ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA LA MITIGACIÓN DEL RIESGO EN EL BARRIO SANTA LUISA DE MARILLAC DEL MUNICIPIO DE CALARCÁ.

CONTRATO DE CONSULTORIA 004 DE 2025

ALCADIA DE CALARCÁ.



TRM-005-2025

Abril de 2026 (Armenia-Quindío)

informacion.terram@gmail.com
Cel: 310 412 7151
Tel: (6) 7463714
Cll 9 No. 12-37. Armenia, Quindío

Armenia, Abril de 2026. TRM-005-2025

Señores
ALCALDIA DE CALARCÁ.
L.C.

Ref: ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA LA MITIGACIÓN DEL RIESGO EN EL BARRIO SANTA LUISA DE MARILLAC DEL MUNICIPIO DE CALARCÁ. CONTRATO DE CONSULTORIA 004 DE 2025.

Respetado Ingeniero:

Atendiendo los requerimientos establecidos en el contrato de consultoría 004 de 2025 celebrado entre las partes, el cual tiene por objeto ***"ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA LA MITIGACIÓN DEL RIESGO EN EL BARRIO SANTA LUISA DE MARILLAC DEL MUNICIPIO DE CALARCÁ"***; nos permitimos hacer entrega del Informe que corresponde al componente Diseño y estudio hidráulico e hidrológico.

En el Informe se presenta lo correspondiente a la modelación hidrológica e hidráulica de la quebrada Sin Toponimia que es adyacente al talud posterior de las viviendas del barrio Santa Luisa de Marillac.

Cordialmente,

JUAN JOSE PIEDRAHITA RIOS.
RP Terram Consultoría y Construcción S.A.S
Ingeniero Civil
M.Sc. Geotecnia
MP. 25202-57736 CND

CESAR AUGUSTO RODRÍGUEZ MEJÍA
Especialista Hidráulico
Ingeniero Civil
M.Sc. Ingeniería - Recursos Hídricos y Medio Ambiente
MP. 63202-206629 QND

INDICE DE MODIFICACIONES

Índice de Revisión	Fecha de Modificación	Observaciones
0	27-07-2025	Para revisión y aprobación
1	27-04-2026	Ajuste implantación de obras

REVISIÓN Y APROBACIÓN

Documento	TRM-005-2025
Título del Documento:	Informe del Componente – Diseño y estudio hidráulico e hidrológico
Fecha:	27-04-2026

Control Interno	
Elaboró	CESAR AUGUSTO RODRÍGUEZ MEJÍA INGENIERO CIVIL M.SC. INGENIERÍA – RECURSOS HÍDRICOS Y MEDIO AMBIENTE M.P. 63202-206629 QND
Revisó y Aprobó	JUAN SEBASTIÁN CLAVIJO HERNÁNDEZ INGENIERO CIVIL ESP. GERENCIA DE PROYECTOS M.P. 131037-0586383 QND
Vo.Bo. Director Consultoría	JUAN JOSE PIEDRAHITA RIOS INGENIERO CIVIL M.SC GEOTECNIA. M.P. 25202-57736 CND

SUPERVISIÓN	
Revisó	LUCAS RINCON MUÑOZ APOYO A LA SUPERVISIÓN
Aprobó	JAVIER ESTEBAN RINCON LUIS SECRETARIO DE PLANEACIÓN

TABLA DE CONTENIDO **4**
1. GENERALIDADES **7**
2. OBJETIVOS Y ALCANCES **8**
2.1. Objetivo General 8
2.2. Objetivos Específicos 8
3. DESCRIPCIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO **9**
3.1. Localización 9
4. ESTUDIO HIDROLÓGICO **10**
4.1. Información Cartográfica 10
4.2. Tiempo de concentración (Tc) 11
4.3. Periodo de retorno (TR) 13
4.4. Cobertura del Suelo 13
4.5. Número de Curva (CN) 14
4.6. Análisis precipitación 15
4.7. Curva Intensidad, Duración, Frecuencia (IDF) 17
4.8. Precipitación máxima o de diseño. 19
4.9. Hietograma o tormenta de diseño 27
4.10. Estimación de Caudales Máximos 29
5. ESTUDIO HIDRÁULICO **33**
5.1. Modelo hidráulico 33
5.1.1. Generalidades de la Modelación Hidráulica 34
5.1.2. Resultados de la modelación Hidráulica 40
6. MEMORIAL DE RESPONSABILIDADES **58**
7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES **60**
8. ANEXOS **61**

informacion.terram@gmail.com
Cel: 310 412 7151
Tel: (6) 7463714
Cll 9 No. 12-37. Armenia, Quindío

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 3.1 LOCALIZACIÓN QUEBRADA SIN TOPONIMIA – BARRIO SANTA LUISA DE MARILLAC 9

FIGURA 4.1 DELIMITACIÓN CUENCA QUEBRADA SIN TOPONIMIA (BARRIO SANTA LUISA DE MARILLAC)..... 10

FIGURA 4.2 TIEMPOS DE CONCENTRACIÓN ZONA DE ESTUDIO QUEBRADA SIN TOPONIMIA (B/ SANTA LUISA DE MARILLAC)..... 12

FIGURA 4.3 MAPA COBERTURA DEL SUELO ZONA DE ESTUDIO – QUEBRADA SIN TOPONIMIA (B/ SANTA LUISA DE MARILLAC)..... 13

FIGURA 4.4 LOCALIZACIÓN ESTACIÓN "LA BELLA - CENICAFE" 16

FIGURA 4.5 PRECIPITACIÓN MÁXIMA EN 24 HORAS ESTACIÓN LA BELLA (1992-2022) 16

FIGURA 4.6 REGIONALIZACIÓN DE PARÁMETROS PARA LA DEDUCCIÓN DE CURVAS IDF EN COLOMBIA 18

FIGURA 4.7 CURVA IDF ESTACIÓN "LA BELLA" 19

FIGURA 4.8 ANÁLISIS DE LA PRUEBA DE BONDAD DE AJUSTE CHI-CUADRADO..... 25

FIGURA 4.9 HIETOGRAMAS DE DISEÑO - PRECIPITACIÓN TOTAL (P) Y PRECIPITACIÓN EFECTIVA (PE) 29

FIGURA 4.10 CONJUNTO DE ECUACIONES PARA LA CONVOLUCIÓN DE TIEMPO DISCRETO 30

FIGURA 4.11 HIDROGRAMAS DE CAUDAL QUEBRADA SIN TOPONIMIA (B/ SANTA LUISA DE MARILLAC) 32

FIGURA 5.1 MODELO DE SUPERFICIE TIN Y LOCALIZACIÓN SECCIONES TRANSVERSALES – QUEBRADA SIN TOPONIMIA (B/ SANTA LUISA DE MARILLAC) 35

FIGURA 5.2 PARÁMETROS CURVA GRANULOMÉTRICA 38

FIGURA 5.3 COBERTURA DE LAS ORILLAS DEL CAUCE DE LA QUEBRADA SIN TOPONIMIA (B/ SANTA LUISA DE MARILLAC)..... 38

FIGURA 5.4 NIVELES DE LÁMINA DE AGUA SECCIONES TRANSVERSALES QUEBRADA SIN TOPONIMIA (B./ SANTA LUISA DE MARILLAC) 55

FIGURA 5.5 PERFIL LONGITUDINAL DE FLUJO QUEBRADA SIN TOPONIMIA (B./ SANTA LUISA DE MARILLAC) .. 55

FIGURA 5.6 MANCHAS DE INUNDACIÓN TRAMO DE LA QUEBRADA SIN TOPONIMIA (B./ SANTA LUISA DE MARILLAC. 57

informacion.terram@gmail.com
Cel: 310 412 7151
Tel: (6) 7463714
Cll 9 No. 12-37. Armenia, Quindío

LISTA DE TABLAS

TABLA 4-1 CARACTERÍSTICAS FÍSICAS QUEBRADA SIN TOPONIMIA (B/ SANTA LUISA DE MARILLAC) 11

TABLA 4-2 TIEMPO DE CONCENTRACIÓN ZONA DE ESTUDIO QUEBRADA SIN TOPONIMIA (B/ SANTA LUISA DE MARILLAC)..... 12

TABLA 4.3 ÁREA COBERTURA DEL SUELO ZONA DE ESTUDIO – QUEBRADA SIN TOPONIMIA (B/ SANTA LUISA DE MARILLAC)..... 14

TABLA 4.4 NUMERO DE CURVA (CN) ZONA DE ESTUDIO QUEBRADA SIN TOPONIMIA (B/ SANTA LUISA DE MARILLAC)..... 15

TABLA 4.5 ESTACIÓN PLUVIOMÉTRICA CERCANA A LA ZONA DE ESTUDIO 15

TABLA 4.6 VALORES DE LOS COEFICIENTES A, B, C Y D PARA EL CÁLCULO DE LAS CURVAS INTENSIDAD-DURACIÓN-FRECUENCIA, IDF, PARA COLOMBIA..... 17

TABLA 4.7 INTENSIDAD, DURACIÓN, FRECUENCIA CUENCA DE LA QUEBRADA SIN TOPONIMIA (B/ SANTA LUISA DE MARILLAC) 19

TABLA 4.8 VALORES DE YN Y SN PARA LA DISTRIBUCIÓN GUMBEL (INVIAS, 2009)..... 22

TABLA 4.9 PRUEBA DE BONDAD DE AJUSTE DE CHI-CUADRADO 24

TABLA 4.10 PRECIPITACIÓN MÁXIMA O DE DISEÑO QUEBRADA SIN TOPONIMIA (B/ SANTA LUISA DE MARILLAC) 25

TABLA 4.11 PRECIPITACIÓN MÁXIMA O DE DISEÑO QUEBRADA SIN TOPONIMIA (B/ SANTA LUISA DE MARILLAC) 27

TABLA 4-12 CAUDALES MÁXIMOS O DE DISEÑO PARA LA QUEBRADA SIN TOPONIMIA (B/ SANTA LUISA DE MARILLAC)..... 32

TABLA 5-1 PARÁMETROS CURVA GRANULOMÉTRICA..... 37

TABLA 5-2 VALOR PROMEDIO DE N_0 37

TABLA 5-3 CALCULO DEL COEFICIENTE DE RUGOSIDAD DE MANNING – MÉTODO DE COWAN..... 39

TABLA 5-4 RESULTADOS MODELO HIDRÁULICO - QUEBRADA SIN TOPONIMIA (B/ SANTA LUISA DE MARILLAC) 40

informacion.terram@gmail.com
Cel: 310 412 7151
Tel: (6) 7463714
Cll 9 No. 12-37. Armenia, Quindío

1. GENERALIDADES

La escorrentía superficial es uno de los fenómenos más importante desde el punto de vista de ingeniería, y consiste en la ocurrencia y el transporte de agua en la superficie terrestre. La mayoría de los estudios hidrológicos están ligados al aprovechamiento del agua superficial y a la protección contra los fenómenos provocados por su movimiento. La escorrentía superficial comprende el exceso de precipitación que ocurre después de una lluvia intensa y se mueve libremente por la superficie del terreno, y la escorrentía de una corriente de agua, que puede ser alimentada tanto por el exceso de precipitación como por las aguas subterráneas (Monsalve, 1995).

En este informe se presenta el Diseño y estudio hidráulico e hidrológico de la quebrada Sin Toponimia ubicada en la parte posterior de las viviendas del barrio Santa Luisa de Marillac en el municipio de Calarcá, departamento del Quindío. En este sitio de estudio se obtuvieron caudales máximos para los periodos de retorno de 2, 5, 10, 15, 25, 50 y 100 años, los cuales serán transitados hidráulicamente por el canal geométrico de la quebrada con el fin de obtener los niveles máximos de lámina de agua y las manchas de inundación, y su posible interferencia con las estructuras de estabilización del talud.

2. OBJETIVOS Y ALCANCES

2.1. OBJETIVO GENERAL

Realizar el Diseño y estudio hidráulico e hidrológico de la quebrada Sin Toponimia ubicada en la parte posterior de las viviendas del barrio Santa Luisa de Marillac en el municipio de Calarcá, departamento del Quindío.

2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Realizar el estudio hidrológico para estimar los caudales máximos para los periodos de retorno de 2, 5, 10, 15, 25, 50 y 100 años.

- Realizar la modelación hidráulica del tramo de la quebrada Sin Toponimia ubicada en la parte posterior de las viviendas del barrio Santa Luisa de Marillac con el fin de determinar niveles de lámina de agua y manchas de inundación para el tramo de estudio.

3.1. LOCALIZACIÓN

La quebrada Sin Toponimia ubicada en la parte posterior de las viviendas del barrio Santa Luisa de Marillac en el municipio de Calarcá, se enmarca entre las coordenadas planas 2057774.271 m a 2058508.055 Norte y 4706575.600 m a 4706925.501 m Este (Ver Figura 4.1) del sistema de coordenadas único nacional CTM-12. Hasta el punto de cierre en el sector denominado Barrio Santa Luisa de Marillac, el cual se localiza en las coordenadas 2057774.271 Norte y 4706734.968 Este, la quebrada Sin Toponimia tiene un área superficial de 0.120828 km^2 (12.0828 Ha).

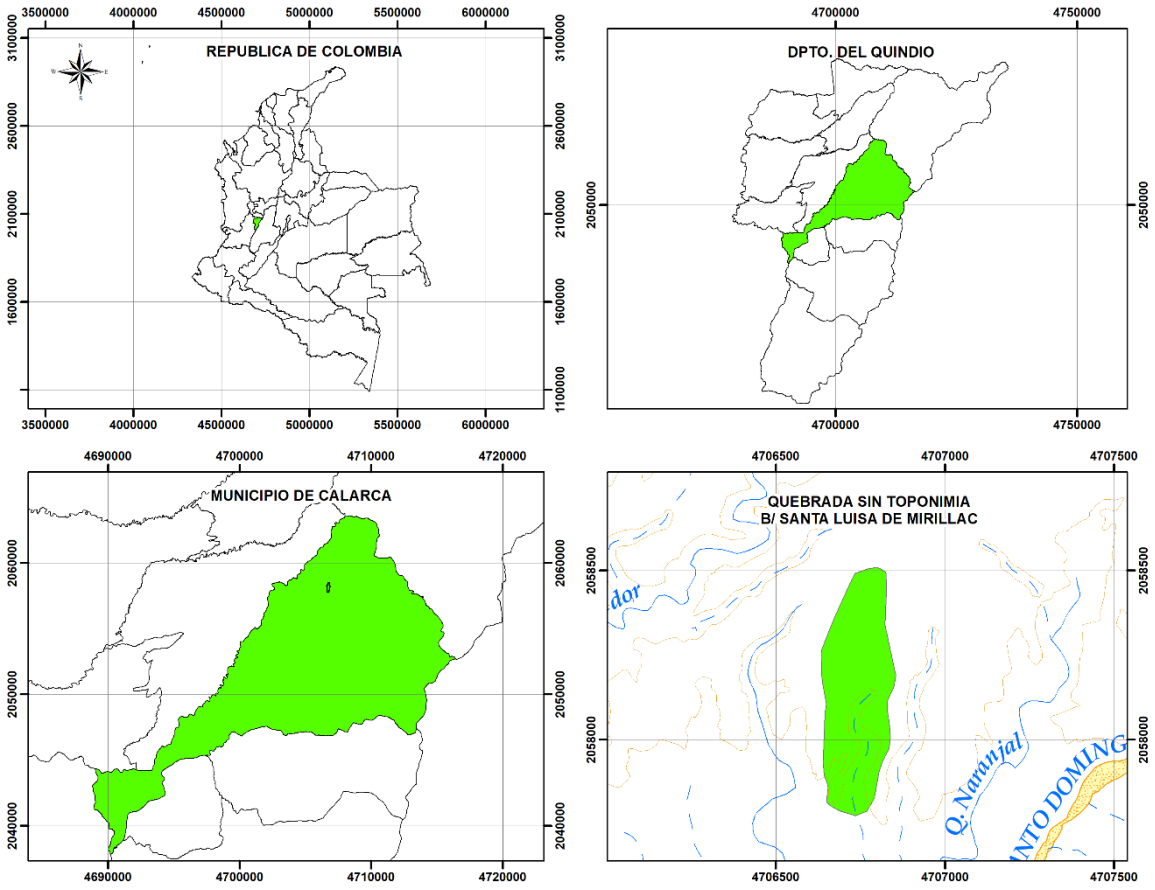


Figura 3.1 Localización quebrada Sin Toponimia – Barrio Santa Luisa de Marillac

4.1. INFORMACIÓN CARTOGRÁFICA

La información cartográfica de la quebrada Sin Toponimia (Barrio Santa Luisa de Marillac) se obtuvo a partir de la información cartográfica para el departamento del Quindío a escala 1:25000, la cual se encuentra disponible en la página web del Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC). Dicha información corresponde principalmente los shapefiles de curvas de nivel y red de drenaje. A partir de esta información base, se llevó a cabo la delimitación del área de drenaje de la quebrada que es aferente al barrio Santa Luisa de Marillac en el municipio de Calarcá (Ver Figura 4.1). Igualmente, mediante el procesamiento de dicha información cartográfica se obtuvieron las características físicas del área de drenaje la cuales se presentan en la Tabla 4-1.

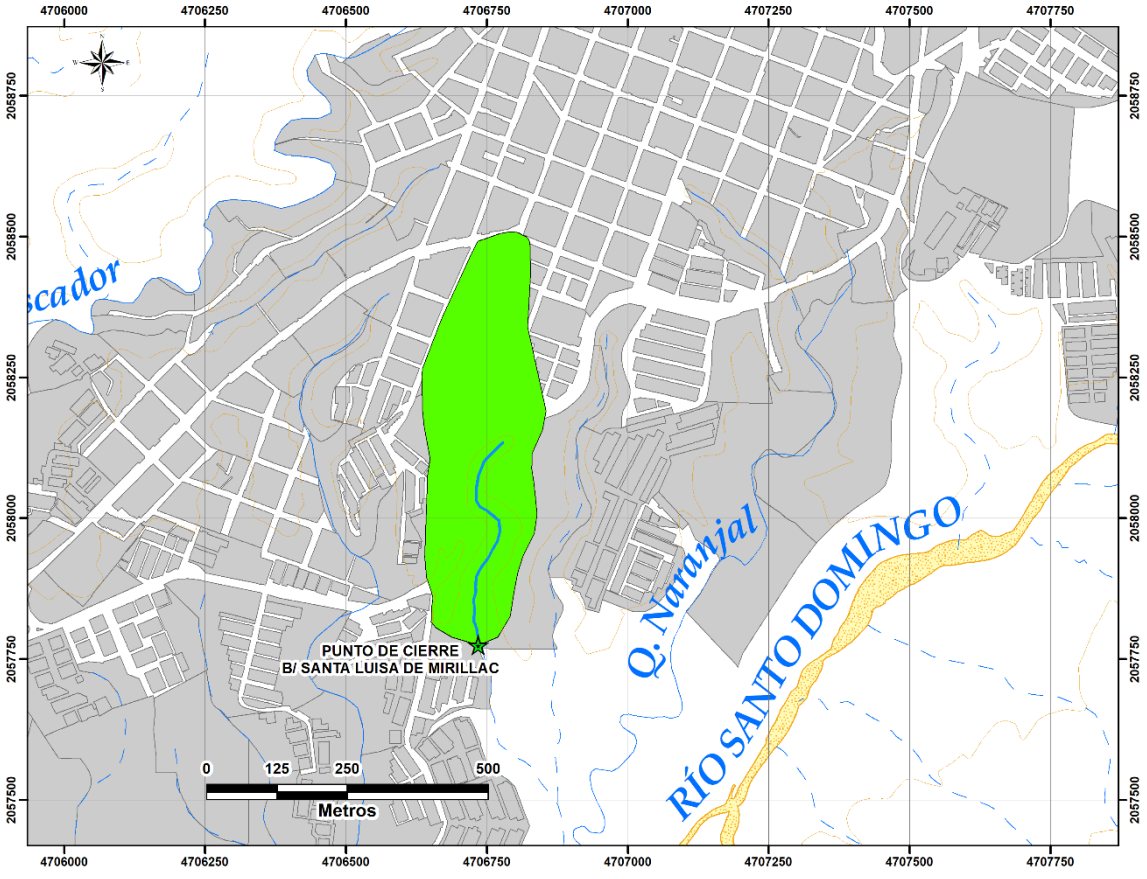


Figura 4.1 Delimitación cuenca quebrada Sin Toponimia (Barrio Santa Luisa de Marillac).

informacion.terram@gmail.com
Cel: 310 412 7151
Tel: (6) 7463714
Cll 9 No. 12-37. Armenia, Quindío

Tabla 4-1 Características físicas quebrada Sin Toponimia (B/ Santa Luisa de Marillac)

Descripción	Cantidad	Unidad
Área de drenaje	0.1208	km^2
Perímetro	1.659	km
Longitud axial de la Cuenca	0.7361	km
Longitud del cauce principal	0.4293	km
Longitud total de las corrientes de agua	0.4293	km
Longitud del valle del rio (curva o recta)	0.3638	km
Cota mayor de la Cuenca	1520	m
Cota mayor del cauce principal	1500	m
Cota menor del cauce principal (en el punto de cierre)	1473	m
Longitud total de las curvas de nivel	1.1449	km
Equidistancia entre curvas de nivel	50	m
Coeficiente de Compacidad (Kc)	1.34	
Ancho medio de la Cuenca (B)	0.16	km
Factor de Forma (K_f)	0.223	
Densidad de drenaje (D_d)	3.553	km/km^2
Sinuosidad	1.18	
Pendiente media de la cuenca hidrográfica	0.474	m/m
Pendiente media del cauce principal	0.063	m/m

4.2. TIEMPO DE CONCENTRACIÓN (TC)

Es considerado como el tiempo de viaje de una gota de agua de lluvia que escurre superficialmente desde el lugar más lejano de la cuenca hasta el punto de salida. Para su cálculo se pueden emplear diferentes fórmulas que se relacionan con otros parámetros propios de la cuenca. Para la estimación del tiempo de concentración se recomienda emplear varias ecuaciones empíricas disponibles en la literatura científica, para este estudio se obtienen los tiempos de concentración presentados en la Tabla 4-2.

Para seleccionar un tiempo de concentración adecuado para la zona de estudio, se tomará el promedio de varios de los métodos empíricos, descartando del cálculo aquellos valores que se encuentren por encima y por debajo de una desviación estándar de todos los métodos, y así, tener un valor más acorde a las condiciones de la zona de estudio. En la Figura 4.2 se presenta dicho análisis, se puede apreciar que los tiempos de concentración que están fuera de los límites establecidos (+/- 1 desviación estándar) son: Formula de Giandotti y

Johntone y Cross. Por lo tanto, se calcula el tiempo de concentración a partir del promedio de los métodos restantes, obteniendo que el tiempo de concentración para la zona de estudio es de Tc=0.16 horas (9.6 minutos). Para efectos prácticos de la modelación hidrológica, se define el tiempo de concentración igual a **0.17 horas (10 minutos)**.

Tabla 4-2 Tiempo de concentración zona de estudio quebrada Sin Toponimia (B/ Santa Luisa de Marillac)

#	Método (Formulas Empíricas)	Tiempo concentración Tc	
		Horas	Minutos
1	Formula de Kirpich	0.10	6.0
2	Formula Californiana del U.S.B.R	0.10	6.0
3	Formula de Giandotti	0.49	29.4
4	Formula de Temez	0.11	6.7
5	S.C.S	0.05	2.9
6	Formula Bransby-Williams	0.22	13.0
7	William	0.20	12.2
8	Johntone y Cross	0.60	36.3
9	SCS - Ranser	0.08	4.9
10	Ventura - Heras	0.11	6.8
11	V.T. Chow	0.39	23.1
12	Cuerpo de Ingenieros EE.UU	0.25	14.9

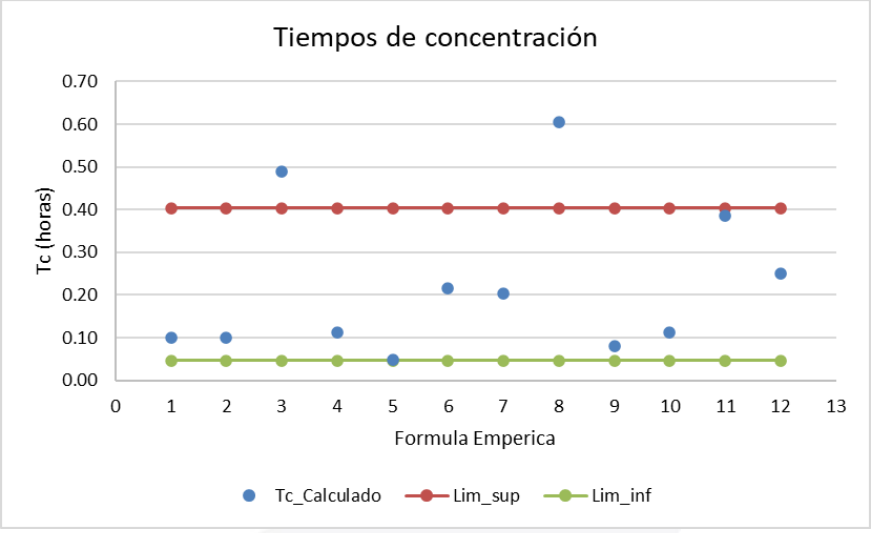


Figura 4.2 Tiempos de concentración zona de estudio quebrada Sin Toponimia (B/ Santa Luisa de Marillac)

4.3. PERIODO DE RETORNO (TR)

El periodo de retorno es el tiempo promedio, en años, en que el valor pico de una creciente o aguacero determinado es igualado o superado por lo menos una vez a lo largo del tiempo. El criterio para definir el periodo de retorno depende de criterios económicos, tipo de proyecto, tipo de estructura, entre otros. De acuerdo con la literatura en hidrología, para establecer caudales máximos para el diseño de obras hidráulicas se recomiendan periodos de retorno que varían entre 2 y 100 años dependiendo del tipo de obra. Para este estudio específico sobre la quebrada Sin Toponimia (B/ Santa Luisa de Marillac) se analizaron los periodos de retorno de 2, 5, 10, 15, 25, 50 y 100 años.

4.4. COBERTURA DEL SUELO

Para la zona de estudio se han identificado los usos y/o coberturas del suelo que se presentan en la Figura 4.3 los cuales corresponden principalmente a zona urbana según lo descrito en la Tabla 4.3.

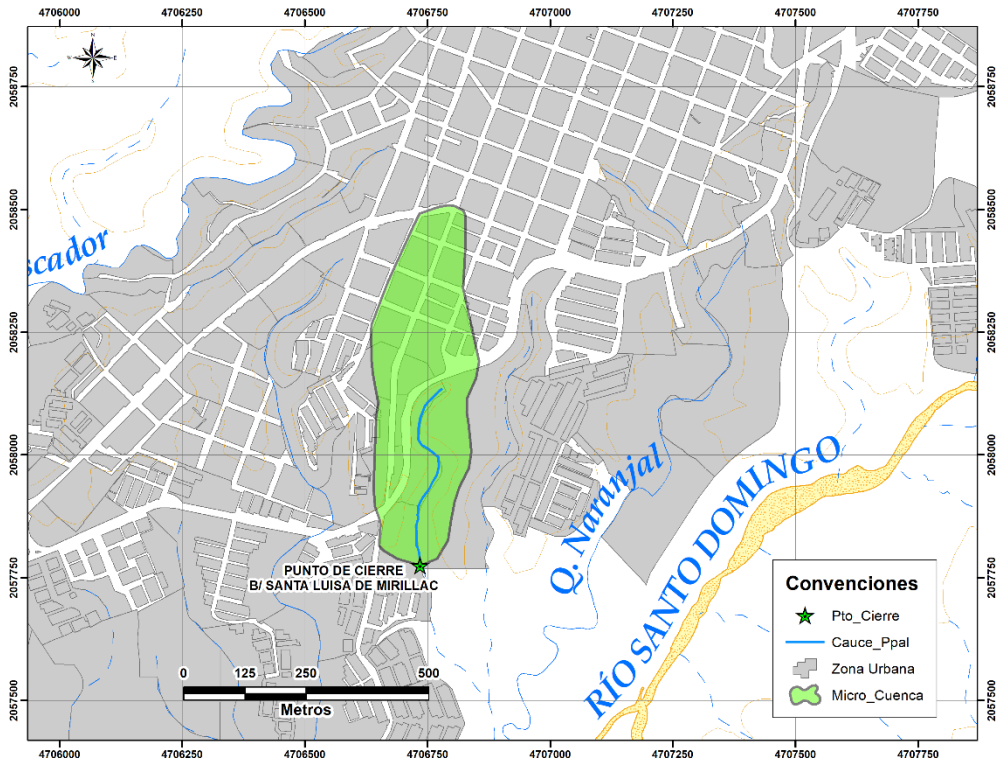


Figura 4.3 Mapa cobertura del suelo zona de estudio – quebrada Sin Toponimia (B/ Santa Luisa de Marillac)

Tabla 4.3 Área cobertura del suelo zona de estudio – quebrada Sin Toponimia (B/ Santa Luisa de Marillac)

ID	Cobertura	Área (km^2)	Área (%)
1	Zonas urbanas	0.120828	100.00%
TOTAL		**0.120828**	**100.00%**

4.5. NÚMERO DE CURVA (CN)

El Soil Conservation Service (SCS) de los Estados Unidos desarrolló un método denominado número de curva de escorrentía CN, para calcular las abstracciones de una tormenta, las cuales incluyen la intercepción, la detención superficial y la infiltración propiamente dicha. El número de curva varía en un rango de 1 a 100, existiendo una función de las siguientes propiedades productoras de escorrentía de la cuenca hidrográfica: tipo de suelo hidrológico, utilización y tratamiento del suelo, condiciones de la superficie del terreno, y condición de humedad antecedente del suelo (Monsalve, 1995).

Para la determinación del número de curva en la zona de estudio se definieron las coberturas de suelo de acuerdo con el mapa de Cobertura de la Tierra y tipo de suelos del POMCA del río La Vieja.

Para determinar el número de curva de escorrentía se aplica la metodología presentada en la literatura (Chow et. al 1994; Monsalve, 1995; INVIAS, 2009), definiendo para la quebrada Sin Toponimia – Sin Toponimia (B/ Santa Luisa de Marillac) lo siguiente:

- Clasificación hidrológica del suelo: de acuerdo con las descripciones de las tipologías de suelos presentadas en la cartografía del POMCA, los suelos de esta zona de estudio se describen principalmente como zonas urbanas totalmente desarrolladas, lo que genera un alto grado de impermeabilización y por lo tanto un alto potencial de escorrentía, por lo que se la clasificación hidrológica del suelo es similar al grupo D, suelos con un alto potencial de escorrentía.
- Condición hidrológica: con base en la cobertura vegetal del suelo se determina que para la cobertura de pastos la condición hidrológica es mala ya que su área ocupa menos del 50% del área total de la cuenca.
- Condición de humedad antecedente: para el caso de la quebrada Sin Toponimia (B/ Santa Luisa de Marillac) se asume una condición de humedad antecedente promedio (AMC II).

Finalmente, en la Tabla 4.4 se presenta el valor del CN promedio para la zona de estudio de la quebrada Sin Toponimia en el sector del barrio Santa Luisa de Marillac.

Tabla 4.4 Numero de Curva (CN) zona de estudio quebrada Sin Toponimia (B/ Santa Luisa de Marillac)

ID	Cobertura	Área (km2)	Área (%)	Grupo Hidrológico	Condición Hidrológica	CN	CN*A%
3	Zonas urbanas	0.120828	100.00%	D	Mala	89	89.00
TOTAL		**0.120828**	**100.00%**			**CN_Promedio**	**89.00**

Finalmente se concluye que el número de curva promedio para la cuenca de la quebrada Sin Toponimia con punto de cierre en el sector del barrio Santa Luisa de Marillac es: (CN_promedio= 89.00).

4.6. ANÁLISIS PRECIPITACIÓN

La estación de precipitación con el mayor número de registros y más cercana a la zona de estudio, es la estación pluviométrica denominada "LA BELLA" la cual es administrada por el Instituto de Investigaciones del Café - CENICAFE. Para dicha estación se obtuvo el registro correspondiente a precipitaciones máximas en 24 horas para el periodo de tiempo comprendido entre los años de 1992 a 2022 para un total de 31 años, en la Tabla 4.5 se encuentra la información general de la estación, así mismo en la Figura 4.4 se presenta la localización de esta con respecto a la cuenca de la quebrada Sin Toponimia (B/ Santa Luisa de Marillac).

Tabla 4.5 Estación pluviométrica cercana a la zona de estudio

Estación	Tipo	Municipio	Latitud N	Longitud W	Altitud msnm
LA BELLA	Pluviométrica	Calarcá (Quindío)	4.5000	-75.6667	1449

Igualmente, en la Figura 4.5 se presentan los registros de precipitaciones máximas en 24 horas para la estación "LA BELLA", aferente al área de estudio de la quebrada Sin Toponimia (B/ Santa Luisa de Marillac). En dicha figura se puede apreciar que la precipitación máxima en 24 horas para el periodo de tiempo analizado (1992 – 2022) oscila entre los 54.8 mm y los 119.7 mm.

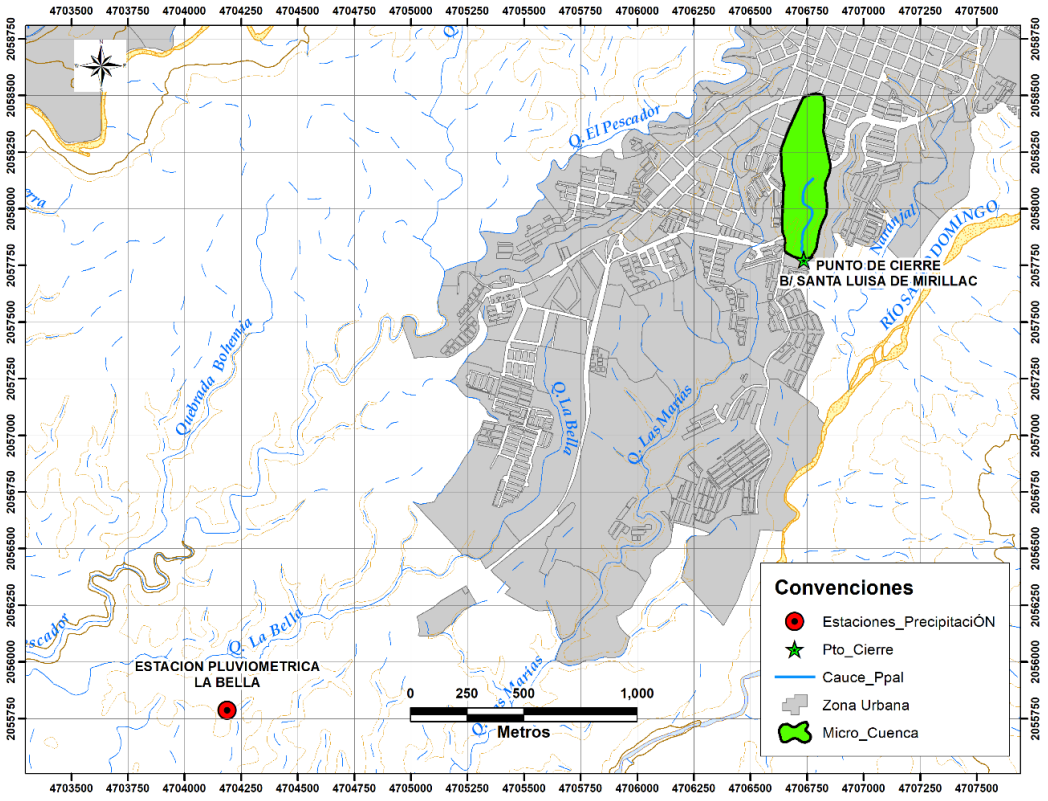


Figura 4.4 Localización Estación "LA BELLA - CENICAFE"

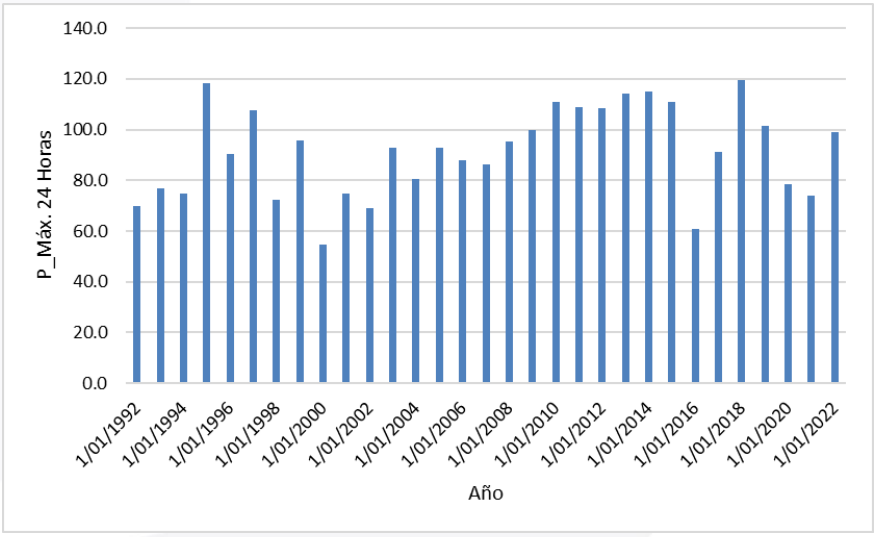


Figura 4.5 Precipitación máxima en 24 horas estación La Bella (1992-2022)

4.7. CURVA INTENSIDAD, DURACIÓN, FRECUENCIA (IDF)

La metodología para determinar las curvas IDF corresponde al método simplificado propuesto por (Vargas y Díaz Granados, 1998), donde se dedujeron curvas IDF por correlación con la precipitación máxima promedio anual en 24 horas, el número promedio de días de lluvia al año, la precipitación total media anual y la elevación de la estación. Obteniéndose como resultado final la siguiente expresión matemática:

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

donde:

i: Intensidad de precipitación, en milímetros por hora (mm/h).

T: Periodo de retorno, en años.

M: Precipitación máxima promedio anual en 24 horas a nivel multianual

t: Duración de la lluvia, en minutos (min).

a, b, c, d: Parámetros de ajuste de la regresión. Estos parámetros fueron regionalizados como se presenta en la Figura 4.6, y sus valores se presentan en la Tabla 4.6.

Tabla 4.6 Valores de los coeficientes a, b, c y d para el cálculo de las curvas intensidad-duración-frecuencia, IDF, para Colombia

Fuente: Vargas y Díaz Granados, 1998. Citado en INVIAS, 2009

Región	a	b	c	d
Andina (R1)	0.94	0.18	0.66	0.83
Caribe (R2)	24.85	0.22	0.50	0.10
Pacifico (R3)	13.92	0.19	0.58	0.20
Orinoquia (R4)	5.53	0.17	0.63	0.42

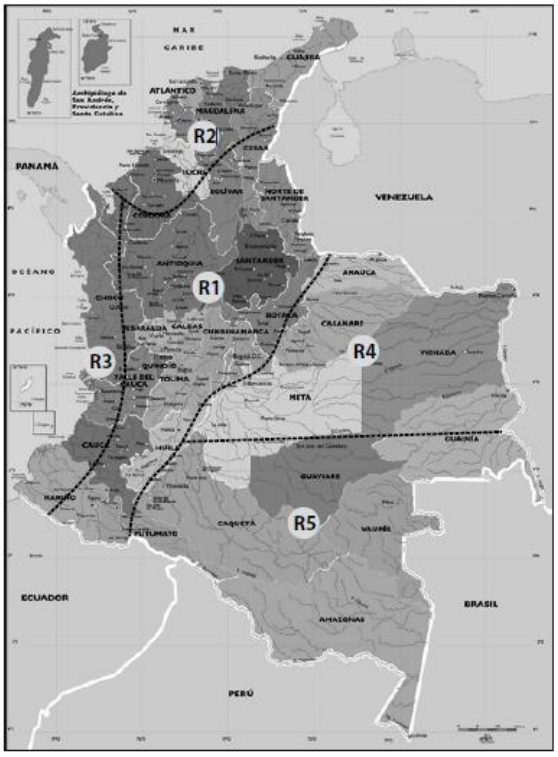


Figura 4.6 Regionalización de parámetros para la deducción de curvas IDF en Colombia

Fuente: Vargas y Díaz Granados, 1998. Citado en INVIAS, 2009

La cuenca de la quebrada Sin Toponimia (B/ Santa Luisa de Marillac) está localizada en el departamento del Quindío jurisdicción del municipio de Calarcá por lo que se encuentra localizada dentro de la región andina colombiana, así los parámetros del modelo de la curva IDF corresponde a los siguientes: a=0.94, b=0.18, c=0.66 y d=0.83. Igualmente, de los registros de precipitación máxima en 24 horas, se tiene que el promedio anual es: M=91.39 mm. Se asume que la duración de la tormenta de diseño es igual al tiempo de concentración de la cuenca (0.17 horas – 10 minutos). con el fin de garantizar que toda el área de la cuenca está aportando escorrentía en el punto de cierre donde se localiza el punto de interés.

Finalmente, a partir de dicha información se obtienen los valores de IDF para los diferentes periodos de retorno definidos anteriormente sobre la cuenca de la quebrada Sin Toponimia, con punto de cierre en el sector del barrio Santa Luisa de Marillac (ver Figura 4.7 y Tabla 4.7).

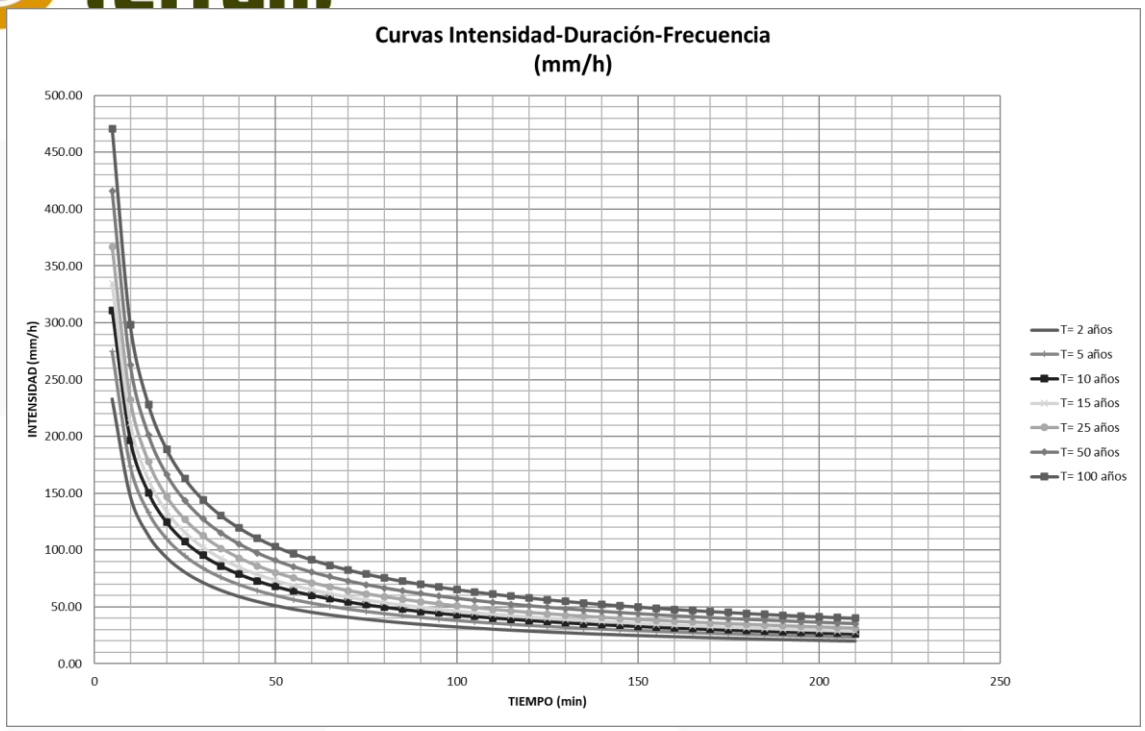


Figura 4.7 Curva IDF estación "LA BELLA"

Tabla 4.7 Intensidad, Duración, Frecuencia cuenca de la quebrada Sin Toponimia (B/ Santa Luisa de Marillac)

Periodo de retorno (años)	Intensidad (mm/h)
2	24.39
5	28.77
10	32.59
15	35.05
25	38.43
50	43.54
100	49.32

4.8. PRECIPITACIÓN MÁXIMA O DE DISEÑO.

Se obtiene la precipitación máxima o de diseño a partir de los registros de precipitación máxima en 24 horas de la estación La Bella. Para estimar la precipitación máxima de diseño, para cada periodo de retorno, se utilizó la metodología del análisis de frecuencias

correspondiente a los métodos de: Valor Extremo Tipo I, Gumbel y Log Pearson Tipo III; finalmente se realizó la prueba de bondad de ajuste de Chi-Cuadrado con el fin de seleccionar el método de análisis de frecuencias que mejor se ajusta a los registros históricos de la estación.

Distribución Valor Extremo Tipo I

La metodología de análisis de frecuencias del valor extremo tipo I se usa para determinar los valores máximos de precipitación para la estación objeto de estudio, la metodología se usa cuando se conoce el registro de sus datos. El análisis de frecuencias es un procedimiento para estimar la frecuencia de ocurrencia o probabilidad de ocurrencia de eventos pasados o futuros (Monsalve, 2005). Como es sabido, el diseño y planeación de obras hidráulicas están relacionados con eventos hidrológicos futuros en este caso precipitaciones y caudales máximos.

Mediante suposiciones de distribuciones probabilísticas a diferentes periodos de retorno se determinan las precipitaciones futuras a partir de técnicas analíticas. La distribución probabilística del valor extremo tipo I basa su cálculo en las siguientes ecuaciones para determinar el valor extremo o precipitación máxima.

$$X_T = \bar{X} + SK_T$$

Dónde:

X_T = Magnitud del evento que tiene un periodo de retorno T

$\bar{X}$ = Media de los n valores de la serie

S = Desviación estándar de la serie

K_T = Factor de frecuencia

El factor de frecuencia K_T está dado por la siguiente ecuación:

$$K_T = -0.7797\left[0.5772 + \ln\left[\ln\left(\frac{T}{T-1}\right)\right]\right]$$

Distribución Gumbel

La metodología de análisis de frecuencias (distribución Gumbel) se usa para determinar las precipitaciones máximas de una estación cuando se conoce el registro de sus datos. La distribución probabilística propuesta por Gumbel basa su cálculo en las siguientes ecuaciones para determinar el valor extremo o precipitación máxima.

$$X_T = \bar{X} + SK_T$$

Dónde:

X_T = Magnitud del evento que tiene un periodo de retorno T

$\bar{X}$ = Media de los n valores de la serie

S = Desviación estándar de la serie

K_T = Factor de frecuencia

El factor de frecuencia K_T está dado por la siguiente ecuación:

$$K_T = \frac{(Y_T - Y_n)}{S_n}$$

Donde:

YT: Factor en función del periodo de retorno (TR) y se calcula como:

$$Y_T = -Ln\left(Ln\left(\frac{T_R}{T_R - 1}\right)\right)$$

Yn: Media de la variable reducida. Depende del número de datos y se obtiene de tablas (INVIAS, 2009).

Sn: Desviación estándar de la variable reducida. Depende del número y se obtiene de tablas (INVIAS, 2009).

Para este estudio específico se cuenta en total con 31 registros de precipitaciones máximas anules, para lo cual de la Tabla 4.8 se tiene que Yn= 0.5371 y Sn= 1.1159.

Distribución Log-Pearson Tipo III

Benson (1968) reportó un método de análisis de frecuencias basado en la distribución log-Pearson tipo III (método factor de frecuencia), que se obtiene cuando se usan los logaritmos de los datos observados xi junto con la distribución probabilística Pearson tipo III.

La precipitación máxima se estima mediante la siguiente ecuación:

XT = Antilog YT

donde:

XT: Precipitación máxima para un periodo de retorno determinado.

YT: Logaritmo base 10 del valor de la precipitación máxima, el cual se obtiene mediante la expresión matemática que se da a continuación.

$$YT = Y + Sy\,KT$$

donde:

YT: Logaritmo base 10 del valor de la precipitación máxima.

Y: Media de los Logaritmos.

Sy: Desviación estándar.

KT: Factor de frecuencia, el cual se obtiene de tablas con coeficiente de asimetría "Cs" y el período de retorno "TR" (o la probabilidad de excedencia) conocidos (Ver referencia: INVIAS, 2009. Tabla 2.6 y de la Tabla 2.7).

Tabla 4.8 Valores de Yn y Sn para la distribución Gumbel (INVIAS, 2009)

n	Y_n	S_n	n	Y_n	S_n	n	Y_n	S_n
2	0.4043	0.4984	37	0.5418	1.1339	84	0.5576	1.1967
3	0.4286	0.6435	38	0.5424	1.1363	86	0.5580	1.1980
4	0.4458	0.7315	39	0.5430	1.1388	88	0.5583	1.1994
5	0.4588	0.7928	40	0.5436	1.1413	90	0.5586	1.2007
6	0.4690	0.8388	41	0.5442	1.1436	92	0.5589	1.2020
7	0.4774	0.8749	42	0.5448	1.1458	94	0.5592	1.2032
8	0.4843	0.9043	43	0.5453	1.1480	96	0.5595	1.2044
9	0.4902	0.9288	44	0.5458	1.1499	98	0.5598	1.2055
10	0.4952	0.9497	45	0.5463	1.1519	100	0.5600	1.2065
11	0.4996	0.9676	46	0.5468	1.1538	150	0.5646	1.2253
12	0.5035	0.9833	47	0.5473	1.1557	200	0.5672	1.2360
13	0.5070	0.9972	48	0.5477	1.1574	250	0.5688	1.2429
14	0.5100	1.0095	49	0.5481	1.1590	300	0.5699	1.2479
15	0.5128	1.0206	50	0.5485	1.1607	400	0.5714	1.2545
16	0.5157	1.0316	51	0.5489	1.1623	500	0.5724	1.2588
17	0.5181	1.0411	52	0.5493	1.1638	750	0.5738	1.2651
18	0.5202	1.0493	53	0.5497	1.1653	1000	0.5745	1.2685
19	0.5220	1.0566	54	0.5501	1.1667			
20	0.5236	1.0628	55	0.5504	1.1681			
21	0.5252	1.0696	56	0.5508	1.1696			
22	0.5368	1.0754	57	0.5511	1.1708			
23	0.5283	1.0811	58	0.5515	1.1721			
24	0.5296	1.0864	59	0.5518	1.1734			
25	0.5309	1.0915	60	0.5521	1.1747			
26	0.5320	1.0961	62	0.5527	1.1770			
27	0.5332	1.1004	64	0.5533	1.1793			
28	0.5343	1.1047	66	0.5538	1.1814			
29	0.5353	1.1086	68	0.5543	1.1834			
30	0.5362	1.1124	70	0.5548	1.1854			
31	0.5371	1.1159	72	0.5552	1.1873			
32	0.5380	1.1193	74	0.5557	1.1890			
33	0.5388	1.1226	76	0.5561	1.1906			
34	0.5396	1.1255	78	0.5565	1.1923			
35	0.5403	1.1285	80	0.5569	1.1938			
36	0.5410	1.1313	82	0.5572	1.1953	∞	0.5772	1.2826

Igualmente se puede calcular matemáticamente mediante el cálculo de una variable intermedia "W" y la probabilidad de excedencia "Z", tal como se muestra a continuación.

$$W = \left[Ln\left(\frac{1}{P^2}\right)\right]^{1/2}$$

Dónde: P es la probabilidad de ocurrencia expresada como P=1/TR

$$Z = W - \frac{2.515517 + 0.802853 * W + 0.010328 * W^2}{1 + 1.432788 * W + 0.189269 * W^2 + 0.001308 * W^3}$$

Así el factor de frecuencia "KT" se calcula como:

$$K_T = Z + (Z^2 - 1) * k + \frac{1}{3} * (Z^3 - 6Z) * k^2 - (Z^2 - 1) * k^3 + Z * k^4 + \frac{1}{3} * k^5$$

Donde: $k = \frac{C_s}{6}$

Prueba de bondad del ajuste "Chi cuadrado"

La denominada Distribución Chi Cuadrado, es una distribución cuadrática de la probabilidad que utiliza básicamente variables aleatorias continuas. La Distribución Chi Cuadrado de la probabilidad se denota mediante la letra griega minúscula ji elevada al cuadrado (χ2), y consiste en establecer un espacio continuo delimitado por la suma de los cuadrados de n variables aleatorias que son independientes entre sí, espacio dentro del cual la variable X puede asumir cualquiera de los infinitos valores que lo conforman, y por tanto para establecer el valor aproximado de una variable X dentro de ese espacio se procede a incluir una estimación de sus posibles límites que están dados por los distintos grados de libertad que pueden existir entre las variables aleatorias analizadas que dan origen al referido espacio. En otras palabras, la Distribución Chi Cuadrado en un delimitado espacio conjuga un determinado número de variables aleatorias independientes entre sí, con unos valores de probabilidad ubicados entre 1 y 0 que son atribuibles a esas variables, y con unos límites de la probabilidad para el verdadero valor de X delimitados por los Grados de Libertad atribuibles a las variables aleatorias analizadas.

La bondad de ajuste se determina para los periodos de retorno anteriores mediante la expresión

$$x^2 = \sum_{i=1}^{k} \frac{(O_i - E_i)}{E_i}$$

Donde Oi son las precipitaciones o caudales observados, Ei los valores obtenidos mediante las distribuciones de probabilidad. La mejor distribución de probabilidad se determina

mediante la comparación del Chi-Cuadrado obtenido en cada una de las distribuciones y seleccionando la función con el menor valor.

A continuación, en la Tabla 4.9 se presentan los resultados de la aplicación de la prueba de bondad de ajuste del Chi-cuadrado para los registros históricos de la estación “La Bella”, igualmente en la Figura 4.8 se muestra las gráficas de los registros históricos y los resultados obtenidos aplicando las funciones de distribución de probabilidades del valor extremo tipo I, Gumbel y Log-Pearson tipo III. Finalmente, de este análisis se puede concluir que la función de probabilidad que mejor se ajusta a los registros de precipitación observados es la función de Gumbel.

Finalmente, en la Tabla 4.10 se presentan las precipitaciones máximas estimados mediante la aplicación de las metodologías explicadas anteriormente para la estación “Mónaco”.

Tabla 4.9 Prueba de bondad de ajuste de Chi-cuadrado

Datos Observados		Método de distribución del valor extremo Tipo I	Método de Gumbel	Método Log Pearson Tipo III	Chi Cuadrado		
Orden	P_Max_24H(mm)	P_Max 24H (mm)	P_Max 24H (mm)	P_Max 24H (mm)	Extremo Tipo I	Gumbel	Log Pearson Tipo III
1	119.7	131.10	137.67	125.08	0.99	2.35	0.23
2	118.4	121.29	126.40	119.27	0.07	0.51	0.01
3	114.9	115.46	119.69	115.38	0.00	0.19	0.00
4	114.0	111.24	114.85	112.35	0.07	0.01	0.02
5	110.8	107.91	111.02	109.79	0.08	0.00	0.01
6	110.7	105.14	107.83	107.54	0.29	0.08	0.09
7	108.8	102.75	105.08	105.51	0.36	0.13	0.10
8	108.5	100.63	102.65	103.63	0.62	0.33	0.23
9	107.7	98.72	100.46	101.88	0.82	0.52	0.33
10	101.3	96.98	98.45	100.22	0.19	0.08	0.01
11	99.9	95.36	96.59	98.62	0.22	0.11	0.02
12	98.9	93.85	94.85	97.08	0.27	0.17	0.03
13	95.8	92.41	93.20	95.59	0.12	0.07	0.00
14	95.4	91.05	91.64	94.12	0.21	0.15	0.02
15	92.9	89.74	90.13	92.68	0.11	0.09	0.00
16	92.7	88.47	88.68	91.24	0.20	0.18	0.02
17	91.0	87.24	87.26	89.81	0.16	0.16	0.02
18	90.3	86.04	85.88	88.38	0.21	0.23	0.04
19	88.0	84.85	84.51	86.94	0.12	0.14	0.01
20	86.3	83.67	83.16	85.47	0.08	0.12	0.01
21	80.5	82.50	81.81	83.97	0.05	0.02	0.14
22	78.6	81.32	80.45	82.43	0.09	0.04	0.18
23	77.0	80.12	79.07	80.84	0.12	0.05	0.18
24	74.8	78.89	77.66	79.17	0.21	0.11	0.24
25	74.8	77.62	76.20	77.42	0.10	0.03	0.09
26	74.1	76.28	74.67	75.53	0.06	0.00	0.03
27	72.4	74.86	73.02	73.48	0.08	0.01	0.02
28	69.9	73.29	71.22	71.20	0.16	0.02	0.02
29	69.1	71.49	69.16	68.57	0.08	0.00	0.00
30	61.0	69.31	66.65	65.38	1.00	0.48	0.29
31	54.8	66.22	63.10	61.00	1.97	1.09	0.63
					9.11	**7.48**	**3.04**

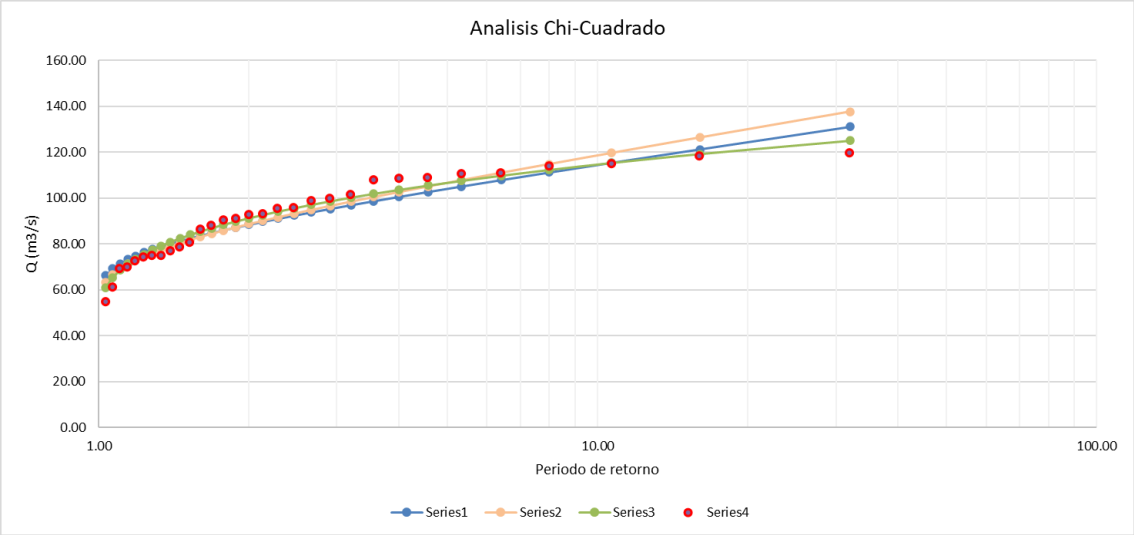


Figura 4.8 Análisis de la prueba de bondad de ajuste Chi-cuadrado

Tabla 4.10 Precipitación máxima o de diseño quebrada Sin Toponimia (B/ Santa Luisa de Marillac)

Periodo de Retorno T_R (Años)	Valor extremo Tipo I	Gumbel	Log-Pearson Tipo III
2	88.47	88.68	91.24
5	104.14	106.69	106.70
10	114.52	118.61	114.73
15	120.37	125.34	118.68
25	127.63	133.68	123.11
50	137.35	144.85	128.39
100	147.00	155.95	133.03

Como se mencionó anteriormente, el método de análisis de frecuencias que mejor se ajusta a las precipitaciones máximas observadas es el método de Log Pearson tipo III. Con el fin de calcular la precipitación espacial promedio sobre la cuenca hidrográfica de la quebrada Sin Toponimia con punto de cierre en el barrio Santa Luisa de Marillac se aplica la ecuación empírica que se presenta a continuación.

$$P_{Promediocuenca} = f(a) * P_{Puntual}$$

Donde;

$P_{Puntual}$: Precipitación puntual máxima obtenida del análisis de frecuencias.

f(a): Es el factor de área, el cual se estima como el promedio de las ecuaciones de Fhrüling, inglaterra y norteamericana.

Ecuación de Fhrüling:

$$f(a) = 1.0 - 0.0054 * A^{0.25}$$

Donde;

A: Área de drenaje de la cuenca hidrográfica, en metros cuadrados (m^2)

Calculando el factor de área se tiene:

$$f(a) = 1.0 - 0.0054 * 120828^{0.25} = 0.90$$

Ecuación de Inglaterra:

$$f(a) = 1.0 - 0.0268 * {t_c}^{-0.261} * A^{0.387}$$

Donde;

A: Área de drenaje de la cuenca hidrográfica, en kilómetros cuadrados.

tc: Tiempo de concentración de la cuenca hidrográfica, en horas.

$$f(a) = 1.0 - 0.0268 * 0.17^{-0.261} * 0.120828^{0.387} = 0.98$$

Ecuación norteamericana:

$$f(a) = 1.0 - 0.05 * {t_c}^{0.361} * A^{0.264}$$

Donde;

A: Área de drenaje de la cuenca hidrográfica, en kilómetros cuadrados.

tc: Tiempo de concentración de la cuenca hidrográfica, en horas.

$$f(a) = 1.0 - 0.05 * 0.17^{0.361} * 0.120828^{0.264} = 0.99$$

Finalmente, el factor de área promedio $f(a)$ es:

$$f(a) = \frac{0.90 + 0.98 + 0.99}{3} = 0.96$$

Por lo tanto, la precipitación máxima promedio sobre la cuenca se presenta a continuación en la Tabla 4.11.

Tabla 4.11 Precipitación máxima o de diseño quebrada Sin Toponimia (B/ Santa Luisa de Marillac)

Periodo de Retorno T_R (Años)	Log Pearson Tipo III P_Max. (mm)
2	87.15
5	101.92
10	109.58
15	113.35
25	117.59
50	122.63
100	127.07

4.9. HIETOGRAMA O TORMENTA DE DISEÑO

El Soil Conservation Service de los Estados Unidos de América, SCS, desarrolló un método denominado número de curva de escorrentía CN, para calcular las abstracciones de una tormenta, las cuales incluyen la intercepción, la detención superficial y la infiltración propiamente dicha.

En este método, la profundidad de escorrentía (es decir, la profundidad efectiva de precipitación) es una función de la profundidad total de precipitación y de un parámetro de abstracción referido al número de curva de escorrentía, denominado número de curva o CN. La precipitación efectiva está definida por la siguiente expresión.

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

donde:

Pe: Precipitación efectiva

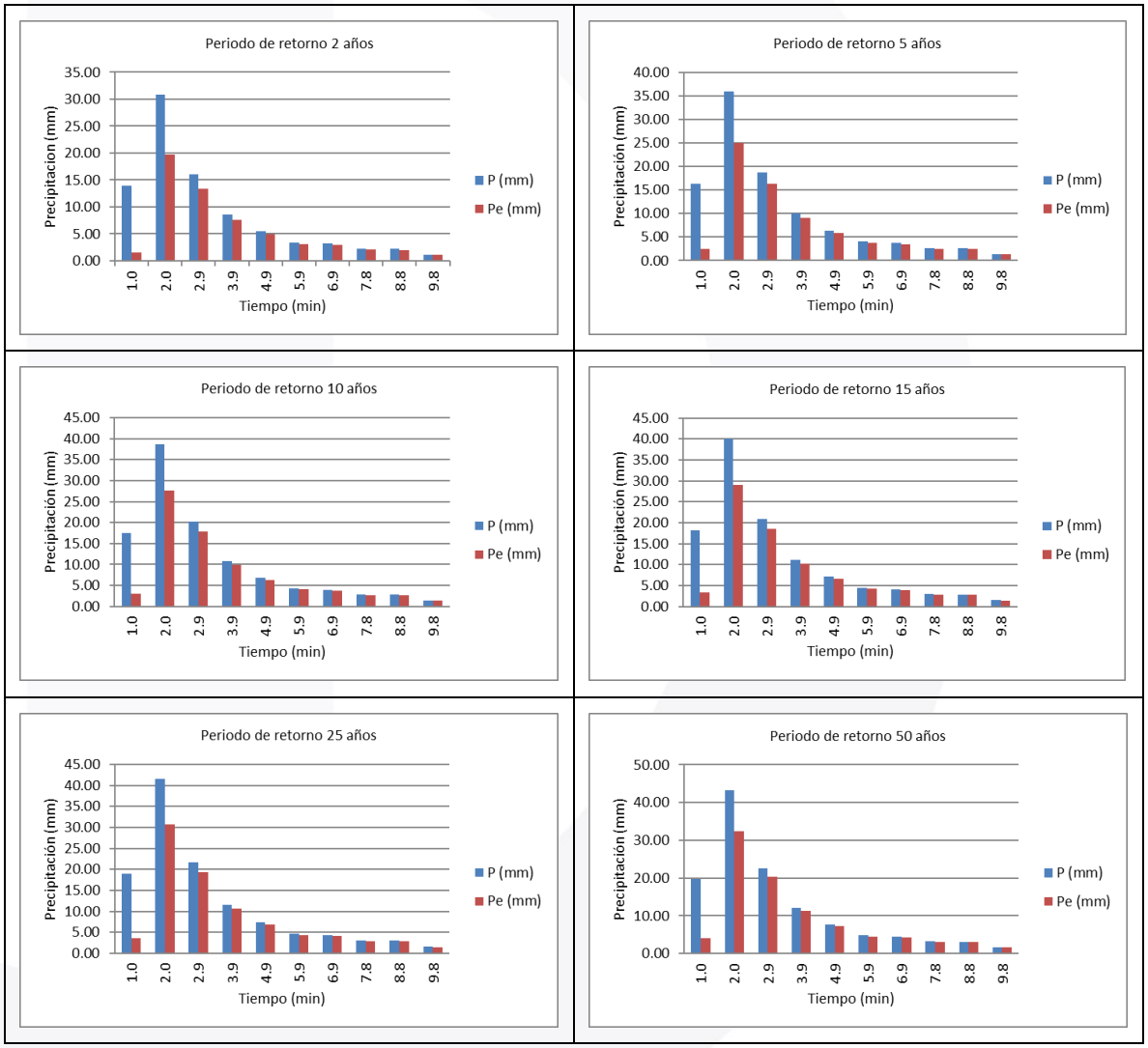
P: Precipitación total

S: Retención potencial máxima dada por la siguiente ecuación:

$$S = \frac{25400}{CN} - 254$$

En la que CN es el número de curva de escorrentía (adimensional), y S están en mm. Para CN=100, S=0; y para CN=1, S=25146 mm.

Una vez definida la precipitación efectiva se procede a elaborar el hietograma de diseño, para lo cual se utilizó la distribución temporal de tormentas de primer cuartil propuesto por Huff (1967). La distribución seleccionada corresponde a una probabilidad de ocurrencia acumulada del 50%, la cual representa un patrón de lluvia acumulada que debe ser excedido por la mitad de las tormentas (Chow et. al, 1994). A continuación, en la Figura 4.9 se presentan las tormentas de diseño (precipitación total y efectiva) para cada uno de los periodos de retorno analizados.



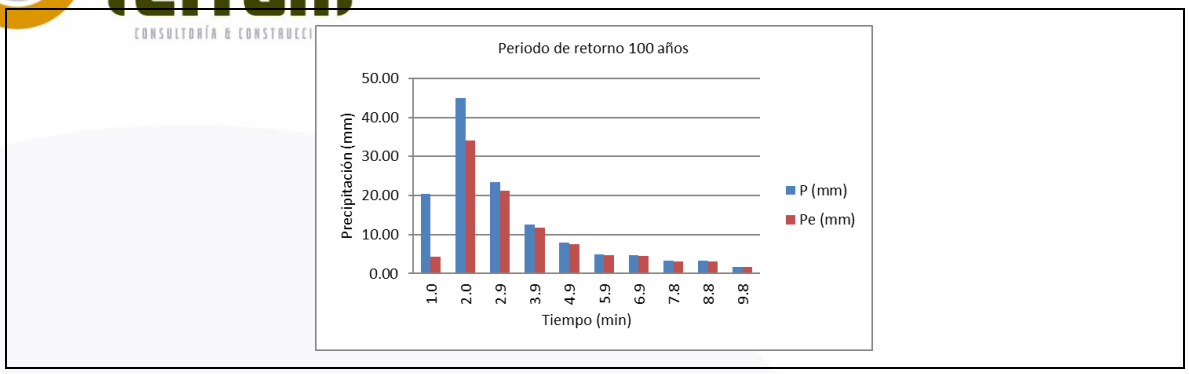


Figura 4.9 Hietogramas de diseño - Precipitación total (P) y Precipitación efectiva (Pe)

4.10. ESTIMACIÓN DE CAUDALES MÁXIMOS

Para la estimación de los caudales máximos en la zona de estudio de la quebrada Sin Toponimia (B/ Santa Luisa de Marillac) se aplicó la metodología del Hidrograma unitario sintético del SCS mediante el uso del software HEC HMS.

El Hidrograma unitario adimensional fue desarrollado por Victor Mockus en 1950, este hidrograma unitario sintético del SCS fue estudiado con base en el análisis de un gran número de hidrogramas unitarios naturales de un amplio rango de tamaños de cuencas hidrográficas y sitios geográficos. El método del SCS usa una relación del tiempo base y el tiempo al pico, $T_b/t_p = 5$. Adicionalmente, usa una función adimensional del hidrograma para proveer un Hidrograma unitario con forma típica (Monsalve, 1995). Esta metodología estima un caudal pico del hidrograma Qp para 1 mm de precipitación efectiva.

La determinación del tiempo al pico y el caudal pico se logra a partir de las siguientes ecuaciones:

$$t_p = \frac{t_r}{2} + t_l$$

dónde:

$t_p = Tiempo\ al\ pico\ del\ hidrograma$

$t_r = Tiempo\ de\ duración\ de\ la\ lluvia$

$t_l = Tiempo\ de\ desfase, que\ por\ ecuación\ es\ igual\ a\ \frac{3}{5}t_c$

Y el caudal pico o máximo se obtiene mediante la ecuación:

$$Q_p = \frac{0.208A}{t_p}$$

dónde:

$\mathrm{Q_p} = \text{Caudal pico del hidrograma}$

$\mathrm{A} = \text{Área de drenaje}$

$\mathrm{t_p} = \text{Tiempo al pico del hidrograma}$

Dadas las ecuaciones anteriores, el tiempo al pico puede ser fácilmente calculado como sigue: una vez determinado el t_p y Q_p, el hidrograma unitario adimensional es utilizado para calcular las ordenadas del hidrograma unitario. El hidrograma unitario adimensional del SCS tiene un valor de ${T_b}/{t_p} = 5$.

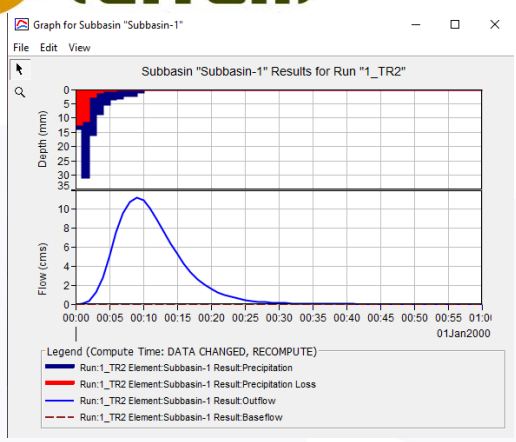
Para obtener los caudales máximos se utiliza la ecuación de convolución organizada en forma de matriz tal como se muestra en la Figura 4.10 (Chow *et. al*, 1994).

$$Q_n = \sum_{m=1}^{n \leq M} P_m U_{n-m+1}$$

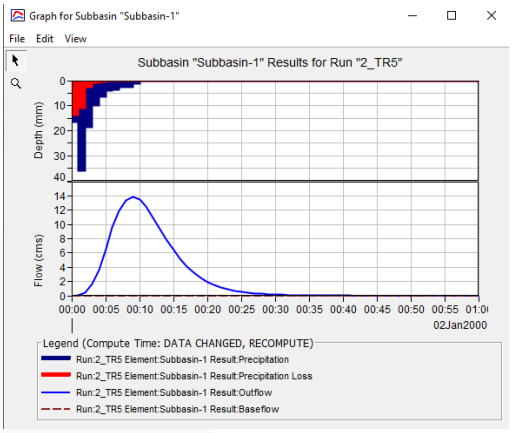
Q1		P1U1					
Q2		P2U1	P1U2				
Q3		P3U1	P2U2	P1U3			
...							
Q_M	≈	P_MU1	$P_{M-1}U2$		$P1U_M$		
Q_{M+1}							
...							
Q_{N-1}		0	...	0	...	P_MU_{N-M}	$P_{M-1}U_{N-M+1}$
Q_N		0	...	0	...	0	P_MU_{N-M+1}

Figura 4.10 Conjunto de ecuaciones para la convolución de tiempo discreto

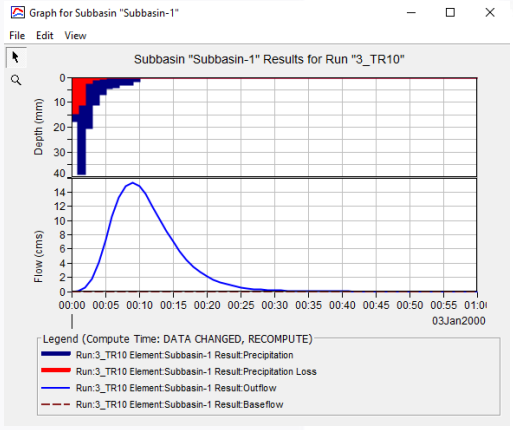
Así finalmente se obtienen los caudales máximos para la quebrada Sin Toponimia (B/ Santa Luisa de Marillac), correspondientes a los diferentes periodos de retorno analizados. En la Figura 4.11 se presentan los hidrogramas de caudal máximo obtenidos mediante la modelación hidrológica en HEC-HMS para cada periodo de retorno, igualmente el resumen de las magnitudes de dichos caudales se presenta en Tabla 4-12.



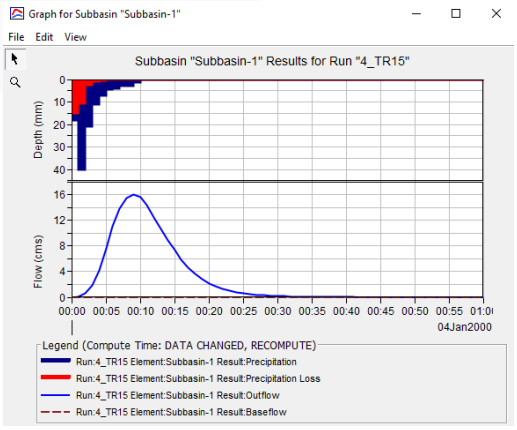
a. 2 años



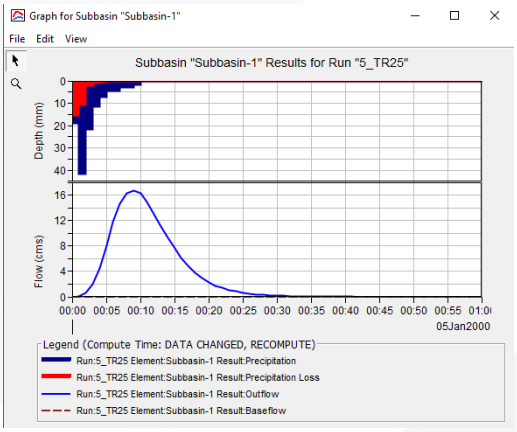
b. 5 años



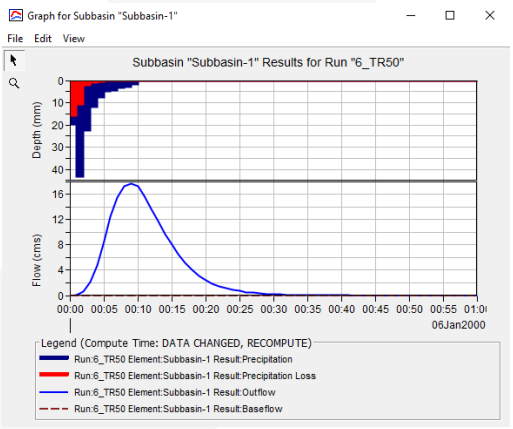
c. 10 años



d. 15 años

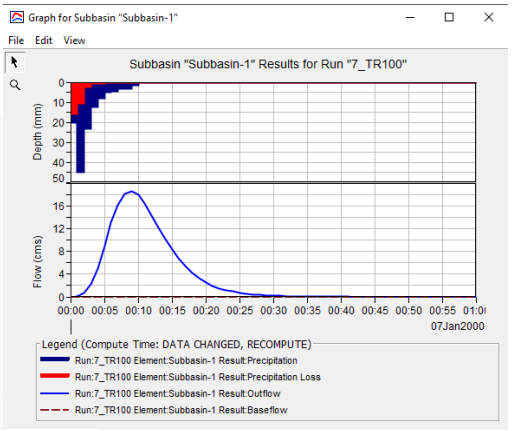


e. 25 años



f. 50 años

informacion.terram@gmail.com
Cel: 310 412 7151
Tel: (6) 7463714
Cll 9 No. 12-37. Armenia, Quindío



g. 100 años

Figura 4.11 Hidrogramas de caudal quebrada Sin Toponimia (B/ Santa Luisa de Marillac)

Tabla 4-12 Caudales máximos o de diseño para la quebrada Sin Toponimia (B/ Santa Luisa de Marillac)

TR (años)	Caudal (m^3/s)
2	11.2
5	13.9
10	15.3
15	16.0
25	16.8
50	17.7
100	18.5

5. ESTUDIO HIDRÁULICO

El estudio hidráulico consiste en utilizar los caudales máximos calculados para los diversos Periodos de Retorno (Tr) y hacerlos transitar por el canal del río levantados topográficamente, verificando entre otros aspectos, las cotas de inundación y las velocidades máximas obtenidas. Es posible identificar también puntos de posibles estancamientos o cuellos de botella que causarían curva de remanso y aumento de la cota de inundación en un lugar determinado.

Los estudios de hidráulica contienen los aspectos de hidráulica fluvial que tienen que ver con las características del sitio, la relación Nivel-Caudal en el cauce, las velocidades y las trayectorias del flujo, la geomorfología del cauce y las magnitudes de las fuerzas que afectan el fondo del cauce, las márgenes y la estructura de las obras existentes o proyectadas.

5.1. MODELO HIDRÁULICO

El software empleado fue el River Analysis System desarrollado por el Hydrologic Engineering Center denominado HEC-RAS, el cual cuenta con la versatilidad de calcular los elementos expuestos anteriormente.

HEC-RAS contiene componentes para el análisis hidráulico unidimensional que permiten calcular perfiles de superficie de agua en flujo permanente, simular flujo no permanente y estimar tasas de transporte de sedimentos. El caso de interés del presente estudio involucra el análisis de perfiles de superficie de agua bajo condiciones de flujo permanente, para lo cual el procedimiento básico computacional está basado en la solución de la ecuación unidimensional de la energía. Las pérdidas de energía se calculan a partir de la ecuación de Manning, considerando coeficientes de expansión y contracción que afectan la cabeza de velocidad. La ecuación de momentum es utilizada en aquellas situaciones donde los perfiles de la superficie de agua son rápidamente variados. El sistema de análisis de flujo permanente está concebido como una herramienta para la toma de decisiones en el manejo de los valles de ríos, ya que contiene una utilidad específica para evaluar la llanura de inundación de estos.

Con la topografía y batimetría, se determinaron los perfiles de varias secciones transversales para la creación del modelo hidráulico. Después se tomaron estas secciones y se introdujeron en el modelo para generar un canal en tres dimensiones por donde se transita el caudal de diseño estimado en el estudio hidrológico para diferentes periodos de retorno.

El programa calcula el perfil con las ecuaciones del flujo uniforme utilizando el método estándar por pasos; se determinan para diferentes escenarios hidráulicos los niveles y perfiles de velocidad en las diferentes secciones analizadas.

El programa HEC-RAS requiere como datos de entrada, una serie de características de la topografía de las secciones, la distancia entre ellas y los coeficientes de rugosidad. Las condiciones de borde establecen el valor inicial para la evaluación de la superficie, las opciones disponibles son la siguiente: nivel conocido, profundidad crítica, y método área-pendiente, considerando para la sección inicial de cálculo la pendiente de la línea de energía igual a la pendiente de la superficie del agua (S=0.0595686 m/m).

En la Figura 5.1 se presentan la localización de las secciones transversales en planta utilizadas para este análisis, dichas secciones fueron obtenidas del modelo de superficies TIN de la zona de estudio el cual es producto del procesamiento de levantamiento topográfico.

5.1.1. *Generalidades de la Modelación Hidráulica*

A continuación, se listan algunas generalidades tenidas en cuenta para la modelación hidráulica del tramo de la quebrada Sin Toponimia en el sector del barrio Santa Luisa de Marillac en el municipio de Calarcá.

Se modela el canal principal de la quebrada Sin Toponimia en el sector del barrio Santa Luisa de Marillac. Los caudales máximos de análisis considerados en la modelación hidráulica corresponden a aquellos estimados a partir de modelación hidrológica para los periodos de retorno de 2, 5, 10, 15, 25, 50 y 100 años cuya magnitud se presentó anteriormente en la Tabla 4-12.

Con base en la información topográfica se genera la geometría del tramo de estudio; se obtienen 31 secciones transversales localizadas según las abscisas presentadas en la Figura 5.1, estas secciones transversales tienen un ancho promedio de 30 m, y se encuentran espaciadas cada 10 m sobre el eje del cauce principal.

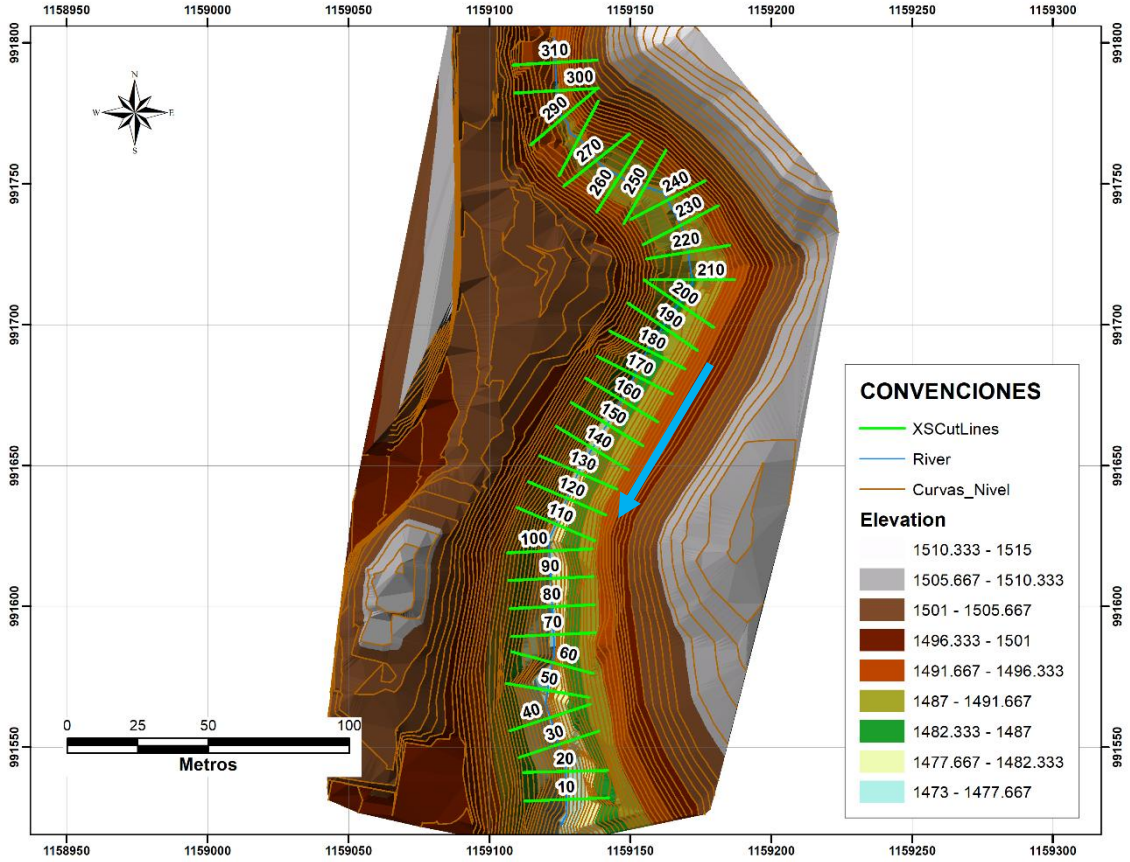


Figura 5.1 Modelo de superficie TIN y localización secciones transversales – quebrada Sin Toponimia (B/ Santa Luisa de Marillac)

El coeficiente de rugosidad de Manning se toma igual a 0.087 para la margen izquierda, 0.082 para el canal central y 0.087 para la margen derecha. Este valor se estimó de manera teórica a partir del método de Cowan basado en el tipo de cobertura de las orillas del cauce, las cuales en este caso corresponde principalmente a arbustos, guadua y combinación de pastos y rastrojo (ver Figura 5.3).

La metodología de Cowan, recomendada por el Manual de Drenaje para Carreteras del INVIAS, establece el coeficiente de rugosidad a partir de las características del cauce mediante la siguiente ecuación:

$$n = (n_0 + n_1 + n_2 + n_3 + n_4)m_5$$

donde:

n: valor final del coeficiente de rugosidad.

n_0: rugosidad del material del cauce.

n_1: irregularidades en la superficie.

n_2: cambios de forma y tamaño de la sección.

n_3: obstrucciones.

n_4: vegetación y condiciones de flujo.

n_5: estructura de los meandros.

Los valores de rugosidad del cauce (n_0) en función del tamaño del diámetro característico, se puede obtener también, entre otras, a partir de las siguientes expresiones:

- Ecuación de Garde & Raju (1978), Subramanya (1982):

$$n = 0.047\, D_{50}^{1/6}$$

Donde: D_{50} es el diámetro para el cual pasa el 50% de las partículas, en metros (m).

- Ecuación de Strickler:

$$n = 0.0417\, D_{50}^{1/6}$$

Donde D_{50} tiene el mismo significado que en la ecuación de Garde & Raju (1978), Subramanya (1982).

- Ecuación de Meyer-Peter-Muller (1948):

$$n = 0.038\, D_{90}^{1/6}$$

Donde: D_{90} es el diámetro para el cual pasa el 90% de las partículas, en metros (m).

- Ecuación de Bray (1979):

$$n = 0.0495\, D_{50}^{0.16}$$

Donde: D_{50} es el diámetro para el cual pasa el 50% de las partículas, en metros (m).

- Ecuación de Lane y Carlson:

$$n = 0.0473\, D_{75}^{\frac{1}{6}}$$

Donde: D_{75} es el diámetro para el cual pasa el 75% de las partículas, en metros (m).

A partir de la curva granulométrica se obtienen los parámetros D50, D75 y D90 (ver Tabla 5-1 y Figura 5.2), con estos parámetros definidos, se procedió con la aplicación de las ecuaciones presentadas anteriormente y se obtiene el valor promedio de n_0, el cual se presenta en la Tabla 5-2.

Tabla 5-1 Parámetros curva granulométrica

Parámetro	Diámetro (m)
D50	0.006
D90	0.032
D75	0.018

Tabla 5-2 Valor promedio de n_0

Ecuación	n_0
Ecuación de Garde & Raju (1978), Subramanya (1982)	0.020
Ecuación de Strickler	0.018
Ecuación de Meyer-Peter-Muller (1948)	0.021
Ecuación de Bray (1979)	0.022
Ecuación de Lane y Carlson	0.029
n0 Promedio	**0.022**

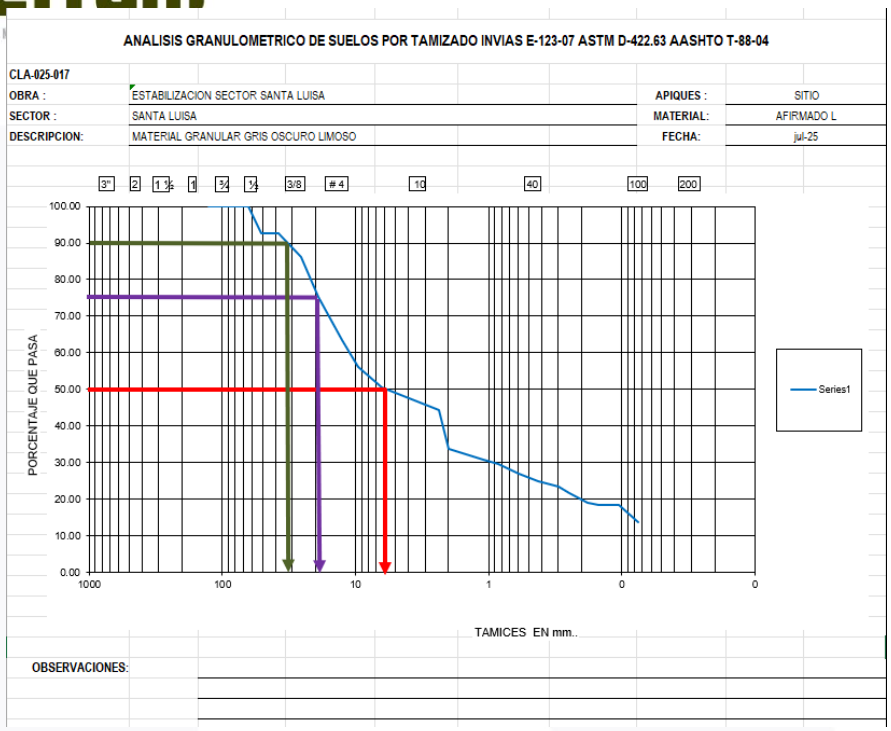


Figura 5.2 Parámetros curva granulométrica



Figura 5.3 Cobertura de las orillas del cauce de la quebrada Sin Toponimia (B/ Santa Luisa de Marillac)

Los valores para el cálculo de la rugosidad sugeridos por el método de Cowan se presentan a continuación en la Tabla 5-3, así mismo, allí se presenta el valor de rugosidad estimado tanto para el cauce como para las márgenes izquierda y derecha de la quebrada Sin Toponimia (B/ Santa Luisa de Marillac).

Tabla 5-3 Calculo del coeficiente de rugosidad de Manning – Método de Cowan

Condiciones del canal		Valores		Valor adoptado	Descripción		
				Margen Izquierda	Cauce Central	Margen Derecha	
Material involucrado	Tierra	n_0	0.020	0.022	0.022	0.022	El material involucrado en las márgenes izquierdo, derecho y canal central, corresponde principalmente a un material granular gris oscuro limoso.
	Corte en roca		0.025				
	Grava fina		0.024				
	Grava gruesa		0.028				
Grado de irregularidad	Suave	n_1	0.000	0.01	0.01	0.01	Con respecto al grado de irregularidad de la superficie del canal y la variación que se tiene de la sección transversal y el perímetro mojado, se considera que el grado de irregularidad es moderado.
	Menor		0.005				
	Moderado		0.010				
	Severo		0.020				
Variaciones de la sección transversal	Gradual	n_2	0.000	0.005	0.005	0.005	La variación de las secciones transversales se considera que son ocasionalmente alternantes.
	Ocasionalmente alternante		0.005				
	Frecuentemente alternante		0.010 - 0.015				
Efecto relativo de las obstrucciones	Insignificante	n_3	0.000	0.025	0.04	0.025	Respecto al canal central el efecto relativo de las obstrucciones se considera severo debido a la presencia de elementos tales como llantas, troncos de madera y tallos de guadua. En relación con las márgenes izquierda y derecha se asume que las obstrucciones son apreciables debido a la presencia de vegetación densa.
	Menor		0.010 - 0.015				
	Apreciable		0.020 - 0.030				
	Severo		0.040 - 0.060				
Vegetación	Baja	n_4	0.005 - 0.010	0.025	0.005	0.025	Para la margen izquierda y derecha se puede apreciar alta presencia de vegetación. Para el cauce central la vegetación se considera baja.
	Media		0.010 - 0.025				
	Alta		0.025 - 0.050				
	Muy alta		0.050 - 0.100				
Grado de los efectos por meandros	Menor	n_5	1.000	1	1	1	En el tramo de estudio presenta un alineamiento recto, por lo que el efecto por meandros es menor.
	Apreciable		1.150				
	Severo		1.300				
Coeficiente de rugosidad de Manning calculado				**0.087**	**0.082**	**0.087**	

Finalmente, la pendiente media del cauce principal se obtiene a partir de la información topográfica, dicha pendiente corresponde a una magnitud de 0.0595686 m/m (5.95686 %).

5.1.2. *Resultados de la modelación Hidráulica*

A continuación, se presentan los resultados obtenidos mediante la modelación hidráulica del tramo de la quebrada Sin Toponimia en el sector del barrio Santa Luisa de Marillac en el municipio de Calarcá. Estos resultados corresponden principalmente a: Caudal total, elevación mínima del canal, elevación de la superficie de agua, superficie de profundidad critica, elevación línea de energía, pendiente línea de energía, velocidad de flujo, área hidráulica, ancho superior, numero de Froude y profundidad máxima de flujo (ver Tabla 5-4).

Tabla 5-4 Resultados modelo hidráulico - quebrada Sin Toponimia (B/ Santa Luisa de Marillac)

Reach	River Sta	Profile	Q Total	Min Ch El	W.S. Elev	Crit W.S.	E.G. Elev	E.G. Slope	Vel Chnl	Flow Area	Top Width	Froude # Chl	Max Chl Dpth
			(m3/s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/m)	(m/s)	(m2)	(m)		(m)
Marillac	310	TR2	11.2	1492	1493.41	1493.39	1493.81	0.087863	2.79	4.01	4.79	0.97	1.41
Marillac	310	TR5	13.9	1492	1493.54	1493.54	1493.99	0.091136	2.97	4.69	5.29	1.01	1.54
Marillac	310	TR10	15.3	1492	1493.62	1493.62	1494.08	0.090022	3.01	5.08	5.56	1.01	1.61
Marillac	310	TR15	16	1492	1493.65	1493.65	1494.12	0.089453	3.04	5.27	5.69	1.01	1.65
Marillac	310	TR25	16.8	1492	1493.69	1493.69	1494.16	0.089098	3.06	5.48	5.83	1.01	1.69
Marillac	310	TR50	17.7	1492	1493.73	1493.73	1494.21	0.088145	3.09	5.73	5.98	1.01	1.73
Marillac	310	TR100	18.5	1492	1493.77	1493.77	1494.26	0.086285	3.09	5.98	6.13	1.00	1.77
Marillac	300	TR2	11.2	1491	1492.48	1492.48	1492.91	0.09153	2.89	3.88	4.58	1.00	1.48
Marillac	300	TR5	13.9	1491	1492.61	1492.63	1493.1	0.094211	3.09	4.5	4.9	1.03	1.61
Marillac	300	TR10	15.3	1491	1492.69	1492.7	1493.19	0.091747	3.13	4.88	5.09	1.02	1.69
Marillac	300	TR15	16	1491	1492.73	1492.73	1493.23	0.090883	3.16	5.07	5.18	1.02	1.73
Marillac	300	TR25	16.8	1491	1492.75	1492.76	1493.28	0.093046	3.23	5.2	5.24	1.03	1.75
Marillac	300	TR50	17.7	1491	1492.81	1492.81	1493.34	0.086661	3.23	5.49	5.37	1.01	1.8
Marillac	300	TR100	18.5	1491	1492.83	1492.84	1493.38	0.08726	3.29	5.63	5.44	1.01	1.83
Marillac	290	TR2	11.2	1490	1491.91	1491.46	1492.07	0.025036	1.76	6.35	6.03	0.55	1.91
Marillac	290	TR5	13.9	1490	1492.05	1491.61	1492.24	0.027348	1.93	7.22	6.42	0.58	2.05
Marillac	290	TR10	15.3	1490	1492.11	1491.68	1492.32	0.028662	2.01	7.62	6.6	0.60	2.11
Marillac	290	TR15	16	1490	1492.14	1491.71	1492.36	0.029201	2.04	7.83	6.69	0.60	2.14
Marillac	290	TR25	16.8	1490	1492.18	1491.75	1492.4	0.029896	2.09	8.06	6.79	0.61	2.18
Marillac	290	TR50	17.7	1490	1492.21	1491.79	1492.44	0.030671	2.13	8.3	6.89	0.62	2.21
Marillac	290	TR100	18.5	1490	1492.24	1491.82	1492.48	0.031262	2.18	8.49	6.97	0.63	2.24
Marillac	280	TR2	11.2	1490	1491.28	1491.28	1491.61	0.097184	2.56	4.38	6.71	1.01	1.28
Marillac	280	TR5	13.9	1490	1491.39	1491.39	1491.76	0.094306	2.68	5.18	7.26	1.01	1.39
Marillac	280	TR10	15.3	1490	1491.45	1491.45	1491.83	0.091438	2.72	5.62	7.56	1.01	1.45
Marillac	280	TR15	16	1490	1491.48	1491.48	1491.86	0.091143	2.75	5.83	7.71	1.01	1.48
Marillac	280	TR25	16.8	1490	1491.51	1491.51	1491.9	0.090218	2.76	6.08	7.94	1.01	1.51
Marillac	280	TR50	17.7	1490	1491.55	1491.55	1491.94	0.08927	2.78	6.37	8.19	1.01	1.55
Marillac	280	TR100	18.5	1490	1491.58	1491.58	1491.98	0.088531	2.8	6.62	8.39	1.01	1.58
Marillac	270	TR2	11.2	1489	1490.49	1490.24	1490.64	0.031409	1.72	6.52	8.73	0.63	1.49
Marillac	270	TR5	13.9	1489	1490.61	1490.35	1490.78	0.029916	1.85	7.6	9.48	0.62	1.61
Marillac	270	TR10	15.3	1489	1490.67	1490.4	1490.85	0.029411	1.91	8.15	9.96	0.63	1.67
Marillac	270	TR15	16	1489	1490.69	1490.43	1490.88	0.029188	1.94	8.42	10.08	0.63	1.69

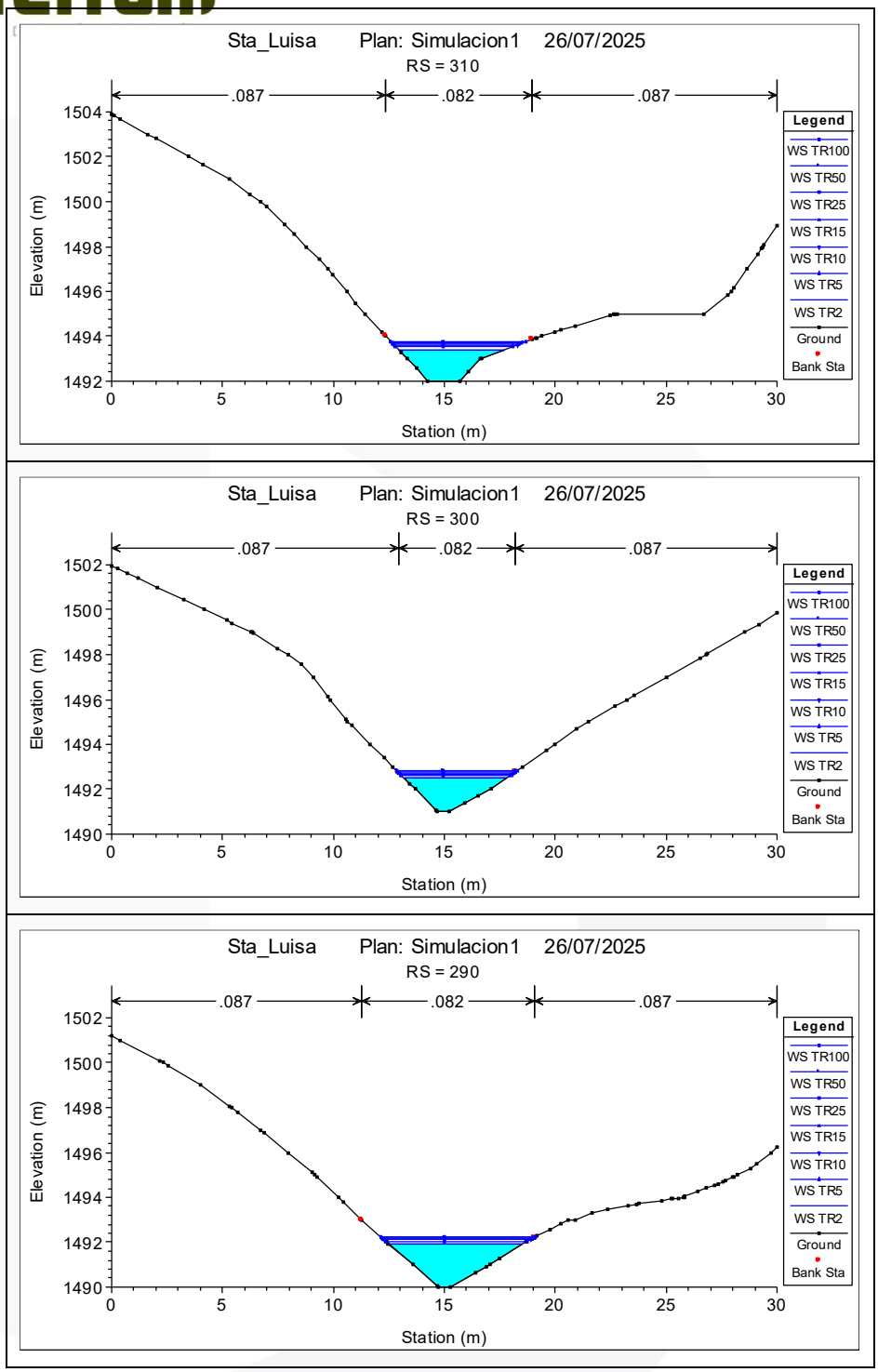
Reach	River Sta	Profile	Q Total	Min Ch El	W.S. Elev	Crit W.S.	E.G. Elev	E.G. Slope	Vel Chnl	Flow Area	Top Width	Froude # Chl	Max Chl Dpth
			(m3/s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/m)	(m/s)	(m2)	(m)		(m)
Marillac	270	TR25	16.8	1489	1490.72	1490.45	1490.92	0.028956	1.97	8.72	10.21	0.63	1.72
Marillac	270	TR50	17.7	1489	1490.76	1490.48	1490.96	0.028768	2	9.06	10.36	0.63	1.75
Marillac	270	TR100	18.5	1489	1490.78	1490.51	1490.99	0.028656	2.04	9.35	10.48	0.63	1.78
Marillac	260	TR2	11.2	1489	1490.37		1490.44	0.011642	1.17	9.58	11	0.40	1.37
Marillac	260	TR5	13.9	1489	1490.49		1490.57	0.012241	1.27	10.98	11.59	0.42	1.49
Marillac	260	TR10	15.3	1489	1490.55		1490.64	0.012512	1.31	11.67	11.87	0.42	1.55
Marillac	260	TR15	16	1489	1490.58		1490.67	0.012638	1.33	12.01	12	0.43	1.58
Marillac	260	TR25	16.8	1489	1490.61		1490.7	0.012779	1.36	12.39	12.15	0.43	1.61
Marillac	260	TR50	17.7	1489	1490.64		1490.74	0.012937	1.38	12.81	12.31	0.43	1.64
Marillac	260	TR100	18.5	1489	1490.67		1490.77	0.013044	1.4	13.17	12.45	0.44	1.67
Marillac	250	TR2	11.2	1489	1490.17		1490.28	0.021505	1.47	7.63	9.75	0.53	1.17
Marillac	250	TR5	13.9	1489	1490.27		1490.4	0.023175	1.6	8.67	10.26	0.56	1.27
Marillac	250	TR10	15.3	1489	1490.32		1490.46	0.023939	1.67	9.18	10.5	0.57	1.32
Marillac	250	TR15	16	1489	1490.35		1490.49	0.024303	1.7	9.43	10.61	0.57	1.35
Marillac	250	TR25	16.8	1489	1490.37		1490.52	0.024699	1.73	9.71	10.74	0.58	1.37
Marillac	250	TR50	17.7	1489	1490.4		1490.56	0.025172	1.77	10.02	10.88	0.59	1.4
Marillac	250	TR100	18.5	1489	1490.42		1490.59	0.025569	1.8	10.28	11	0.59	1.42
Marillac	240	TR2	11.2	1489	1489.78		1489.96	0.051091	1.85	6.04	10.58	0.78	0.78
Marillac	240	TR5	13.9	1489	1489.89		1490.08	0.046652	1.91	7.29	11.43	0.76	0.89
Marillac	240	TR10	15.3	1489	1489.95		1490.14	0.045211	1.93	7.91	11.83	0.76	0.95
Marillac	240	TR15	16	1489	1489.97		1490.17	0.044635	1.95	8.21	12.02	0.75	0.97
Marillac	240	TR25	16.8	1489	1490		1490.2	0.044056	1.97	8.55	12.23	0.75	1
Marillac	240	TR50	17.7	1489	1490.03		1490.23	0.04351	1.99	8.89	12.37	0.75	1.03
Marillac	240	TR100	18.5	1489	1490.05		1490.26	0.043112	2.01	9.2	12.49	0.75	1.05
Marillac	230	TR2	11.2	1488	1489.4	1489.12	1489.54	0.033051	1.68	6.65	9.44	0.64	1.4
Marillac	230	TR5	13.9	1488	1489.51	1489.25	1489.67	0.034614	1.78	7.8	10.57	0.66	1.51
Marillac	230	TR10	15.3	1488	1489.56	1489.31	1489.73	0.035284	1.83	8.37	11.08	0.67	1.56
Marillac	230	TR15	16	1488	1489.59	1489.34	1489.76	0.035419	1.85	8.67	11.34	0.67	1.59
Marillac	230	TR25	16.8	1488	1489.62	1489.36	1489.8	0.035749	1.87	8.98	11.61	0.68	1.62
Marillac	230	TR50	17.7	1488	1489.65	1489.4	1489.83	0.035838	1.9	9.34	11.91	0.68	1.65
Marillac	230	TR100	18.5	1488	1489.67	1489.43	1489.86	0.036013	1.92	9.63	12.16	0.69	1.67
Marillac	220	TR2	11.2	1488	1488.75	1488.75	1489.03	0.085181	2.32	4.83	8.96	1.01	0.75
Marillac	220	TR5	13.9	1488	1488.85	1488.85	1489.15	0.082582	2.44	5.7	9.57	1.01	0.85
Marillac	220	TR10	15.3	1488	1488.89	1488.89	1489.21	0.081038	2.49	6.15	9.88	1.01	0.89
Marillac	220	TR15	16	1488	1488.91	1488.91	1489.24	0.081012	2.52	6.36	10.01	1.01	0.91
Marillac	220	TR25	16.8	1488	1488.94	1488.94	1489.27	0.080068	2.54	6.61	10.18	1.01	0.94
Marillac	220	TR50	17.7	1488	1488.96	1488.96	1489.3	0.079888	2.57	6.88	10.35	1.01	0.96
Marillac	220	TR100	18.5	1488	1488.99	1488.99	1489.33	0.079256	2.6	7.12	10.51	1.01	0.99
Marillac	210	TR2	11.2	1487	1488.34	1487.86	1488.41	0.012461	1.12	9.96	12.85	0.41	1.34
Marillac	210	TR5	13.9	1487	1488.48	1487.95	1488.55	0.012087	1.18	11.73	13.67	0.41	1.48
Marillac	210	TR10	15.3	1487	1488.54	1488.03	1488.62	0.011894	1.21	12.6	13.96	0.41	1.54
Marillac	210	TR15	16	1487	1488.57	1488.05	1488.65	0.011854	1.23	13.03	14.14	0.41	1.57
Marillac	210	TR25	16.8	1487	1488.61	1488.07	1488.68	0.011789	1.24	13.52	14.35	0.41	1.6
Marillac	210	TR50	17.7	1487	1488.64	1488.1	1488.72	0.011745	1.26	14.05	14.57	0.41	1.64
Marillac	210	TR100	18.5	1487	1488.67	1488.12	1488.76	0.011698	1.27	14.52	14.76	0.41	1.67
Marillac	200	TR2	11.2	1487	1488.02		1488.2	0.036246	1.85	6.05	8.02	0.68	1.02
Marillac	200	TR5	13.9	1487	1488.14		1488.34	0.038179	1.99	6.97	8.6	0.71	1.14
Marillac	200	TR10	15.3	1487	1488.19		1488.4	0.039099	2.06	7.43	8.87	0.72	1.19
Marillac	200	TR15	16	1487	1488.21		1488.44	0.039657	2.09	7.64	9	0.73	1.21
Marillac	200	TR25	16.8	1487	1488.24		1488.47	0.039963	2.13	7.9	9.15	0.73	1.24
Marillac	200	TR50	17.7	1487	1488.27		1488.51	0.040625	2.17	8.17	9.3	0.74	1.27
Marillac	200	TR100	18.5	1487	1488.3		1488.54	0.040975	2.2	8.42	9.44	0.74	1.3

Reach	River Sta	Profile	Q Total	Min Ch El	W.S. Elev	Crit W.S.	E.G. Elev	E.G. Slope	Vel Chnl	Flow Area	Top Width	Froude # Chl	Max Chl Dpth
			(m3/s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/m)	(m/s)	(m2)	(m)		(m)
Marillac	190	TR2	11.2	1486.56	1487.59		1487.78	0.048287	1.93	5.8	9.16	0.77	1.03
Marillac	190	TR5	13.9	1486.56	1487.7		1487.91	0.04809	2.03	6.83	9.91	0.78	1.14
Marillac	190	TR10	15.3	1486.56	1487.75		1487.97	0.048105	2.09	7.33	10.25	0.79	1.19
Marillac	190	TR15	16	1486.56	1487.78		1488	0.047703	2.1	7.6	10.42	0.79	1.21
Marillac	190	TR25	16.8	1486.56	1487.8		1488.03	0.048335	2.14	7.85	10.58	0.79	1.24
Marillac	190	TR50	17.7	1486.56	1487.83		1488.07	0.047639	2.16	8.2	10.81	0.79	1.27
Marillac	190	TR100	18.5	1486.56	1487.86		1488.1	0.047491	2.18	8.49	10.99	0.79	1.3
Marillac	180	TR2	11.2	1485.76	1486.83	1486.83	1487.14	0.086202	2.45	4.57	7.59	1.01	1.07
Marillac	180	TR5	13.9	1485.76	1486.94	1486.94	1487.28	0.08364	2.56	5.42	8.23	1.01	1.18
Marillac	180	TR10	15.3	1485.76	1486.99	1486.99	1487.34	0.082331	2.61	5.86	8.54	1.01	1.23
Marillac	180	TR15	16	1485.76	1487.01	1487.01	1487.37	0.082555	2.65	6.04	8.64	1.01	1.25
Marillac	180	TR25	16.8	1485.76	1487.05	1487.05	1487.41	0.080295	2.66	6.31	8.77	1.00	1.28
Marillac	180	TR50	17.7	1485.76	1487.07	1487.07	1487.44	0.081088	2.71	6.53	8.87	1.01	1.31
Marillac	180	TR100	18.5	1485.76	1487.1	1487.1	1487.48	0.080313	2.74	6.75	8.98	1.01	1.33
Marillac	170	TR2	11.2	1483.8	1484.74	1485.04	1485.68	0.261959	4.3	2.61	3.8	1.66	0.94
Marillac	170	TR5	13.9	1483.8	1484.87	1485.2	1485.88	0.243833	4.44	3.13	4.06	1.62	1.07
Marillac	170	TR10	15.3	1483.8	1484.94	1485.27	1485.97	0.235081	4.5	3.4	4.19	1.59	1.14
Marillac	170	TR15	16	1483.8	1484.97	1485.31	1486.02	0.231043	4.52	3.54	4.26	1.58	1.17
Marillac	170	TR25	16.8	1483.8	1485.01	1485.35	1486.07	0.229825	4.57	3.68	4.33	1.58	1.21
Marillac	170	TR50	17.7	1483.8	1485.05	1485.39	1486.11	0.22438	4.57	3.88	4.5	1.57	1.25
Marillac	170	TR100	18.5	1483.8	1485.08	1485.43	1486.16	0.224571	4.61	4.02	4.61	1.58	1.28
Marillac	160	TR2	11.2	1482	1483.55	1483.4	1483.87	0.059523	2.5	4.48	4.63	0.81	1.55
Marillac	160	TR5	13.9	1482	1483.7	1483.55	1484.07	0.060111	2.69	5.17	4.93	0.82	1.7
Marillac	160	TR10	15.3	1482	1483.76	1483.62	1484.16	0.060393	2.78	5.51	5.08	0.83	1.76
Marillac	160	TR15	16	1482	1483.53	1483.66	1484.21	0.13015	3.66	4.37	4.59	1.20	1.53
Marillac	160	TR25	16.8	1482	1483.56	1483.7	1484.26	0.130716	3.72	4.52	4.65	1.20	1.56
Marillac	160	TR50	17.7	1482	1483.59	1483.73	1484.32	0.132077	3.78	4.68	4.71	1.21	1.59
Marillac	160	TR100	18.5	1482	1483.62	1483.78	1484.37	0.131604	3.84	4.82	4.77	1.21	1.62
Marillac	150	TR2	11.2	1482	1483.37		1483.5	0.019352	1.6	7	6.32	0.49	1.37
Marillac	150	TR5	13.9	1482	1483.51		1483.67	0.021051	1.75	7.93	6.6	0.51	1.51
Marillac	150	TR10	15.3	1482	1483.58		1483.75	0.021774	1.82	8.39	6.73	0.52	1.58
Marillac	150	TR15	16	1482	1483.62	1483.09	1483.79	0.022138	1.86	8.62	6.8	0.53	1.62
Marillac	150	TR25	16.8	1482	1483.65	1483.12	1483.83	0.022612	1.9	8.86	6.86	0.53	1.65
Marillac	150	TR50	17.7	1482	1483.69	1483.16	1483.88	0.022954	1.93	9.15	6.94	0.54	1.69
Marillac	150	TR100	18.5	1482	1483.73	1483.19	1483.93	0.023346	1.97	9.39	7.01	0.54	1.73
Marillac	140	TR2	11.2	1482	1482.79	1482.79	1483.12	0.084961	2.57	4.36	6.57	1.01	0.79
Marillac	140	TR5	13.9	1482	1482.9	1482.9	1483.28	0.082322	2.72	5.11	6.84	1.00	0.9
Marillac	140	TR10	15.3	1482	1482.95	1482.95	1483.35	0.081283	2.79	5.48	6.98	1.00	0.95
Marillac	140	TR15	16	1482	1482.98	1482.98	1483.39	0.080984	2.83	5.66	7.04	1.01	0.98
Marillac	140	TR25	16.8	1482	1483.01	1483.01	1483.43	0.079651	2.85	5.89	7.11	1.00	1.01
Marillac	140	TR50	17.7	1482	1483.04	1483.04	1483.47	0.080253	2.91	6.09	7.16	1.01	1.04
Marillac	140	TR100	18.5	1482	1483.07	1483.07	1483.51	0.079545	2.94	6.29	7.21	1.01	1.07
Marillac	130	TR2	11.2	1481	1482.1	1481.96	1482.38	0.054604	2.36	4.74	5.37	0.80	1.1
Marillac	130	TR5	13.9	1481	1482.27	1482.09	1482.58	0.050122	2.43	5.72	5.74	0.78	1.27
Marillac	130	TR10	15.3	1481	1482.36	1482.16	1482.67	0.048582	2.47	6.2	5.92	0.77	1.36
Marillac	130	TR15	16	1481	1482.4	1482.19	1482.71	0.047919	2.49	6.44	6	0.77	1.4
Marillac	130	TR25	16.8	1481	1482.44	1482.22	1482.76	0.047331	2.51	6.7	6.09	0.76	1.44
Marillac	130	TR50	17.7	1481	1482.49	1482.26	1482.81	0.046675	2.53	7	6.2	0.76	1.49
Marillac	130	TR100	18.5	1481	1482.53	1482.3	1482.86	0.046171	2.55	7.25	6.29	0.76	1.53
Marillac	120	TR2	11.2	1480	1481.85		1482.01	0.02298	1.76	6.35	5.31	0.51	1.85
Marillac	120	TR5	13.9	1480	1482.01		1482.2	0.025018	1.92	7.23	5.64	0.54	2.01

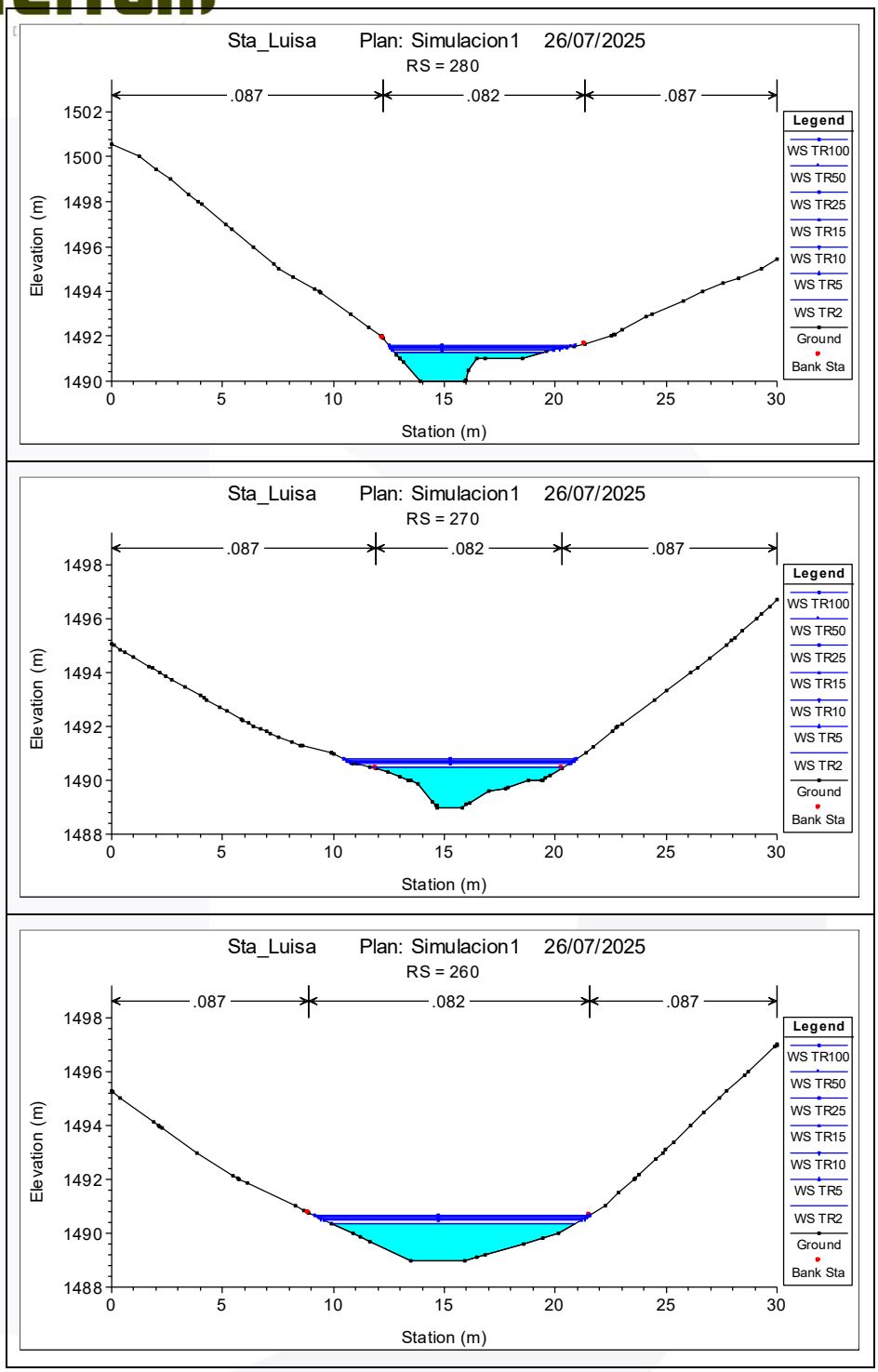
Reach	River Sta	Profile	Q Total	Min Ch El	W.S. Elev	Crit W.S.	E.G. Elev	E.G. Slope	Vel Chnl	Flow Area	Top Width	Froude # Chl	Max Chl Dpth
			(m3/s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/m)	(m/s)	(m2)	(m)		(m)
Marillac	120	TR10	15.3	1480	1482.09		1482.29	0.025966	2	7.67	5.8	0.55	2.08
Marillac	120	TR15	16	1480	1482.12		1482.33	0.026369	2.03	7.88	5.87	0.56	2.12
Marillac	120	TR25	16.8	1480	1482.16		1482.38	0.026889	2.07	8.12	5.94	0.57	2.16
Marillac	120	TR50	17.7	1480	1482.21		1482.43	0.02741	2.11	8.38	6.03	0.57	2.21
Marillac	120	TR100	18.5	1480	1482.24		1482.48	0.027866	2.15	8.61	6.11	0.58	2.24
Marillac	110	TR2	11.2	1480	1481.2	1481.2	1481.58	0.090357	2.73	4.1	5.47	1.01	1.2
Marillac	110	TR5	13.9	1480	1481.33	1481.33	1481.75	0.087458	2.87	4.84	5.81	1.01	1.33
Marillac	110	TR10	15.3	1480	1481.39	1481.39	1481.83	0.086227	2.94	5.21	5.98	1.01	1.39
Marillac	110	TR15	16	1480	1481.42	1481.42	1481.87	0.086092	2.98	5.38	6.05	1.01	1.42
Marillac	110	TR25	16.8	1480	1481.45	1481.45	1481.91	0.085177	3	5.59	6.14	1.01	1.45
Marillac	110	TR50	17.7	1480	1481.49	1481.49	1481.96	0.084737	3.04	5.82	6.24	1.01	1.49
Marillac	110	TR100	18.5	1480	1481.52	1481.52	1482	0.084171	3.07	6.02	6.32	1.01	1.52
Marillac	100	TR2	11.2	1479	1480.05	1480.13	1480.53	0.121286	3.08	3.64	5.37	1.19	1.05
Marillac	100	TR5	13.9	1479	1480.15	1480.26	1480.71	0.12308	3.31	4.2	5.57	1.22	1.15
Marillac	100	TR10	15.3	1479	1480.2	1480.32	1480.79	0.123276	3.41	4.49	5.66	1.22	1.2
Marillac	100	TR15	16	1479	1480.23	1480.35	1480.84	0.123801	3.46	4.63	5.71	1.23	1.23
Marillac	100	TR25	16.8	1479	1480.25	1480.38	1480.88	0.123604	3.51	4.79	5.76	1.23	1.25
Marillac	100	TR50	17.7	1479	1480.28	1480.42	1480.93	0.123895	3.57	4.96	5.82	1.23	1.28
Marillac	100	TR100	18.5	1479	1480.31	1480.44	1480.98	0.123755	3.61	5.12	5.87	1.23	1.31
Marillac	90	TR2	11.2	1478	1479.5	1479.4	1479.8	0.062829	2.45	4.58	5.57	0.86	1.5
Marillac	90	TR5	13.9	1478	1479.6	1479.54	1479.97	0.070815	2.7	5.15	5.9	0.92	1.59
Marillac	90	TR10	15.3	1478	1479.64	1479.6	1480.05	0.074374	2.82	5.43	6.06	0.95	1.64
Marillac	90	TR15	16	1478	1479.67	1479.64	1480.09	0.076082	2.87	5.57	6.14	0.96	1.66
Marillac	90	TR25	16.8	1478	1479.69	1479.67	1480.13	0.077754	2.93	5.73	6.23	0.98	1.69
Marillac	90	TR50	17.7	1478	1479.72	1479.71	1480.18	0.079448	2.99	5.91	6.32	0.99	1.72
Marillac	90	TR100	18.5	1478	1479.74	1479.74	1480.22	0.082233	3.07	6.03	6.39	1.01	1.74
Marillac	80	TR2	11.2	1477.7	1478.8	1478.76	1479.12	0.073219	2.53	4.42	6.01	0.94	1.1
Marillac	80	TR5	13.9	1477.7	1478.97		1479.29	0.06165	2.52	5.52	6.59	0.88	1.27
Marillac	80	TR10	15.3	1477.7	1479.05		1479.38	0.056847	2.52	6.08	6.79	0.85	1.35
Marillac	80	TR15	16	1477.7	1479.09		1479.42	0.054769	2.52	6.35	6.86	0.84	1.39
Marillac	80	TR25	16.8	1477.7	1479.14		1479.46	0.052697	2.52	6.65	6.94	0.82	1.44
Marillac	80	TR50	17.7	1477.7	1479.19		1479.51	0.050675	2.53	7	7.03	0.81	1.49
Marillac	80	TR100	18.5	1477.7	1479.23	1479.07	1479.56	0.049176	2.54	7.29	7.1	0.80	1.53
Marillac	70	TR2	11.2	1477	1478.48		1478.66	0.02711	1.84	6.07	5.51	0.56	1.48
Marillac	70	TR5	13.9	1477	1478.67		1478.86	0.02684	1.95	7.13	5.79	0.56	1.67
Marillac	70	TR10	15.3	1477	1478.76		1478.96	0.02684	2	7.64	5.93	0.56	1.76
Marillac	70	TR15	16	1477	1478.8		1479.01	0.026853	2.03	7.9	6	0.56	1.8
Marillac	70	TR25	16.8	1477	1478.85		1479.06	0.026919	2.05	8.18	6.07	0.57	1.85
Marillac	70	TR50	17.7	1477	1478.9		1479.12	0.026998	2.09	8.49	6.15	0.57	1.9
Marillac	70	TR100	18.5	1477	1478.94		1479.17	0.027086	2.11	8.75	6.22	0.57	1.94
Marillac	60	TR2	11.2	1476	1477.68	1477.68	1478.15	0.105382	3.04	3.68	3.94	1.00	1.68
Marillac	60	TR5	13.9	1476	1477.85	1477.85	1478.36	0.10335	3.18	4.37	4.31	1.01	1.85
Marillac	60	TR10	15.3	1476	1477.93	1477.93	1478.46	0.102059	3.24	4.72	4.48	1.01	1.93
Marillac	60	TR15	16	1476	1477.96	1477.96	1478.51	0.101558	3.27	4.9	4.57	1.01	1.96
Marillac	60	TR25	16.8	1476	1478.01	1478.01	1478.56	0.100594	3.29	5.1	4.67	1.01	2.01
Marillac	60	TR50	17.7	1476	1478.06	1478.06	1478.62	0.099632	3.32	5.33	4.78	1.01	2.06
Marillac	60	TR100	18.5	1476	1478.1	1478.1	1478.67	0.098348	3.34	5.53	4.87	1.00	2.1
Marillac	50	TR2	11.2	1475.21	1477.11	1476.22	1477.16	0.006132	1.05	10.71	8.07	0.29	1.9
Marillac	50	TR5	13.9	1475.21	1477.32	1476.34	1477.39	0.006111	1.11	12.5	8.43	0.29	2.11
Marillac	50	TR10	15.3	1475.21	1477.43	1476.39	1477.49	0.006125	1.14	13.38	8.6	0.29	2.22
Marillac	50	TR15	16	1475.21	1477.48	1476.41	1477.55	0.006135	1.16	13.81	8.68	0.29	2.27
Marillac	50	TR25	16.8	1475.21	1477.53	1476.44	1477.6	0.006152	1.18	14.28	8.77	0.29	2.32

Reach	River Sta	Profile	Q Total	Min Ch El	W.S. Elev	Crit W.S.	E.G. Elev	E.G. Slope	Vel Chnl	Flow Area	Top Width	Froude # Chl	Max Chl Dpth
			(m3/s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/m)	(m/s)	(m2)	(m)		(m)
Marillac	50	TR50	17.7	1475.21	1477.59	1476.48	1477.66	0.006172	1.19	14.81	8.87	0.30	2.38
Marillac	50	TR100	18.5	1475.21	1477.64	1476.51	1477.72	0.006188	1.21	15.28	8.95	0.30	2.43
Marillac	40	TR2	11.2	1475	1476.63		1476.99	0.068325	2.65	4.23	4.02	0.82	1.63
Marillac	40	TR5	13.9	1475	1476.82		1477.21	0.066073	2.76	5.04	4.37	0.82	1.82
Marillac	40	TR10	15.3	1475	1476.91		1477.32	0.065205	2.81	5.45	4.53	0.82	1.91
Marillac	40	TR15	16	1475	1476.96		1477.37	0.064784	2.83	5.65	4.61	0.82	1.96
Marillac	40	TR25	16.8	1475	1477.01		1477.42	0.064452	2.86	5.87	4.69	0.82	2.01
Marillac	40	TR50	17.7	1475	1477.06		1477.49	0.064073	2.89	6.12	4.8	0.82	2.06
Marillac	40	TR100	18.5	1475	1477.11		1477.54	0.063711	2.91	6.35	4.89	0.82	2.11
Marillac	30	TR2	11.2	1474	1476.07		1476.36	0.05379	2.39	4.68	3.96	0.70	2.07
Marillac	30	TR5	13.9	1474	1476.25		1476.59	0.056362	2.57	5.41	4.25	0.73	2.25
Marillac	30	TR10	15.3	1474	1476.33		1476.69	0.057523	2.65	5.77	4.39	0.74	2.33
Marillac	30	TR15	16	1474	1476.37		1476.74	0.058054	2.69	5.95	4.45	0.74	2.37
Marillac	30	TR25	16.8	1474	1476.42		1476.8	0.058644	2.73	6.15	4.53	0.75	2.42
Marillac	30	TR50	17.7	1474	1476.47		1476.86	0.059272	2.78	6.37	4.6	0.75	2.47
Marillac	30	TR100	18.5	1474	1476.51		1476.91	0.059925	2.82	6.56	4.67	0.76	2.51
Marillac	20	TR2	11.2	1474	1475.94		1476.05	0.015147	1.48	7.55	6.21	0.43	1.94
Marillac	20	TR5	13.9	1474	1476.13		1476.26	0.015649	1.59	8.76	6.62	0.44	2.13
Marillac	20	TR10	15.3	1474	1476.22		1476.35	0.015876	1.64	9.36	6.81	0.45	2.22
Marillac	20	TR15	16	1474	1476.26		1476.4	0.015989	1.66	9.65	6.91	0.45	2.26
Marillac	20	TR25	16.8	1474	1476.31		1476.45	0.016106	1.68	9.98	7.01	0.45	2.31
Marillac	20	TR50	17.7	1474	1476.36		1476.51	0.016237	1.71	10.34	7.13	0.45	2.36
Marillac	20	TR100	18.5	1474	1476.4		1476.56	0.016355	1.74	10.66	7.23	0.46	2.4
Marillac	10	TR2	11.2	1474	1475.45	1475.3	1475.76	0.05957	2.49	4.5	4.76	0.82	1.45
Marillac	10	TR5	13.9	1474	1475.61	1475.46	1475.96	0.05966	2.63	5.28	5.11	0.83	1.61
Marillac	10	TR10	15.3	1474	1475.68	1475.53	1476.05	0.059575	2.69	5.68	5.28	0.83	1.68
Marillac	10	TR15	16	1474	1475.72	1475.56	1476.1	0.059588	2.72	5.87	5.36	0.83	1.72
Marillac	10	TR25	16.8	1474	1475.76	1475.6	1476.15	0.059586	2.76	6.09	5.45	0.83	1.76
Marillac	10	TR50	17.7	1474	1475.8	1475.64	1476.2	0.059641	2.8	6.33	5.55	0.84	1.8
Marillac	10	TR100	18.5	1474	1475.84	1475.68	1476.25	0.05961	2.83	6.53	5.64	0.84	1.84

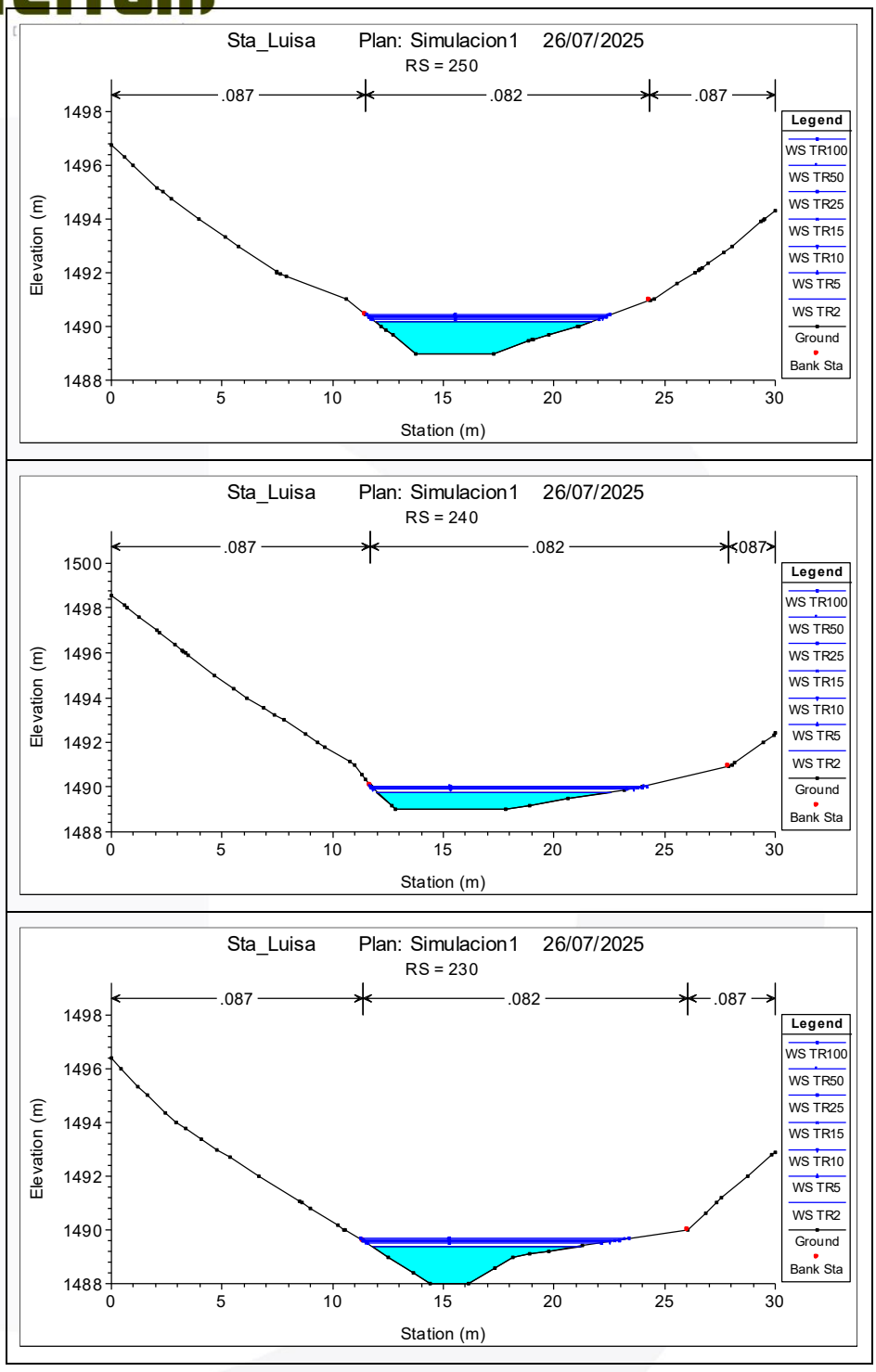
A continuación, en la Figura 5.4 se presentan los niveles máximos de lámina de agua en cada una de las secciones transversales definidas para la quebrada objeto de estudio y para cada uno de los caudales máximos de diseño analizados. En términos generales se observa que el flujo de agua permanece contenido dentro de cauce de la quebrada.



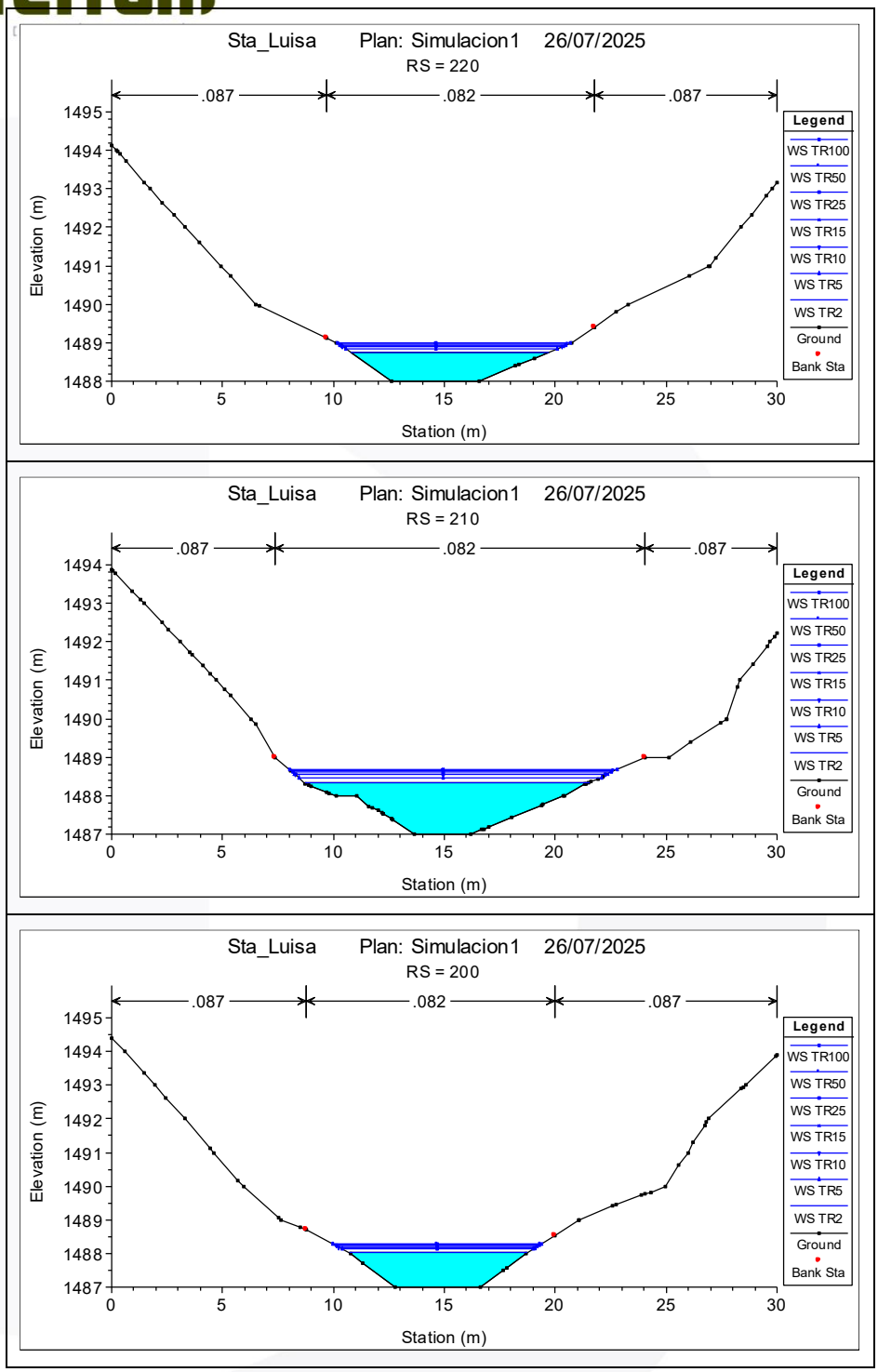
informacion.terram@gmail.com
Cel: 310 412 7151
Tel: (6) 7463714
Cll 9 No. 12-37. Armenia, Quindío



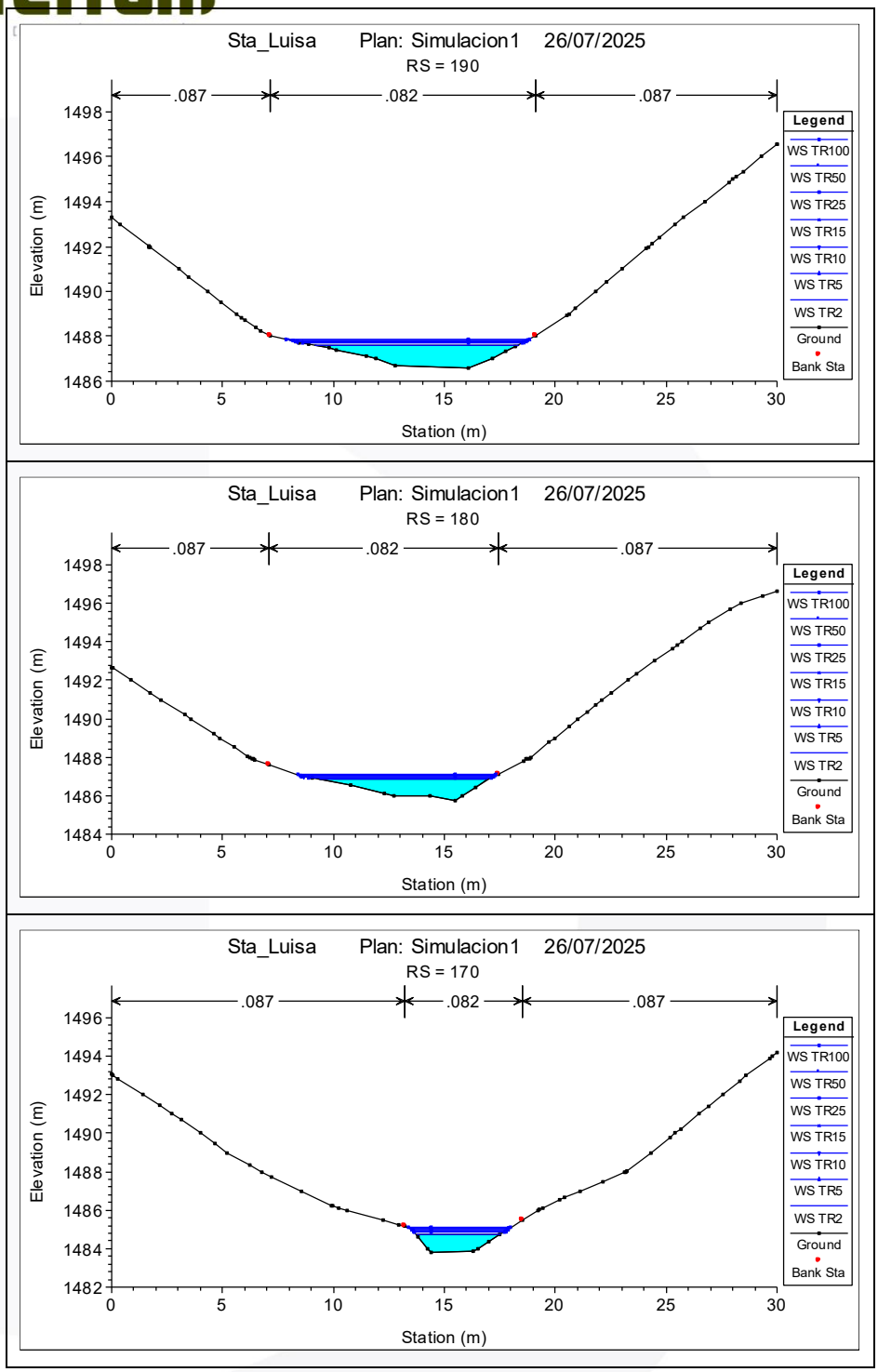
informacion.terram@gmail.com
Cel: 310 412 7151
Tel: (6) 7463714
Cll 9 No. 12-37. Armenia, Quindío



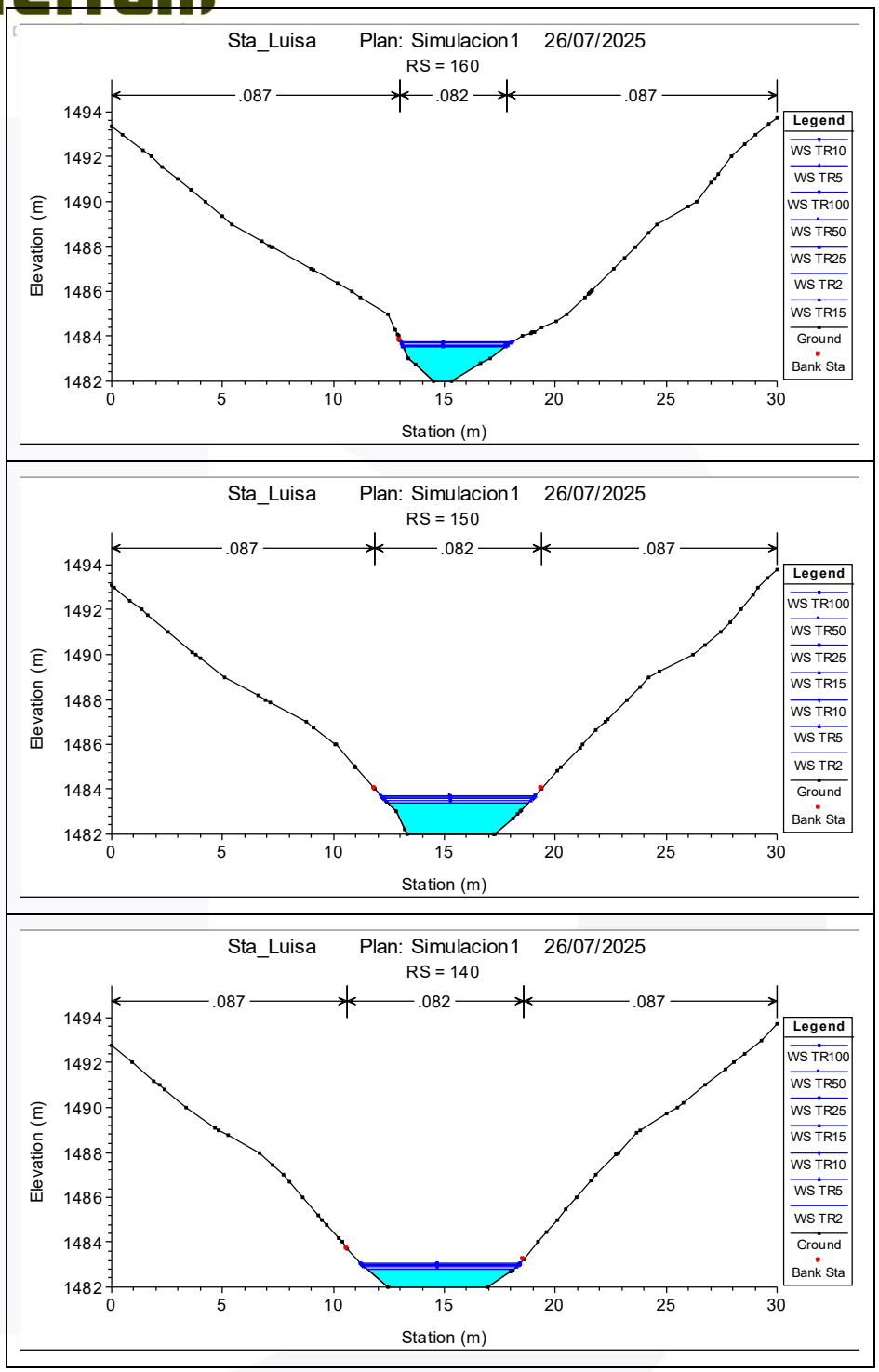
informacion.terram@gmail.com
Cel: 310 412 7151
Tel: (6) 7463714
Cll 9 No. 12-37. Armenia, Quindío



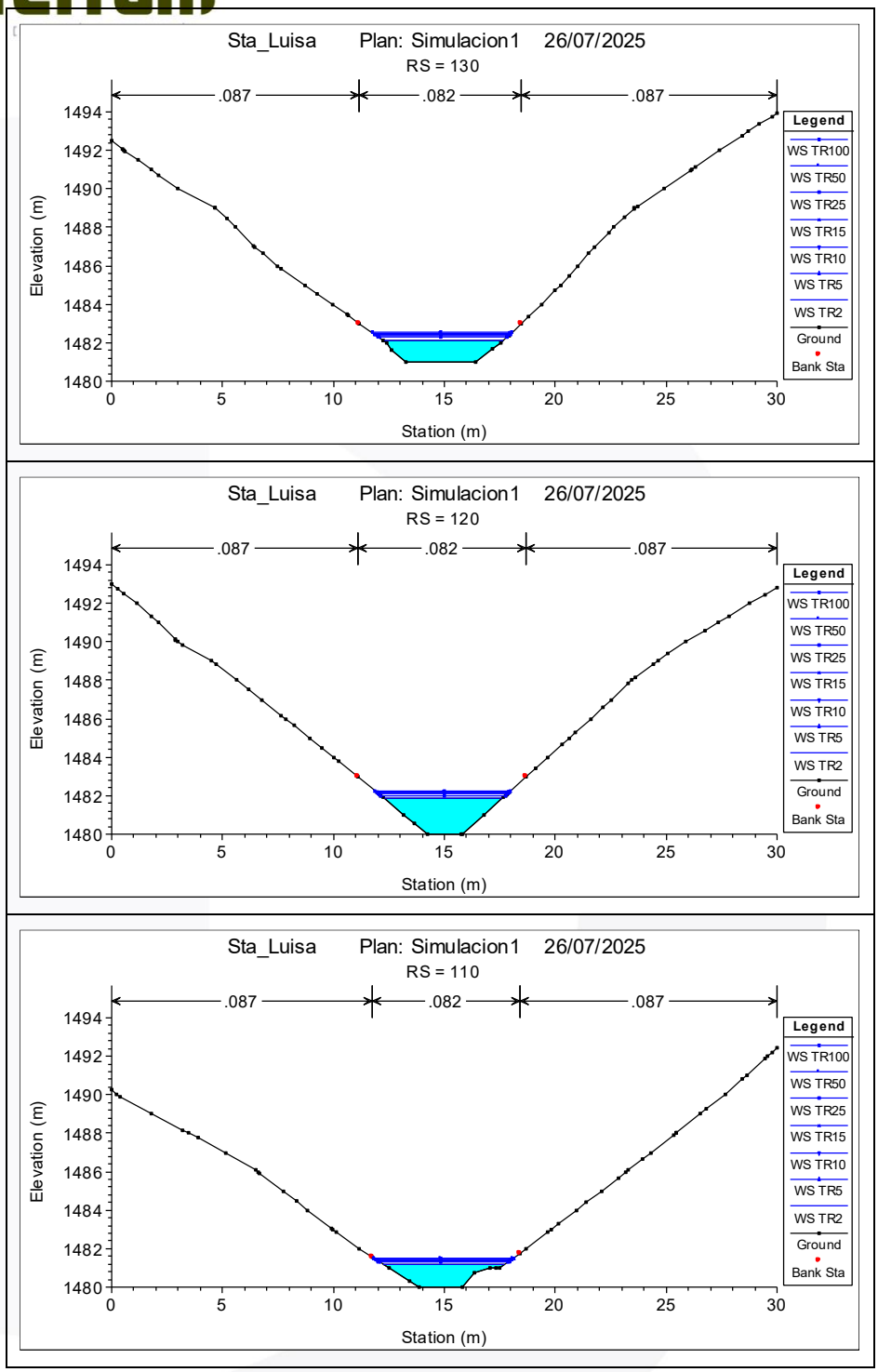
informacion.terram@gmail.com
Cel: 310 412 7151
Tel: (6) 7463714
Cll 9 No. 12-37. Armenia, Quindío



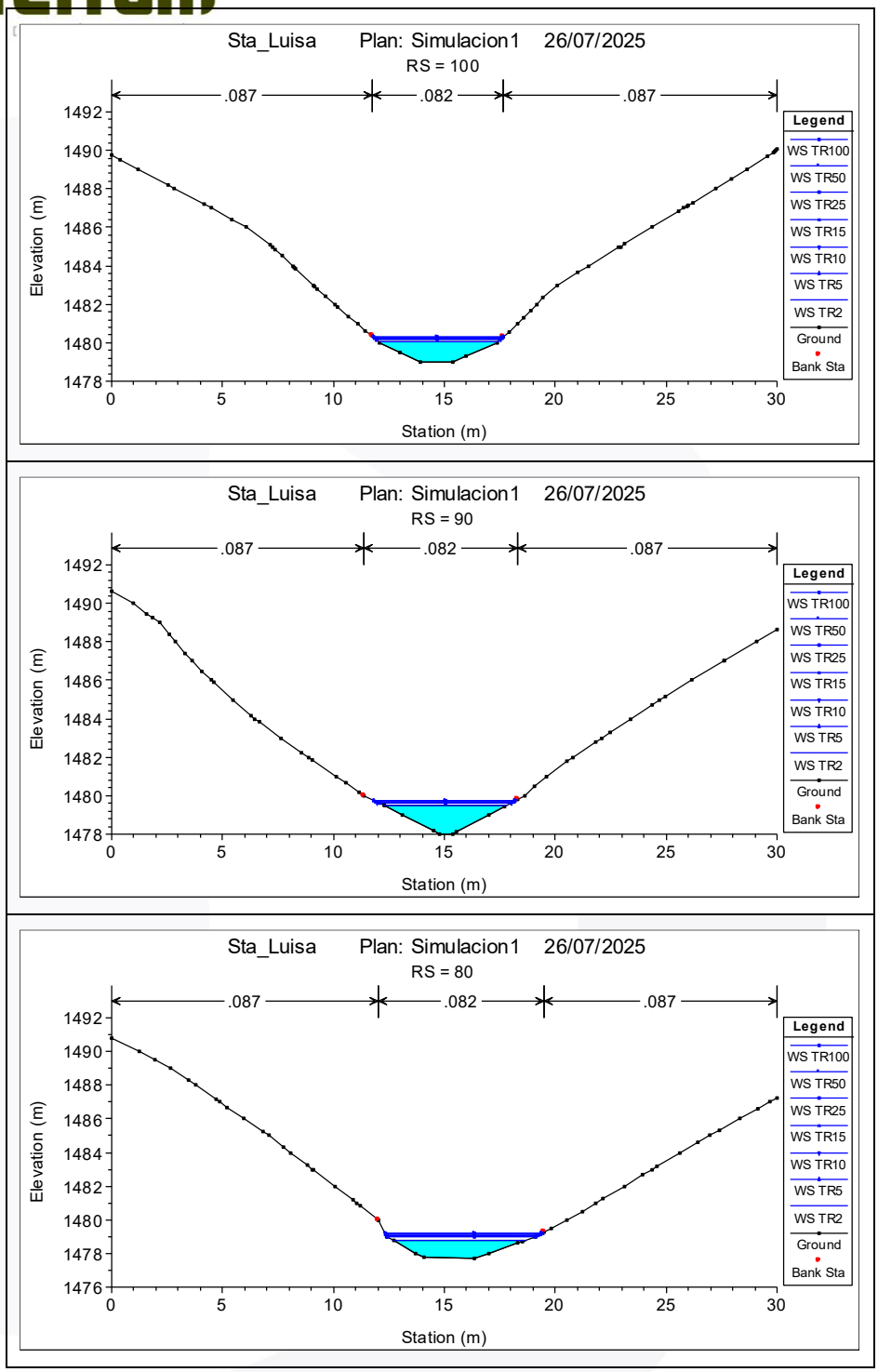
informacion.terram@gmail.com
Cel: 310 412 7151
Tel: (6) 7463714
Cll 9 No. 12-37. Armenia, Quindío



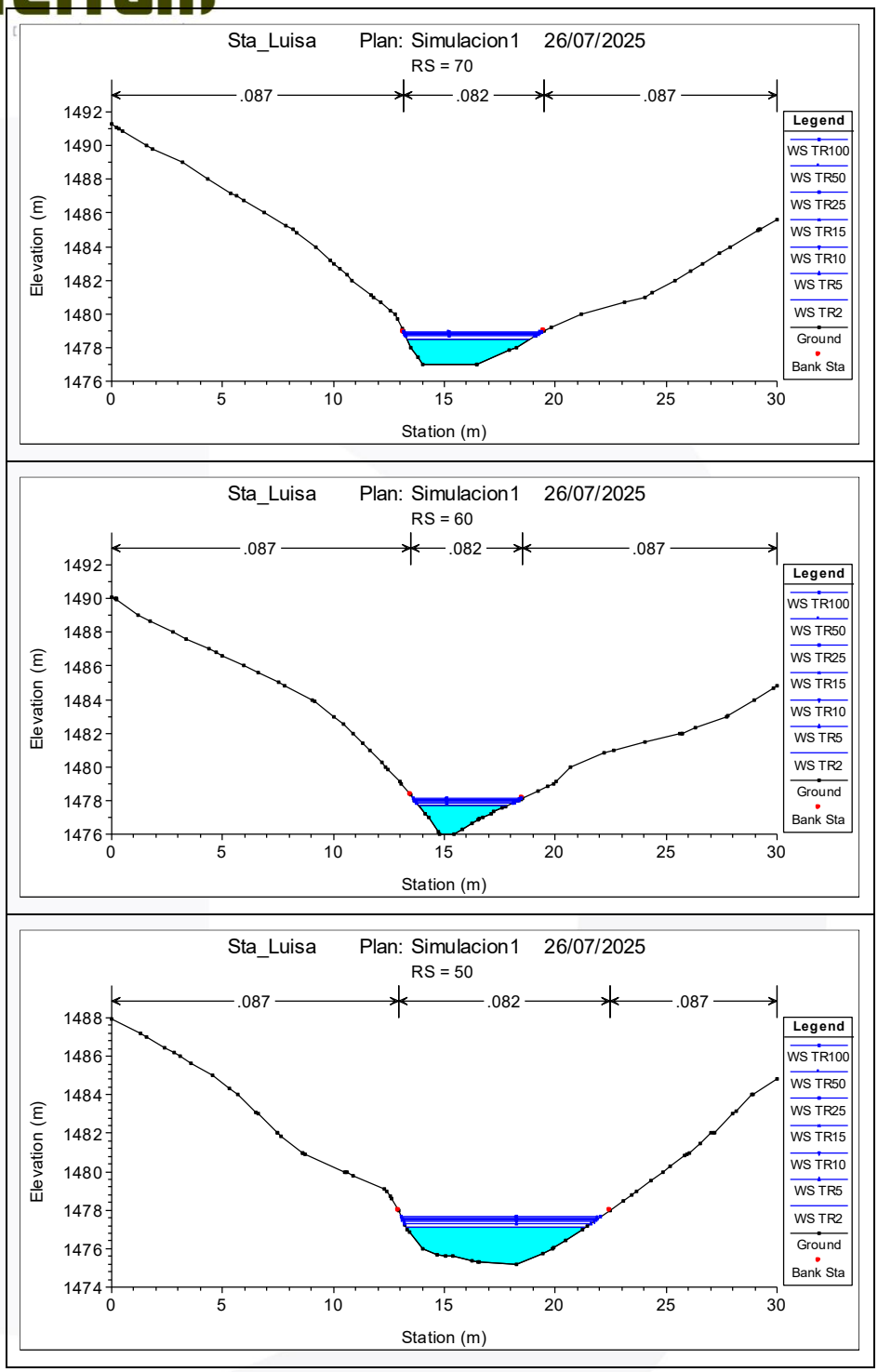
informacion.terram@gmail.com
Cel: 310 412 7151
Tel: (6) 7463714
Cll 9 No. 12-37. Armenia, Quindío

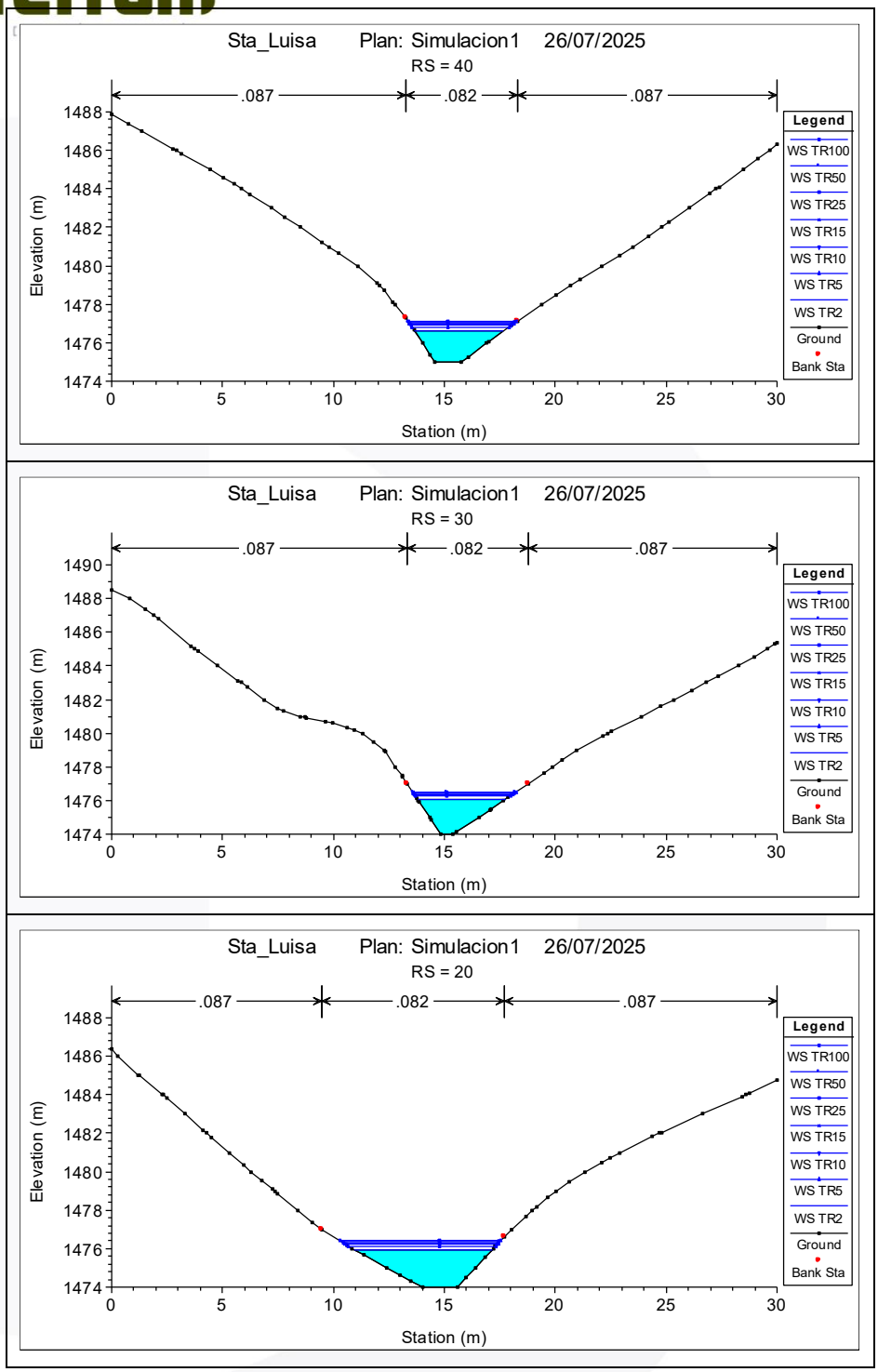


informacion.terram@gmail.com
Cel: 310 412 7151
Tel: (6) 7463714
Cll 9 No. 12-37. Armenia, Quindío



informacion.terram@gmail.com
Cel: 310 412 7151
Tel: (6) 7463714
Cll 9 No. 12-37. Armenia, Quindío


Sta_Luisa Plan: Simulacion1 26/07/2025
RS = 70
.087
.082
.087
Elevation (m)
Station (m)
Legend
WS TR100
WS TR50
WS TR25
WS TR15
WS TR10
WS TR5
WS TR2
Ground
Bank Sta
Sta_Luisa Plan: Simulacion1 26/07/2025
RS = 60
.087
.082
.087
Elevation (m)
Station (m)
Legend
WS TR100
WS TR50
WS TR25
WS TR15
WS TR10
WS TR5
WS TR2
Ground
Bank Sta
Sta_Luisa Plan: Simulacion1 26/07/2025
RS = 50
.087
.082
.087
Elevation (m)
Station (m)
Legend
WS TR100
WS TR50
WS TR25
WS TR15
WS TR10
WS TR5
WS TR2
Ground
Bank Sta



informacion.terram@gmail.com
Cel: 310 412 7151
Tel: (6) 7463714
Cll 9 No. 12-37. Armenia, Quindío

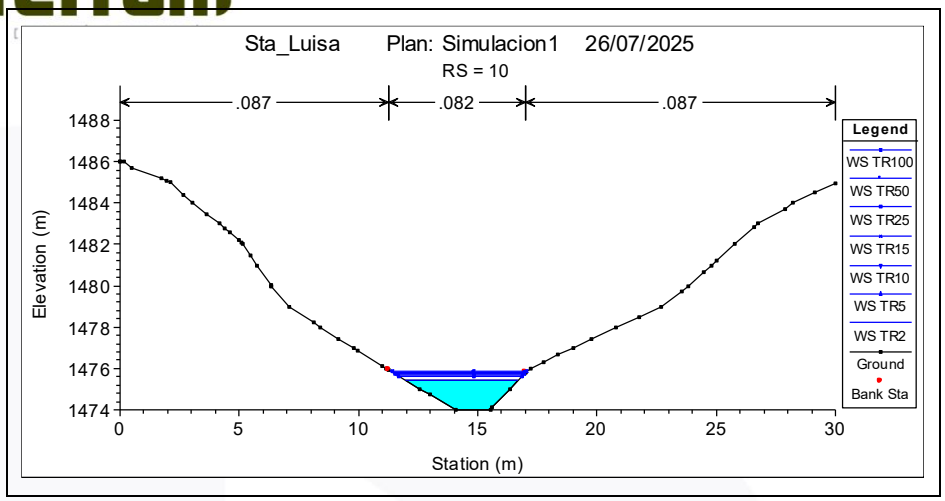


Figura 5.4 Niveles de lámina de agua secciones transversales quebrada Sin toponimia (B./ Santa Luisa de Marillac)

Así mismo en la Figura 5.5 se presenta el perfil longitudinal del flujo en el cual se puede apreciar el comportamiento del nivel de lámina de agua a lo largo del tramo de quebrada que es objeto de análisis.

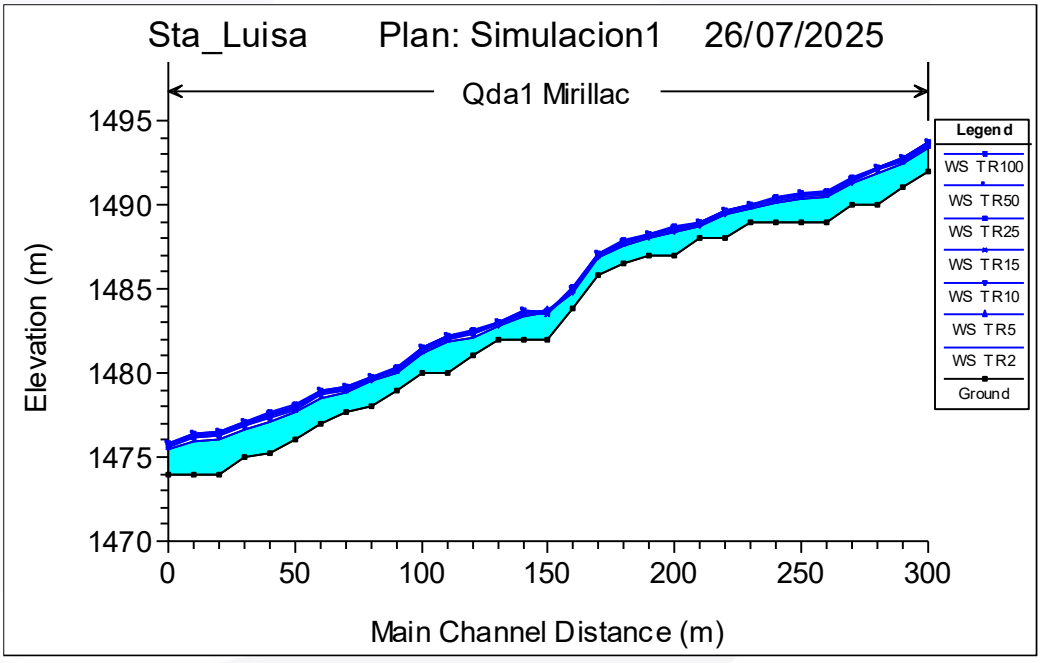
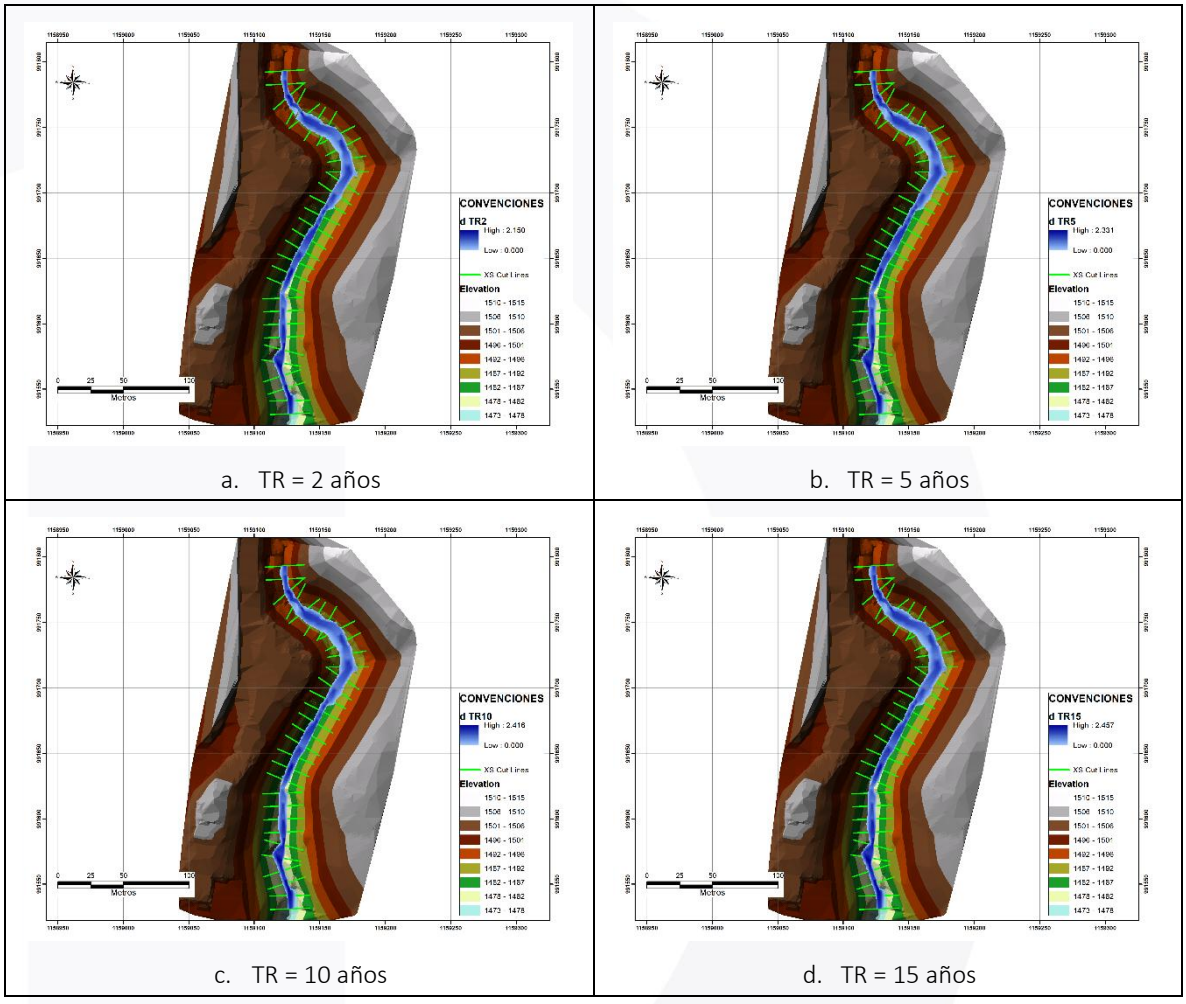


Figura 5.5 Perfil longitudinal de flujo quebrada Sin Toponimia (B./ Santa Luisa de Marillac)

Finalmente, en la Figura 5.6 se presentan las respectivas manchas de inundación para cada uno de los caudales máximos analizados sobre el tramo de la quebrada Sin Toponimia localizada en el sector del barrio Santa Luisa de Marillac.



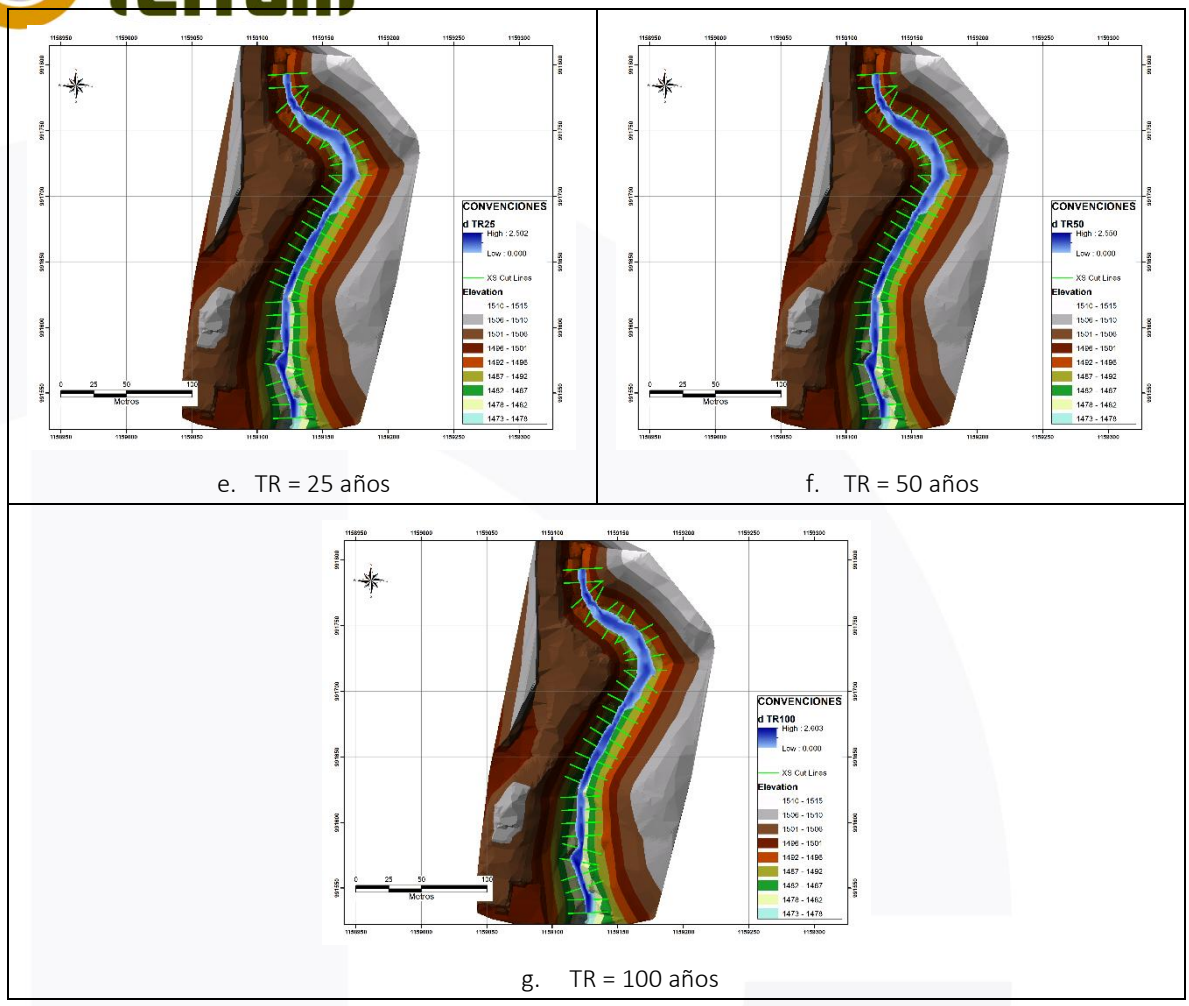
a. TR = 2 años

b. TR = 5 años

c. TR = 10 años

d. TR = 15 años

informacion.terram@gmail.com
Cel: 310 412 7151
Tel: (6) 7463714
Cll 9 No. 12-37. Armenia, Quindío



e. TR = 25 años

f. TR = 50 años

g. TR = 100 años

Figura 5.6 Manchas de inundación tramo de la quebrada Sin Toponimia (B./ Santa Luisa de Marillac.

Yo, Cesar Augusto Rodríguez Mejía con cédula de ciudadanía N° 9.728.888 de Armenia (Q.), de profesión INGENIERO CIVIL con matrícula profesional N°: 63202-206629QND, asumo la responsabilidad por los Diseños y estudios hidráulico e hidrológico de la quebrada Sin Toponimia localizada en la zona urbana del municipio de Calarcá, sector del barrio Santa Luisa de Marillac, desarrollados en el marco del proyecto **"ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA LA MITIGACIÓN DEL RIESGO EN EL BARRIO SANTA LUISA DE MARILLAC DEL MUNICIPIO DE CALARCÁ".**

Cabe resaltar que el alcance de la responsabilidad es por los respectivos diseños realizados, y en ningún caso por la construcción o modificación de las recomendaciones dadas sin previo aviso.

Así mismo, declaro que todos los datos aquí consignados son verdaderos, sometiéndome a sanciones de ley vigente en caso de falsedad de la presente declaración.

Para constancia, se firma en Armenia a los veintisiete (27) días del mes de julio de 2025.

CESAR AUGUSTO RODRIGUEZ MEJIA
MP N°: 63202206629QND
Ing. Civil
C.C N°: 9.728.888 de Armenia

TARJETA PROFESIONAL



VALIDO PARA DISEÑOS Y ESTUDIOS HIDRÁULICO E HIDROLÓGICO DE LA QUEBRADA SIN TOPONIMIA LOCALIZADA EN LA ZONA URBANA DEL MUNICIPIO DE CALARCÁ, SECTOR DEL BARRIO SANTA LUISA DE MARILLAC, DESARROLLADOS EN EL MARCO DEL PROYECTO "ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA LA MITIGACIÓN DEL RIESGO EN EL BARRIO SANTA LUISA DE MARILLAC DEL MUNICIPIO DE CALARCÁ".

PROFESIONAL: CESAR AUGUSTO RODRÍGUEZ MEJÍA

CEDULA: 9'728.888

RESPONSABLE DE: DISEÑOS Y ESTUDIOS HIDRÁULICO E HIDROLÓGICO DE LA QUEBRADA SIN TOPONIMIA LOCALIZADA EN LA ZONA URBANA DEL MUNICIPIO DE CALARCÁ, SECTOR DEL BARRIO SANTA LUISA DE MARILLAC, DESARROLLADOS EN EL MARCO DEL PROYECTO **"ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA LA MITIGACIÓN DEL RIESGO EN EL BARRIO SANTA LUISA DE MARILLAC DEL MUNICIPIO DE CALARCÁ".**

CELULAR: 312 8727316

CORRERO ELECTRONICO: carodriguezmejia@gmail.com

CESAR AUGUSTO RODRÍGUEZ MEJÍA

Se realizó el estudio hidrológico e hidráulico para la quebrada Sin Toponimia tomando como punto de cierre el sitio donde se localiza el barrio Santa Luisa de Marillac en la zona urbana del municipio de Calarcá departamento del Quindío.

Del estudio hidrológico se obtuvieron los caudales máximos para los periodos de retorno de 2, 5, 10, 15, 25, 50 y 100 años, los cuales son respectivamente: 11.2 m^3/s, 13.9 m^3/s, 15.3 m^3/s, 16.0 m^3/s, 16.8 m^3/s, 17.7 m^3/s y 18.5 m^3/s.

Se modelo hidráulicamente el tramo de la quebrada Sin Toponimia (B./ Santa Luisa de Marillac) para las condiciones geométricas del canal, obteniendo los niveles de lámina de agua, manchas de inundación y perfil longitudinal de flujo a lo largo del tramo de la quebrada, identificando que en términos generales los caudales máximos modelados permanecen encausados dentro de la banca de la quebrada, por lo que no se presentan desbordamientos e inundaciones de las zonas aledañas.

Se recomienda realizar un mantenimiento periódico a las estructuras de drenaje con el fin de garantizar su óptimo funcionamiento y la vida útil de las mismas. El sistema de drenaje superficial y subsuperficial deberá configurarse tal como se presenta en los planos de diseño.

8. ANEXOS

Como complemento a este informe, se incluyen los siguientes anexos:

Anexo 1 : Modelo hidrológico en HEC-HMS.
Anexo 2 : Modelo hidráulico en HEC-RAS.
Anexo 3 : Plano obras de drenaje.
Anexo 4 : Archivos SIG.

informacion.terram@gmail.com
Cel: 310 412 7151
Tel: (6) 7463714
Cll 9 No. 12-37. Armenia, Quindío