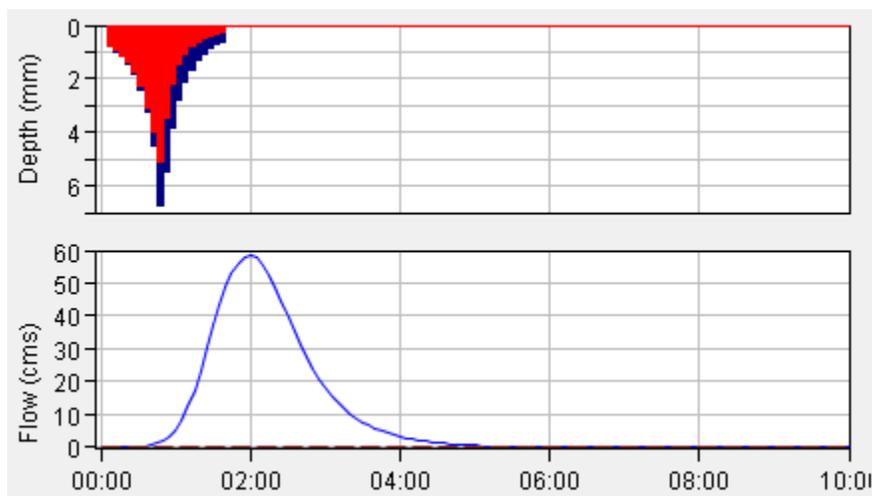


Figura 11 hidrograma 2 años Qpico 58.4m³/s a las 2:00horas

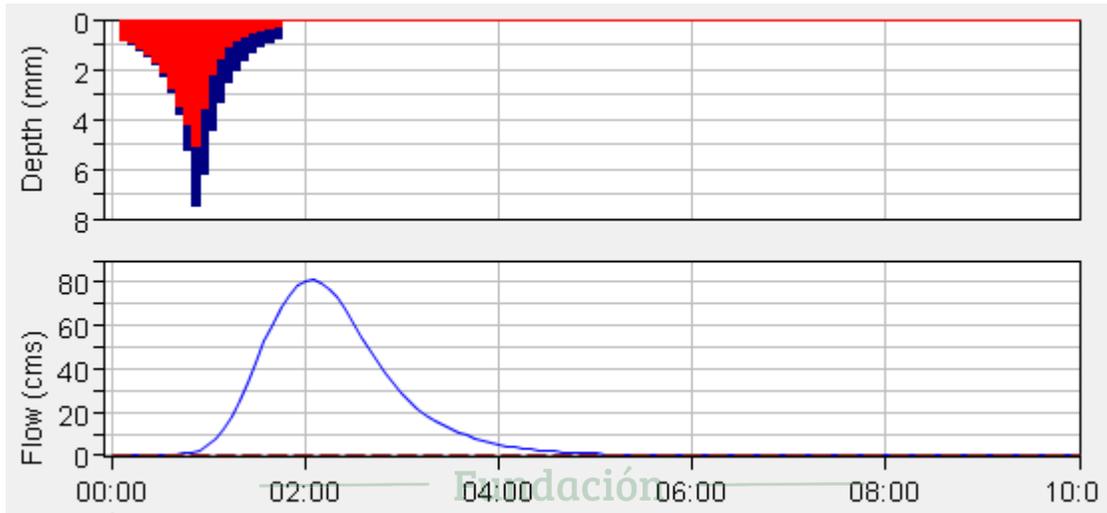


Figura 12 hidrograma 3 años Qpico 81.0m³/s a las 2:05horas

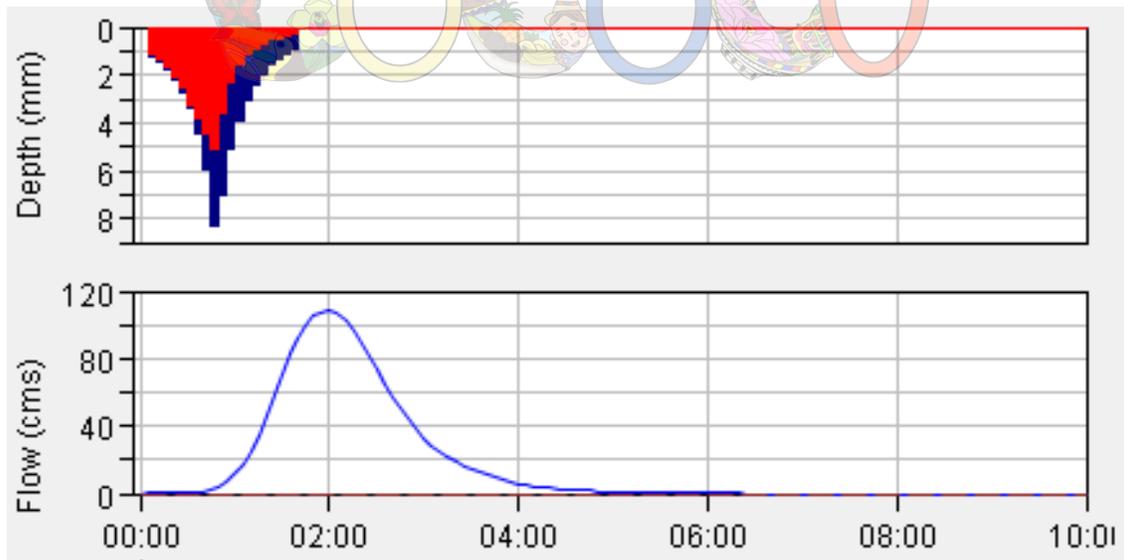
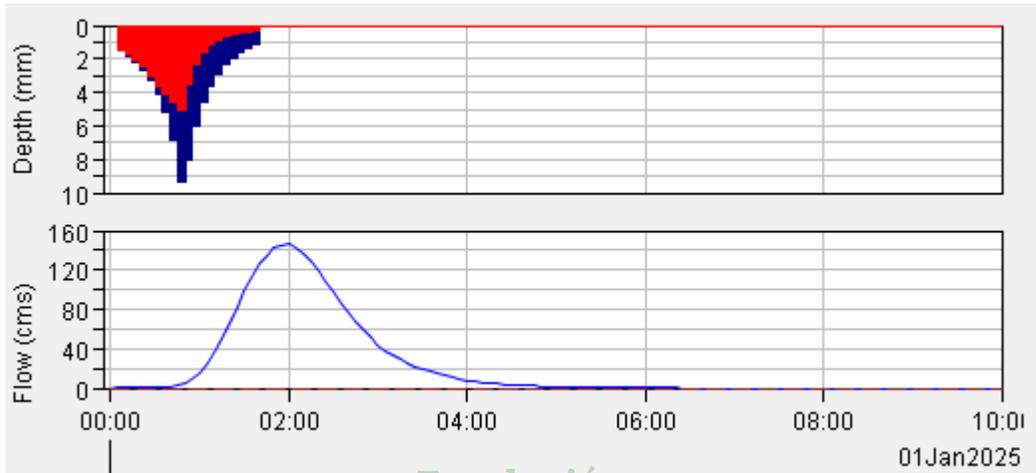


Figura 13 hidrograma 5 años Qpico 108.3m³/s a las 2:00horas



Fundación

Figura 14 hidrograma 10años Qpico 145.8m³/s a las 1:95horas

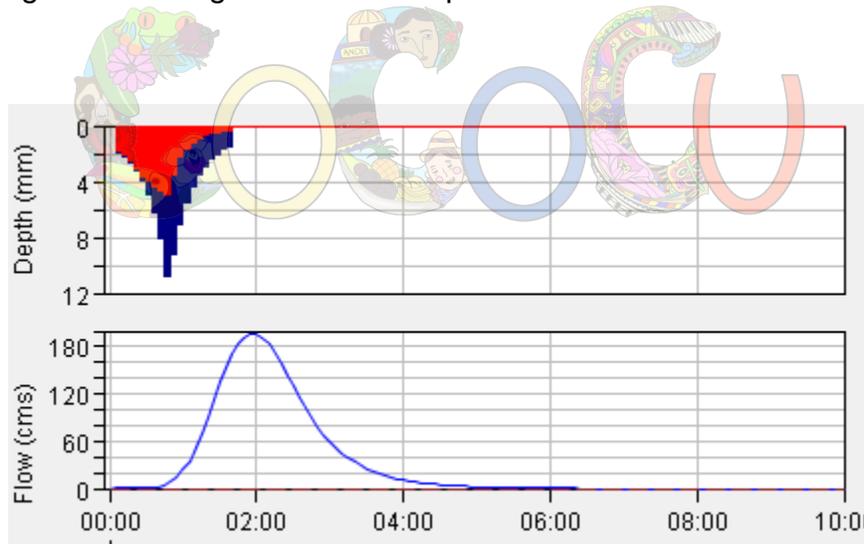


Figura 15 hidrograma 25años Qpico 195.1m³/s a las 2:00horas

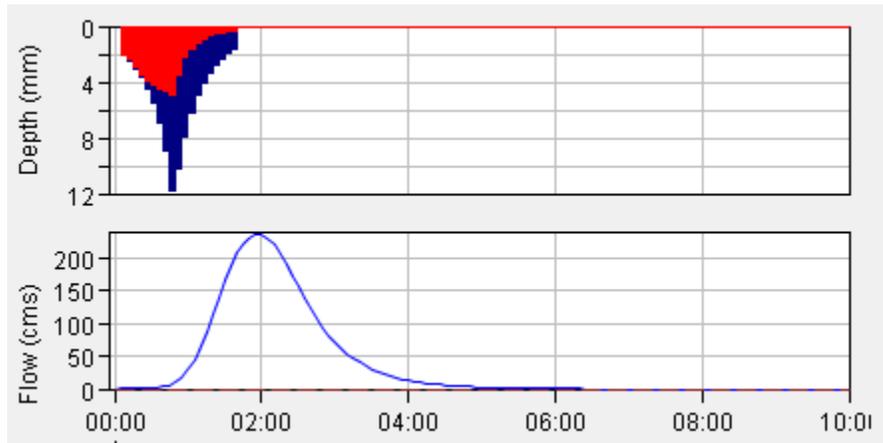


Figura 16 hidrograma 50años Qpico 234.9m3/s a las 1:55horas

Fundación

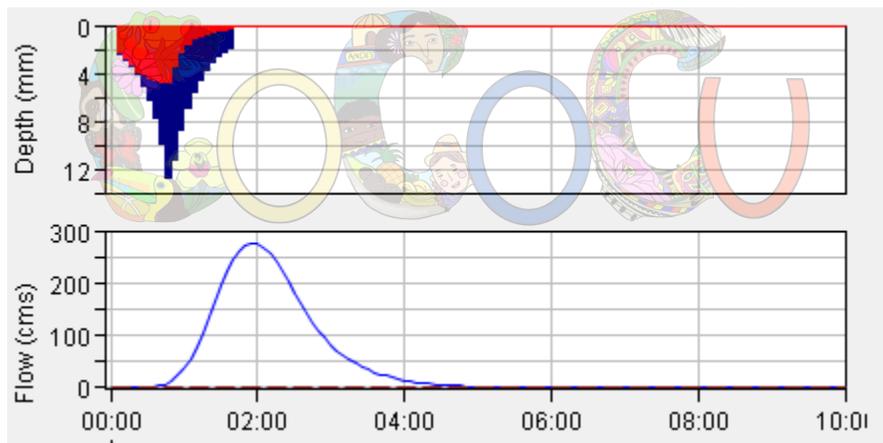


Figura 17 hidrograma 100años Qpico 275.9m3/s a las 1:55horas

Tabla 11 Resumen caudales máximos pico en m³/s método del SCS y el software HEC HMS

Periodo de retorno en años	Caudal pico m ³ /s	Tiempo del pico desde el inicio Hora:minutos
2	58.4	2:00
3	81.0	2:05
5	108.3	2:00
10	145.8	1:95
25	195.1	2:00
50	234.9	1:55
100	275.9	1:55

Tabla 12 Resumen caudales máximos pico en m³/s método racional

CAUDALES MÁXIMOS DE CRECIENTE POR EL MÉTODO RACIONAL							
Area de drenaje	2548 Ha						
Coefficiente de escorrentía C	0,6						
Intensidad de lluvia en mm/hora para los diferentes periodos de retorno y para el tiempo de concentración							
Tc (min)	I Tr 2años	I Tr 3años	I Tr 5años	I Tr 10años	I Tr 25años	I Tr 50años	I Tr 100años
92	28,2	33,1	38,6	45,6	54,3	61,0	67,7
	Q Tr 2años	Q Tr 3años	Q Tr 5años	Q Tr 10años	Q Tr 25años	Q Tr 50años	Q Tr 100años
	m ³ /s						
	120	141	164	194	231	259	287

CALCULOS HIDRÁULICOS DE LA QUEBRADA LA PLATA SECTOR PUEBLO PASTALES

Para caracterizar el comportamiento del agua en quebrada La Plata, para las crecientes de diseño de 2, 3, 5, 10, 25, 50 y 100 años se utilizaron los caudales de creciente que se resumen en la tabla 11 y el software hidráulico HEC RAS del cuerpo de ingenieros de los Estados Unidos.

DETERMINACIÓN DE LA RUGOSIDAD DE MANNING n

Se calculó de acuerdo con la tabla B-7 de "Design of Small Dams United States Department of the Interior Bureau of Reclamation Ed 1987, método usado por el U.S. Soil Conservation Service. 

1 Valor básico para canales en gravas y cuarzo	0.028
2 Valor recomendado por el grado de irregularidad moderado	0.010
3 Valor por cambios en el tamaño y forma de la sección	0.010
4 Valor por obstrucciones por flujo de escombros	0.010
5 Valor por vegetación bajo	0.005
6 Valor por meandros	0.000
Valor recomendado para n de Manning suma de los anteriores	0.063

PERFILES HIDRAULICOS

Se realizó la modelación de la geometría de la quebrada para el tramo del levantamiento topográfico, en una longitud aproximada entre 40m aguas arriba hasta 40m aguas abajo de la sección del puente, iniciando el k0+000, 40m aguas arriba del puente metálico de Pastales. La sección del puente Pastales se encuentra en la abscisa k0+38m. Se usó el software HEC RAS del cuerpo de ingenieros de los Estados Unidos.

Se utilizó una rugosidad de Manning de 0.063, determinado de acuerdo con la metodología del US Bureau of reclamation.

Se realizó un análisis de flujo permanente mixto, Los resultados de los perfiles hidráulicos se muestran en las tablas 13 y 14.

En la tabla 13 y figura 19 se muestra la curva de los perfiles hidráulicos para la sección transversal donde se ubica el puente, sección 4 = k0+038 para periodos de retorno de 2 a 100 años.

En la tabla 14 se muestran los perfiles hidráulicos para las secciones transversales desde el k0+000 al k0+080 para periodos de retorno de 2 a 100 años. Ver figuras 20 a 26.

Fundación

Tabla 13 Perfil hidráulico de la quebrada La Plata para la sección transversal del puente Pastales, 4=k0+038.

Perfiles hidráulicos sección 4=k0+038 que corresponde a la sección del puente de Pastales													
Sección	P. Retorno	Caudal	Cota fondo	Cota agua	Cota crítica	Línea energía	Pend	Velocidad	Area	Ancho T	Froude	Tirante Y	Ee
	Años	Q m ³ /s	msnm	msnm	msnm	msnm	Energía	m/s	m ²	m		m	m
4=k0+038	2	58.4	1568.48	1569.58	1569.85	1570.53	0.121185	4.33	13.39	18.80	1.64	1.10	2.05
4=k0+038	3	81.0	1568.48	1570.33	1570.10	1570.76	0.023093	2.91	27.86	19.35	0.77	1.85	2.28
4=k0+038	5	108.3	1568.48	1570.66	1570.36	1571.17	0.021576	3.16	34.22	19.46	0.76	2.18	2.69
4=k0+038	10	145.8	1568.48	1570.12	1570.68	1572.01	0.120997	6.08	23.84	19.28	1.75	1.64	3.53
4=k0+038	25	195.1	1568.48	1571.30	1571.07	1572.19	0.026813	4.17	46.78	19.68	0.86	2.82	3.71
4=k0+038	50	234.9	1568.48	1570.62	1571.35	1573.12	0.109407	7.01	33.38	19.45	1.71	2.14	4.64
4=k0+038	100	275.9	1568.48	1570.85	1571.66	1573.54	0.102136	7.26	37.86	19.52	1.67	2.37	5.06

En la figura 18 se muestra el esquema de la quebrada La Plata en el software HEC RAS

En las figuras 20 a 26 y en la tabla 14 se dan las características de los perfiles hidráulicos obtenidos de la modelación en el software hidráulico HEC RAS de la quebrada La Plata en el sector del puente Pastales, desde 40m aguas arriba hasta 40m aguas abajo.

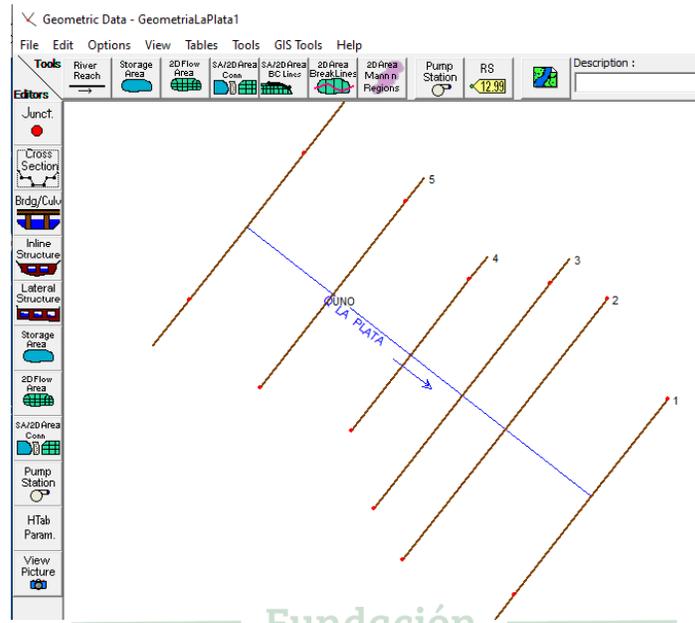


Figura 18 Esquema de la quebrada La Plata en el software HEC RAS

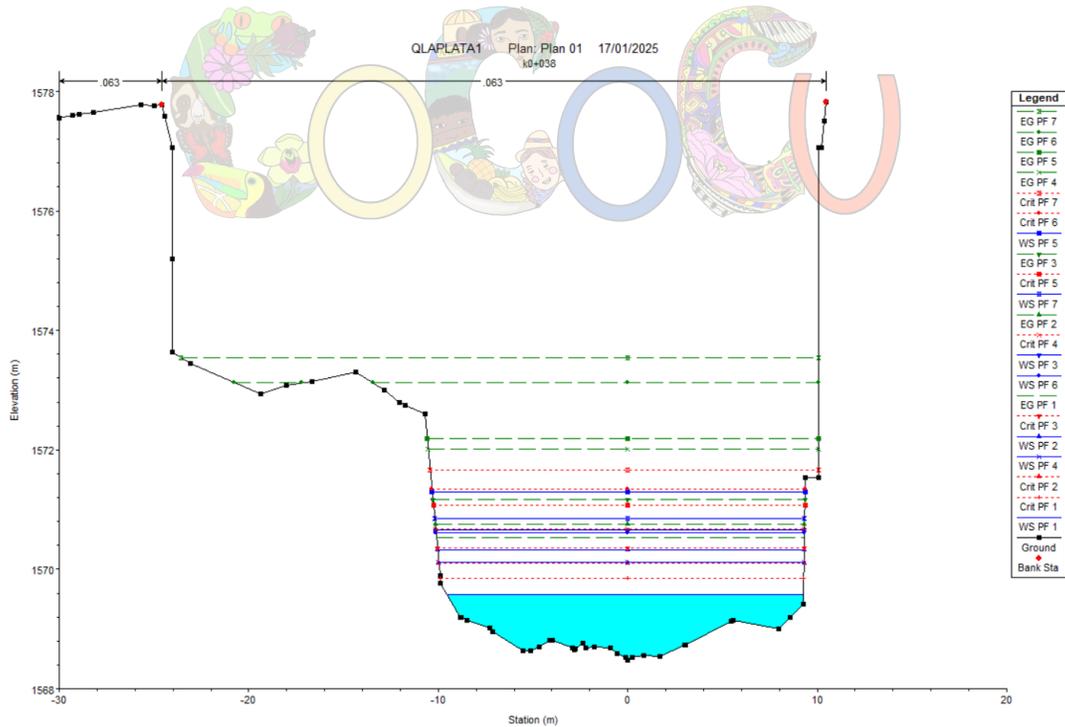


Figura 19 Perfiles hidráulicos quebrada La Plata para la sección transversal del puente Pastales 4=k0+038, para periodos de retorno de 2,3,5,10,25,50 y 100 años.

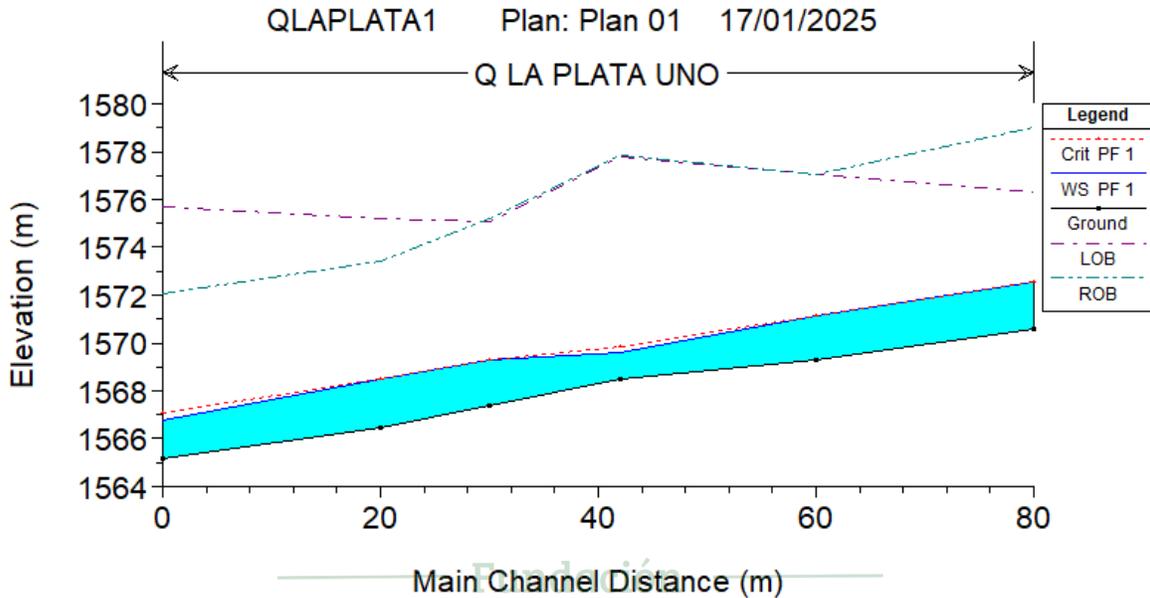


Figura 20 Perfil hidráulico longitudinal periodo de retorno 2 años quebrada La Plata, sector puente Pastales. K0+000 = extremo aguas abajo, k0+038 = seccion puente, k0+80= extremo aguas arriba

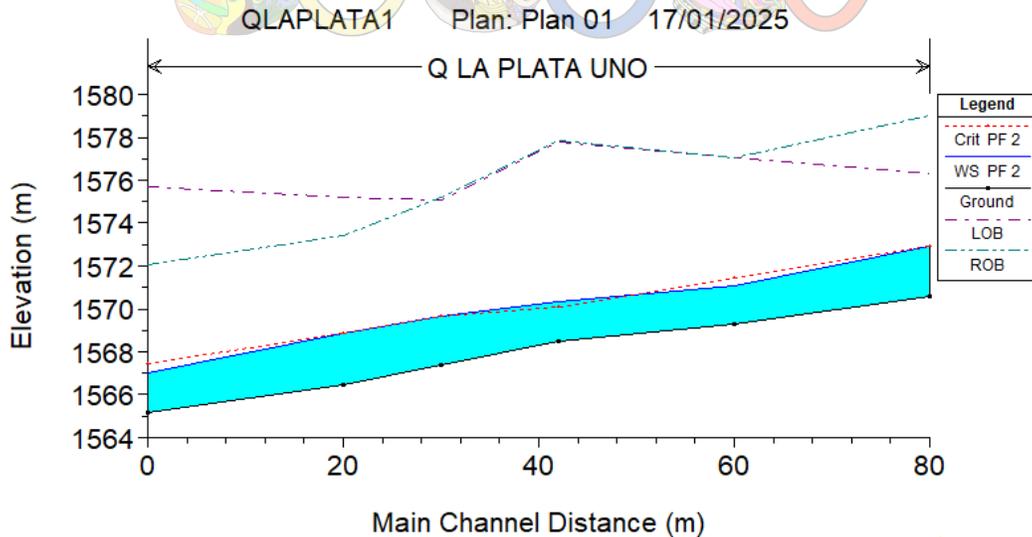


Figura 21 Perfil hidráulico longitudinal periodo de retorno 3 años quebrada La Plata, sector puente Pastales. K0+000 = extremo aguas abajo, k0+038 = seccion puente, k0+80= extremo aguas arriba

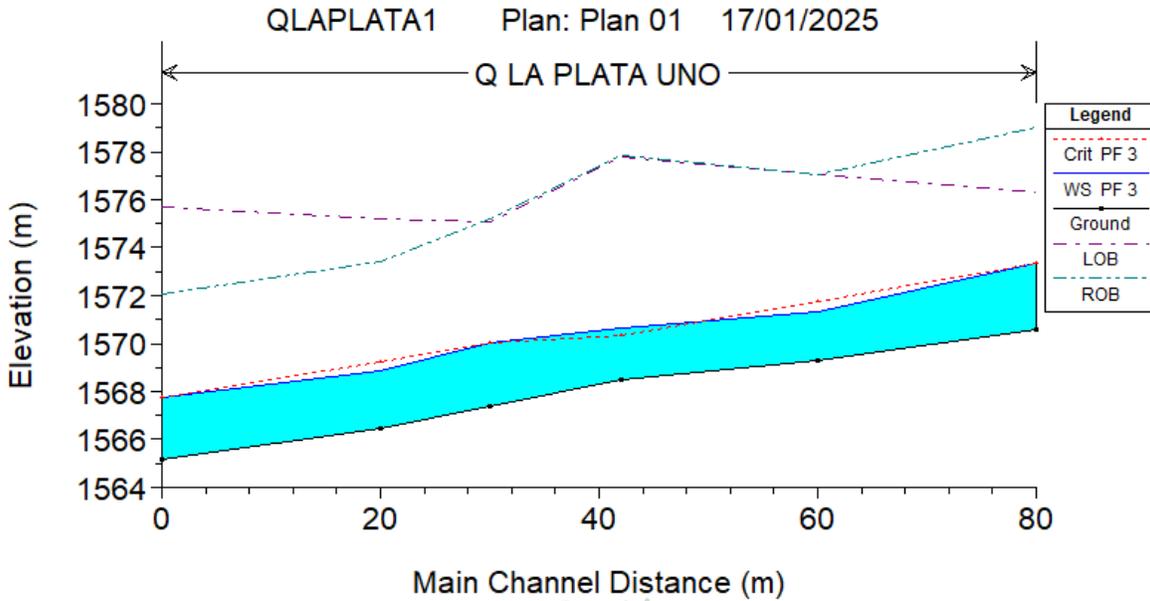


Figura 22 Perfil hidráulico longitudinal periodo de retorno 5 años quebrada La Plata, sector puente Pastales. K0+000 = extremo aguas abajo, k0+038 = sección puente, k0+80= extremo aguas arriba

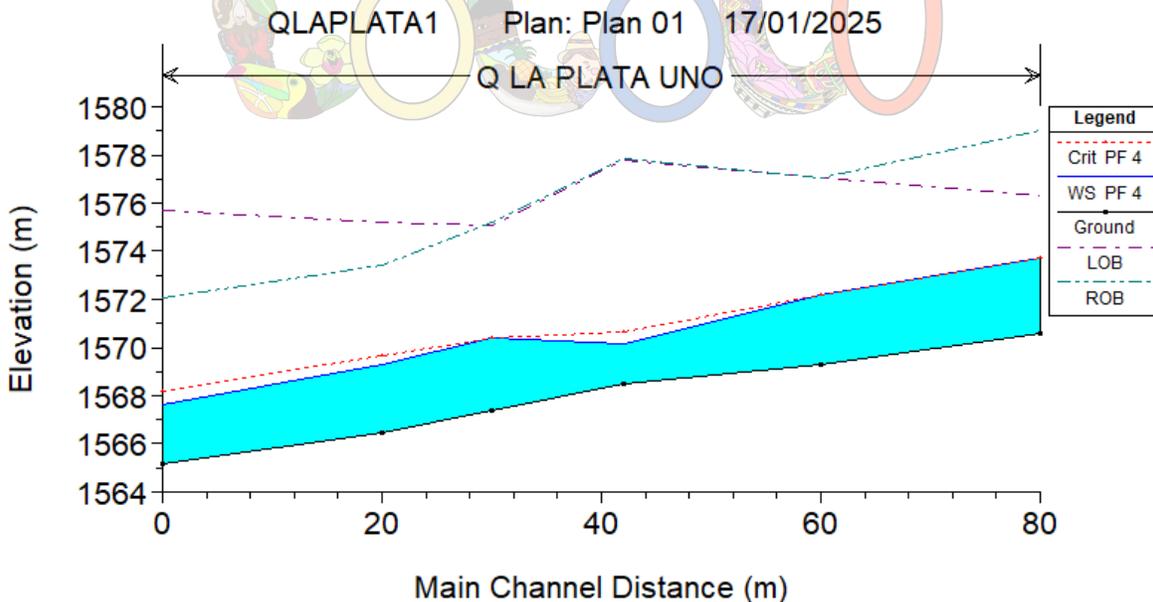


Figura 23 Perfil hidráulico longitudinal periodo de retorno 10 años quebrada La Plata, sector puente Pastales. K0+000 = extremo aguas abajo, k0+038 = sección puente, k0+80= extremo aguas arriba

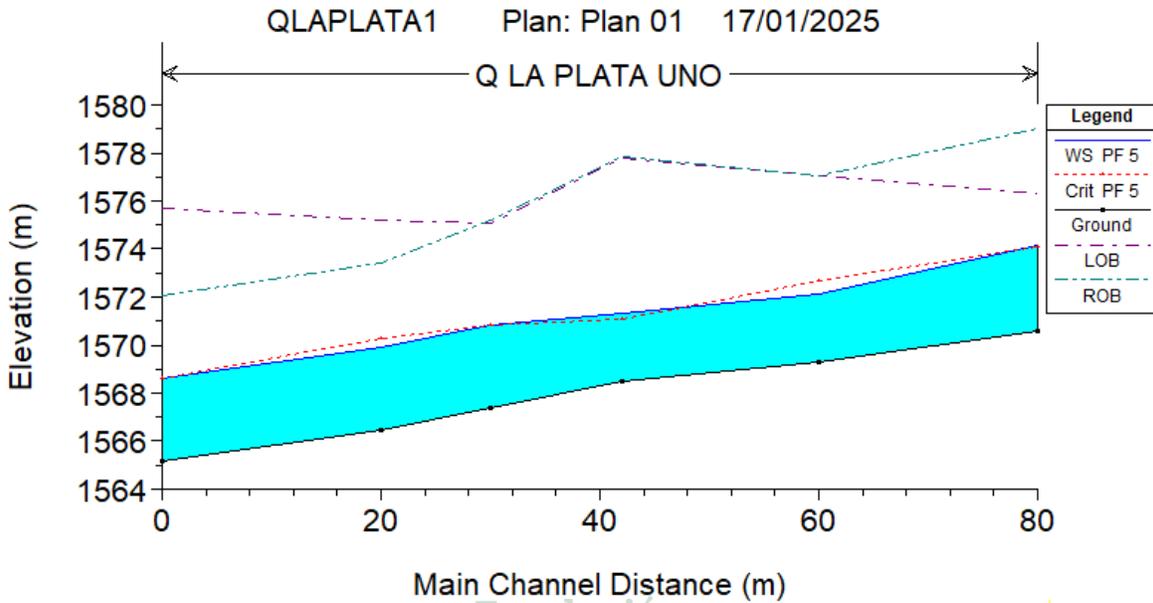


Figura 24 Perfil hidráulico longitudinal periodo de retorno 25 años quebrada La Plata, sector puente Pastales. K0+000 = extremo aguas abajo, k0+038 = sección puente, k0+80= extremo aguas arriba

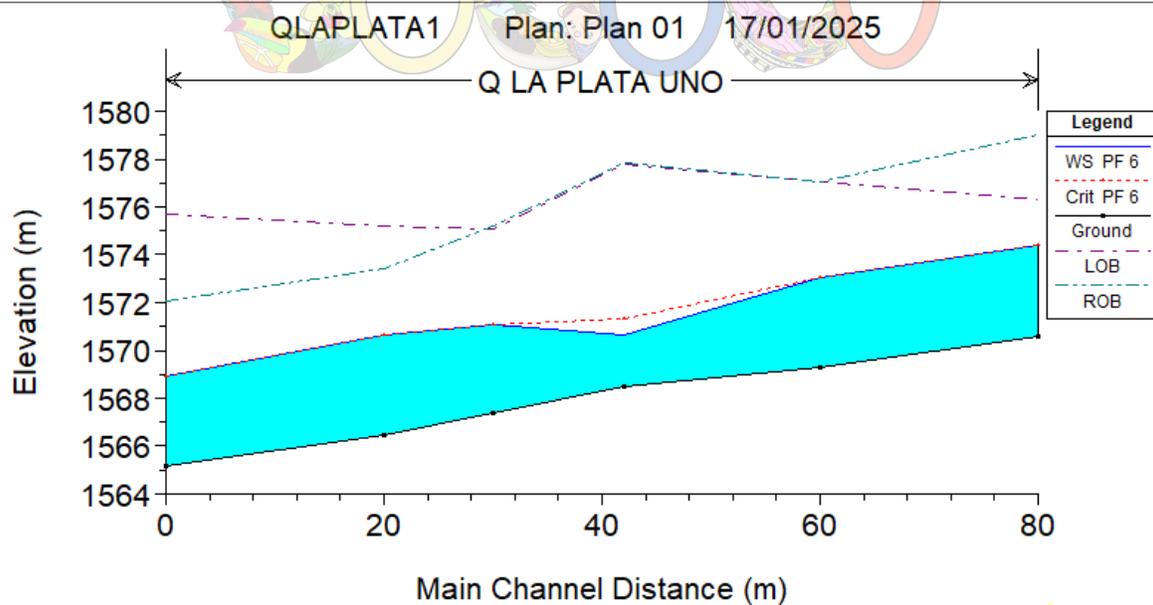


Figura 25 Perfil hidráulico longitudinal periodo de retorno 50 años quebrada La Plata, sector puente Pastales. K0+000 = extremo aguas abajo, k0+038 = sección puente, k0+80= extremo aguas arriba

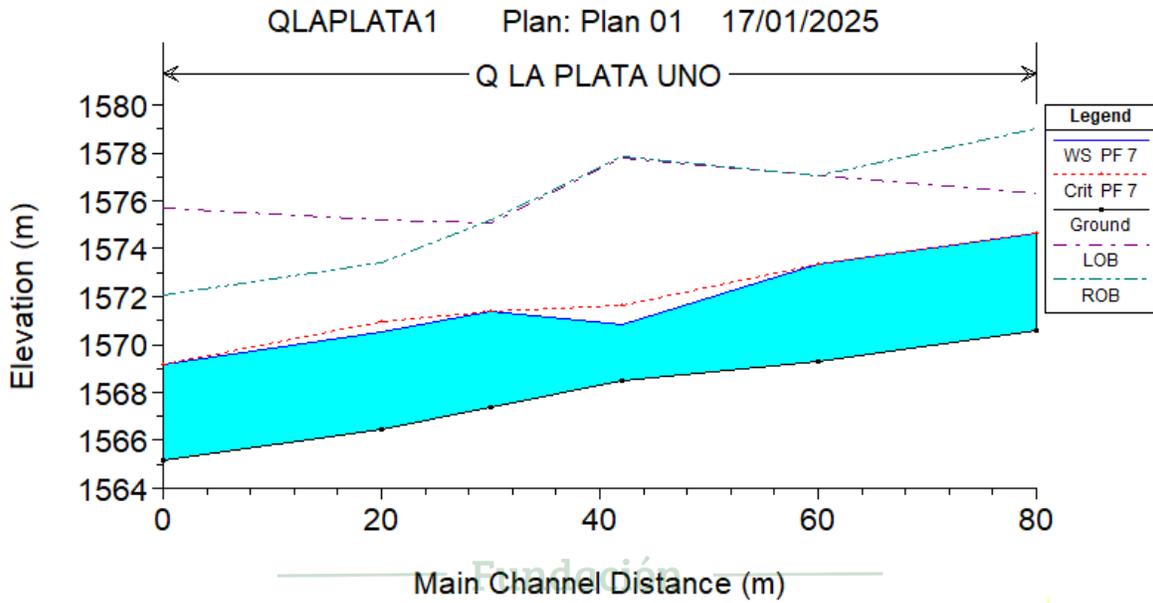


Figura 26 Perfil hidráulico longitudinal periodo de retorno 100 años quebrada La Plata, sector puente Pastales. K0+000 = extremo aguas abajo, k0+038 = sección puente, k0+80= extremo aguas arriba

Tabla 14 Perfiles hidráulicos tramo de la quebrada La Plata sector puente Pastales periodos de retorno 2 a 100 años la sección 3=k0+038 corresponde al puente Pastales

Sección	P. Retorno	Caudal	Cota fondo	Cota agua	Cota crítica	Línea energía	Pend	Velocidad	Area	Ancho T	Froude	Tirante Y	Ee
	Años	Q m ³ /s	msnm	msnm	msnm	msnm	Energía	m/s	m ²	m		m	m
6=k0+000	2	58.4	1570.57	1572.56	1572.56	1573.20	0.040742	3.55	16.33	12.87	1.01	1.99	2.63
6=k0+000	3	81.0	1570.57	1572.93	1572.93	1573.66	0.03908	3.78	21.42	14.91	1.01	2.36	3.09
6=k0+000	5	108.3	1570.57	1573.34	1573.34	1574.09	0.036506	3.84	28.16	18.40	0.99	2.77	3.52
6=k0+000	10	145.8	1570.57	1573.71	1573.71	1574.56	0.035427	4.09	35.49	20.63	0.99	3.14	3.99
6=k0+000	25	195.1	1570.57	1574.13	1574.10	1575.11	0.033717	4.39	44.46	22.29	0.99	3.56	4.54
6=k0+000	50	234.9	1570.57	1574.39	1574.39	1575.49	0.033924	4.64	50.48	23.34	1.01	3.82	4.92
6=k0+000	100	275.9	1570.57	1574.66	1574.66	1575.85	0.033323	4.83	56.99	24.43	1.01	4.09	5.28
5=k0+020	2	58.4	1569.31	1571.13	1571.13	1571.74	0.040809	3.47	16.73	13.89	1.01	1.82	2.43
5=k0+020	3	81.0	1569.31	1571.05	1571.45	1572.42	0.097719	5.18	15.64	13.75	1.55	1.74	3.11
5=k0+020	5	108.3	1569.31	1571.32	1571.78	1572.91	0.091521	5.58	19.34	14.23	1.53	2.01	3.60
5=k0+020	10	145.8	1569.31	1572.19	1572.19	1573.19	0.036614	4.44	32.63	16.40	1.01	2.88	3.88
5=k0+020	25	195.1	1569.31	1572.14	1572.66	1574.05	0.070974	6.13	31.84	16.27	1.40	2.83	4.74
5=k0+020	50	234.9	1569.31	1573.07	1573.07	1574.26	0.034034	4.85	48.30	20.06	1.00	3.76	4.95
5=k0+020	100	275.9	1569.31	1573.38	1573.38	1574.66	0.033894	5.01	54.89	21.66	1.00	4.07	5.35
4=k0+038	2	58.4	1568.48	1569.58	1569.85	1570.53	0.121185	4.33	13.39	18.80	1.64	1.10	2.05
4=k0+038	3	81.0	1568.48	1570.33	1570.10	1570.76	0.023093	2.91	27.86	19.35	0.77	1.85	2.28
4=k0+038	5	108.3	1568.48	1570.66	1570.36	1571.17	0.021576	3.16	34.22	19.46	0.76	2.18	2.69
4=k0+038	10	145.8	1568.48	1570.12	1570.68	1572.01	0.120997	6.08	23.84	19.28	1.75	1.64	3.53
4=k0+038	25	195.1	1568.48	1571.30	1571.07	1572.19	0.026813	4.17	46.78	19.68	0.86	2.82	3.71
4=k0+038	50	234.9	1568.48	1570.62	1571.35	1573.12	0.109407	7.01	33.38	19.45	1.71	2.14	4.64
4=k0+038	100	275.9	1568.48	1570.85	1571.66	1573.54	0.102136	7.26	37.86	19.52	1.67	2.37	5.06
3=k0+050	2	58.4	1567.40	1569.29	1569.29	1569.93	0.039956	3.53	16.41	13.03	1.01	1.89	2.53
3=k0+050	3	81.0	1567.40	1569.65	1569.65	1570.38	0.038434	3.78	21.44	14.94	1.01	2.25	2.98
3=k0+050	5	108.3	1567.40	1570.04	1570.04	1570.81	0.036539	3.87	27.88	18.11	1.00	2.64	3.41
3=k0+050	10	145.8	1567.40	1570.43	1570.43	1571.28	0.036009	4.09	35.43	20.97	1.01	3.03	3.88
3=k0+050	25	195.1	1567.40	1570.85	1570.85	1571.82	0.033752	4.37	44.65	22.72	0.99	3.45	4.42
3=k0+050	50	234.9	1567.40	1571.10	1571.10	1572.19	0.033842	4.62	50.61	23.61	1.01	3.70	4.79
3=k0+050	100	275.9	1567.40	1571.40	1571.40	1572.56	0.032144	4.77	57.68	24.63	0.99	4.00	5.16
2=k0+060	2	58.4	1566.45	1568.47	1568.47	1569.15	0.041443	3.66	15.85	11.75	1.01	2.02	2.70
2=k0+060	3	81.0	1566.45	1568.84	1568.84	1569.64	0.039662	3.94	20.55	13.12	1.01	2.39	3.19
2=k0+060	5	108.3	1566.45	1568.85	1569.22	1570.25	0.070401	5.25	20.56	13.13	1.34	2.40	3.80
2=k0+060	10	145.8	1566.45	1569.32	1569.66	1570.77	0.05895	5.33	27.23	14.87	1.26	2.87	4.32
2=k0+060	25	195.1	1566.45	1569.90	1570.28	1571.36	0.050918	5.35	36.43	17.69	1.19	3.45	4.91
2=k0+060	50	234.9	1566.45	1570.66	1570.66	1571.64	0.035683	4.40	53.23	27.53	1.01	4.21	5.19
2=k0+060	100	275.9	1566.45	1570.52	1570.93	1572.09	0.058728	5.55	49.59	26.22	1.29	4.07	5.64
1=k0+080	2	58.4	1565.20	1566.74	1567.09	1567.90	0.095376	4.76	12.18	12.09	1.52	1.54	2.70
1=k0+080	3	81.0	1565.20	1567.00	1567.45	1568.40	0.09684	5.24	15.47	13.46	1.56	1.80	3.20
1=k0+080	5	108.3	1565.20	1567.76	1567.76	1568.56	0.036667	3.97	27.20	17.19	1.01	2.56	3.36
1=k0+080	10	145.8	1565.20	1567.63	1568.17	1569.35	0.083654	5.80	24.98	16.61	1.51	2.43	4.15
1=k0+080	25	195.1	1565.20	1568.59	1568.59	1569.64	0.033826	4.53	43.04	20.88	1.01	3.39	4.44
1=k0+080	50	234.9	1565.20	1568.92	1568.91	1570.03	0.032242	4.67	50.07	22.32	1.00	3.72	4.83
1=k0+080	100	275.9	1565.20	1569.19	1569.19	1570.41	0.032298	4.88	56.34	23.53	1.01	3.99	5.21

SOCAVACIÓN

Se tuvo en cuenta la metodología planteada el artículo 6.3 del Manual de Drenaje para Carreteras, Invias 2009.

De acuerdo con el manual de Invias, la socavación general es la que hace referencia al descenso generalizado del lecho de la corriente durante el paso de la creciente de un periodo de retorno de 100 años y que sucede en tramos rectos; en una contracción ya sea de tipo natural o motivada por estribos de puentes y en los tramos de curvas en los ríos.

Para determinar el comportamiento del lecho de la quebrada, se determina la velocidad crítica por encima de la cual se presenta movimiento de las partículas V_c , determinada por la siguiente expresión:

$$V_c = 6.19 Y_o^{1/6} d_{50}^{1/3}$$

Donde:

V_c = Velocidad crítica por encima de la cual el material de lecho con tamaño d_{50} o más pequeño es transportado, en metros por segundo (m/s).

Y_o = Profundidad de flujo, en metros (m)

d_{50} = Diámetro de la partícula de lecho de una muestra, en la cual el 50% es más fino, en (m)

Si la velocidad media del flujo en el tramo de aguas arriba (V) es igual o menor que la velocidad crítica con la cual se inicia el movimiento de las partículas (V_c) referida al diámetro medio (d_{50}) del material del lecho, la socavación será por condiciones de aguas claras (clear-water).

Si la velocidad media del flujo en el tramo de aguas arriba (V) es mayor que la velocidad crítica con la cual se inicia el movimiento de las partículas (V_c) referida al tamaño medio del material, se tendrá socavación por movimiento de lecho (live-bed).

Se realizó un análisis de sensibilidad de la velocidad de socavación V_c , para varios diámetros medios de las partículas del fondo del río y para periodos de retorno comprendidos entre 2 a 100 años. Para ilustrar la aplicación del método, se presentan los cálculos para la creciente de 100 años y para un diámetro $d_{50}=4\text{mm}$.

De acuerdo con la corrida de los perfiles hidráulicos por HEC RAS 5.03, en la sección transversal del puente, $4=k0+038$, ver tabla 13, para la creciente de periodo de retorno 100 años, se determinó una velocidad media de 7.26m/s , profundidad de flujo de $1570.85-1568.48=2.37\text{m}$

Tomando de manera representativa un $d_{50} = 27\text{mm} = 0.027\text{m}$ se tiene una velocidad V_c de:

$$V_c = 6.19Y_o^{1/6}d_{50}^{1/3} = 6.19(2.37)^{1/6}(0.027)^{1/3} = 2.1\text{m/s}$$

Fundación

Los resultados para otras condiciones se presentan en la tabla 15



Tabla 15 Análisis de sensibilidad de la socavación en la sección transversal de la quebrada La Plata en el puente Pastales, vereda Pastales. Fracción fina d50=27mm, fracción gruesa d50=300mm

ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD DE LA SOCAVACIÓN EN LA SECCIÓN DEL PUENTE PASTALES SOBRE LA QUEBRADA LA PLATA IBAGUÉ TOLIMA VEREDA PASTALES																									
T=100 años			T=50 años			T=25 años			T=10 años			T=5 años			T=3 años			T=2 años			Velocidades socavación				
C.fondo m			C.fondo m			C.fondo m			C.fondo m			C.fondo m			C.fondo m			C.fondo m			para periodos de				
C. Agua m			C. Agua m			C. Agua m			C. Agua m			C. Agua m			C. Agua m			C. Agua m			retorno de 2 a 100 años				
en función de d50																									
Yo	d50	Vc	Yo	d50	Vc	Yo	d50	Vc	Yo	d50	Vc	Yo	d50	Vc	Yo	d50	Vc	Yo	d50	Vc	Yo	d50	Vc	d50	Vc media
m	m	m/s	m	m	m/s	m	m	m/s	m	m	m/s	m	m	m/s	m	m	m/s	m	m	m/s	m	m	m/s	mm	m/s
2.37	0.001	0.7	2.14	0.001	0.7	2.82	0.001	0.7	1.64	0.001	0.7	2.18	0.001	0.7	1.85	0.001	0.7	1.1	0.001	0.6	1	0.7			
2.37	0.002	0.9	2.14	0.002	0.9	2.82	0.002	0.9	1.64	0.002	0.8	2.18	0.002	0.9	1.85	0.002	0.9	1.1	0.002	0.8	2	0.9			
2.37	0.003	1.0	2.14	0.003	1.0	2.82	0.003	1.1	1.64	0.003	1.0	2.18	0.003	1.0	1.85	0.003	1.0	1.1	0.003	0.9	3	1.0			
2.37	0.004	1.1	2.14	0.004	1.1	2.82	0.004	1.2	1.64	0.004	1.1	2.18	0.004	1.1	1.85	0.004	1.1	1.1	0.004	1.0	4	1.1			
2.37	0.005	1.2	2.14	0.005	1.2	2.82	0.005	1.3	1.64	0.005	1.1	2.18	0.005	1.2	1.85	0.005	1.2	1.1	0.005	1.1	5	1.2			
2.37	0.006	1.3	2.14	0.006	1.3	2.82	0.006	1.3	1.64	0.006	1.2	2.18	0.006	1.3	1.85	0.006	1.2	1.1	0.006	1.1	6	1.3			
2.37	0.007	1.4	2.14	0.007	1.3	2.82	0.007	1.4	1.64	0.007	1.3	2.18	0.007	1.3	1.85	0.007	1.3	1.1	0.007	1.2	7	1.3			
2.37	0.008	1.4	2.14	0.008	1.4	2.82	0.008	1.5	1.64	0.008	1.3	2.18	0.008	1.4	1.85	0.008	1.4	1.1	0.008	1.3	8	1.4			
2.37	0.009	1.5	2.14	0.009	1.5	2.82	0.009	1.5	1.64	0.009	1.4	2.18	0.009	1.5	1.85	0.009	1.4	1.1	0.009	1.3	9	1.4			
2.37	0.010	1.5	2.14	0.010	1.5	2.82	0.010	1.6	1.64	0.010	1.4	2.18	0.010	1.5	1.85	0.010	1.5	1.1	0.010	1.4	10	1.5			
2.37	0.011	1.6	2.14	0.011	1.6	2.82	0.011	1.6	1.64	0.011	1.5	2.18	0.011	1.6	1.85	0.011	1.5	1.1	0.011	1.4	11	1.5			
2.37	0.012	1.6	2.14	0.012	1.6	2.82	0.012	1.7	1.64	0.012	1.5	2.18	0.012	1.6	1.85	0.012	1.6	1.1	0.012	1.4	12	1.6			
2.37	0.013	1.7	2.14	0.013	1.7	2.82	0.013	1.7	1.64	0.013	1.6	2.18	0.013	1.7	1.85	0.013	1.6	1.1	0.013	1.5	13	1.6			
2.37	0.014	1.7	2.14	0.014	1.7	2.82	0.014	1.8	1.64	0.014	1.6	2.18	0.014	1.7	1.85	0.014	1.7	1.1	0.014	1.5	14	1.7			
2.37	0.015	1.8	2.14	0.015	1.7	2.82	0.015	1.8	1.64	0.015	1.7	2.18	0.015	1.7	1.85	0.015	1.7	1.1	0.015	1.6	15	1.7			
2.37	0.016	1.8	2.14	0.016	1.8	2.82	0.016	1.9	1.64	0.016	1.7	2.18	0.016	1.8	1.85	0.016	1.7	1.1	0.016	1.6	16	1.7			
2.37	0.017	1.8	2.14	0.017	1.8	2.82	0.017	1.9	1.64	0.017	1.7	2.18	0.017	1.8	1.85	0.017	1.8	1.1	0.017	1.6	17	1.8			
2.37	0.018	1.9	2.14	0.018	1.8	2.82	0.018	1.9	1.64	0.018	1.8	2.18	0.018	1.8	1.85	0.018	1.8	1.1	0.018	1.6	18	1.8			
2.37	0.019	1.9	2.14	0.019	1.9	2.82	0.019	2.0	1.64	0.019	1.8	2.18	0.019	1.9	1.85	0.019	1.8	1.1	0.019	1.7	19	1.8			
2.37	0.020	1.9	2.14	0.020	1.9	2.82	0.020	2.0	1.64	0.020	1.8	2.18	0.020	1.9	1.85	0.020	1.9	1.1	0.020	1.7	20	1.9			
2.37	0.021	2.0	2.14	0.021	1.9	2.82	0.021	2.0	1.64	0.021	1.9	2.18	0.021	1.9	1.85	0.021	1.9	1.1	0.021	1.7	21	1.9			
2.37	0.022	2.0	2.14	0.022	2.0	2.82	0.022	2.1	1.64	0.022	1.9	2.18	0.022	2.0	1.85	0.022	1.9	1.1	0.022	1.8	22	1.9			
2.37	0.023	2.0	2.14	0.023	2.0	2.82	0.023	2.1	1.64	0.023	1.9	2.18	0.023	2.0	1.85	0.023	2.0	1.1	0.023	1.8	23	2.0			
2.37	0.024	2.1	2.14	0.024	2.0	2.82	0.024	2.1	1.64	0.024	1.9	2.18	0.024	2.0	1.85	0.024	2.0	1.1	0.024	1.8	24	2.0			
2.37	0.025	2.1	2.14	0.025	2.1	2.82	0.025	2.2	1.64	0.025	2.0	2.18	0.025	2.1	1.85	0.025	2.0	1.1	0.025	1.8	25	2.0			
2.37	0.026	2.1	2.14	0.026	2.1	2.82	0.026	2.2	1.64	0.026	2.0	2.18	0.026	2.1	1.85	0.026	2.0	1.1	0.026	1.9	26	2.1			
2.37	0.027	2.1	2.14	0.027	2.1	2.82	0.027	2.2	1.64	0.027	2.0	2.18	0.027	2.1	1.85	0.027	2.1	1.1	0.027	1.9	27	2.1			
2.37	0.028	2.2	2.14	0.028	2.1	2.82	0.028	2.2	1.64	0.028	2.0	2.18	0.028	2.1	1.85	0.028	2.1	1.1	0.028	1.9	28	2.1			
2.37	0.029	2.2	2.14	0.029	2.2	2.82	0.029	2.3	1.64	0.029	2.1	2.18	0.029	2.2	1.85	0.029	2.1	1.1	0.029	1.9	29	2.1			
2.37	0.030	2.2	2.14	0.030	2.2	2.82	0.030	2.3	1.64	0.030	2.1	2.18	0.030	2.2	1.85	0.030	2.1	1.1	0.030	2.0	30	2.2			
2.37	0.300	4.8	2.14	0.300	4.7	2.82	0.300	4.9	1.64	0.300	4.5	2.18	0.300	4.7	1.85	0.300	4.6	1.1	0.300	4.2	300	4.6			
2.37	1.154	7.5	2.14	1.154	7.4	2.82	1.154	7.7	1.64	1.154	7.1	2.18	1.154	7.4	1.85	1.154	7.2	1.1	1.154	6.6	1154	7.3			

La velocidad máxima en la sección del puente Pastales, ver tabla 13, para el periodo de retorno de diseño de 100 años es de 7.26m/s, y la curva granulométrica del río, ver figura 27 y tabla 16, muestra que el d50 del material pequeño del fondo del río tiene un tamaño de d50=27mm, que se mueve para velocidades superiores a 2.1m/s, ver tabla 15. Así mismo el material grueso, ver figura 28 y tabla 17, tiene un d50 de 300mm, que se mueve para velocidades superiores a 4.8m/s, por lo tanto, para el periodo de diseño de 100 años se presenta socavación.

Tabla 16 Curva granulométrica fracción fina del cauce de la quebrada La Plata

CURVA GRANULOMÉTRICA Quebrada La Plata V. Pastales			
DE LA FRACCIÓN FINA			
TOMADA EN CAMPO POR OBSERVACIÓN DIRECTA			
Diciembre de 2024			
Diámetro(m)	Cantidad	%	% pasa
0.007	1	1.00%	1.00%
0.008	2	2.00%	3.00%
0.009	1	1.00%	4.00%
0.011	1	1.00%	5.00%
0.012	1	1.00%	6.00%
0.013	1	1.00%	7.00%
0.014	8	8.00%	15.00%
0.015	1	1.00%	16.00%
0.016	4	4.00%	20.00%
0.017	5	5.00%	25.00%
0.018	3	3.00%	28.00%
0.019	1	1.00%	29.00%
0.020	7	7.00%	36.00%
0.022	5	5.00%	41.00%
0.023	2	2.00%	43.00%
0.025	4	4.00%	47.00%
0.027	2	2.00%	49.00%
0.028	2	2.00%	51.00%
0.029	2	2.00%	53.00%
0.033	8	8.00%	61.00%
0.035	3	3.00%	64.00%
0.038	3	3.00%	67.00%
0.041	4	4.00%	71.00%
0.045	5	5.00%	76.00%
0.050	5	5.00%	81.00%
0.058	6	6.00%	87.00%
0.070	6	6.00%	93.00%
0.090	3	3.00%	96.00%
0.100	3	3.00%	99.00%
0.140	1	1.00%	100.00%
Suma	100	100.00%	

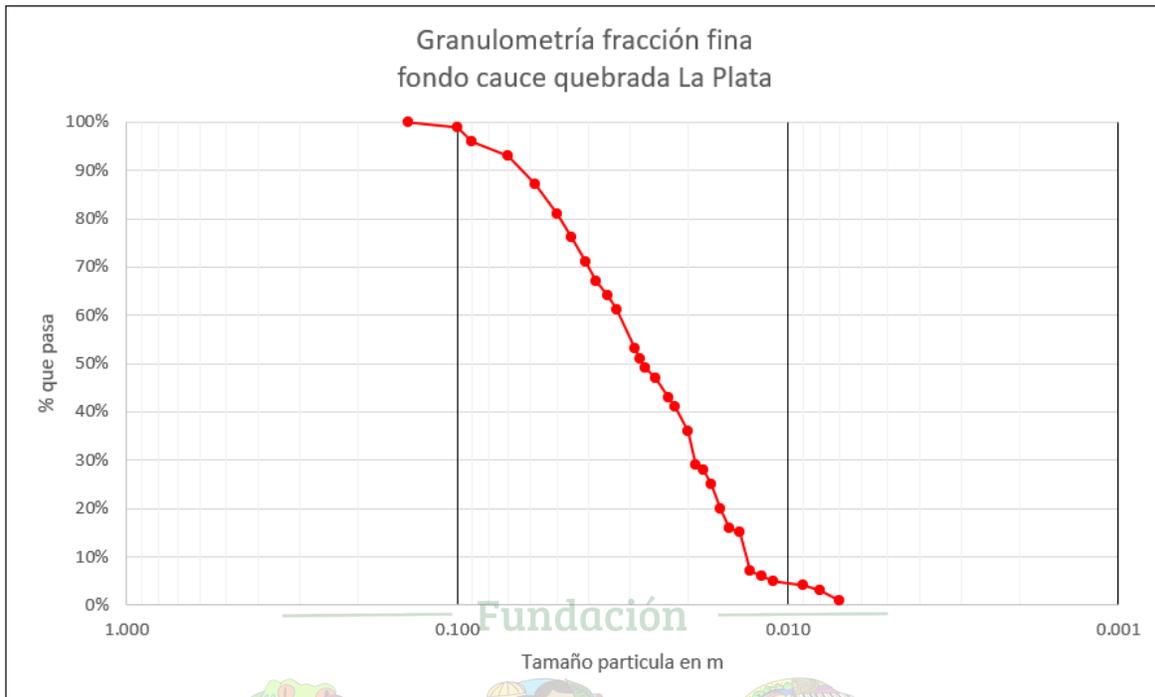


Figura 27 Distribución granulométrica del material pequeño en la quebrada La Plata (Fuente: Observación directa en campo). $d_{50}=27\text{mm}$. Ver tabla 16.

Distribución granulométrica del material de arrastre en la quebrada la Plata. En la tabla 17 y figura 30 se presenta la distribución granulométrica de la fracción fina del material de arrastre en la quebrada La Plata, diámetros entre 7mm y 140mm, con los valores $D_{60}=33\text{mm}$, $D_{50} =27\text{mm}$, $D_{30} =19\text{mm}$, $D_{10} = 13\text{mm}$.

En la tabla 17 y figura 30 se presenta la distribución granulométrica de la fracción gruesa del material de arrastre en la quebrada La Plata, diámetros entre 7cm y 2.10m, con los valores $d_{60}=430\text{mm}$, $d_{50} = 300 \text{ mm}$, $d_{30} =180\text{mm}$, $d_{10} = 120\text{mm}$.

Tabla 17 Curva granulométrica fracción gruesa del cauce de la quebrada La Plata

CURVA GRANULOMÉTRICA Quebrada La Plata V. Pastales			
DE LA FRACCIÓN GRUESA			
TOMADA EN CAMPO POR OBSERVACIÓN DIRECTA			
Diciembre de 2024			
Diámetro(m)	Cantidad	%	% pasa
0.07	1	1.00%	1.00%
0.08	1	1.00%	2.00%
0.10	5	5.00%	7.00%
0.11	1	1.00%	8.00%
0.12	3	3.00%	11.00%
0.13	5	5.00%	16.00%
0.14	3	3.00%	19.00%
0.15	3	3.00%	22.00%
0.16	2	2.00%	24.00%
0.17	3	3.00%	27.00%
0.18	4	4.00%	31.00%
0.19	1	1.00%	32.00%
0.20	4	4.00%	36.00%
0.22	2	2.00%	38.00%
0.23	1	1.00%	39.00%
0.24	2	2.00%	41.00%
0.25	2	2.00%	43.00%
0.26	2	2.00%	45.00%
0.27	1	1.00%	46.00%
0.28	2	2.00%	48.00%
0.30	3	3.00%	51.00%
0.34	1	1.00%	52.00%
0.35	1	1.00%	53.00%
0.40	4	4.00%	57.00%
0.50	8	8.00%	65.00%
0.60	7	7.00%	72.00%
0.65	2	2.00%	74.00%
0.67	1	1.00%	75.00%
0.68	1	1.00%	76.00%
0.70	4	4.00%	80.00%
0.78	1	1.00%	81.00%
0.80	1	1.00%	82.00%
0.85	1	1.00%	83.00%
0.90	1	1.00%	84.00%
0.95	1	1.00%	85.00%
1.00	1	1.00%	86.00%
1.10	1	1.00%	87.00%
1.20	3	3.00%	90.00%
1.30	2	2.00%	92.00%
1.40	3	3.00%	95.00%
1.80	1	1.00%	96.00%
1.90	2	2.00%	98.00%
2.00	1	1.00%	99.00%
2.10	1	1.00%	100.00%
Suma	100	100.00%	

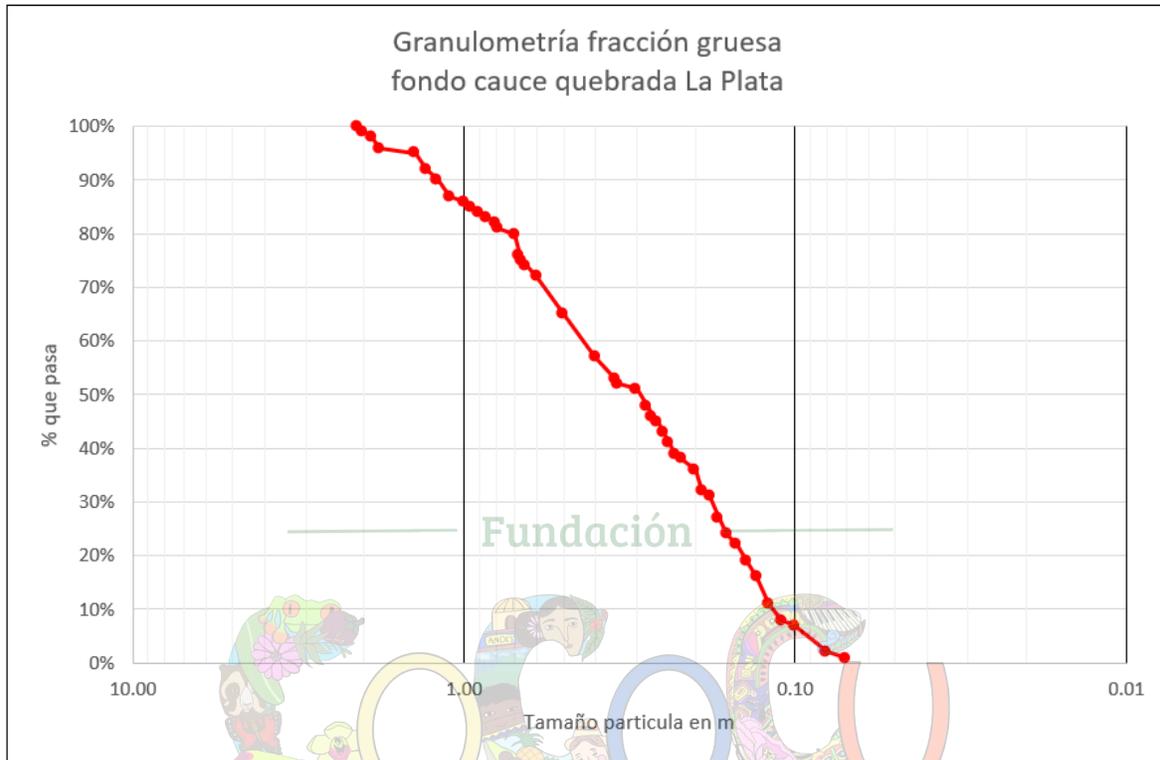


Figura 28 Distribución granulométrica del material grueso en la quebrada La Plata. $d_{50}=0.30\text{m} = 300\text{mm}$. Ver tabla 17.

En la tabla 16 se muestra que para que se presente socavación en el material del lecho de la quebrada La Plata, que se estima un $d_{50}=50\text{mm}$ se requiere de una velocidad de flujo por encima de 1.2m/s , sin embargo, la velocidad de flujo en el río, para la creciente de 100 años es de 7.26m/s (ver tabla 15), valor superior, por lo tanto se presentará socavación para el periodo de retorno de 100 años tomado para el diseño. La fracción gruesa se afectará, como se observa de la tabla 16 dado que para $d_{50}=300\text{mm}$ se vería afectado por velocidades de flujo del agua del río por encima de 4.6m/s .

CONCLUSIONES GENERALES

Conclusiones de la modelación hidrológica e hidráulica de la quebrada La Plata en el sector del puente metálico de Pastales:

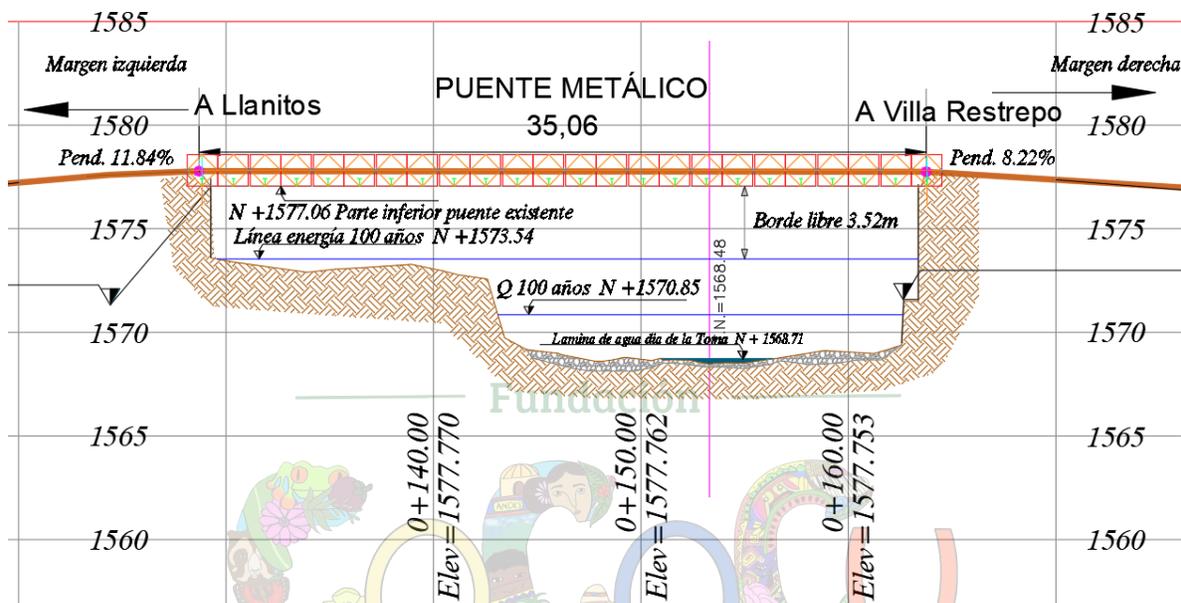


Figura 29 Sección transversal 4=k0+038 Quebrada La Plata con puente Pastales.
Velocidad máxima 7.26m/s

Los resultados de las corridas de los perfiles hidráulicos se presentan en las tablas 13 y 14, se resumen en la figura 29 lo referente a la sección transversal del puente, recalcando lo siguiente:

Las velocidades de flujo de crecientes para los periodos de retorno de 2 a 100 años varían entre 4.33m/s y 7.26m/s.

Las profundidades de flujo o tirante varían entre 1.10m y 2.37m, para flujo supercrítico principalmente, siendo velocidades erosivas.

En el sector se presenta la presencia de transporte de material, con movimiento de piedras del orden de 2m de diámetro.

Se presenta transporte de palizadas, flujo de escombros y piedras de gran tamaño que hace que las condiciones de flujo puedan llegar a profundidades que corresponden con la energía específica E_e , es decir, profundidades que para los periodos de retorno de 2 a 100 años varían entre 2.05m y 5.06m.

La cota del nivel de agua, para la creciente de 100 años, con palizada es del orden de 1573.54msnm. La parte inferior del puente existente, ver figura 29 está en la cota 1577.06m, lo que da un borde libre de $1577.06 - 1573.54 = 3.52\text{m}$.

Los planos del levantamiento topográfico, mostrando el perfil hidráulico para la creciente de 100 años se presenta en el anexo Planos Topografía.

Del análisis geométrico, topográfico se observa una pendiente media del fondo de la quebrada La Plata del orden de 6.71%. Se observa que la sección transversal del puente, que corresponde con el k0+038 del levantamiento topográfico, presenta estrangulamiento, y por esta razón hidráulicamente la sección es un control hidráulico, asunto que muestra la necesidad de aumentar el ancho de la sección transversal.

Estribo derecho = Muro 1, lado Villa Restrepo.

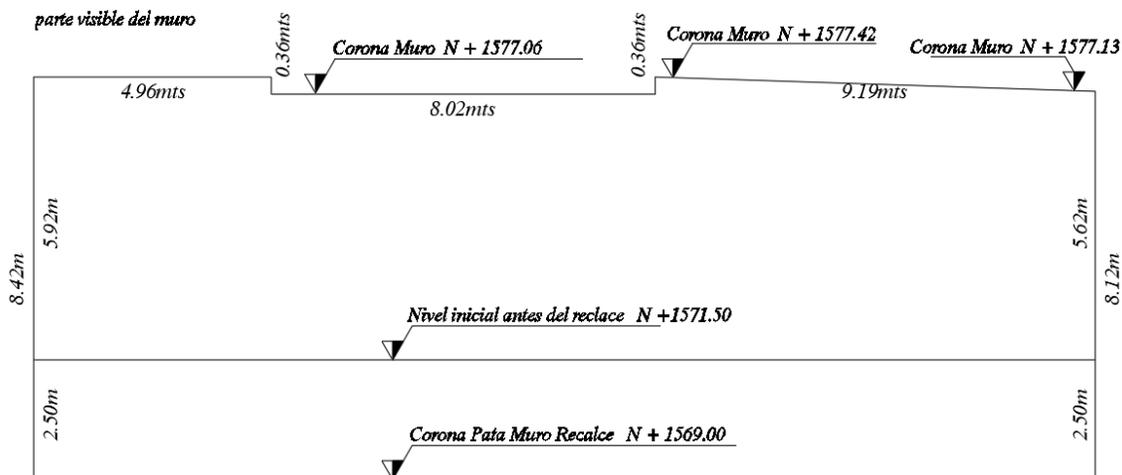


Figura 30 Alzada estribo derecho puente Pastales

Estribo izquierdo = Muro 2, lado llanitos

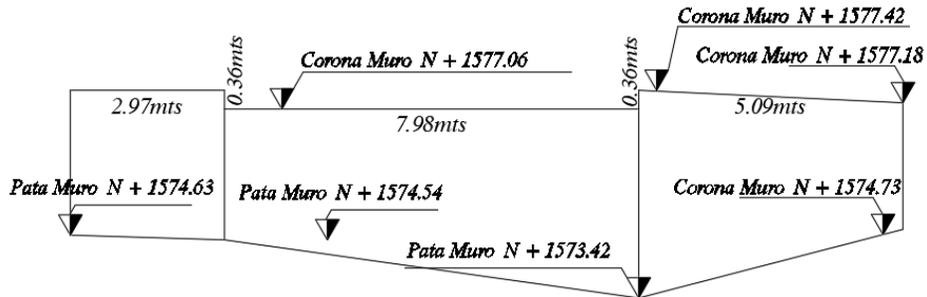
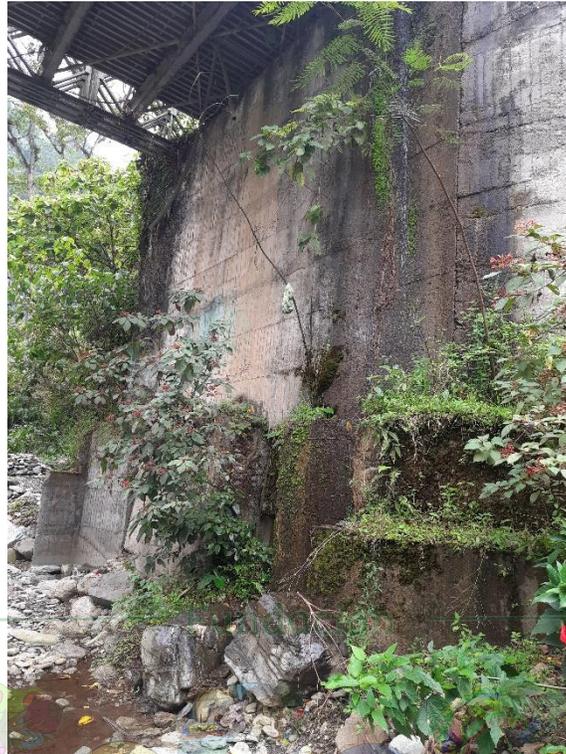


Figura 31 Alzada estribo izquierdo puente Pastales

En la cimentación del puente se presenta socavación progresiva a través del tiempo. En las figuras 30 y 31 se muestra la alzada, parte visible, de los estribos derecho e izquierdo. El estribo derecho del puente, que corresponde al lado de Villa Restrepo, ver figura 30, y fotografías 26 y 78, presenta gran afectación a la socavación. Se observa que presenta un recalce del 2.50m, pero que la socavación sigue en aumento y presenta peligro de colapsar. El estribo izquierdo, ver figura 31 se observa más estable en cuanto a la socavación.



Fotografía 26 del anexo fotográfico, se observa socavación del estribo derecho del puente.



Fotografía 78 del anexo fotográfico. Vista del estribo derecho del puente. Se observan daños por socavación.



Fotografía 60 del anexo fotográfico. Estribo izquierdo.

Conclusiones de aspectos de vías y vehiculares:

Se observa que el ancho vial del puente, que es de 4.10m, no da para dos carriles viales y por lo tanto solo se puede tener flujo en un solo sentido de manera alternada, ver fotografía 4, del anexo fotográfico.



Fotografía 4 del anexo fotográfico. Se observa que el ancho vial del puente, que es de 4.10m, no da para dos carriles viales y por lo tanto solo se puede tener flujo en un solo sentido de manera alternada.

El puente no tiene andenes, por lo que los peatones están en riesgo de ser atropellados por los vehículos automotores, ver fotografía 8, del anexo fotográfico.



Fotografía 8 del anexo fotográfico. El puente no tiene andenes, por lo que los peatones están en riesgo de ser atropellados por los vehículos automotores.

Se observa, ver figura 29, que las pendientes de acceso vehicular al puente son de 11.84% del lado de llanitos y de 8.22% del lado de Villa Restrepo. Estas pendientes son muy altas, lo que dificulta el acceso al puente y hay dificultad con la visibilidad.

El ancho de la carretera, en la vecindad del puente, es de 6m, para dos carriles, sin embargo, el ancho vial del puente es de tan solo 4.1m lo que no permite el paso simultáneo de dos vehículos en sentido opuesto.

Los accesos al puente, en planta, presentan curvas horizontales lo que dificulta la visibilidad.

En general, el tablero del puente, constituido por láminas de acero, se encuentra totalmente liso, se ha perdido el grabado por el uso y cuando está húmedo por la lluvia presenta alta tasa de accidentalidad, con la pérdida de equilibrio de peatones, motocicletas y todo tipo de vehículo.



Conclusiones de aspectos estructurales

Desde el punto de vista estructural se presentan las siguientes conclusiones, como resultado de la evaluación de los aspectos observados directamente en campo.

El puente vehicular presente en Pastales, sobre la quebrada La Plata es en estructura metálica, de 35m de luz libre, de ancho vehicular 4.10m, con tablero en láminas de acero. El sistema estructural es en dos cerchas en celosía metálicas laterales de 1.56m de altura y 0.64m de ancho, con vigas transversales que reciben las cargas del tablero y las llevan a las cerchas laterales. Las cargas son transmitidas a los estribos de concreto, que a su vez llevan las cargas a la cimentación.

La forma y disposición geométrica se puede observar en la figura 29 y en las fotografías mostradas en el anexo fotográfico.

Se estima que el puente fue puesto de manera temporal en el año 1987, proveniente de puentes temporales del proyecto Resurgir, ver fotografía 97 del anexo fotográfico.



Fotografía 97 del anexo fotográfico. Inscrición en el puente. Construcción, Resurgir.

El estribo derecho del puente, que está del lado de Villa Restrepo se encuentra muy afectado por la socavación y presenta peligro de colapso. Ver fotografías 26 y 78 del anexo fotográfico.

Los elementos estructurales de las cerchas ya muestran falla estructural. Ver fotografías 38, 39 y 40 del anexo fotográfico.

El puente no está capacitado para grandes cargas. El uso del puente puede soportar, según lo observado en campo, el paso de pequeños camiones, busetas, automóviles y motocicletas, pero no puede soportar ni se debe permitir, el paso de maquinaria pesada como retroexcavadoras, tractores tipo bulldozer, ni tampoco soporta camiones de cama baja cargando maquinaria pesada. Para el paso de maquinaria debe habilitarse carretable directamente sobre la quebrada.



Fotografía 38 del anexo fotográfico. Puente metálico. Se observa daño de cordón superior.



Fotografía 39 del anexo fotográfico. Puente metálico. Se observa daño de cordón superior.



Fotografía 40 del anexo fotográfico. Puente metálico. Se observa daño de cordón superior.

Se presentan construcciones de viviendas adosadas a los estribos del puente, sobre cargando los estribos. Ver fotografías 42 y 43 del anexo fotográfico.



Fotografía 42 del anexo fotográfico. Estribo izquierdo del puente metálico.



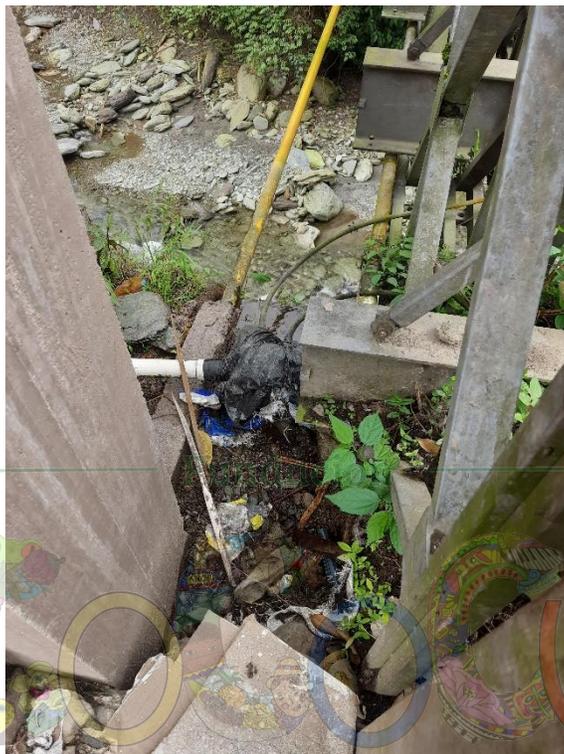
Fotografía 43 del anexo fotográfico. Estribo izquierdo del puente metálico. Casa adosada.

El puente presenta problemas de oxidación de elementos estructurales, y para algunos de ellos se observa corrosión. Ver fotografías 114, 115, 116, 117, 118 del anexo fotográfico.



Fotografía 117 del anexo fotográfico. Vista acceso al puente lado de Villa Restrepo. Se observa corrosión de elementos estructurales.

Se han adosado al puente instalaciones de servicios públicos. La tubería de acueducto veredal presenta fugas de agua causando problemas de oxidación al puente. Ver fotografía 100 del anexo fotográfico.



Fotografía 100 del anexo fotográfico. Tubería del acueducto veredal en mal estado. Está adosada al puente.

CONCEPTO FINAL

El puente tiene una edad aproximada de construido en el sitio de 38 años, presenta incompetencia estructural para el uso vehicular actual, con elementos estructurales en oxidación y otros en estado de corrosión, de 39 m de luz libre y ancho vehicular 4.10m, inferior a 6m que tiene la vía en ese sector. El ancho del puente da para un solo carril, insuficiente para la presencia de los dos carriles y ancho de 6m que tiene la carretera en el sector.

El puente solo soporta pequeños camiones, busetas, automóviles y motocicletas. El puente no soporta el paso de maquinarias pesada, ni siquiera sobre cama baja.

Fundación

El puente requiere de mantenimiento de los elementos estructurales, cambio de los que se encuentren con corrosión y de los que hayan colapsado.

Se requiere la reparación urgente de estribo derecho, que corresponde al lado de Villa Restrepo.

A largo plazo es recomendable pensar en el reemplazo del puente metálico existente, por un puente nuevo, en concreto, con una luz libre superior a 40m, con la rectificación del alineamiento de la quebrada y reconfirmación del ancho de la sección de la quebrada para evitar control hidráulico en la sección del puente. El ancho vial del puente a proyectar debe ser para dos carriles y además los andenes peatonales. Se debe además reconfirmar las pendientes de acceso al puente, además de los alineamientos para mejorar las condiciones de visibilidad y disminución de accidentes.

**ANEXO DATOS DE PRECIPITACIÓN ESTACIÓN 21210030
PASTALES**





IDEAM

Reporte de información Hidrometeorológica de DHIME generado (21/01/2025 15:06)

Nombre estación: PASTALES [21210030] **Corriente:** **Categoría de estación:** Pluviográfica
Latitud: 4.5110555560 **Longitud:** -75.30083333 **Elevación:** 1602
Entidad: INSTITUTO DE HIDROLOGIA **Area Operativa:** Area Operativa 10 - Tolima **Departamento:** Tolima
Municipio: Ibagué **Fecha instalación:** 15/05/1958 00:00 **Fecha suspensión:**
Variable: PRECIPITACION **Frecuencia:** Annual **Fecha consulta:** 01/06/1958-31/12/1978
Parametro: Precipitación total anual **Unidad medida:** mm

Fecha	Valor:	Nivel de Aprobación
01/01/1959 00:00	1525	Preliminar
01/01/1960 00:00	2240	Preliminar
01/01/1961 00:00	1683	Preliminar
01/01/1962 00:00	1987	Preliminar
01/01/1963 00:00	1911	Preliminar
01/01/1964 00:00	1909	Preliminar
01/01/1965 00:00	1622	Preliminar
01/01/1966 00:00	1598.7	Preliminar
01/01/1967 00:00	1410.6	Preliminar
01/01/1968 00:00	2049	Preliminar
01/01/1969 00:00	1929	Preliminar
01/01/1970 00:00	2342	Preliminar
01/01/1971 00:00	2644	Preliminar
01/01/1972 00:00	1855	Preliminar
01/01/1973 00:00	2519	Preliminar
01/01/1974 00:00	2528	Preliminar
01/01/1975 00:00	2631	Preliminar
01/01/1976 00:00	1550	Preliminar
01/01/1977 00:00	1865	Preliminar
01/01/1978 00:00	1817	Preliminar



Reporte de información Hidrometeorológica de DHIME generado (21/01/2025 15:29)

Nombre estación: PASTALES [21210030] **Corriente:** **Categoría de estación:** Pluviográfica
Latitud: 4.5110555560 **Longitud:** -75.30083333 **Elevación:** 1602
Entidad: INSTITUTO DE HIDROLOGIA **Area Operativa:** Area Operativa 10 - Tolima **Departamento:** Tolima
Municipio: Ibagué **Fecha instalación:** 15/05/1958 00:00 **Fecha suspensión:**
Variable: PRECIPITACION **Frecuencia:** Annual **Fecha consulta:** 01/01/1979-31/12/1999
Parametro: Precipitación total anual **Unidad medida:** mm

Fecha	Valor:	Nivel de Aprobación
01/01/1979 00:00	1821	Preliminar
01/01/1980 00:00	1993.8	Preliminar
01/01/1981 00:00	2128.1	Preliminar
01/01/1982 00:00	1296.7	Preliminar
01/01/1983 00:00	1812.1	Preliminar
01/01/1984 00:00	2126.7	Preliminar
01/01/1985 00:00	1673.5	Preliminar
01/01/1986 00:00	2020.5	Preliminar
01/01/1987 00:00	1700.1	Preliminar
01/01/1988 00:00	1996.8	Preliminar
01/01/1989 00:00	2248.5	Preliminar
01/01/1990 00:00	2490.3	Preliminar
01/01/1991 00:00	3042	Preliminar
01/01/1993 00:00	2614.2	Preliminar
01/01/1995 00:00	1882.4	Preliminar
01/01/1996 00:00	2187	Preliminar
01/01/1997 00:00	1265	Preliminar
01/01/1998 00:00	2017.5	Preliminar
01/01/1999 00:00	1985.9	Preliminar



IDEAM

Reporte de información Hidrometeorológica de DHIME generado (21/01/2025 15:37)

Nombre estación: PASTALES [21210030] **Corriente:** **Categoría de estación:** Pluviográfica
Latitud: 4.511055560 **Longitud:** -75.30083333 **Elevación:** 1602
Entidad: INSTITUTO DE HIDROLOGIA **Area Operativa:** Area Operativa 10 - Tolima **Departamento:** Tolima
Municipio: Ibagué **Fecha instalación:** 15/05/1958 00:00 **Fecha suspensión:**
Variable: PRECIPITACION **Frecuencia:** Annual **Fecha consulta:** 01/01/2000-31/12/2020
Parametro: Precipitación total anual **Unidad medida:** mm

Fecha	Valor:	Nivel de Aprobación
01/01/2000 00:00	2639	Preliminar
01/01/2001 00:00	1740.5	Preliminar
01/01/2002 00:00	1612.4	Preliminar
01/01/2003 00:00	2385	Preliminar
01/01/2004 00:00	1535	Preliminar
01/01/2005 00:00	1836.7	Preliminar
01/01/2006 00:00	1954	Preliminar
01/01/2008 00:00	2192	Preliminar
01/01/2009 00:00	1391.7	Preliminar
01/01/2010 00:00	1977.3	Preliminar
01/01/2011 00:00	2024.2	Preliminar
01/01/2012 00:00	1549.3	Preliminar
01/01/2013 00:00	1591.1	Preliminar
01/01/2014 00:00	1482.1	Preliminar
01/01/2015 00:00	1383.8	Preliminar
01/01/2016 00:00	1490.1	Preliminar
01/01/2018 00:00	1577.1	Preliminar
01/01/2019 00:00	1475	Preliminar



IDEAM

Reporte de información Hidrometeorológica de DHIME generado (21/01/2025 15:41)

Nombre estación: PASTALES [21210030] **Corriente:** **Categoría de estación:** Pluviográfica
Latitud: 4.511055560 **Longitud:** -75.30083333 **Elevación:** 1602
Entidad: INSTITUTO DE HIDROLOGIA **Area Operativa:** Area Operativa 10 - Tolima **Departamento:** Tolima
Municipio: Ibagué **Fecha instalación:** 15/05/1958 00:00 **Fecha suspensión:**
Variable: PRECIPITACION **Frecuencia:** Annual **Fecha consulta:** 01/01/2021-21/01/2025
Parametro: Precipitación total anual **Unidad medida:** mm

Fecha	Valor:	Nivel de Aprobación
01/01/2021 00:00	380	Preliminar



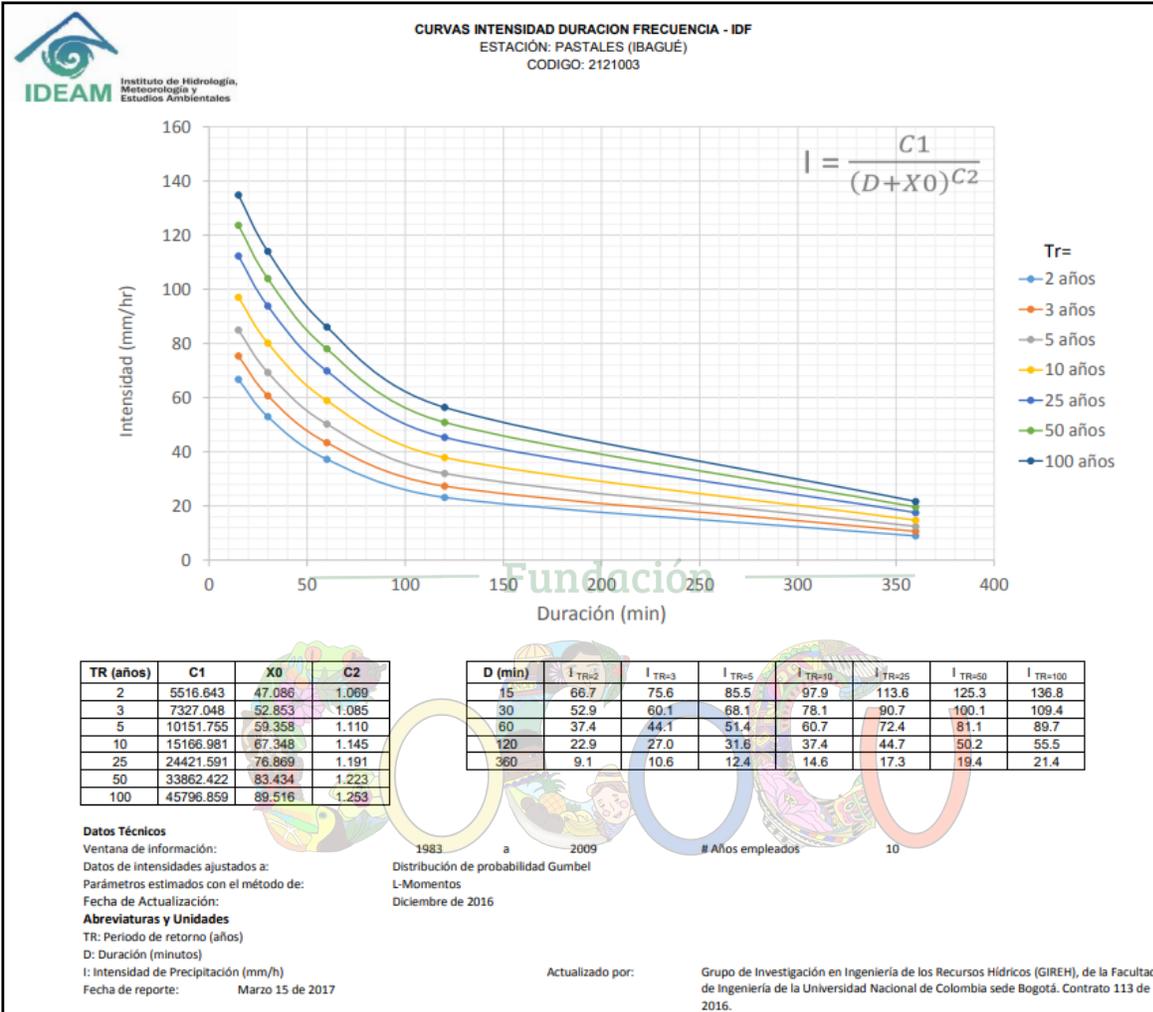


Figura 28 Curvas de intensidad duración frecuencia estación Pastales (Ibagué) IDEAM código 21210030.

ANEXO FOTOGRÁFICO

Fundación





Fotografía 1 Vista hacia aguas arriba de la quebrada La Plata. Se observa el puente metálico. A la izquierda hacia Villa Restrepo. A la derecha hacia Llanitos.



Fotografía 2 Se observa el puente metálico. A la derecha casa que se encuentra a la entrada del puente, viniendo de Llanitos.



Fotografía 3. Vista del puente metálico mirando hacia Llanitos. Se observa al fondo, a la derecha, casa muy pegada al puente, en zona de futura ampliación del ancho del puente, que corresponde hidráulicamente del lado de aguas abajo del puente.



Fotografía 4 Se observa que el ancho vial del puente, que es de 4.10m, no da para dos carriles viales y por lo tanto solo se puede tener flujo en un solo sentido de manera alternada.



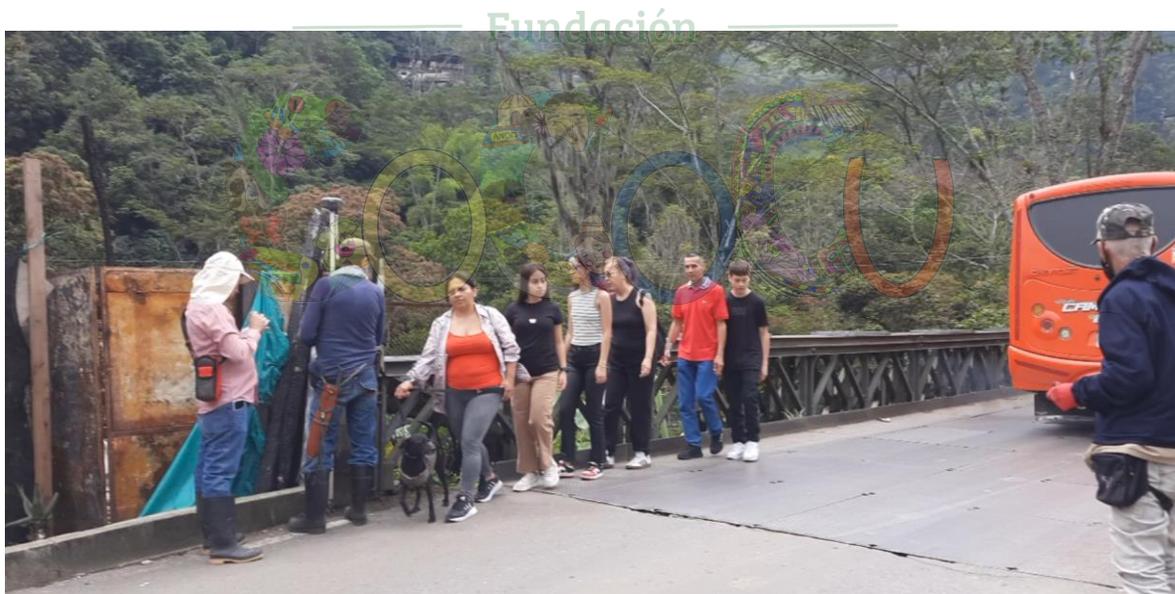
Fundación
Fotografía 5. Acceso vial al puente, vista desde el lado de Llanitos. Hay curva y gran pendiente. A la derecha se observa casa en zona de posible ampliación para mejorar las condiciones de acceso vial.



Fotografía 6. Vista del puente mirando hacia Villa Restrepo. Al fondo a la derecha se observan casas que no permiten ampliación del puente por ese lado. Esas casas se encuentran en la margen derecha de la quebrada.



Fotografía 7 Se observan las casas que se encuentran en la margen derecha de la quebrada la Plata, en el sector aguas arriba del puente metálico.



Fotografía 8 El puente no tiene andenes, por lo que los peatones están en riesgo de ser atropellados por los vehículos automotores.



Fotografía 9 El puente no tiene andenes, por lo que los peatones están en riesgo de ser atropellados por los vehículos automotores.



Fotografía 10 El puente no tiene barreras protectoras laterales, estando en peligro los peatones, que pueden caer a la quebrada la Plata.



Fotografía 11 La vegetación ha invadido la estructura del puente, promoviendo la oxidación y corrosión.



Fotografía 12 Los elementos estructurales presentan oxidación y corrosión.



Fotografía 13 Los elementos estructurales presentan oxidación y corrosión.



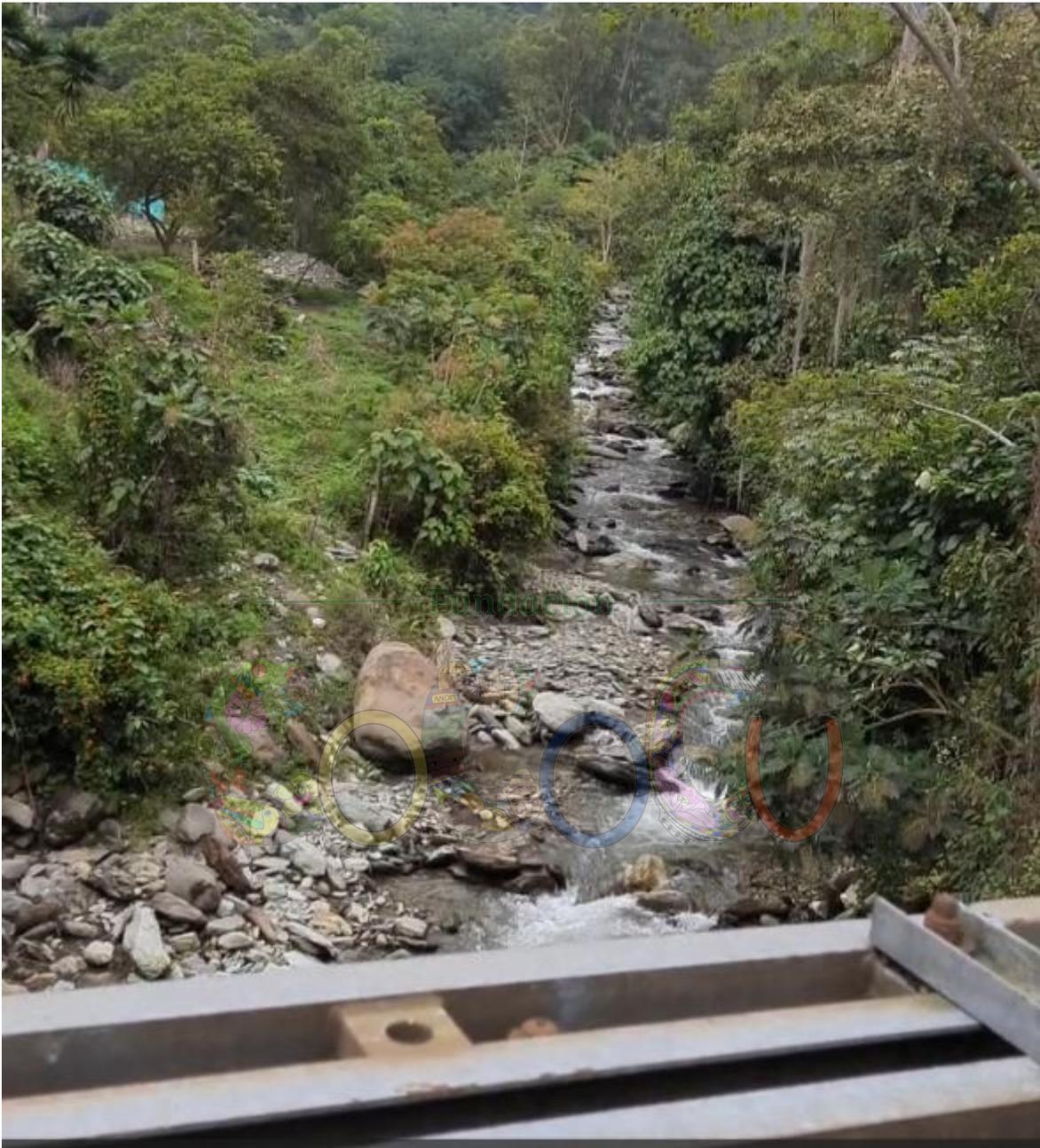
Fotografía 14 Los elementos estructurales presentan oxidación y corrosión.



Fotografía 15 El puente es muy angosto, solo cabe un vehículo a lo ancho de su sección transversal.



Fotografía 16 Se presentan fugas de agua en tubería de acueducto adosadas al puente.



Fotografía 17 Vista hacia aguas arriba de la quebrada La Plata, desde el puente metálico. Se observan piedras de gran tamaño, del orden 2m, que pueden ser transportadas por la quebrada.



Fotografía 18 Se observa daño en el pavimento en los extremos del puente. El tablero del puente está liso.



Fotografía 19 Se observan Vigas transversales del puente.



Fotografía 20 Se observa el tablero del puente.



Fotografía 21 Se observa el cauce de la quebrada La Plata, bajo el puente. Vista hacia aguas arriba.



Fotografía 22 Vista hacia aguas arriba de la quebrada La Plata. Bajo el puente metálico.



Fotografía 23 Vista hacia aguas arriba de la quebrada La Plata. Bajo el puente metálico. Se observan piedras de orden de 2m de diámetro.



Fotografía 24 Vista por debajo del puente. Al fondo a la izquierda de la fotografía se observa la margen izquierda de la quebrada.

Fundación



Fotografía 25 Se observa el estribo derecho del puente.



Fotografía 26 Se observa socavación del estribo derecho del puente.



Fotografía 27 Se observa el estribo izquierdo del puente.



Fotografía 28 Se observa el estribo izquierdo del puente y casa muy cercana al puente..



Fotografía 29 Puente visto por debajo. Vista hacia el estribo izquierdo...



Fotografía 30 Granulometría fina de la quebrada La Plata



Fotografía 31 Granulometría fina de la quebrada La Plata



Fotografía 32 cauce de la quebrada La Plata



Fotografía 33 Puente y cauce de la quebrada La Plata, vista hacia aguas abajo.



Fotografía 34 Puente y cauce de la quebrada La Plata, vista hacia aguas abajo.

Fundación



Fotografía 35 Puente y cauce de la quebrada La Plata, vista de la margen izquierda.



Fotografía 36 Puente y cauce de la quebrada La Plata, vista de la margen izquierda.

Fundación



Fotografía 37 Vista inferior del puente metálico.



Fotografía 38 Puente metálico. Se observa daño de cordón superior.

Fundación



Fotografía 39 Puente metálico. Se observa daño de cordón superior.



Fotografía 40 Puesto metálico. Se observa daño de cordón superior.

Fundación



Fotografía 41 Estribo izquierdo del puente metálico.



Fotografía 42 Estribo izquierdo del puente metálico.

Fundación



Fotografía 43 Estribo izquierdo del puente metálico. Casa adosada.



Fotografía 44 Viga transversal típica del puente metálico.

Fundación



Fotografía 45 Viga transversal típica del puente metálico. Tuberías adosadas a las estructuras del puente.



Fotografía 46 Viga transversal típica del puente metálico. Tuberías adosadas a las estructuras del puente.



Fotografía 47 Viga transversal típica del puente metálico. Tuberías adosadas a las estructuras del puente.



Fotografía 48 Vista lateral puente metálico hacia aguas abajo. Tuberías adosadas a las estructuras del puente. SE observa estribo izquierdo.

Fundación



Fotografía 49 Vista inferior del puente metálico. Al fondo se observa el estribo derecho.



Fotografía 50 Vista inferior del puente metálico. Al fondo de observa el estribo derecho.

Fundación



Fotografía 51 Estribo derecho del puente.



Fotografía 52 vista inferior del puente.

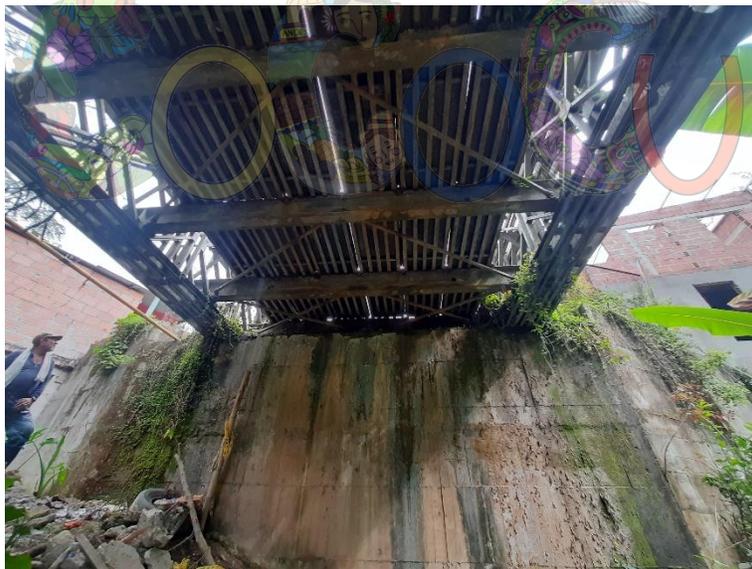
Fundación



Fotografía 53 vista inferior del puente.



Fotografía 54 Estribo derecho del puente.



Fotografía 55 Estribo derecho del puente.



Fotografía 56 Vista hacia aguas arriba. A la derecha se observa el estribo izquierdo.

Fundación



Fotografía 57 Vista hacia aguas arriba. A la derecha se observa el estribo izquierdo.



Fotografía 58 Casa cercana al estribo izquierdo.

Fundación



Fotografía 59 Estribo izquierdo.



Fotografía 60 Estribo izquierdo.

Fundación



Fotografía 61 Estribo izquierdo.



Fotografía 62 Vista de la margen derecha de la quebrada La Plata.

Fundación



Fotografía 63 Vista hacia aguas arriba de la quebrada La Plata.



Fotografía 64 Vista hacia aguas arriba de la quebrada La Plata.

Fundación



Fotografía 65 Vista hacia aguas arriba de la quebrada La Plata.



Fotografía 66 Vista hacia aguas arriba de la quebrada La Plata.

Fundación



Fotografía 67 granulometría de la fracción fina de la quebrada La Plata.



Fotografía 68 granulometría de la fracción fina de la quebrada La Plata.



Fotografía 69 granulometría de la fracción fina de la quebrada La Plata.



Fotografía 70 Estribo derecho del puente.

Fundación



Fotografía 71 Vista inferior del puente.



Fotografía 72 Vista inferior del puente.

Fundación



Fotografía 73 Vista inferior del puente.



Fotografía 74 Vista inferior del puente.

Fundación



Fotografía 75 Vista inferior del puente.



Fotografía 76 Vista hacia aguas arriba de la quebrada La Plata, bajo el puente.

Fundación



Fotografía 77 Vista hacia aguas arriba de la quebrada La Plata, bajo el puente.



Fotografía 78. Vista del estribo derecho del puente. Se observan daños por socavación.



Fotografía 79. Vista inferior del puente.



Fotografía 80. Vista inferior del puente.

Fundación



Fotografía 81. Vista inferior del puente.



Fotografía 82. Vista inferior del puente.

Fundación



Fotografía 83. Vista inferior del puente.



Fotografía 84. Vista inferior del puente.

Fundación



Fotografía 85. Vista inferior del puente.



Fotografía 86. Vista inferior del puente.

Fundación



Fotografía 87. Vista inferior del puente.



Fotografía 88. Vista del estribo derecho del puente.

Fundación



Fotografía 89. Vista hacia aguas arriba de la quebrada La Plata.



Fotografía 90. Vista hacia aguas arriba de la quebrada La Plata. A la derecha se observa la margen izquierda.

Fundación



Fotografía 91. Vista hacia aguas arriba de la quebrada La Plata.



Fotografía 92. Vista hacia aguas arriba de la quebrada La Plata.

Fundación



Fotografía 93. Vista hacia aguas arriba de la quebrada La Plata.



Fotografía 94. Vista hacia aguas arriba de la quebrada La Plata.

Fundación



Fotografía 95. Inscripción en el puente. Construcción, Resurgir.

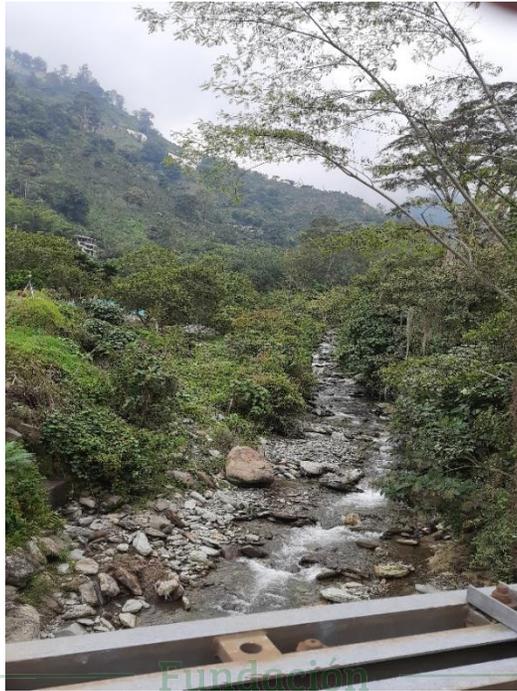


Fotografía 96. Inscripción en el puente. Construcción, Resurgir.

Fundación



Fotografía 97. Inscripción en el puente. Construcción, Resurgir.



Fotografía 98. Vista desde el puente, hacia aguas arriba de la quebrada La Plata.



Fotografía 99. Vista vial hacia Llanitos.



Fotografía 100. Tubería del acueducto veredal en mal estado. Está adosada al puente.



Fotografía 101. Vista hacia aguas arriba, sobre el puente. Se observa corrosión.



Fotografía 102. Vista hacia aguas arriba, sobre el puente. Se observa desgaste de las láminas del tablero.



Fotografía 103 Vista hacia aguas arriba, sobre el puente. Se observa desgaste de las láminas del tablero.



Fotografía 104 Vista hacia aguas arriba, sobre el puente. Se observa desgaste de las láminas del tablero.

Fundación



Fotografía 105 Vista hacia aguas arriba, sobre el puente. Se observa desgaste de las láminas del tablero.



Fotografía 106 Vista hacia aguas arriba, sobre el puente. Se observa desgaste de las láminas del tablero.

Fundación



Fotografía 107 Vista hacia aguas arriba, sobre el puente. Se observa desgaste de las láminas del tablero.



Fotografía 108 Vista hacia aguas arriba, sobre el puente. Se observa desgaste de las láminas del tablero.

Fundación



Fotografía 109 Vista hacia aguas arriba, sobre el puente. Se observa desgaste de las láminas del tablero.



Fotografía 110 Vista hacia aguas arriba, sobre el puente. Se observa desgaste de las láminas del tablero.

Fundación



Fotografía 111 Vista hacia aguas arriba, sobre el puente. Se observa daño del pavimento en acceso lado Llanitos.



Fotografía 112 Vista hacia aguas arriba, sobre el puente. Se observa daño del pavimento en acceso lado



Fotografía 113 Vista acceso al puente lado de Llanitos. Se observa casa en construcción muy pegada.



Fotografía 114 Vista acceso al puente lado de Villa Restrepo. Se observa corrosión de elementos estructurales.



Fotografía 115 Vista acceso al puente lado de Villa Restrepo. Se observa corrosión de elementos estructurales.



Fotografía 116 Vista acceso al puente lado de Villa Restrepo. Se observa corrosión de elementos estructurales.

————— Fundación —————



Fotografía 117 Vista acceso al puente lado de Villa Restrepo. Se observa corrosión de elementos estructurales.



Fotografía 118 Vista acceso al puente lado de Villa Restrepo. Se observa corrosión de elementos estructurales.

————— Fundación —————



Fotografía 119 Vista acceso al puente lado de Villa Restrepo.



Fotografía 120 Vista acceso al puente lado de Villa Restrepo.

Fundación



Fotografía 121 Vista acceso al puente lado de Villa Restrepo.



Fotografía 122 Proceso de levantamiento topográfico.

Fundación



Fotografía 123 Vista hacia aguas abajo de la quebrada La Plata y puente metálico.



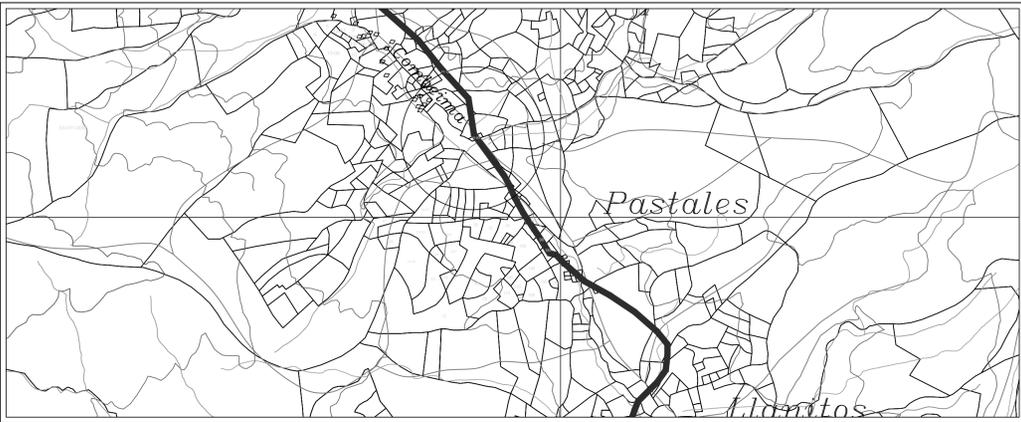
Fotografía 124 Casas en la margen derecha de la quebrada la Plata.

Fundación



Fundación
ANEXO PLANOS TOPOGRAFÍA

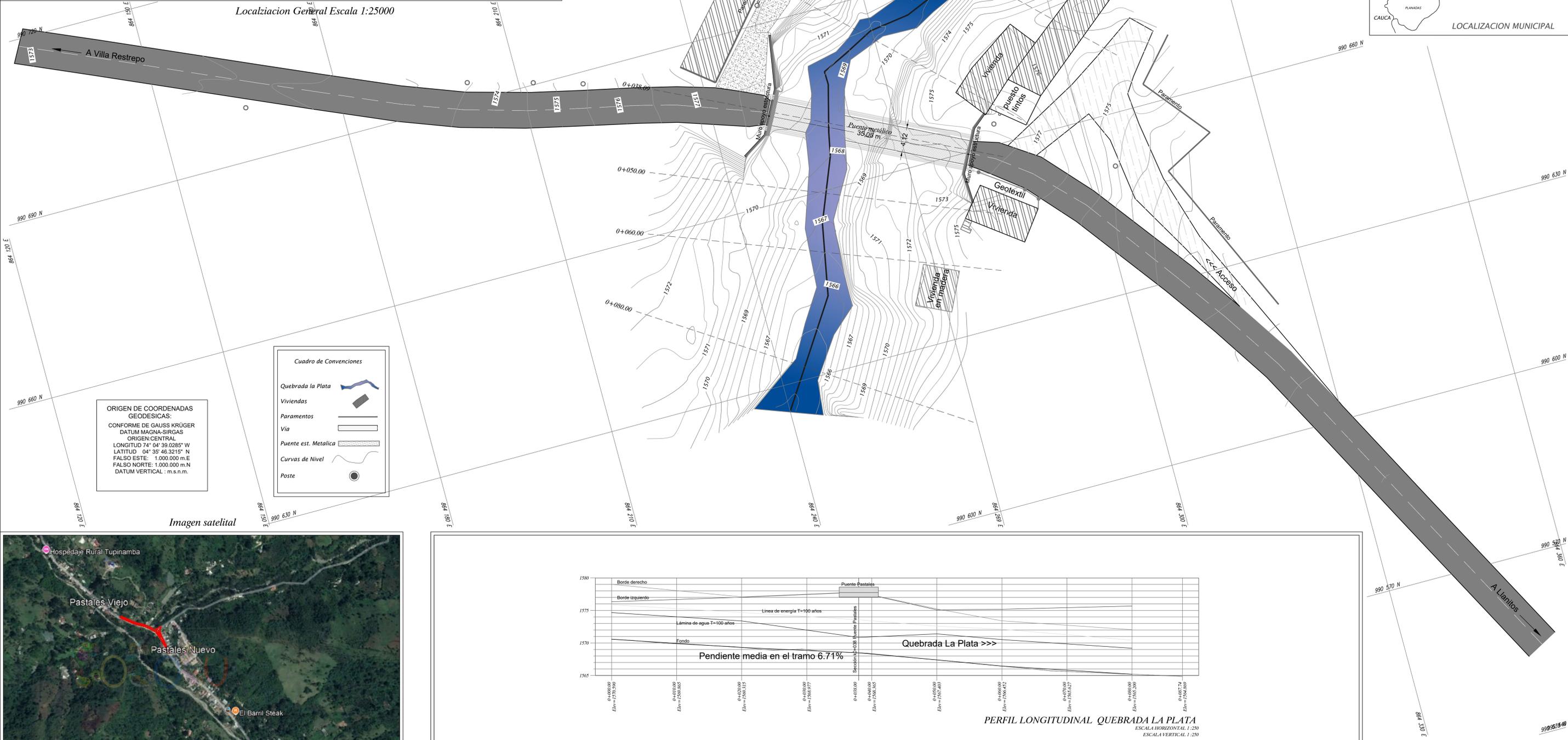




Localización General Escala 1:25000



LOCALIZACIÓN MUNICIPAL



ORIGEN DE COORDENADAS GEODESICAS:
 CONFORME DE GAUSS KRÜGER
 DATUM MAGNA-SIRGAS
 ORIGEN CENTRAL
 LONGITUD 74° 04' 39.0285" W
 LATITUD 04° 35' 46.3215" N
 FALSO ESTE: 1.000.000 m.E
 FALSO NORTE: 1.000.000 m.N
 DATUM VERTICAL: m.s.n.m.

Cuadro de Convenciones

Quebrada la Plata	
Viviendas	
Paramentos	
Vía	
Puente est. Metalico	
Curvas de Nivel	
Poste	

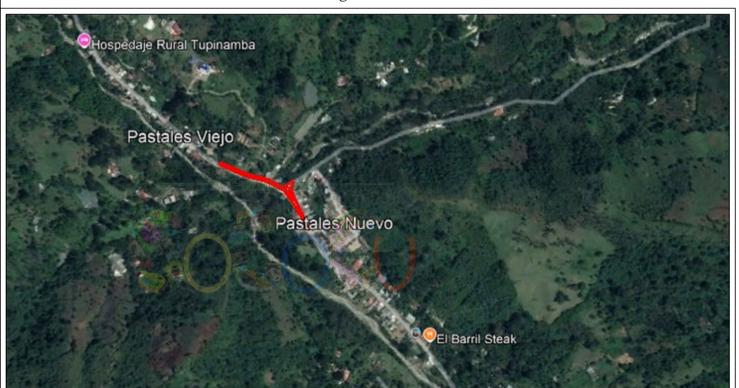
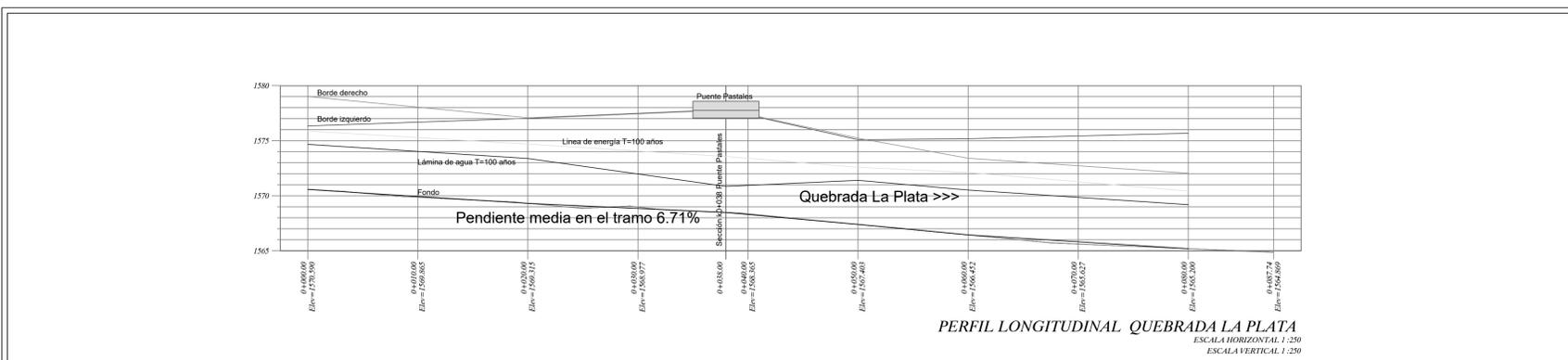


Imagen satelital



Departamento del Tolima
Municipio de Ibagué

REVISÓ: _____
 LEVANTÓ: **John Edwin Gil R.**
 M.P. 01-12336 C.P.N.T. Cel : 3105176283

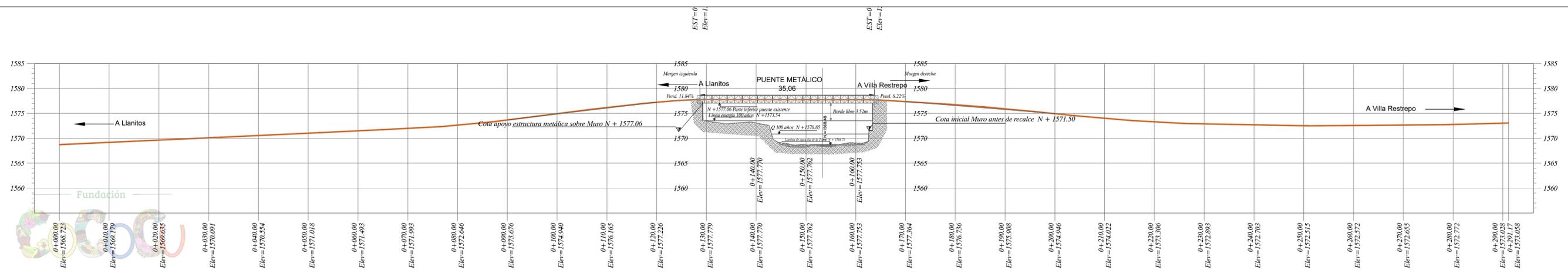
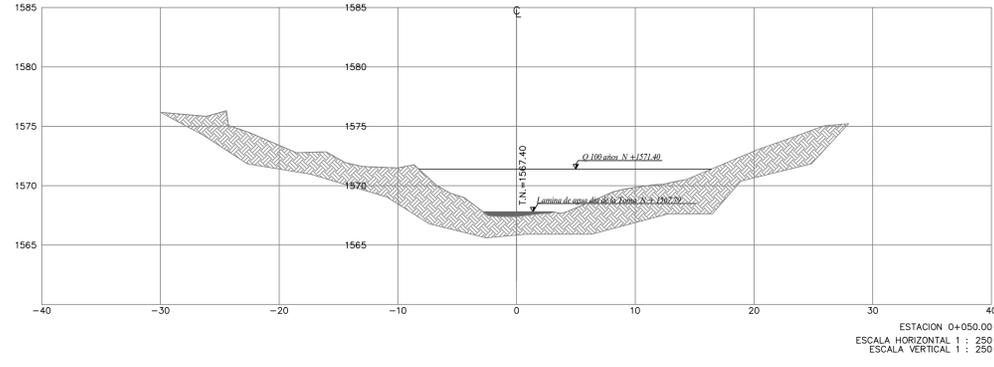
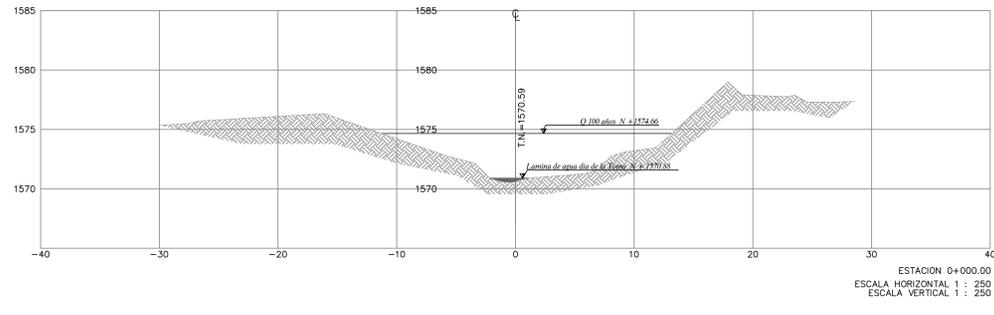
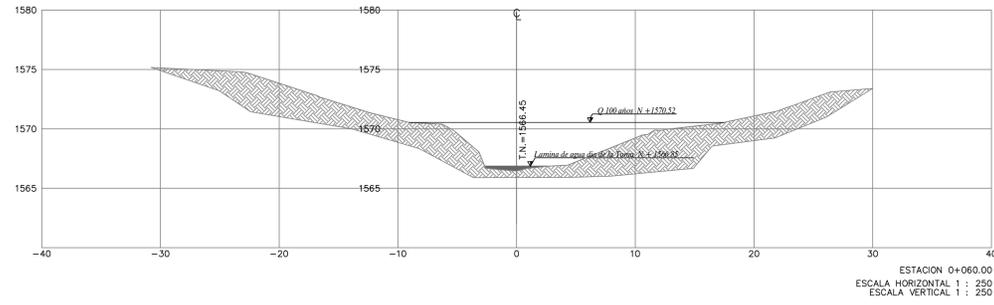
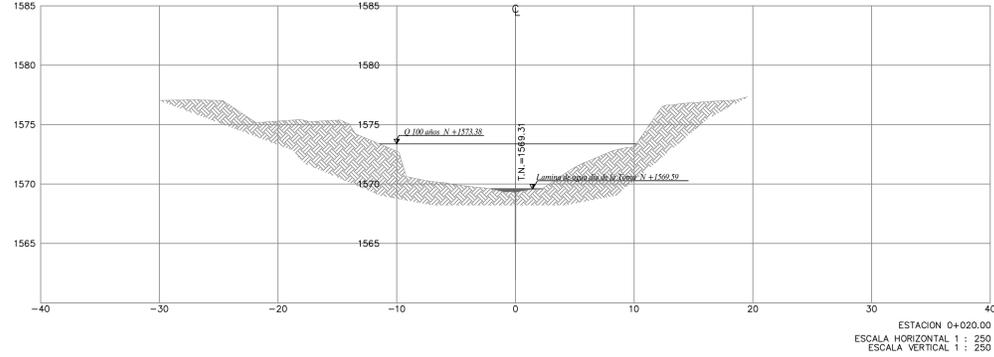
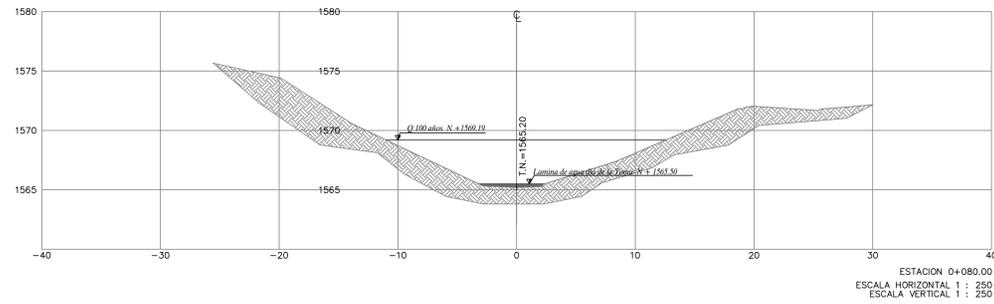
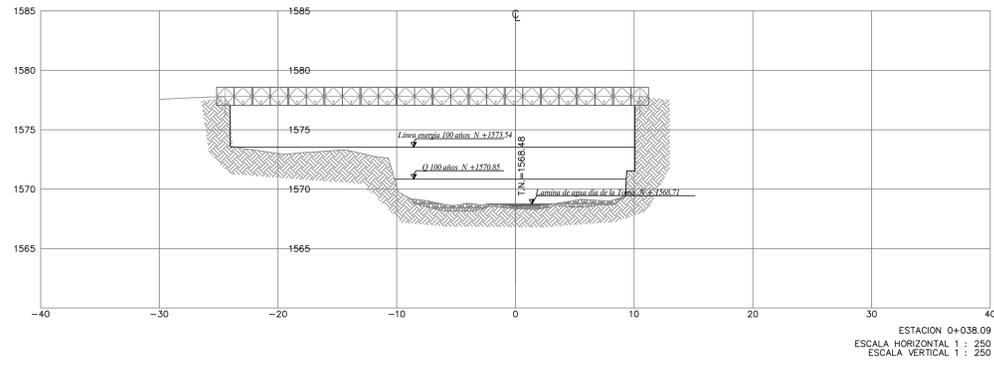
DISEÑO: **Francisco Javier Marulanda Ocampo**
 Ingeniero Civil Magister en Ingeniería
 Mat. 25202-30726CND

CONTIENE: **Levantamiento Topográfico**
Puente Metálico pastales

ESCALAS: **1:275**
 Propietario: _____

UBICACIÓN: **Pastales Puente Metalico**
Cruce quebrada la Plata
 AREA TOTAL: _____

PLANO No: **1 DE 3**
 FECHA: **Enero de 2025**



PERFIL LONGITUDINAL VIA
 ESCALA HORIZONTAL 1 : 350
 ESCALA VERTICAL 1 : 350

Departamento del Tolima
 Municipio de Ibagué

REVISO: _____
 LEVANTO: _____
 John Edwin Gil R.
 M.P. 01-12336 C.P.N.T Cel : 3105176283

DISEÑO: _____
 Francisco Javier Marulanda Ocampo
 Ingeniero Civil Magister en Ingeniería
 Mat. 25202-30726CND

CONTIENE: _____
 Levantamiento Topográfico
 Puente Metálico pastales

ESCALAS: _____
 INDICADAS
 Propietario: _____

UBICACION: _____
 Pastales
 AREA TOTAL: _____

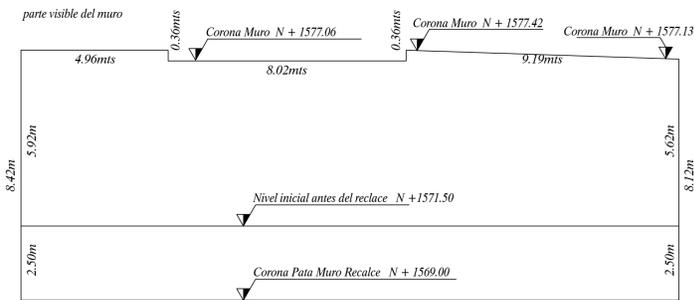
PLANO No. _____
 2 DE 3
 FECHA: _____
 Enero de 2025

Estribo derecho = Muro 1, lado Villa Restrepo.
 A VILLA RESTREPO
 EL ANCHO DE LA PARTE BAJA DEL MURO DA LA IMPRESION DE LLEGAR
 AL APOYO DE LA PARTE METALICA

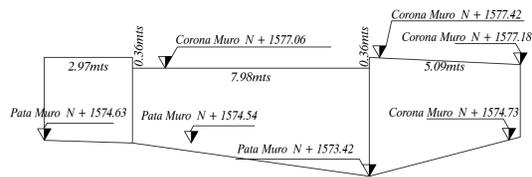
ESTE ANCHO ES INCIERTO

Sentido de flujo del agua

Estribo derecho = Muro 1, lado Villa Restrepo.



Estribo izquierdo = Muro 2, lado llanitos



Estribo izquierdo = Muro 2, lado llanitos

MURO 2
 A LLANITOS
 EL ANCHO DE LA PARTE BAJA DEL MURO DA LA IMPRESION DE LLEGAR
 AL APOYO DE LA PARTE METALICA
 ESTE ANCHO ES INCIERTO



Departamento del Tolima
 Municipio de Ibaguè

REVISÓ:

John Edwin Gil R.
 M.P. 01-12336 C.P.N.T. Cel : 3105176283

DISEÑO:

Francisco Javier Marulanda Ocampo
 Ingeniero Civil Magister en Ingeniería
 Mat. 25202-30726CND

CONTIENE:
Levantamiento Topográfico
Puente Metálico pastales

ESCALAS:
INDICADAS
 Propietario:

LUBICACION:
Pastales
 AREA TOTAL:

PLANO No.
3 DE 3
 FECHA:
Enero de 2025