

CONSORCIO DISEÑO PUENTE
NIT: 901.884.162-6

ALCALDIA DEL GUAMO



CONTRATO DE CONSULTORÍA No. 392 DEL 24 DE OCTUBRE DEL 2024

**“CONSULTORIA PARA LA ACTUALIZACIÓN DE LOS ESTUDIOS Y DISEÑOS
PARA LA CONSTRUCCIÓN DEL PUENTE QUE COMUNICA LAS VEREDAS
CHIPUELO Y LA CHAMBA DEL MUNICIPIO DEL GUAMO TOLIMA CONOCIDO
COMO PUENTE INGA ”**

CONSORCIO DISEÑO PUENTE

INFORME HIDROLÓGICO, HIDRÁULICO Y SOCAVACIÓN

**IBAGUÉ, TOLIMA
2024**

MZ 5. CASA 16 URB. CANTABRIA
TELEFONO 3187836823
guamoamarillo2024@gmail.com
Ibagué-Tolima

CONSORCIO DISEÑO PUENTE
NIT: 901.884.162-6

TABLA DE CONTENIDO

1.	INTRODUCCIÓN	8
2.	OBJETIVOS Y ALCANCES	8
2.1	Objetivo general	8
2.2	Objetivos Específicos	8
2.3	Alcance Ampliado	9
2.3.1	Componentes del Estudio Hidrológico	9
2.3.2	Componentes del Estudio Hidráulico	10
2.3.3	Componentes del Estudio Socavación	10
3.	LOCALIZACIÓN	10
4.	NORMATIVA Y CRITERIOS DE DISEÑO	14
5.	METODOLOGÍA DE DISEÑO	14
5.1	Metodología de Estudios Hidrológicos	14
5.1.1	Recopilación y análisis de la información	14
5.1.2	Análisis de lluvias y climatológico	15
5.1.3	Caudales máximos	15
5.2	Metodología de Estudios Hidráulicos	16
6.	ESTUDIO HIDROLÓGICO	19
6.1	Recolección de información secundaria	19
6.2	Identificación de estaciones hidroclimatológicas	19
6.3	Régimen hidrológico	21
6.3.1	Precipitaciones máximas 24 horas, mínimas y promedio de las estaciones	21
6.4	Evaluación de la estación seleccionada	27
6.4.1	Análisis de Datos anómalos	27
6.4.2	Análisis de frecuencias hidrológicas	33
6.4.3	Serie de datos seleccionada	37
6.5	Delimitación de áreas de Drenaje	40
6.5.1	Evaluación de la cartografía de la zona	41

MZ 5. CASA 16 URB. CANTABRIA
TELEFONO 3187836823
guamoamarillo2024@gmail.com
Ibagué-Tolima

CONSORCIO DISEÑO PUENTE
NIT: 901.884.162-6

6.5.2 Modelo digital del terreno (DEM) extraído de ALOS PALSAR	41
6.5.3 Delimitación de la Microcuenca como punto de aforo Puente sobre la quebrada Tomial- vía Guamo-Suarez.	42
6.5.4 Parámetros morfométricos	42
6.6 Cálculo de caudales.....	61
6.6.1 Método Racional	61
6.6.1.1 Cálculo de caudales máximos – método racional	62
6.6.2.1 Curvas Intensidad – Duración – Frecuencia (IDF)	64
6.6.3 Número de curva (CN).....	72
6.6.3.1 Clasificación hidrológica de los suelos	72
6.6.4 Método de los hidrogramas unitarios	82
6.6.4.1 Cálculo de caudales máximos –hidrograma unitario.....	87
6.6.4.2 Resultados de caudales por el Software HEC-HMS para los periodos de retorno.....	94
6.6.4.2.1 Resultados de caudales por el método de hidrograma Unitario propuesto por SCS.....	96
6.6.4.2.2 Resultados de caudales por el método de hidrograma Unitario propuesto por SNYDER.	99
6.6.4.2.3 Resultados de caudales por el método de hidrograma Unitario propuesto por CLARK.	102
7. ESTUDIO HIDRÁULICO.	107
7.1 Hidráulica de Cauces	107
7.1.1 Modelación hidráulica	107
7.1.2 Coeficiente de Rugosidad del modelo.....	107
7.1.3 Coeficiente de contracción y expansión	107
7.1.4 Leeves.....	108
7.1.5 Tipo de flujo.....	108
7.1.6 Condiciones de frontera	108
7.2 Hidráulica de drenaje interno	108
7.2.1 Canales	108
7.3 Modelación hidráulica	110

CONSORCIO DISEÑO PUENTE
NIT: 901.884.162-6

7.3.1 Condición existente	110
7.3.1.1 Mapas que se generaron con la simulación en Hec Ras para una inundación máxima de periodo de 50 años Terreno natural	127
7.3.2 Condición con obras.....	131
7.3.2.2 Mapas que se generaron con la simulación en Hec Ras para una inundación máxima de periodo de 50 años con obras	152
8. CÁLCULO DE LA SOCAVACIÓN	157
8.1. CONTEO DE PIEDRAS ALEATORIO DE WOLMAN	158
8.2. MÉTODO LÍSCHTVAN-LEVEDIEV	161
8.3. SOCAVACION CON OBRAS NUEVAS	168
8.4. DETERMINACIÓN DE LA PROFUNDIDAD DE DESPLANTE	173
8.5. SOCAVACIÓN DEBIDA A ESTRIBOS.....	174
9. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	175
Condición con obras	180
10. REFERENCIAS.....	184

CONSORCIO DISEÑO PUENTE
NIT: 901.884.162-6

LISTA DE TABLA

Tabla 1: Estaciones IDEAM cercanas a la zona de estudios Microcuenca como punto de aforo Puente sobre la quebrada Tomial- vía Guamo-Suarez	19
Tabla 2: datos de Thiessen de las estaciones del IDEAM con respecto a la Microcuenca como punto de aforo Puente sobre la quebrada Tomial- vía Guamo-Suarez	21
Tabla 3: Precipitaciones máximas, mínimas y promedio de la estación SUAREZ (21180160).	23
Tabla 4: Precipitaciones máximas, mínimas y promedio de la estación GUAMO [21185030]	26
Tabla 5: tabla Valor Kn "Hidrología Aplicada," Ven Te Chow	30
Tabla 6: registros de precipitación máxima de 24 horas(mm) resultados de datos dudosos, Estación SUAREZ [21180160]......	31
Tabla 7: Llenado de Datos Faltantes de la estación GUAMO [21185030]	32
Tabla 8: Datos para el análisis de consistencia de las estaciones. curvas simples de masa datos de precipitación.....	34
Tabla 9: Análisis de consistencia curva de doble masa de la estación SUAREZ [21180160].	35
Tabla 10: Valores mensuales de precipitación máxima en 24 Hrs. (mm) de la estación SUAREZ (21180160)......	37
Tabla 11: Análisis estadístico y probabilidad de valores máximos de precipitación estación SUAREZ [21180160]	39
Tabla 12: tabla de la Microcuenca como punto de aforo Puente sobre la quebrada Tomial- vía Guamo-Suarez	40
Tabla 13: Parámetros fisiográficos de la Microcuenca como punto de aforo Puente sobre la quebrada Tomial- vía Guamo-Suarez.....	43
Tabla 14: Área de la cuenca según el límite del terreno por la divisoria de aguas	44
Tabla 15: Clase de orden de corrientes de la Microcuenca Hidrográfica como punto de aforo Puente sobre la quebrada Tomial- vía Guamo-Suarez	48
Tabla 16: Parámetros red hidrográfica de la Microcuenca Hidrográfica como punto de aforo Puente sobre la quebrada Tomial- vía Guamo-Suarez	48
Tabla 17: Clasificación de la Microcuenca Hidrográfica como punto de aforo Puente sobre la quebrada Tomial- vía Guamo-Suarez.....	52
Tabla 18: Curvas y características de la Microcuenca Hidrográfica como punto de aforo Puente sobre la quebrada Tomial- vía Guamo-Suarez.	58

CONSORCIO DISEÑO PUENTE
NIT: 901.884.162-6

Tabla 19: Valores de los coeficientes a, b, c y d para el cálculo de las curvas intensidad-duración-frecuencia	65
Tabla 20: Datos de intensidad-duración y frecuencia de la estación SUAREZ [21180160].	67
Tabla 21: Coberturas de suelo en la Microcuenca Hidrográfica como punto de aforo Puente sobre la quebrada Tomial- vía Guamo-Suarez.	69
Tabla 22: Valores del coeficiente de escorrentía método racional Ven te Chow 1988	71
Tabla 23: Número de curva, fuente INVIAS 2009	74
Tabla 24: Número de curva de escorrentía para áreas urbanas para una condición de humedad antecedente promedio AMCII e $I_a=0.2S$	75
Tabla 25: Números de curva CN para condiciones de humedad antecedente tipos I y III, Fuente INVIAS 2009.....	76
Tabla 26: Datos Características del suelo Microcuenca Hidrográfica como punto de aforo Puente sobre la quebrada Tomial- vía Guamo-Suarez.	77
Tabla 27: Tabla de Número de curva Microcuenca Hidrográfica como punto de aforo Puente sobre la quebrada Tomial- vía Guamo-Suarez.	81
Tabla 28: datos de intensidad frecuencia duración – IDF de la estación SUAREZ [21180160].	88
Tabla 29. Curva de masas de aguaceros puntuales área de influencia Estación.....	88
<i>Tabla 30. Incrementos de lluvias puntuales de los Hietogramas de precipitación área de influencia estación.</i>	<i>89</i>
Tabla 31. Incrementos arreglados de lluvias puntuales de los Hietogramas de precipitación área de influencia estación.	89
<i>Tabla 32. Ecuaciones para Valores de (fa) tomado del manual de drenajes INVIAS.</i>	<i>90</i>
Tabla 33: Cálculo de tiempos de concentración microcuenca Hidrográfica como punto de aforo Puente sobre la quebrada Tomial- vía Guamo-Suarez.	90
Tabla 34: Factor Reducción por área microcuenca Hidrográfica como punto de aforo Puente sobre la quebrada Tomial- vía Guamo-Suarez.	91
Tabla 35. Incrementos arreglados de lluvias espacial de los Hietogramas de precipitación área de influencia estación con factor reducción por área.	91
Tabla 36. Tabla de Hietogramas de precipitación Tr años para la modelación en Hec Hms94	94
Tabla 37. Tabla de resumen de series para la microcuenca Hidrográfica como punto de aforo Puente sobre la quebrada Tomial- vía Guamo-Suarez. Tr= 50 años- HU-SCS.....	97
Tabla 38. Tabla de resumen de series para la microcuenca Hidrográfica como punto de aforo Puente sobre la quebrada Tomial- vía Guamo-Suarez. Tr= 100 años HU-SCS.....	98

CONSORCIO DISEÑO PUENTE
NIT: 901.884.162-6

Tabla 39. Tabla de resumen de series para la microcuenca Hidrográfica como punto de aforo Puente sobre la quebrada Tomial- vía Guamo-Suarez. Tr= 50 años HU- SNYDER	100
Tabla 40. Tabla de resumen de series para la microcuenca Hidrográfica como punto de aforo Puente sobre la quebrada Tomial- vía Guamo-Suarez. Tr= 100 años HU- SNYDER	101
Tabla 41. Tabla de resumen de series para la microcuenca Hidrográfica como punto de aforo Puente sobre la quebrada Tomial- vía Guamo-Suarez. Tr= 50 años HU-CLARK	103
Tabla 42. Tabla de resumen de series para la microcuenca Hidrográfica como punto de aforo Puente sobre la quebrada Tomial- vía Guamo-Suarez. Tr= 100 años HU-CLARK	104
Tabla 43. Resumen de los caudales para la microcuenca Hidrográfica como punto de aforo Puente sobre la quebrada Tomial- vía Guamo-Suarez, por diferentes métodos de hidrogramas unitarios	105
Tabla 44: tabla de datos Secciones con hec ras Tr 50	118
<i>Tabla 45: tabla de flujos Secciones con hec ras. Tr 50.....</i>	<i>120</i>
<i>Tabla 46: tabla de datos Secciones con hec ras. Tr 50.....</i>	<i>120</i>
Tabla 47: tabla de datos Secciones con hec ras Tr 50 con obras	139
<i>Tabla 48: tabla de flujos Secciones con hec ras. Tr 50 con obras</i>	<i>142</i>
<i>Tabla 49: tabla de datos Secciones con hec ras. Tr 50 Y Tr 100 años con obras</i>	<i>143</i>
<i>Tabla 50: tabla de datos, Sección del Puente con hec ras Tr 50 y Tr100 años</i>	<i>150</i>
<i>Tabla 51: - Factor de corrección por contracción del cauce μ (Referencia 6.5).....</i>	<i>158</i>
<i>Tabla 52: - Tabla de ensayo determinación de los tamaños de las partículas de los suelos</i>	<i>161</i>
<i>Tabla 53: tabla de datos Seccione RS 66 de la quebrada Tomial, sección longitudinal en el Puente de diseño con hec ras Tr 100 años.....</i>	<i>162</i>
<i>Tabla 54: tabla de variable.</i>	<i>165</i>
<i>Tabla 55: tabla de datos Secciones con hec ras y valores del perfil de socavación general – sección RS 66 Terreno natural.</i>	<i>167</i>
<i>Tabla 56: tabla de datos sección longitudinal en el Puente de diseño con hec ras Tr 100 años.</i>	<i>168</i>
<i>Tabla 57: tabla de variable.</i>	<i>171</i>
<i>Tabla 58: tabla de datos Secciones con hec ras y valores del perfil de socavación general – sección RS 66.</i>	<i>172</i>

CONSORCIO DISEÑO PUENTE
NIT: 901.884.162-6

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Localización Puente.....	11
Figura 2: Localización Microcuenca como punto de aforo Puente sobre la quebrada Tomial- vía Guamo-Suarez	12
Figura 3: pendientes de la m Microcuenca como punto de aforo Puente sobre la quebrada Tomial- vía Guamo-Suarez.....	17
Figura 4: Relieve de la Microcuenca como punto de aforo Puente sobre la quebrada Tomial- vía Guamo-Suarez	18
Figura 5: Polígonos de Thiessen Microcuenca como punto de aforo Puente sobre la quebrada Tomial- vía Guamo-Suarez.....	20
Figura 6: Datos extraídos del geo-portal del IDEAM, estación SUAREZ (21180160).....	22
Figura 7: Precipitaciones máximas y mínimas de la estación SUAREZ (21180160).	24
Figura 8: Precipitación media mensual estación SUAREZ (21180160).....	24
Figura 9: Datos extraídos del geo-portal del IDEAM, estación GUAMO [21185030]	25
Figura 10: Precipitaciones máximas y mínimas de la estación GUAMO [21185030]	26
Figura 11: Precipitación media mensual estación GUAMO [21185030]	27
Figura 12: OUTLIER - Estación SUAREZ [21180160].	31
Figura 13: Curvas simples de masa para datos de precipitación ESTACIÓN SUAREZ [21180160].	33
Figura 14: Curvas simples de masa para datos de precipitación ESTACIÓN GUAMO [21185030]	34
Figura 15: análisis de consistencia, Curva de doble masa ESTACIÓN SUAREZ [21180160].	36
Figura 16: Microcuenca como punto de aforo Puente sobre la quebrada Tomial- vía Guamo- Suarez.....	40
Figura 17: Identificación de zona de estudio en DEM-(AP_26112_FBS_F0060_RT1).....	41
Figura 18: Microcuenca Hidrográfica como punto de aforo Puente sobre la quebrada Tomial- vía Guamo-Suarez	43
Figura 19: Red hídrica Microcuenca Hidrográfica como punto de aforo Puente sobre la quebrada Tomial- vía Guamo-Suarez.....	49
Figura 20: Mapa de pendientes Microcuenca Hidrográfica como punto de aforo Puente sobre la quebrada Tomial- vía Guamo-Suarez.	53
Figura 21: Curva hipsométrica de la Microcuenca Hidrográfica como punto de aforo Puente sobre la quebrada Tomial- vía Guamo-Suarez.	59

CONSORCIO DISEÑO PUENTE
NIT: 901.884.162-6

Figura 22: Curvas hipsométricas Microcuenca Hidrográfica como punto de aforo Puente sobre la quebrada Tomial- vía Guamo-Suarez.	60
Figura 23: Regiones en Colombia para definición de parámetros a, b, c y d.....	65
Figura 24: Años seleccionados de precipitación máxima anual de la estación - SUAREZ [21180160]	66
Figura 25: Curvas IDF estación SUAREZ [21180160].	68
Figura 26: Mapa de cobertura Microcuenca Hidrográfica como punto de aforo Puente sobre la quebrada Tomial- vía Guamo-Suarez.	70
Figura 27: Mapa Características del suelo Microcuenca Hidrográfica como punto de aforo Puente sobre la quebrada Tomial- vía Guamo-Suarez.	78
Figura 28: Mapa de grupo hidrológico Microcuenca Hidrográfica como punto de aforo Puente sobre la quebrada Tomial- vía Guamo-Suarez.	79
Figura 29: Mapa de CN's utilizados Microcuenca Hidrográfica como punto de aforo Puente sobre la quebrada Tomial- vía Guamo-Suarez.	80
Figura 30: Esquema de hidrograma unitario SCS, Fuente INVIAS	83
Figura 31: hidrograma unitario de Snyder, fuente INVIAS 2009.....	85
Figura 32: Hietograma de precipitación Tr 2 años	92
Figura 33: Hietograma de precipitación Tr 5 años	92
Figura 34: Hietograma de precipitación Tr 10 años	92
Figura 35: Hietograma de precipitación Tr 25 años	93
Figura 36: Hietograma de precipitación Tr 50 años	93
Figura 37: Hietograma de precipitación Tr 100 años	93
Figura 38: localización del modelamiento en HEC HMS para la microcuenca Hidrográfica como punto de aforo Puente sobre la quebrada Tomial- vía Guamo-Suarez.....	95
Figura 39: Resultados Modelo Hec HMS Escorrentía Tr= 50 años HU-SCS -microcuenca Hidrográfica como punto de aforo Puente sobre la quebrada Tomial- vía Guamo-Suarez..	96
Figura 40: Hidrograma unitario Escorrentía Tr= 50 años HU-SCS microcuenca Hidrográfica como punto de aforo Puente sobre la quebrada Tomial- vía Guamo-Suarez.....	96
Figura 41: Resultados Modelo Hec HMS Escorrentía Tr= 100 años-HU-SCS microcuenca Hidrográfica como punto de aforo Puente sobre la quebrada Tomial- vía Guamo-Suarez..	97
Figura 42: Hidrograma unitario Escorrentía Tr= 100 años HU-SCS microcuenca Hidrográfica como punto de aforo Puente sobre la quebrada Tomial- vía Guamo-Suarez.....	98

CONSORCIO DISEÑO PUENTE
NIT: 901.884.162-6

Figura 43: Resultados Modelo Hec HMS Escorrentía Tr= 50 años HU- SNYDER microcuenca Hidrográfica como punto de aforo Puente sobre la quebrada Tomial- vía Guamo-Suarez..	99
Figura 44: Hidrograma unitario Escorrentía Tr= 50 años HU- SNYDER microcuenca Hidrográfica como punto de aforo Puente sobre la quebrada Tomial- vía Guamo-Suarez..	99
Figura 45: Resultados Modelo Hec HMS Escorrentía Tr= 100 años HU- SNYDER microcuenca Hidrográfica como punto de aforo Puente sobre la quebrada Tomial- vía Guamo-Suarez.....	100
Figura 46: Hidrograma unitario Escorrentía Tr= 100 años HU- SNYDER microcuenca Hidrográfica como punto de aforo Puente sobre la quebrada Tomial- vía Guamo-Suarez.	101
Figura 47: Resultados Modelo Hec HMS Escorrentía Tr= 50 años HU-CLARK microcuenca Hidrográfica como punto de aforo Puente sobre la quebrada Tomial- vía Guamo-Suarez.	102
Figura 48: Hidrograma unitario Escorrentía Tr= 50 años HU-CLARK microcuenca Hidrográfica como punto de aforo Puente sobre la quebrada Tomial- vía Guamo-Suarez.....	102
Figura 49: Resultados Modelo Hec HMS Escorrentía Tr= 100 años HU-CLARK microcuenca Hidrográfica como punto de aforo Puente sobre la quebrada Tomial- vía Guamo-Suarez.	103
Figura 50: Hidrograma unitario Escorrentía Tr= 100 años HU-CLARK microcuenca Hidrográfica como punto de aforo Puente sobre la quebrada Tomial- vía Guamo-Suarez.	104
Figura 51: ubicación de la geometría para la Inundación máxima.	112
Figura 52: Seccione de Inundación máxima periodo de retorno a 50 años y 100 años....	126
Figura 53: Mapa de Elevación de la Lámina por Avenida Torrencial Conjunto Piedemonte.	127
Figura 54: profundidad de Inundación máxima	128
Figura 55: Mapa Velocidad de Inundación máxima	130
Figura 56: Mapa de amenaza “profundidad por velocidad” de Inundación máxima.....	131
Figura 57: ubicación de la geometría e Inundación máxima Tr 50 Y 100 años con obras.	133
Figura 58: Seccione de Inundación máxima periodo de retorno a 50 años y 100 años....	149
<i>Figura 59: Parámetros de la Sección del puente.</i>	<i>149</i>
<i>Figura 60: Sección del Puente Inundación máxima Tr50 y Tr100 años.</i>	<i>151</i>
Figura 61: Mapa de Elevación de la Lámina por Avenida Torrencial.....	152
Figura 62: profundidad de Inundación máxima	153
Figura 63: Mapa Velocidad de Inundación máxima.	154
Figura 64: Mapa de amenaza “profundidad por velocidad” de Inundación máxima.....	155
Figura 65: Registro fotográfico de piedras	160

CONSORCIO DISEÑO PUENTE
NIT: 901.884.162-6

Figura 66: grafica de curva granulométrica.....	161
Figura 67: Sección de la quebrada Tomial del Puente con Inundación máxima periodo de retorno a 100 años.	162
Figura 68: Perfil de socavación sección RS 66 Puente sobre la quebrada Tomial Terreno natural.	167
Figura 69: Sección de la quebrada Tomial del Puente con Inundación máxima periodo de retorno a 100 años.	168
Figura 70: Perfil de socavación sección RS 6 Puente sobre la quebrada Tomial.....	173

CONSORCIO DISEÑO PUENTE
NIT: 901.884.162-6

1. INTRODUCCIÓN

El presente documento técnico contiene el estudio hidrológico para El Puente sobre la quebrada Tomial está ubicado en la vía Guamo- Suarez a unos 500 metros aproximadamente al centro poblado la Chamba entre las veredas Chipuelo y la Chamba en el municipio del Guamo departamento del Tolima, dando un peso a cada uno de los parámetros que influyen en el proyecto.

En el estudio se definen los caudales máximos para periodos de retorno de 2, 5, 10, 25, 50 y 100 años, con el fin de contar con un amplio rango de niveles de diseño para el análisis.

2. OBJETIVOS Y ALCANCES

Realizar el estudio hidrológico para la elaboración de los estudios estudio hidrológico para El Puente sobre la quebrada Tomial está ubicado en la vía Guamo- Suarez a unos 500 metros aproximadamente al centro poblado la Chamba entre las veredas Chipuelo y la Chamba en el municipio del Guamo departamento del Tolima. Los resultados obtenidos en dicho estudio serán utilizados para la ejecución del estudio.

2.1 Objetivo general

- Determinar los niveles y zonas de inundación, calcular el caudal máximo y la cota máxima de inundación para un período de retorno adecuado, y evaluar el perfil de socavación en el área de estudio para el puente sobre la quebrada Tomial, ubicado en la vía Guamo-Suárez, en el municipio del Guamo, departamento del Tolima, asegurando la seguridad y funcionalidad del puente bajo condiciones hidrológicas extremas.

2.2 Objetivos Específicos

- **Determinar los niveles y zonas de inundación** en el área de estudio, considerando las condiciones hidrológicas actuales y futuras, para identificar áreas críticas de riesgo.
- **Calcular el caudal máximo** de la quebrada Tomial para un período de retorno acorde a la luz del puente (25 metros), según la normativa vigente, utilizando

CONSORCIO DISEÑO PUENTE

NIT: 901.884.162-6

métodos como el método racional o modificado, dependiendo de la disponibilidad de datos y características de la cuenca.

- **Establecer la cota máxima de inundación** para el mismo período de retorno, asegurando la seguridad y funcionalidad del puente durante eventos extremos.
- **Evaluar y calcular el perfil de socavación** para el diseño y ubicación óptima del puente, minimizando el riesgo de erosión y socavación.
- **Realizar un análisis hidráulico detallado** para dimensionar adecuadamente las obras de drenaje y asegurar la estabilidad del puente durante eventos extremos, considerando factores como el caudal máximo y la velocidad del flujo.
- **Proporcionar recomendaciones técnicas** para la construcción y mantenimiento del puente, basadas en los resultados del estudio hidrológico, hidráulico y de socavación, incluyendo medidas preventivas y de mitigación para eventos de inundación y socavación.

2.3 Alcance Ampliado

El estudio hidrológico, hidráulico y de socavación se desarrollará mediante el análisis de series históricas de registros de estaciones hidroclimatológicas en la zona de estudio, así como mediante la aplicación de modelos hidráulicos y análisis de estabilidad del terreno. Este enfoque integral permitirá evaluar exhaustivamente los riesgos asociados a inundaciones.

2.3.1 Componentes del Estudio Hidrológico

- **Determinación de Niveles de Inundación:** Identificar los niveles de inundación en el área de implantación del proyecto para asegurar la seguridad y viabilidad del mismo.
- **Delimitación de Cuencas y Áreas Aferentes:** Delimitar cuencas, subcuencas y áreas aferentes de los drenajes que inciden en el proyecto para comprender las dinámicas hidrológicas locales.

CONSORCIO DISEÑO PUENTE
NIT: 901.884.162-6

- **Caracterización Geomorfométrica:** Realizar la caracterización geomorfométrica de las cuencas, subcuencas y áreas aferentes para entender su impacto en el flujo de agua.
- **Determinación de la Red de Drenaje y Análisis de Datos:** Identificar y analizar la red de drenaje existente para optimizar su capacidad y eficiencia.

2.3.2 Componentes del Estudio Hidráulico

- **Cálculo de Caudales Máximos:** Calcular caudales máximos para diferentes períodos de retorno para garantizar la capacidad de las estructuras de drenaje.
- **Evaluación de Velocidad y Profundidad del Agua:** Analizar la velocidad y profundidad del agua en áreas críticas para identificar zonas de alto riesgo.

2.3.3 Componentes del Estudio Socavación

- **Evaluación del Riesgo de Socavación:** Evaluar el riesgo de socavación en el perfil del puente para prevenir colapsos.
- **Recomendaciones para Mitigación:** Proporcionar recomendaciones para la mitigación de la socavación, incluyendo medidas de protección y refuerzo del terreno.

3. LOCALIZACIÓN

El PUENTE sobre la quebrada Tomial está ubicado en la vía Guamo- Suarez a unos 500 metros aproximadamente al centro poblado la Chamba entre las veredas Chipuelo y la Chamba en el municipio del Guamo departamento del Tolima.

CONSORCIO DISEÑO PUENTE

NIT: 901.884.162-6

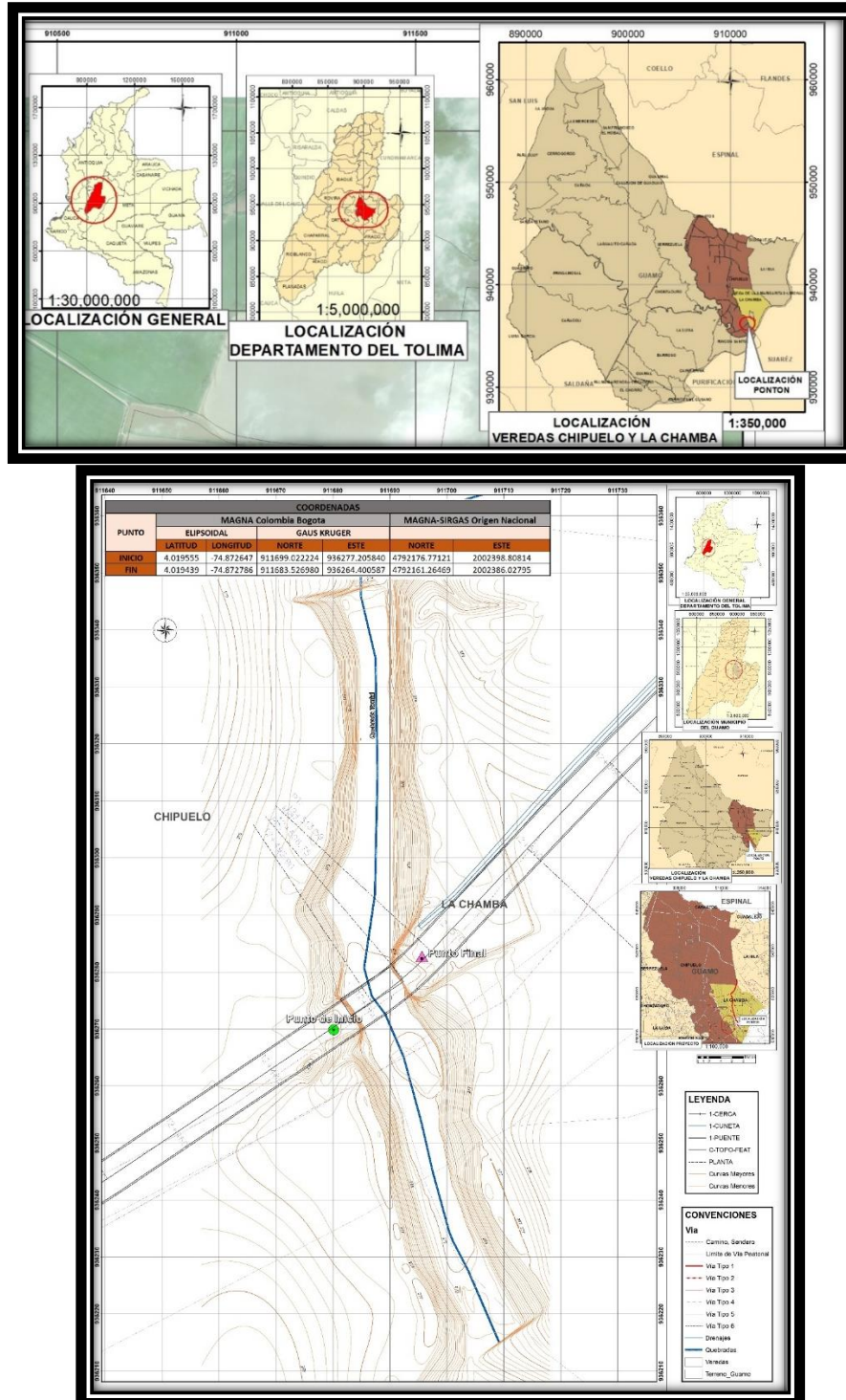


Figura 1: Localización Puente.

MZ 5. CASA 16 URB. CANTABRIA
 TELEFONO 3187836823
 guamoamarillo2024@gmail.com
 Ibagué-Tolima

CONSORCIO DISEÑO PUENTE
NIT: 901.884.162-6

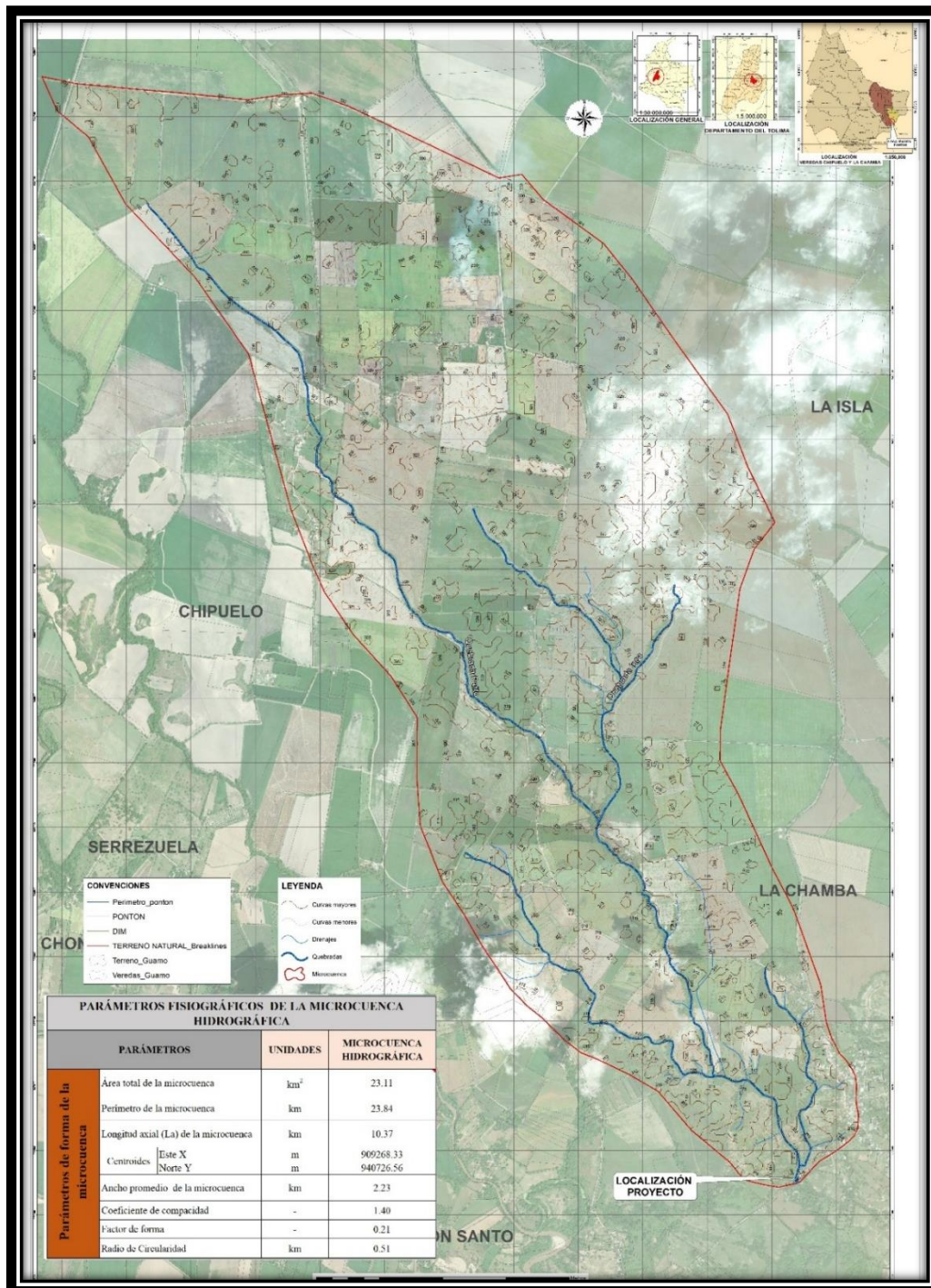


Figura 2: Localización Microcuenca como punto de aforo Puente sobre la quebrada Tomial- vía Guamo-Suarez

MZ 5. CASA 16 URB. CANTABRIA
 TELEFONO 3187836823
 guamoamarillo2024@gmail.com
 Ibagué-Tolima

HIDROLOGIA

CONSORCIO DISEÑO PUENTE
NIT: 901.884.162-6

4. NORMATIVA Y CRITERIOS DE DISEÑO

Tipo de Normatividad	Año de expedición	Entidad competente
Resolución 330	2017	RAS
Manual de Drenajes	2009	INVIAS
Decreto 1076	2015	Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible

Con base a las directrices de las normas locales se establecen los criterios técnicos de diseño del estudio Hidrológico.

5. METODOLOGÍA DE DISEÑO

5.1 Metodología de Estudios Hidrológicos

A continuación, se presenta la metodología utilizada en el informe de estudio hidrológico, detallando la obtención y análisis de información consultada, los elementos de drenaje y áreas aferentes en la zona donde se proyecta los estudios, Puente sobre la quebrada Tomial – vía guamo-Suarez veredas Chipuelo y la chamba municipio del Guamo en el departamento del Tolima.

5.1.1 Recopilación y análisis de la información

- Información hidroclimatológica

La información hidroclimatológica se obtuvo del Instituto de Estudios Ambientales (IDEAM), así mismo se tuvo en cuenta información extra de otras fuentes.

- Cartografía

Para la obtención de información cartográfica y de mapeo del territorio se utilizaron datos suministrados por la entidad “Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC)”, la cual es la encargada de emitir la cartografía oficial de Colombia, la escala de la cartografía fue 1:25.000 o mayor de acuerdo con la disponibilidad la información cartográfica necesaria para el estudio en mención.

Como segunda opción se emplean imágenes satelitales, aerofotografías del IGAC y/o modelos de elevación digital de ALOS PALSAR, como apoyo cartográfico.

- Cobertura de la tierra y características del suelo.

CONSORCIO DISEÑO PUENTE
NIT: 901.884.162-6

Esta información se recopiló a partir de información oficial como Planes de Ordenamiento Territorial o información de entes como (IGAC) Instituto Geográfico Agustín Codazzi y Corporaciones Autónomas Regionales Y Cobertura supervisada con imagen satelital.

Esto en aras de tener trazabilidad y confiabilidad en la información que se le suministrará al proyecto.

5.1.2 Análisis de lluvias y climatológico

- Precipitación

Se analiza y evalúa las diferentes series de registros históricos de las estaciones meteorológicas cercanas a la zona de estudio, con el fin de caracterizar el comportamiento de las lluvias a nivel temporal y espacial.

- Análisis de precipitaciones máximas en 24 horas

En este análisis se conforman las series anuales de precipitaciones máximas en 24 horas con base al dato disponible de <<día pluviométrico convencional>>, las cuales se someterán a un análisis estadístico por medio de diferentes distribuciones de frecuencia aplicables, seleccionando aquella que de acuerdo con las pruebas estadísticas determinen el mejor ajuste, para definir las precipitaciones máximas de diseño para los diferentes periodos de retorno (2, 5, 10, 25, 50 y 100 años).

- Curvas de intensidad – duración – Frecuencia (IDF)

Las curvas de (IDF) para los periodos de retorno de diseño (2, 5, 10, 25, 50 y 100 años), se obtuvieron a partir de la metodología de regionalización de Vargas y Díaz Granados (1998) aplicada por INVIAS.

5.1.3 Caudales máximos

Para el cálculo de los caudales máximos se emplea las series históricas de los registros de las estaciones hidrométricas o modelos lluvia –escorrentía tales como el método racional, los hidrogramas unitarios sintéticos, o métodos de regionalización como métodos alternativos.

CONSORCIO DISEÑO PUENTE
NIT: 901.884.162-6

Se podrán emplear métodos de transposición de caudales en caso de que se encuentren estaciones hidrométricas en cauces cercanos al proyecto, y que la diferencia entre las áreas de drenaje de la cuenca de análisis y la cuenca con información no supere el 50%.

En caso de no existir registros de estaciones hidrométricas para las cuencas o microcuencas delimitadas en la zona de estudio, o no poderse aplicar métodos de transposiciones o regionalización de caudales de otras cuencas, se empleará tres metodologías para las cuencas con áreas menores a 2.50 km² similares al método racional como: Burkli – Ziegler y Mc Math, recomendados por el Manual de Drenaje del INVIAS (2019); y para las cuencas con tamaños mayores a 2.50 km² se emplearán tres metodologías de comparación para definir los caudales tales como: métodos de hidrogramas sintéticos o métodos de regionalización. Cuando las áreas de drenaje de la cuenca sean mayores a 20 km², podrán subdividirse en subcuencas y aplicar metodologías computacionales (HEC-1 o HEC-HMS).

Todas las obras hidráulicas, en cuanto al periodo de retorno para su diseño está dado por la importancia y característica de cada obra.

5.2 Metodología de Estudios Hidráulicos

En la zona donde se elaboran los estudios de hidrología e hidráulica en el Puente sobre la quebrada Tomial – vía guamo-Suarez veredas Chipuelo y la chamba municipio del Guamo en el departamento del Tolima., las hoyas hidrográficas cuentan con líneas divisorias bien definidas por un relieve natural

A continuación, se presenta el mapa de pendientes de la microcuenca quebrada las Panelas.

CONSORCIO DISEÑO PUENTE
NIT: 901.884.162-6

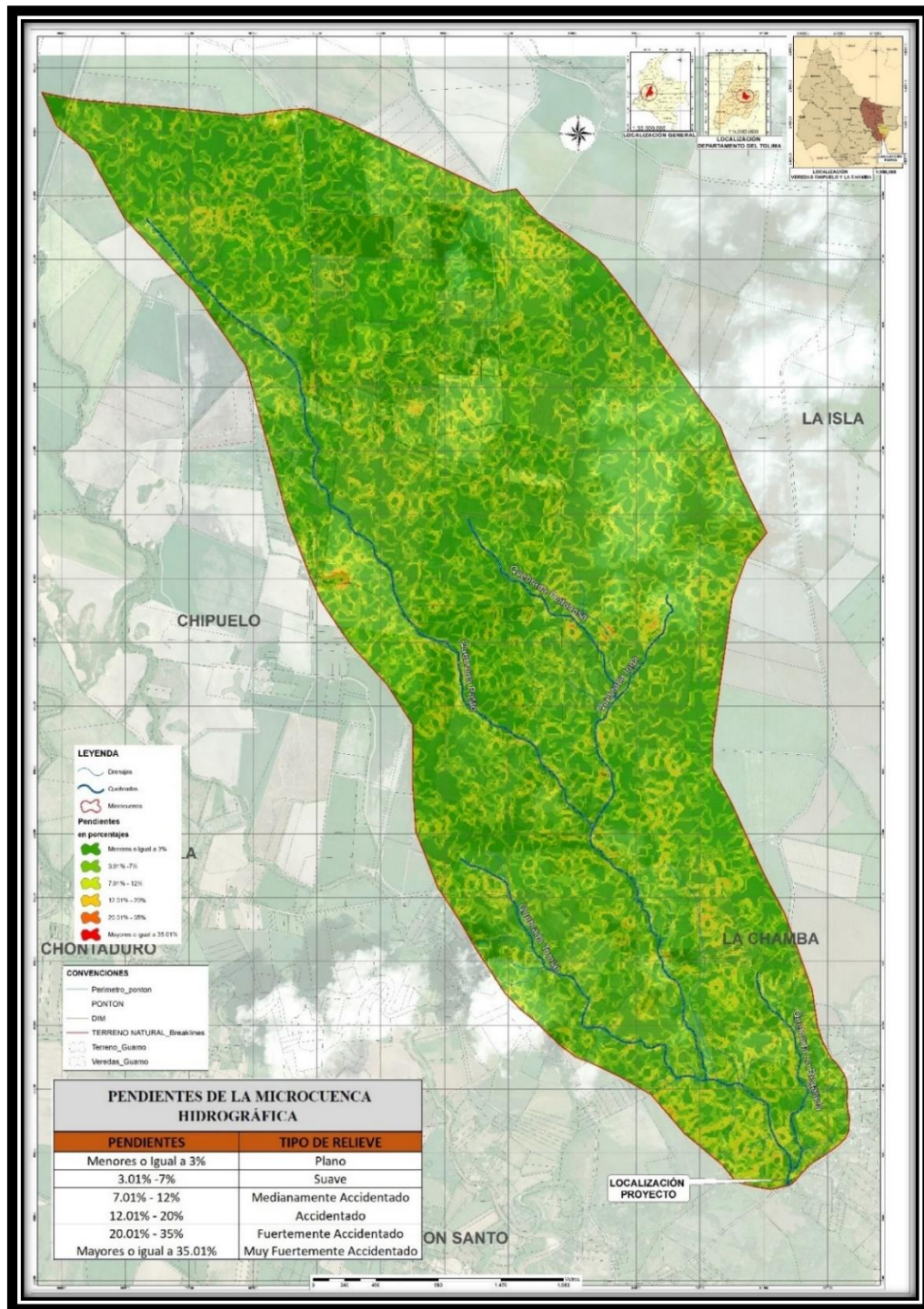


Figura 3: pendientes de la m Microcuenca como punto de aforo Puente sobre la quebrada Tomial- vía Guamo-Suarez

MZ 5. CASA 16 URB. CANTABRIA
 TELEFONO 3187836823
 guamoamarillo2024@gmail.com
 Ibagué-Tolima

CONSORCIO DISEÑO PUENTE
NIT: 901.884.162-6

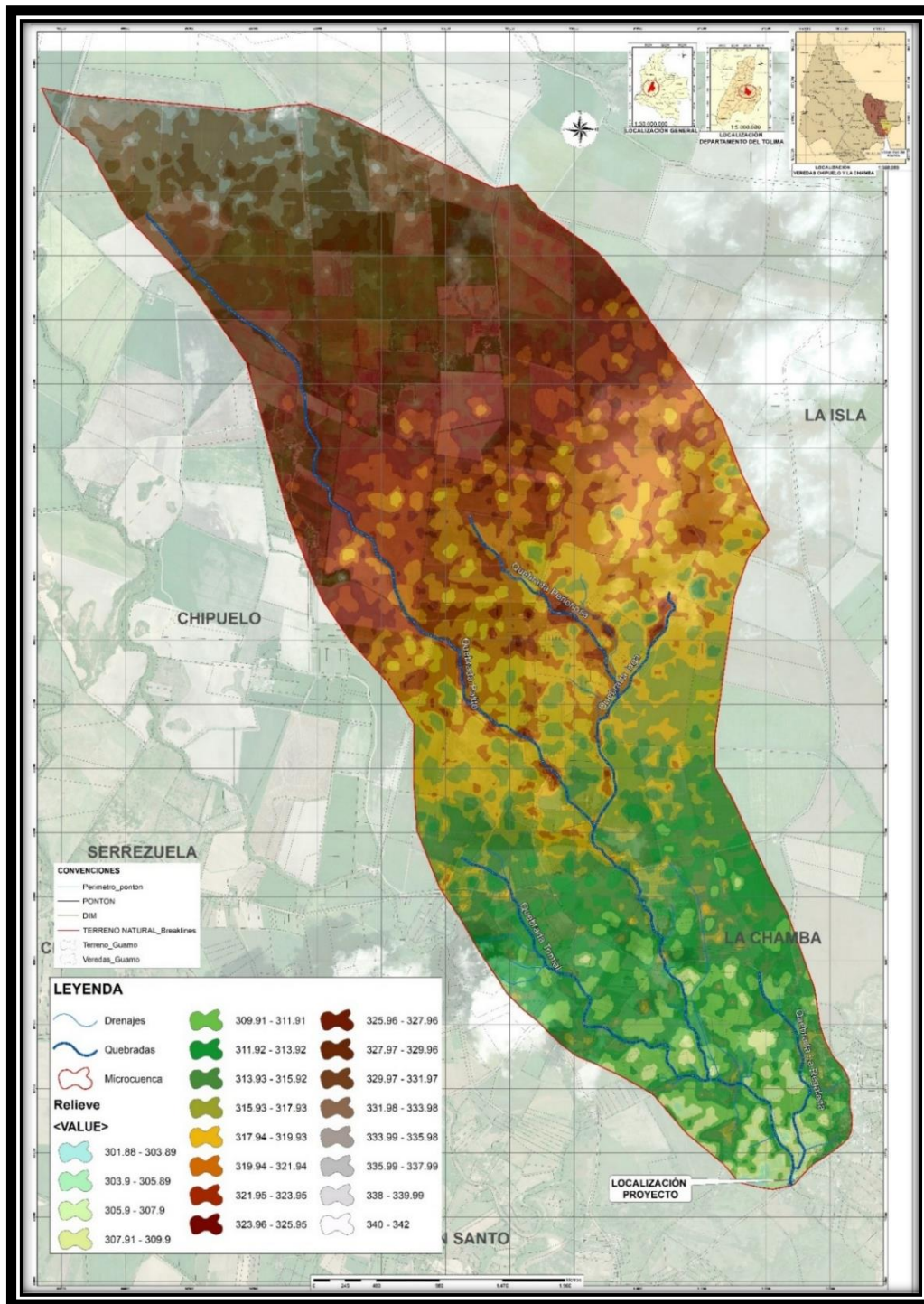


Figura 4: Relieve de la Microcuenca como punto de aforo Puente sobre la quebrada Tomial- vía Guamo-Suarez

MZ 5. CASA 16 URB. CANTABRIA
 TELEFONO 3187836823
 guamoamarillo2024@gmail.com
 Ibagué-Tolima

CONSORCIO DISEÑO PUENTE

NIT: 901.884.162-6

6. ESTUDIO HIDROLÓGICO

En este estudio hidrológico como fin principal es determinar la cantidad de lluvias de la zona del proyecto, que permita caracterizar los principales parámetros climatológicos, número máximo de precipitación, etc. Así mismo el cálculo de caudales máximos de las áreas de drenaje.

Por otro lado, la cuantificación se aplicará en la determinación de un fenómeno evidente en la superficie como es el caudal de drenaje para un periodo de retorno específico, todo esto basado en cálculos y análisis efectuados en el estudio hidrológico.

6.1 Recolección de información secundaria

La recolección de dicha información se hace con relación a los datos suministrados de las entidades gubernamentales como IDEAM, IGAC, Alcaldías y Corporaciones Autónomas Regionales.

6.2 Identificación de estaciones hidroclimatológicas

Para el análisis hidroclimatológico de la zona de estudio, se relaciona y se recolecta la información de las estaciones hidrometeorológicas que estén cerca y dentro de la microcuenca hidrográfica quebrada las panelas.

Mediante La información suministrada por el portal web del IDEAM, Se descarga la información hidrometeorológica de las siguientes estaciones

A continuación, mostraremos las estaciones más cercanas del proyecto.

ESTACIONES CERCANAS A LA MICROCUENCA													
ID	CODIGO	NOMBRE ESTACIÓN	TIPO	CATEGORÍA	ESTADO	FGDA	CORRIENTE	DEPARTAMENTO	MUNICIPIO	LATITUD	LONGITUD	ALTITUD	FECHA INSTALACIÓN
1	21180160	SUAREZ [21180160]	CONVENCIONAL	PM	ACTIVADA	IDEAM	MAGDALENA	TOLIMA	GUAMO	4.055944	-74.8415	319	15/12/1971
2	21180220	APTO FARCA [21180220]	CONVENCIONAL	PM	SUSPENDIDA	IDEAM	COELLO	TOLIMA	ESPINAL	4.15	-74.9	350	15/11/1979
3	21180240	APTO BARROSO DC	CONVENCIONAL	PM	SUSPENDIDA	IDEAM	LUISA	TOLIMA	GUAMO	4.016667	-74.966667	330	15/11/1979
4	21185030	GUAMO [21185030]	CONVENCIONAL	CP	ACTIVADA	IDEAM	LUISA	TOLIMA	GUAMO	4.008833	-74.981389	332	15/12/1953
5	21187060	GUAMO-MILAN [21187060]	CONVENCIONAL	LM	SUSPENDIDA	IDEAM	LUISA	TOLIMA	GUAMO	4.033333	-74.983333	304	15/11/1976
6	22055030	STA HELENA [22055030]	CONVENCIONAL	CO	SUSPENDIDA	IDEAM	SALDANA	TOLIMA	PURIFICACIÓN	3.986056	-74.898806	300	15/05/1963

Tabla 1: Estaciones IDEAM cercanas a la zona de estudios Microcuenca como punto de aforo Puente sobre la quebrada Tomial- vía Guamo-Suarez

CONSORCIO DISEÑO PUENTE

NIT: 901.884.162-6

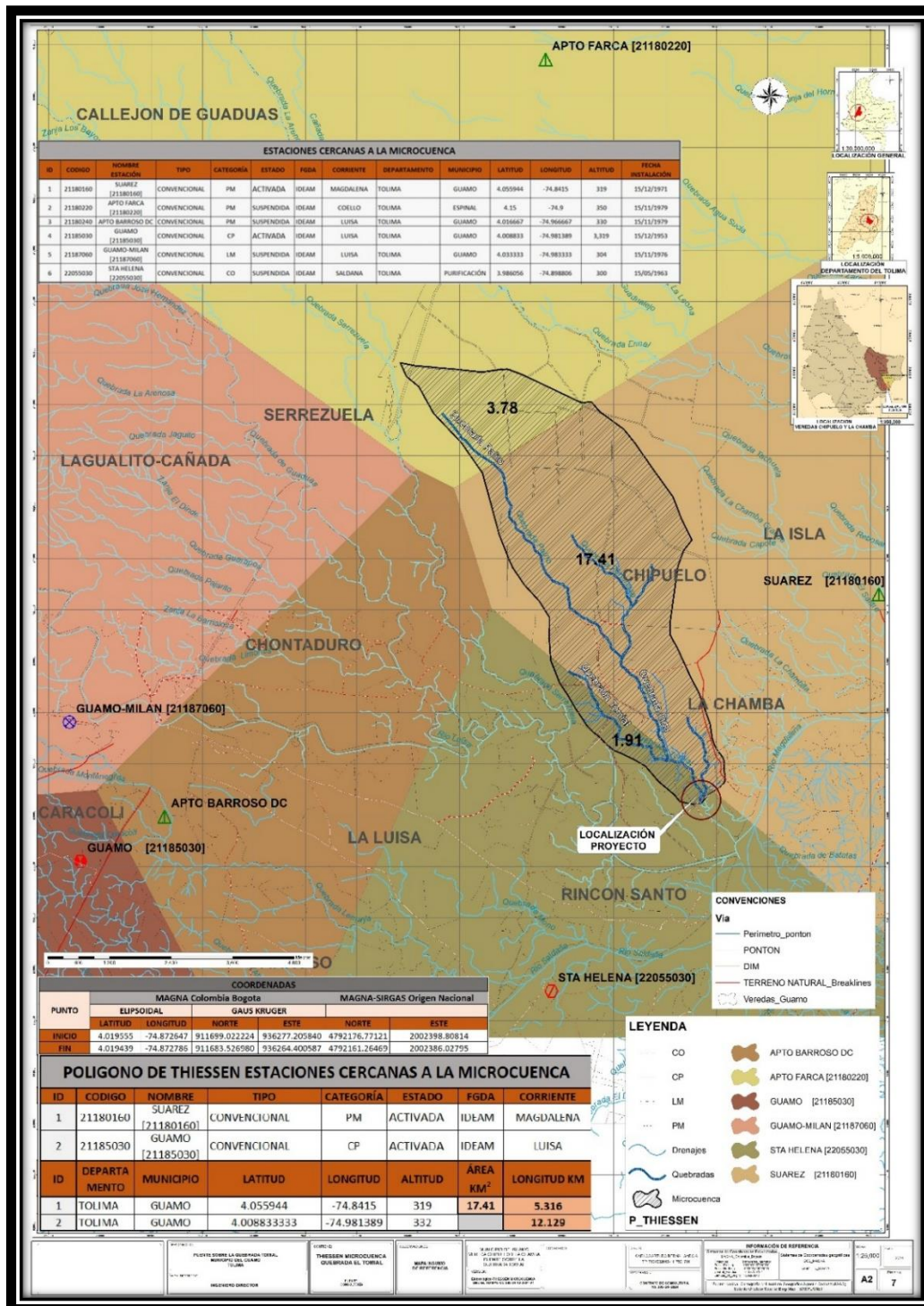


Figura 5: Poligonos de Thiessen Microcuencia como punto de aforo Puente sobre la quebrada Tomial- vía Guamo-Suarez

MZ 5. CASA 16 URB. CANTABRIA

TELEFONO 3187836823

guamoamarillo2024@gmail.com

Ibagué-Tolima

CONSORCIO DISEÑO PUENTE
NIT: 901.884.162-6

Se escogen las estaciones que estén en estado (ATIVADA):

POLIGONO DE THIESSEN ESTACIONES CERCANAS A LA MICROCUENCA							
ID	CODIGO	NOMBRE	TIPO	CATEGORÍA	ESTADO	FGDA	CORRIENTE
1	21180160	SUAREZ [21180160]	CONVENCIONAL	PM	ATIVADA	IDEAM	MAGDALENA
2	21185030	GUAMO [21185030]	CONVENCIONAL	CP	ATIVADA	IDEAM	LUISA
ID	DEPARTAMENTO	MUNICIPIO	LATITUD	LONGITUD	ALTITUD	ÁREA KM ²	LONGITUD KM
1	TOLIMA	GUAMO	4.055944	-74.8415	319	17.41	5.316
2	TOLIMA	GUAMO	4.008833333	-74.9813889	332		12.129

*Tabla 2: datos de Thiessen de las estaciones del IDEAM con respecto a la Microcuenca como punto de aforo
Puente sobre la quebrada Tomial- vía Guamo-Suarez*

La estación **SUAREZ (21180160)**, es la estación que tiene un área mayor a las demás estaciones y una longitud de 5.316 kilómetros con respecto al punto de aforo, además esta contiene el área de estudio “conjunto Piedemonte”.

6.3 Régimen hidrológico

Otro de los aspectos importantes en el comportamiento de las tormentas a nivel regional, es el volumen total de lluvia precipitada, que, junto con la distribución temporal de la misma, conforman los aguaceros a emplear para los distintos periodos de retorno.

La zona del proyecto se encuentra dentro del área de influencia de la estación **SUAREZ (21180160)**.

6.3.1 Precipitaciones máximas 24 horas, mínimas y promedio de las estaciones

Estos datos de precipitación son descargados del Geoportal del IDEAM luego se ordenan en Excel para un mejor análisis.

CONSORCIO DISEÑO PUENTE

NIT: 901.884.162-6

- Datos de la estación SUAREZ (21180160). Esta cuenta con datos de precipitaciones desde el año 1995 hasta el año 2024.

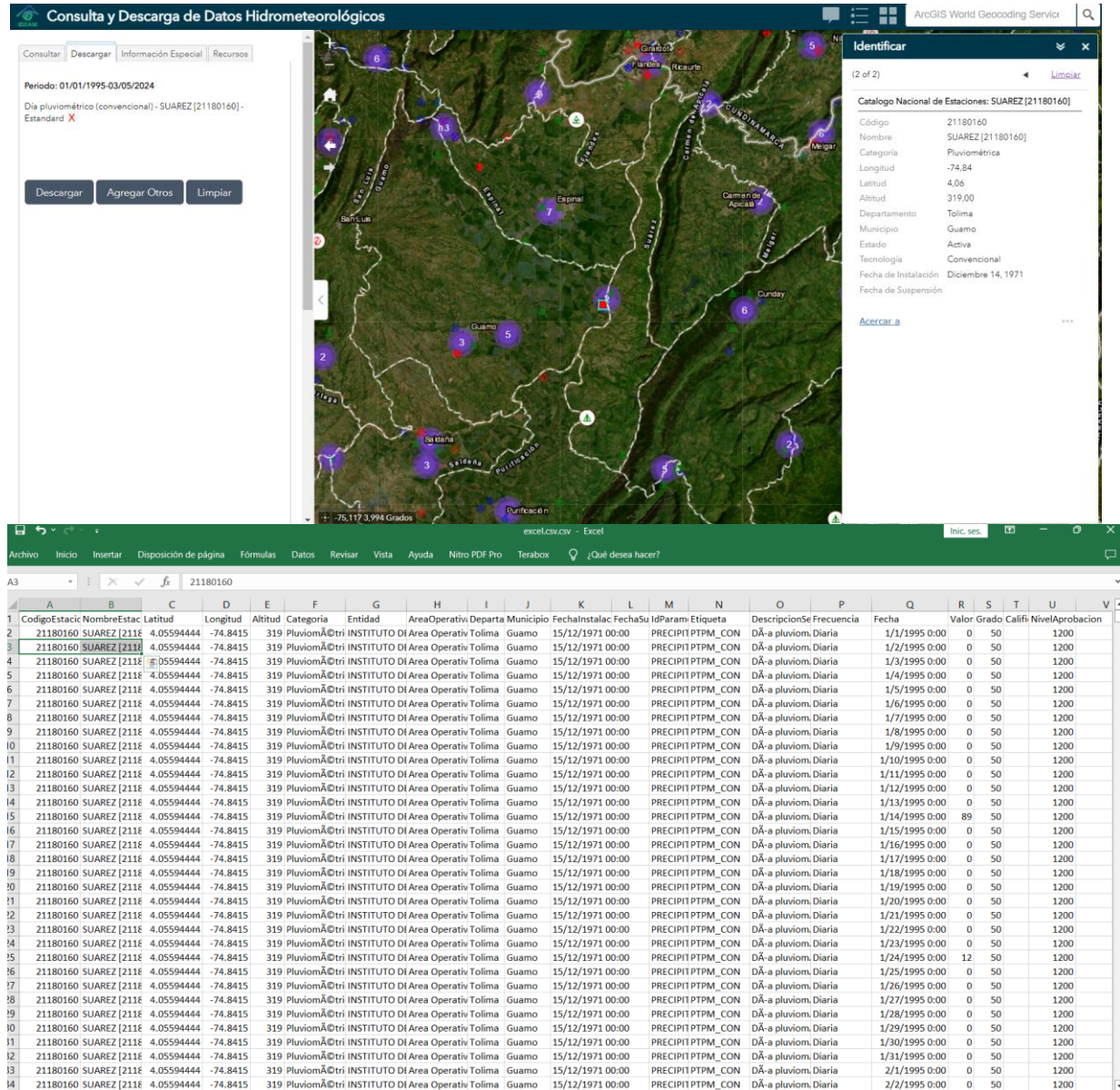


Figura 6: Datos extraídos del geo-portal del IDEAM, estación SUAREZ (21180160).

Se ordenan los datos precipitaciones en una tabla de Excel:

MZ 5. CASA 16 URB. CANTABRIA

TELEFONO 3187836823

guamoamarillo2024@gmail.com

Ibagué-Tolima

CONSORCIO DISEÑO PUENTE

NIT: 901.884.162-6

DATOS DE LA ESTACIÓN															
Estación:	SUAREZ		Coordenadas		LONGITUD =		-74.8415		Cota =	319					
Denominación:	21180160				LATITUD =		4.0559								
DATOS MENSUALES DE PRECIPITACIÓN MÁXIMA EN 24 Hrs. (mm)															
AÑO/MES	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic	Precipitación máxima anual (mm/año)	Promedio Anual	Prec-Min Anual
1995	89.0	35.0	29.0	60.0	80.0	101.0	41.0	49.0	83.0	73.0	57.0	68.0	101.0	63.75	29.0
1996	45.0	42.0	95.0	55.0	66.0	22.0	29.0	53.0	55.0	87.0	44.0	63.0	95.0	54.67	22.0
1997	31.0	67.0	29.0	41.0	11.0	65.0	0.0	0.0	35.0	72.0	40.0	26.0	72.0	34.75	0.0
1998	0.0	40.0	75.0	117.0	51.0	15.0	9.0	57.0	55.0	55.0	45.0	37.0	117.0	46.33	0.0
1999	38.0	99.0	60.0	53.0	48.0	55.0	24.0	10.0	90.0	117.0	33.0	43.0	117.0	55.83	10.0
2000	15.0	15.0	30.0	49.0	79.0	52.0	7.0	11.0	64.0	84.0	87.0	44.0	87.0	44.75	7.0
2001	92.0	90.0	64.0	24.0	90.0	54.0	54.0	0.0	56.6	85.0	32.0	65.0	92.0	58.88	0.0
2002	50.0	60.0	65.0	85.0	46.0	35.0	19.0	70.0	40.0	80.0	22.0	80.0	85.0	54.33	19.0
2003	50.0	43.0	49.0	29.0	40.0	70.0	130.0	66.0	84.0	90.0	78.0	42.0	130.0	64.25	29.0
2004	45.0	62.0	21.0	70.0	45.0	113.0	25.0	25.0	74.0	63.0	74.0	60.0	113.0	56.42	21.0
2005	16.0	70.0	55.0	11.0	70.0	40.0	16.0	10.0	15.0	85.0	48.0	30.0	85.0	38.83	10.0
2006	80.0	20.0	45.0	44.0	54.0	49.0	24.0	1.0	50.0	45.0	64.0	54.0	80.0	44.17	1.0
2007	70.0	5.0	50.0	80.0	72.0	80.0	19.0	28.0	0.0	50.0	74.0	42.0	80.0	47.50	0.0
2008	21.0	16.0	33.0	45.0	70.0	30.0	85.0	80.0	93.0	55.0	53.0	20.0	93.0	50.08	16.0
2009	45.0	85.0	60.0	24.0	5.0	25.0	0.0	32.0	30.0	80.0	24.0	130.0	130.0	45.00	0.0
2010	42.0	15.0	32.0	125.0	95.0	62.0	32.0	20.0	48.0	72.0	70.0	10.0	125.0	51.92	10.0
2011	132.0	26.0	60.0	62.0	24.0	22.0	72.0	38.0	46.0	47.0	65.0	25.0	132.0	51.58	22.0
2012	45.0	16.0	42.0	70.0	69.0	0.0	62.0	0.0	14.0	96.0	45.0	8.0	96.0	38.92	0.0
2013	25.0	85.0	55.0	38.0	80.0	114.0	15.0	39.0	26.0	50.0	45.0	8.0	114.0	48.33	8.0
2014	45.0	40.0	16.0	150.0	62.0	93.0	50.0	4.0	43.0	64.0	15.0	103.0	150.0	57.08	4.0
2015	45.0	25.0	58.0	95.0	30.0	75.0	0.0	0.0	30.0	23.0	68.0	28.0	95.0	39.75	0.0
2016	5.0	5.0	40.0	90.0	65.0	39.0	7.0	6.0	32.0	52.0	72.0	80.0	90.0	41.08	5.0
2017	50.0	10.0	71.0	62.0	50.0	75.0	10.0	10.0	40.0	45.0	70.0	21.0	75.0	42.83	10.0
2018	59.0	10.0	30.0	63.0	48.0	13.0	11.0	0.0	7.0	125.0	60.0	8.0	125.0	36.17	0.0
2019	45.0	75.0	53.0	69.0	99.0	20.0	35.0	0.0	36.0	26.0	7.0	36.0	99.0	41.75	0.0
2020	0.0	50.0	30.0	68.0	50.0	12.0	65.0	84.0	50.0	65.0	16.0	35.0	84.0	43.75	0.0
2021	105.0	20.0	55.0	42.0	85.0	80.0	15.0	85.0	50.0	60.0	49.0	80.0	105.0	60.50	15.0
2022	67.0	79.0	63.0	94.0	112.0	56.0	50.0	24.0	84.0	20.0	55.0	39.0	112.0	61.92	20.0
2023	59.0	77.0	18.0	83.0	60.0	0.0	0.0	45.0	20.0	16.0	55.0	70.0	83.0	41.92	0.0
Nº Datos	29	29	29	29	29	29	29	29	29	29	29	29			
Media Mensual	48.7	44.2	47.7	65.4	60.6	50.6	31.2	29.2	46.6	64.9	50.6	46.7	PRECIPITACIÓN MAXIMA PROMEDIO MULTIANUAL (mm/año)		102.14
Moda	45	40	60	24	80	22	0	0	50	72	45	80			
Mediana Mensual	45.0	40.0	50.0	62.0	62.0	52.0	24.0	24.0	46.0	64.0	53.0	42.0	PROM. MEDIA MENSUAL		48.86
Desviación típica	30.7	29.4	18.8	31.5	25.1	32.4	30.1	28.4	25.0	26.6	20.7	29.6	PRO. MEDIANA MENSUAL		47.00
Prec-Max Mensual	132	99	95	150	112	114	130	85	93	125	87	130			
Prec-Min Mensual	0	5	16	11	5	0	0	0	0	16	7	8			
Coef. Asimetría	0.7	0.3	0.3	0.7	-0.2	0.3	1.5	0.7	0.2	0.2	-0.4	0.9			

Tabla 3: Precipitaciones máximas, mínimas y promedio de la estación SUAREZ (21180160).

CONSORCIO DISEÑO PUENTE

NIT: 901.884.162-6

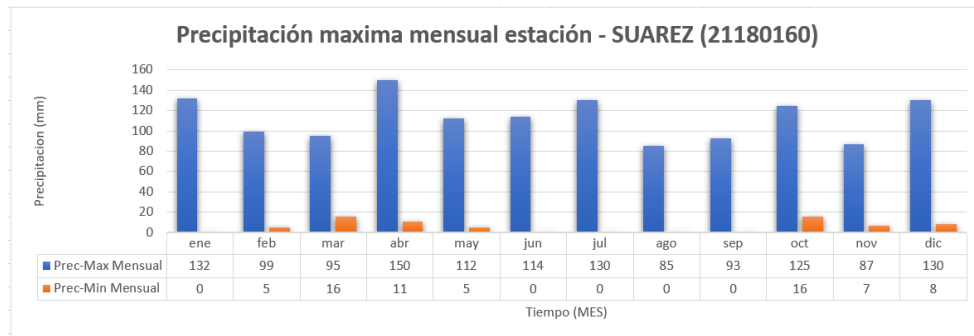


Figura 7: Precipitaciones máximas y mínimas de la estación SUAREZ (21180160).

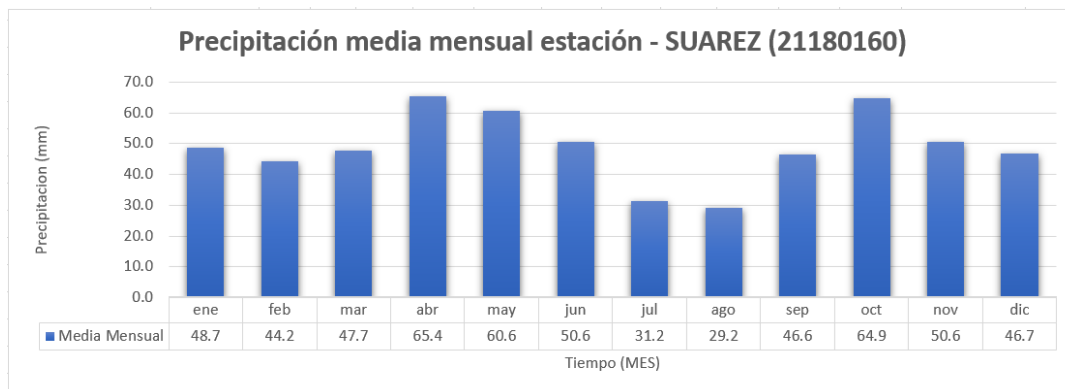
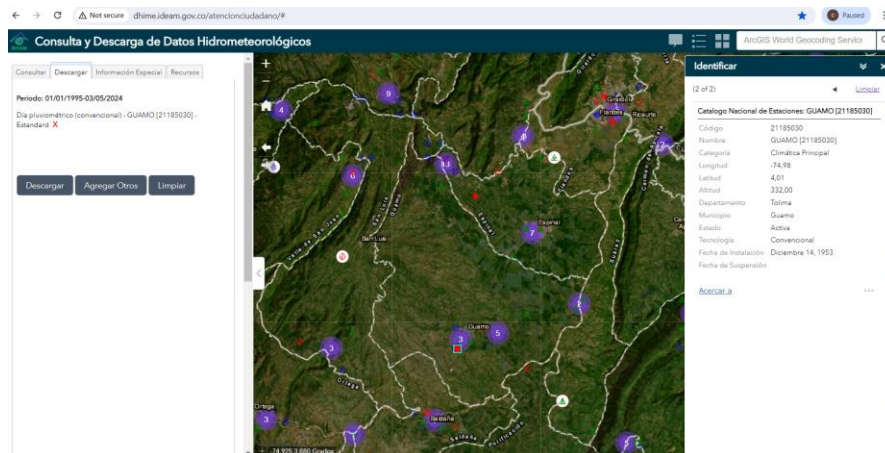


Figura 8: Precipitación media mensual estación SUAREZ (21180160).

- **Datos de la Estación GUAMO [21185030] esta cuenta con datos de precipitaciones desde el año 1995 hasta el año 2023.**



MZ 5. CASA 16 URB. CANTABRIA
TELEFONO 3187836823
guamoamarillo2024@gmail.com
Ibagué-Tolima

CONSORCIO DISEÑO PUENTE

NIT: 901.884.162-6

Est-Guamo.xlsx - Excel																			TMC 901	
Archivo Inicio Insertar Disposición de página Fórmulas Datos Revisar Vista Ayuda Nitro PDF Pro Terabox ¿Qué desea hacer?																				
E2	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R		
1	CódigoEstac	NombreEstac	Latitud	Longitud	Altitud	Categoría	Entidad	AreaOperativ	Departament	Municipio	FechaInstalac	FechaSuspend	IdParametro	Etiqueta	DescripciónSe	Frecuen	Fecha	Valor		
2	21185030	GUAMO [211	4.00883333	-74.9813889	332	ClimÁtica Pri	INSTITUTO DI	Area Operativ	Tolima	Guamo	15/12/1953	00:00	PRECIPITACIC	PTPM_CON	DÁ-a pluviom.	Diaria	1/1/1995	0:00	0	
3	21185030	GUAMO [211	4.00883333	-74.9813889	332	ClimÁtica Pri	INSTITUTO DI	Area Operativ	Tolima	Guamo	15/12/1953	00:00	PRECIPITACIC	PTPM_CON	DÁ-a pluviom.	Diaria	1/2/1995	0:00	0	
4	21185030	GUAMO [211	4.00883333	-74.9813889	332	ClimÁtica Pri	INSTITUTO DI	Area Operativ	Tolima	Guamo	15/12/1953	00:00	PRECIPITACIC	PTPM_CON	DÁ-a pluviom.	Diaria	1/3/1995	0:00	0	
5	21185030	GUAMO [211	4.00883333	-74.9813889	332	ClimÁtica Pri	INSTITUTO DI	Area Operativ	Tolima	Guamo	15/12/1953	00:00	PRECIPITACIC	PTPM_CON	DÁ-a pluviom.	Diaria	1/4/1995	0:00	0	
6	21185030	GUAMO [211	4.00883333	-74.9813889	332	ClimÁtica Pri	INSTITUTO DI	Area Operativ	Tolima	Guamo	15/12/1953	00:00	PRECIPITACIC	PTPM_CON	DÁ-a pluviom.	Diaria	1/5/1995	0:00	0	
7	21185030	GUAMO [211	4.00883333	-74.9813889	332	ClimÁtica Pri	INSTITUTO DI	Area Operativ	Tolima	Guamo	15/12/1953	00:00	PRECIPITACIC	PTPM_CON	DÁ-a pluviom.	Diaria	1/6/1995	0:00	0	
8	21185030	GUAMO [211	4.00883333	-74.9813889	332	ClimÁtica Pri	INSTITUTO DI	Area Operativ	Tolima	Guamo	15/12/1953	00:00	PRECIPITACIC	PTPM_CON	DÁ-a pluviom.	Diaria	1/7/1995	0:00	0	
9	21185030	GUAMO [211	4.00883333	-74.9813889	332	ClimÁtica Pri	INSTITUTO DI	Area Operativ	Tolima	Guamo	15/12/1953	00:00	PRECIPITACIC	PTPM_CON	DÁ-a pluviom.	Diaria	1/8/1995	0:00	0	
10	21185030	GUAMO [211	4.00883333	-74.9813889	332	ClimÁtica Pri	INSTITUTO DI	Area Operativ	Tolima	Guamo	15/12/1953	00:00	PRECIPITACIC	PTPM_CON	DÁ-a pluviom.	Diaria	1/9/1995	0:00	0	
11	21185030	GUAMO [211	4.00883333	-74.9813889	332	ClimÁtica Pri	INSTITUTO DI	Area Operativ	Tolima	Guamo	15/12/1953	00:00	PRECIPITACIC	PTPM_CON	DÁ-a pluviom.	Diaria	1/10/1995	0:00	0	
12	21185030	GUAMO [211	4.00883333	-74.9813889	332	ClimÁtica Pri	INSTITUTO DI	Area Operativ	Tolima	Guamo	15/12/1953	00:00	PRECIPITACIC	PTPM_CON	DÁ-a pluviom.	Diaria	1/11/1995	0:00	0	
13	21185030	GUAMO [211	4.00883333	-74.9813889	332	ClimÁtica Pri	INSTITUTO DI	Area Operativ	Tolima	Guamo	15/12/1953	00:00	PRECIPITACIC	PTPM_CON	DÁ-a pluviom.	Diaria	1/12/1995	0:00	0	
14	21185030	GUAMO [211	4.00883333	-74.9813889	332	ClimÁtica Pri	INSTITUTO DI	Area Operativ	Tolima	Guamo	15/12/1953	00:00	PRECIPITACIC	PTPM_CON	DÁ-a pluviom.	Diaria	1/13/1995	0:00	0	
15	21185030	GUAMO [211	4.00883333	-74.9813889	332	ClimÁtica Pri	INSTITUTO DI	Area Operativ	Tolima	Guamo	15/12/1953	00:00	PRECIPITACIC	PTPM_CON	DÁ-a pluviom.	Diaria	1/14/1995	0:00	0	
16	21185030	GUAMO [211	4.00883333	-74.9813889	332	ClimÁtica Pri	INSTITUTO DI	Area Operativ	Tolima	Guamo	15/12/1953	00:00	PRECIPITACIC	PTPM_CON	DÁ-a pluviom.	Diaria	1/15/1995	0:00	18.2	
17	21185030	GUAMO [211	4.00883333	-74.9813889	332	ClimÁtica Pri	INSTITUTO DI	Area Operativ	Tolima	Guamo	15/12/1953	00:00	PRECIPITACIC	PTPM_CON	DÁ-a pluviom.	Diaria	1/16/1995	0:00	0	
18	21185030	GUAMO [211	4.00883333	-74.9813889	332	ClimÁtica Pri	INSTITUTO DI	Area Operativ	Tolima	Guamo	15/12/1953	00:00	PRECIPITACIC	PTPM_CON	DÁ-a pluviom.	Diaria	1/17/1995	0:00	0	
19	21185030	GUAMO [211	4.00883333	-74.9813889	332	ClimÁtica Pri	INSTITUTO DI	Area Operativ	Tolima	Guamo	15/12/1953	00:00	PRECIPITACIC	PTPM_CON	DÁ-a pluviom.	Diaria	1/18/1995	0:00	0	
20	21185030	GUAMO [211	4.00883333	-74.9813889	332	ClimÁtica Pri	INSTITUTO DI	Area Operativ	Tolima	Guamo	15/12/1953	00:00	PRECIPITACIC	PTPM_CON	DÁ-a pluviom.	Diaria	1/19/1995	0:00	0	
21	21185030	GUAMO [211	4.00883333	-74.9813889	332	ClimÁtica Pri	INSTITUTO DI	Area Operativ	Tolima	Guamo	15/12/1953	00:00	PRECIPITACIC	PTPM_CON	DÁ-a pluviom.	Diaria	1/20/1995	0:00	0	
22	21185030	GUAMO [211	4.00883333	-74.9813889	332	ClimÁtica Pri	INSTITUTO DI	Area Operativ	Tolima	Guamo	15/12/1953	00:00	PRECIPITACIC	PTPM_CON	DÁ-a pluviom.	Diaria	1/21/1995	0:00	0	
23	21185030	GUAMO [211	4.00883333	-74.9813889	332	ClimÁtica Pri	INSTITUTO DI	Area Operativ	Tolima	Guamo	15/12/1953	00:00	PRECIPITACIC	PTPM_CON	DÁ-a pluviom.	Diaria	1/22/1995	0:00	0	
24	21185030	GUAMO [211	4.00883333	-74.9813889	332	ClimÁtica Pri	INSTITUTO DI	Area Operativ	Tolima	Guamo	15/12/1953	00:00	PRECIPITACIC	PTPM_CON	DÁ-a pluviom.	Diaria	1/23/1995	0:00	0	
25	21185030	GUAMO [211	4.00883333	-74.9813889	332	ClimÁtica Pri	INSTITUTO DI	Area Operativ	Tolima	Guamo	15/12/1953	00:00	PRECIPITACIC	PTPM_CON	DÁ-a pluviom.	Diaria	1/24/1995	0:00	17.2	
26	21185030	GUAMO [211	4.00883333	-74.9813889	332	ClimÁtica Pri	INSTITUTO DI	Area Operativ	Tolima	Guamo	15/12/1953	00:00	PRECIPITACIC	PTPM_CON	DÁ-a pluviom.	Diaria	1/25/1995	0:00	1.1	
27	21185030	GUAMO [211	4.00883333	-74.9813889	332	ClimÁtica Pri	INSTITUTO DI	Area Operativ	Tolima	Guamo	15/12/1953	00:00	PRECIPITACIC	PTPM_CON	DÁ-a pluviom.	Diaria	1/26/1995	0:00	0	
28	21185030	GUAMO [211	4.00883333	-74.9813889	332	ClimÁtica Pri	INSTITUTO DI	Area Operativ	Tolima	Guamo	15/12/1953	00:00	PRECIPITACIC	PTPM_CON	DÁ-a pluviom.	Diaria	1/27/1995	0:00	0.5	
29	21185030	GUAMO [211	4.00883333	-74.9813889	332	ClimÁtica Pri	INSTITUTO DI	Area Operativ	Tolima	Guamo	15/12/1953	00:00	PRECIPITACIC	PTPM_CON	DÁ-a pluviom.	Diaria	1/28/1995	0:00	0	
30	21185030	GUAMO [211	4.00883333	-74.9813889	332	ClimÁtica Pri	INSTITUTO DI	Area Operativ	Tolima	Guamo	15/12/1953	00:00	PRECIPITACIC	PTPM_CON	DÁ-a pluviom.	Diaria	1/29/1995	0:00	0	
31	21185030	GUAMO [211	4.00883333	-74.9813889	332	ClimÁtica Pri	INSTITUTO DI	Area Operativ	Tolima	Guamo	15/12/1953	00:00	PRECIPITACIC	PTPM_CON	DÁ-a pluviom.	Diaria	1/30/1995	0:00	0	
32	21185030	GUAMO [211	4.00883333	-74.9813889	332	ClimÁtica Pri	INSTITUTO DI	Area Operativ	Tolima	Guamo	15/12/1953	00:00	PRECIPITACIC	PTPM_CON	DÁ-a pluviom.	Diaria	1/31/1995	0:00	0	
33	21185030	GUAMO [211	4.00883333	-74.9813889	332	ClimÁtica Pri	INSTITUTO DI	Area Operativ	Tolima	Guamo	15/12/1953	00:00	PRECIPITACIC	PTPM_CON	DÁ-a pluviom.	Diaria	2/1/1995	0:00	0	
34	21185030	GUAMO [211	4.00883333	-74.9813889	332	ClimÁtica Pri	INSTITUTO DI	Area Operativ	Tolima	Guamo	15/12/1953	00:00	PRECIPITACIC	PTPM_CON	DÁ-a pluviom.	Diaria	2/2/1995	0:00	0	

Figura 9: Datos extraídos del geo-portal del IDEAM, estación GUAMO [21185030]

Se ordenan los datos precipitaciones en una tabla de Excel:

MZ 5. CASA 16 URB. CANTABRIA
TELEFONO 3187836823
guamoamarillo2024@gmail.com
Ibagué-Tolima

CONSORCIO DISEÑO PUENTE

NIT: 901.884.162-6

DATOS DE LA ESTACIÓN															
Estación:	GUAMO		Coordenadas		LONGITUD =		-74.98139		Cota =		332				
Denominación:	21185030				LATITUD =		4.0088								
DATOS MENSUALES DE PRECIPITACIÓN MÁXIMA EN 24 Hrs. (mm)															
AÑO/MES	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic	Precipitación maxima anual (mm/año)	Promedio Anual	Prec-Min Anual
1995	18.2	4.2	12.0	66.2	32.1	31.1	22.2	133.5	57.1	70.5	39.2	54.7	133.5	45.08	4.2
1996	14.4	24.7	44.9	45.1	68.3	32.7	11.7	10.9	33.7	96.2	52.2	55.6	96.2	40.87	10.9
1997	32.8	70.5	8.5	38.0	45.6	65.0	0.5	4.6	16.0	32.8	37.2	59.3	70.5	34.23	0.5
1998	8.2	97.3	24.7	55.5	97.0	16.4	36.2	40.3	60.2	43.8	72.6	37.3	97.3	49.13	8.2
1999	6.1	33.5	33.5	53.0	79.2	38.2	67.2	16.7	49.7	86.2	27.7	22.2	86.2	42.77	6.1
2000	33.0	9.0	37.5	53.0	67.0	132.7	41.0	8.3	55.0	52.7	139.4	49.6	139.4	56.52	8.3
2001	52.7	34.4	57.0	52.5	102.4	39.0	68.3	0.0	53.3	36.5	57.0	75.0	102.4	52.34	0.0
2002	79.0	6.3	41.0	170.0	65.2	21.0	7.6	24.8	40.2	67.3	109.5	54.0	170.0	57.16	6.3
2003	13.3	0.0	32.0	74.5	24.7	52.5	44.0	35.0	40.2	31.8	25.0	67.6	74.5	36.72	0.0
2004	29.4	146.0	7.3	63.0	34.7	21.4	3.7	3.2	41.5	54.0	34.5	9.8	146.0	37.38	3.2
2005	31.0	6.0	59.8	20.3	70.1	7.9	16.9	15.0	37.6	52.0		35.0	70.1	31.96	6.0
2006	38.2	7.0	40.6	40.2	60.4	65.0	22.0	23.4	87.5	29.2	19.1	70.2	87.5	41.90	7.0
2007	39.0	17.0	30.0	38.7	64.5	24.3	73.2	10.2	1.6	51.2	70.7	95.0	95.0	42.95	1.6
2008	22.9	18.2	27.5	63.7	73.0	12.3	31.6	36.2	32.9	50.3	16.8	16.5	73.0	33.49	12.3
2009	44.1	38.5	83.5	42.5	53.4	16.6	1.0	47.7	49.6	31.4	35.5	65.5	83.5	42.44	1.0
2010	32.5	38.4	99.5	56.6	112.8	72.2	39.6	59.5	88.0	22.5	33.5	14.5	112.8	55.80	14.5
2011	28.4	123.0	89.2	116.5	27.5	40.1	20.1	30.7	95.5	12.6	50.6	65.3	123.0	58.29	12.6
2012	55.7	21.8	34.5	119.5	6.2	7.7		2.5	15.0	97.0	34.0	29.0	119.5	38.45	2.5
2013	7.0		7.4	61.4	76.0	80.3	45.4	32.5	46.2	44.4	70.9	33.9	80.3	45.95	7.0
2014	31.8	63.8	22.6			35.0	17.8	5.2	67.0	29.8	11.5	66.0	67.0	35.05	5.2
2015	94.6	31.0	34.2	95.7	82.4	42.0	0.0	0.0	29.8	36.8	75.4	15.2	95.7	44.76	0.0
2016	5.6	14.0	44.8	98.2	36.4	47.4	36.3	31.7	21.0	98.8	66.7	46.4	98.8	45.61	5.6
2017	48.4	17.0	65.0	78.4	53.7	66.5	22.3	70.0	28.4	51.3	55.5	14.2	78.4	47.56	14.2
2018	61.4	15.4	30.1	52.3	57.5	6.7	26.6	17.0	16.3	64.8	49.0	3.5	64.8	33.38	3.5
2019	8.7	51.0	41.0	119.6	82.8	21.4	37.6	0.0	27.3	53.8	76.2	35.5	119.6	46.24	0.0
2020	0.0	49.0	81.6	43.4	28.4	29.5	55.0	57.6	36.8	59.4	35.4	48.6	81.6	43.73	0.0
2021	21.0	34.2	76.6	89.5	45.6	87.2	48.8	84.7	54.4	77.4	89.6	38.4	89.6	62.28	21.0
2022	22.8	46.2	91.6	95.6	67.4	62.4	96.6	49.4	63.4	15.4	45.6	58.6	96.6	59.58	15.4
2023	54.6	77.7	18.4	57.6	99.8	15.6	26.8	74.2	27.4	44.2	36.6	46.4	99.8	48.28	15.6

Nº Datos	29	28	29	28	28	29	28	29	29	29	28	29			
Media Mensual	32.2	39.1	44.0	70.0	61.2	41.0	32.9	31.9	43.9	51.5	52.4	44.2			
Moda	#N/D	17	41	53	46	65	#N/D	0	40	#N/D	#N/D	46			
Mediana Mensual	31.0	32.3	37.5	59.5	64.9	35.0	29.2	24.8	40.2	51.2	47.3	46.4			
Desviación típica	22.6	36.2	26.7	32.8	26.0	28.9	23.9	31.0	22.6	23.5	28.8	22.6			
Prec-Max Mensual	95	146	100	170	113	133	97	134	96	99	139	95			
Prec-Min Mensual	0	0	7	20	6	7	0	0	2	13	12	4			
Coef. Asimetría	0.9	1.5	0.6	1.3	0.0	1.3	0.8	1.5	0.5	0.5	1.2	0.0			

PRECIPITACIÓN MÁXIMA PROMEDIO MULTIANUAL (mm/año)														98.37
PROM. MEDIA MENSUAL														45.37
PRO. MEDIANA MENSUAL														41.60

Tabla 4: Precipitaciones máximas, mínimas y promedio de la estación GUAMO [21185030]

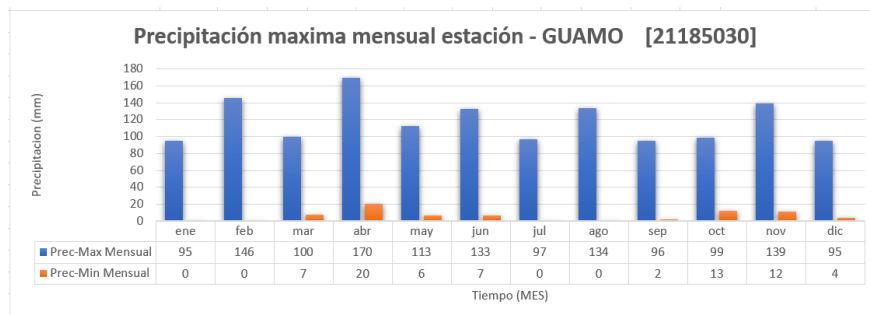


Figura 10: Precipitaciones máximas y mínimas de la estación GUAMO [21185030]

MZ 5. CASA 16 URB. CANTABRIA
 TELEFONO 3187836823
 guamoamarillo2024@gmail.com
 Ibagué-Tolima

CONSORCIO DISEÑO PUENTE

NIT: 901.884.162-6

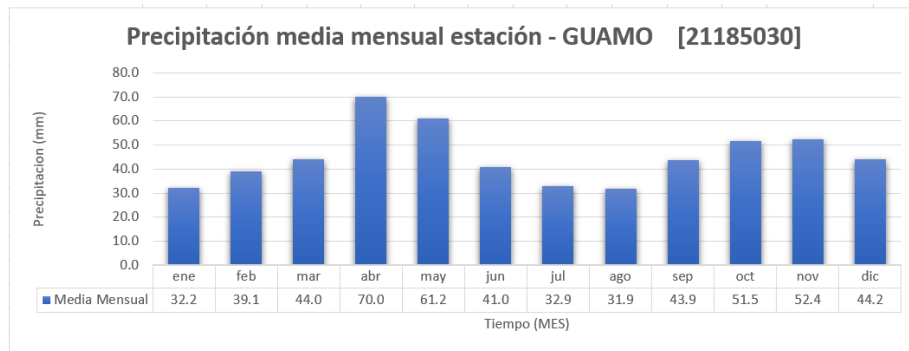


Figura 11: Precipitación media mensual estación GUAMO [21185030]

6.4 Evaluación de la estación seleccionada

Para selección de la estación Hidroclimatológica, se tuvo que analizar precipitaciones máximas y conformar la serie histórica, de esta manera se analiza los valores y se determina cuáles son los representativos en la serie anual partiendo de los siguientes criterios.

- Valor máximo anual con registros completos de los 12 meses.
- Para los registros incompletos se tomarán solo los que se encuentren por encima del promedio de la serie histórica de los valores máximos anuales.
- Se excluyen las estaciones que después de hacer el análisis de información se observan que; para lo cual se toma como referencia la estación SUAREZ (21180160) y la estación GUAMO [21185030] para el análisis de inconsistencia de datos.

6.4.1 Análisis de Datos anómalos

- Datos dudosos (Outlier) en Precipitaciones Máxima de 24 horas.

Los valores atípicos son puntos de datos que se apartan significativamente de la tendencia de los datos restantes, La retención, modificación, eliminación de estos valores atípicos puede afectar significativamente a los parámetros estadísticos computados a partir de los datos, especialmente en el caso de muestras pequeñas, Todos los procedimientos para tratar los valores atípicos requieren, en última instancia, un juicio que incluya consideraciones tanto matemáticas como hidrológicas.

La selección de este procedimiento de detección de valores atípicos se basó en el ensayo de varios procedimientos en un logaritmo simulado log-Pearson Tipo III y en

CONSORCIO DISEÑO PUENTE
NIT: 901.884.162-6

los datos de inundaciones observadas y la comparación de los resultados. Los coeficientes de desviación de la población para los datos simulados se situaron entre + 1,5, y las desviaciones para las muestras seleccionadas de estas poblaciones oscilaron entre -3,67 y +3,25.

Los valores de desviación de los datos observados se situaron entre -2,19 y +2,80. Otros procedimientos de prueba evaluados incluyeron el uso de sesgo de estación, generalizado, ponderado y cero.

El procedimiento seleccionado funcionó tan bien o mejor que los demás procedimientos y, al mismo tiempo, fue sencillo y fácil de aplicar. En base a estos resultados, este procedimiento se considera apropiado para su uso con la distribución log-Pearson Tipo III en el rango de sesgos , +- 3.

- Si la asimetría de estación es mayor que +0.4, se consideran primero las pruebas para detectar datos dudosos altos.
- Si la asimetría de estación es menor que -0.4, primero se consideran pruebas para detectar datos dudosos bajos
- Cuando la asimetría de la estación esta entre -0.4 y +0.4, deben aplicarse pruebas para detectar datos dudosos altos y bajos antes de eliminar cualquier dato dudoso del conjunto de datos

La siguiente ecuación de frecuencias puede utilizarse para detectar datos dudosos altos:

$$x_H = \bar{X} + k_N \cdot S$$

x_H = Alto umbral atípico en unidades de registro.

$\bar{X}$ = Logaritmo medio de los picos sistemáticos (X's), excluyendo los eventos de inundación cero, los picos por debajo de la base del medidor y los valores atípicos detectados anteriormente.

S = la desviación estándar de X's

k_N = Valor K del Apéndice 4 para el tamaño de la muestra N

Si los logaritmos de los picos de una muestra son mayores que x_H , entonces se consideran altos valores atípicos.

Los picos de las inundaciones considerados como altos valores atípicos deben ser comparados con los datos históricos de las inundaciones y la información sobre inundaciones en sitios cercanos.

Si se dispone de información que indique una altura atípica(s) es el máximo en un período de tiempo prolongado, el atípico(s) se trata como datos históricos de inundaciones como se describe en la Sección V.B.10.

CONSORCIO DISEÑO PUENTE
NIT: 901.884.162-6

Si no se dispone de información histórica útil para ajustar los valores atípicos altos, entonces deben ser retenidos como parte del registro de la sistematización.

El tratamiento de todos los datos históricos de inundaciones y los valores atípicos altos deben estar bien documentados en el análisis.

La siguiente ecuación se utiliza para detectar valores atípicos bajos:

$$x_L = \bar{X} - k_N \cdot S$$

x_L = Bajo umbral atípico en unidades logarítmicas.

$\bar{X}$ = Logaritmo medio de los picos sistemáticos (X's), excluyendo los eventos de inundación cero, los picos por debajo de la base del medidor y los valores atípicos detectados anteriormente.

S = la desviación estándar de X's

k_N = Valor K del Apéndice 4 para el tamaño de la muestra N

Si se ha hecho previamente un ajuste para los datos de las inundaciones históricas, entonces se utiliza la siguiente ecuación para detectar los valores atípicos bajos:

$$x_L = \tilde{M} - k_H \cdot \tilde{S}$$

x_L = bajo umbral atípico en unidades de registro

$\tilde{M}$ = logaritmo medio históricamente ajustado

$\tilde{S}$ = la desviación estándar de X's

k_H = Valor K del Apéndice 4 para el período utilizado para calcular M y S

Si los logaritmos de cualquier pico anual de una muestra son inferiores a x_L , entonces se consideran valores atípicos bajos.

Los picos de inundación considerados como valores atípicos bajos se eliminan del registro y se aplica el ajuste de probabilidad condicional descrito en el Apéndice 5.

Si varios valores que no se han identificado como valores atípicos mediante el procedimiento recomendado, puede ser conveniente probar la sensibilidad de los resultados para tratar estos valores como atípicos.

Fuente: "Guidelines for Determining Flood Flow Frequency," Revised Bulletin 17B of the Hydrology Committee, U.S. Water Resources Council

Valor k_N se muestran en la siguiente tabla

CONSORCIO DISEÑO PUENTE

NIT: 901.884.162-6

Valores K_n para la prueba de datos dudosos

Tamaño de muestra n	K_n	Tamaño de muestra n	K_n	Tamaño de muestra n	K_n	Tamaño de muestra n	K_n
10	2.036	24	2.467	38	2.661	60	2.837
11	2.088	25	2.486	39	2.671	65	2.866
12	2.134	26	2.502	40	2.682	70	2.893
13	2.175	27	2.519	41	2.692	75	2.917
14	2.213	28	2.534	42	2.700	80	2.940
15	2.247	29	2.549	43	2.710	85	2.961
16	2.279	30	2.563	44	2.719	90	2.981
17	2.309	31	2.577	45	2.727	95	3.000
18	2.335	32	2.591	46	2.736	100	3.017
19	2.361	33	2.604	47	2.744	110	3.049
20	2.385	34	2.616	48	2.753	120	3.078
21	2.408	35	2.628	49	2.760	130	3.104
22	2.429	36	2.639	50	2.768	140	3.129
23	2.448	37	2.650	55	2.804		

Fuente: U. S. Water Resources Council, 1981. Esta tabla contiene valores de K_n de un lado con un nivel de significancia del 10% para la distribución normal.

Tabla 5: tabla Valor K_n "Hidrología Aplicada," Ven Te Chow

- Datos dudosos (Outlier) en Precipitaciones Máxima de 24 horas de la estación SUAREZ [21180160].

DATOS DE LA ESTACIÓN														
Estación:	SUAREZ		Coordenadas			LONGITUD =		-74.8415		Cota =	319			
Denominación:	21180160					LATITUD =		4.0559						
AÑO/MES	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic	Pmax24	Log(P24hr)
1995	89.0	35.0	29.0	60.0	80.0	101.0	41.0	49.0	83.0	73.0	57.0	68.0	101.0	2.00
1996	45.0	42.0	95.0	55.0	66.0	22.0	29.0	53.0	55.0	87.0	44.0	63.0	95.0	1.98
1997	31.0	67.0	29.0	41.0	11.0	65.0	0.0	0.0	35.0	72.0	40.0	26.0	72.0	1.86
1998	0.0	40.0	75.0	117.0	51.0	15.0	9.0	57.0	55.0	55.0	45.0	37.0	117.0	2.07
1999	38.0	99.0	60.0	53.0	48.0	55.0	24.0	10.0	90.0	117.0	33.0	43.0	117.0	2.07
2000	15.0	15.0	30.0	49.0	79.0	52.0	7.0	11.0	64.0	84.0	87.0	44.0	87.0	1.94
2001	92.0	90.0	64.0	24.0	90.0	54.0	54.0	0.0	56.6	85.0	32.0	65.0	92.0	1.96
2002	50.0	60.0	65.0	85.0	46.0	35.0	19.0	70.0	40.0	80.0	22.0	80.0	85.0	1.93
2003	50.0	43.0	49.0	29.0	40.0	70.0	130.0	66.0	84.0	90.0	78.0	42.0	130.0	2.11
2004	45.0	62.0	21.0	70.0	45.0	113.0	25.0	25.0	74.0	63.0	74.0	60.0	113.0	2.05
2005	16.0	70.0	55.0	11.0	70.0	40.0	16.0	10.0	15.0	85.0	48.0	30.0	85.0	1.93
2006	80.0	20.0	45.0	44.0	54.0	49.0	24.0	1.0	50.0	45.0	64.0	54.0	80.0	1.90
2007	70.0	5.0	50.0	80.0	72.0	80.0	19.0	28.0	0.0	50.0	74.0	42.0	80.0	1.90
2008	21.0	16.0	33.0	45.0	70.0	30.0	85.0	80.0	93.0	55.0	53.0	20.0	93.0	1.97
2009	45.0	85.0	60.0	24.0	5.0	25.0	0.0	32.0	30.0	80.0	24.0	130.0	130.0	2.11
2010	42.0	15.0	32.0	125.0	95.0	62.0	32.0	20.0	48.0	72.0	70.0	10.0	125.0	2.10
2011	132.0	26.0	60.0	62.0	24.0	22.0	72.0	38.0	46.0	47.0	65.0	25.0	132.0	2.12
2012	45.0	16.0	42.0	70.0	69.0	0.0	62.0	0.0	14.0	96.0	45.0	8.0	96.0	1.98
2013	25.0	85.0	55.0	38.0	80.0	114.0	15.0	39.0	26.0	50.0	45.0	8.0	114.0	2.06
2014	45.0	40.0	16.0	150.0	62.0	93.0	50.0	4.0	43.0	64.0	15.0	103.0	150.0	2.18
2015	45.0	25.0	58.0	95.0	30.0	75.0	0.0	0.0	30.0	23.0	68.0	28.0	95.0	1.98
2016	5.0	5.0	40.0	90.0	65.0	39.0	7.0	6.0	32.0	52.0	72.0	80.0	90.0	1.95
2017	50.0	10.0	71.0	62.0	50.0	75.0	10.0	10.0	40.0	45.0	70.0	21.0	75.0	1.88
2018	59.0	10.0	30.0	63.0	48.0	13.0	11.0	0.0	7.0	125.0	60.0	8.0	125.0	2.10
2019	45.0	75.0	53.0	69.0	99.0	20.0	35.0	0.0	36.0	26.0	7.0	36.0	99.0	2.00
2020	0.0	50.0	30.0	68.0	50.0	12.0	65.0	84.0	50.0	65.0	16.0	35.0	84.0	1.92
2021	105.0	20.0	55.0	42.0	85.0	80.0	15.0	85.0	50.0	60.0	49.0	80.0	105.0	2.02
2022	67.0	79.0	63.0	94.0	112.0	56.0	50.0	24.0	84.0	20.0	55.0	39.0	112.0	2.05
2023	59.0	77.0	18.0	83.0	60.0	0.0	0.0	45.0	20.0	16.0	55.0	70.0	83.0	1.92

MZ 5. CASA 16 URB. CANTABRIA
 TELEFONO 3187836823
 guamoamarillo2024@gmail.com
 Ibagué-Tolima

CONSORCIO DISEÑO PUENTE

NIT: 901.884.162-6

PARÁMETROS ESTADÍSTICOS	P24hr	Log(P24hr)
Número de datos (N)	23.00	29.000
Sumatoria	2373.00	58.040
Valor Máximo	150.00	2.176
Valor Mínimo	75.00	1.857
Media:	103.17	2.001
Varianza:	434.15	0.007
Desviación Estándar:	20.84	0.083
Coefficiente Variación:	0.20	0.042
Coefficiente de Sesgo:	0.60	0.2329
Se Considera:	Aplicar pruebas para detectar datos dudosos altos y bajos	

$n = 29.00$
 $K_n = 2.549$
 K_n : Valor recomendado, varía según el valor de n (significancia: 10%)

Umbral de datos dudosos altos (xH: unidad. Logarítmicas)

$$x_H = \bar{x} + k_n \cdot s \quad xH = 2.21$$

Precipitación máxima aceptaba

$$PH = 10^{xH} \quad PH = 163.69 \text{ mm}$$

NO EXISTEN DATOS DUDOSOS ALTO DE LA MUESTRA

Umbral de datos dudosos bajos (xL: unidad. Logarítmicas)

$$x_L = \bar{x} - k_n \cdot s \quad xL = 1.79$$

Precipitación mínima aceptaba

$$PL = 10^{xL} \quad PL = 61.48 \text{ mm}$$

NO EXISTEN DATOS DUDOSOS MINIMO DE LA MUESTRA

Tabla 6: registros de precipitación máxima de 24 horas(mm) resultados de datos dudosos, Estación SUAREZ [21180160].



Figura 12: OUTLIER - Estación SUAREZ [21180160].

CONSORCIO DISEÑO PUENTE

NIT: 901.884.162-6

▪ Llenado de Datos Faltantes

Previo al análisis de consistencia de las series y al análisis de homogeneidad, se realiza un llenado de datos faltantes, empleando los valores promedio mensuales multianuales para cada uno de los parámetros de las estaciones, las series mensuales de precipitación presentan un 0.5% de datos faltantes.

Para la estación SUAREZ [21180160] no se le hace el llenado ya que esta contiene las series completas mientras que la estación del GUAMO [21185030] si se le hace el llenado.

DATOS DE LA ESTACIÓN															
Estación:	GUAMO		Coordenadas		LONGITUD =		-74.98139		Cota =		332				
Denominación:	21185030				LATITUD =		4.0088								
DATOS MENSUALES DE PRECIPITACIÓN MÁXIMA EN 24 Hrs. (mm)															
AÑO/MES	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic	Precipitación máxima anual (mm/año)	Promedio Anual	Prec-Mín Anual
1995	18.2	4.2	12.0	66.2	32.1	31.1	22.2	133.5	57.1	70.5	39.2	54.7	133.5	45.08	4.2
1996	14.4	24.7	44.9	45.1	68.3	32.7	11.7	10.9	33.7	96.2	52.2	55.6	96.2	40.87	10.9
1997	32.8	70.5	8.5	38.0	45.6	65.0	0.5	4.6	16.0	32.8	37.2	59.3	70.5	34.23	0.5
1998	8.2	97.3	24.7	55.5	97.0	16.4	36.2	40.3	60.2	43.8	72.6	37.3	97.3	49.13	8.2
1999	6.1	33.5	33.5	53.0	79.2	38.2	67.2	16.7	49.7	86.2	27.7	22.2	86.2	42.77	6.1
2000	33.0	9.0	37.5	53.0	67.0	132.7	41.0	8.3	55.0	52.7	139.4	49.6	139.4	56.52	8.3
2001	52.7	34.4	57.0	52.5	102.4	39.0	68.3	0.0	53.3	36.5	57.0	75.0	102.4	52.34	0.0
2002	79.0	6.3	41.0	170.0	65.2	21.0	7.6	24.8	40.2	67.3	109.5	54.0	170.0	57.16	6.3
2003	13.3	0.0	32.0	74.5	24.7	52.5	44.0	35.0	40.2	31.8	25.0	67.6	74.5	36.72	0.0
2004	29.4	146.0	7.3	63.0	34.7	21.4	3.7	3.2	41.5	54.0	34.5	9.8	146.0	37.38	3.2
2005	31.0	6.0	59.8	20.3	70.1	7.9	16.9	15.0	37.6	52.0	52.4	35.0	70.1	33.67	6.0
2006	38.2	7.0	40.6	40.2	60.4	65.0	22.0	23.4	87.5	29.2	19.1	70.2	87.5	41.90	7.0
2007	39.0	17.0	30.0	38.7	64.5	24.3	73.2	10.2	1.6	51.2	70.7	95.0	95.0	42.95	1.6
2008	22.9	18.2	27.5	63.7	73.0	12.3	31.6	36.2	32.9	50.3	16.8	16.5	73.0	33.49	12.3
2009	44.1	38.5	83.5	42.5	53.4	16.6	1.0	47.7	49.6	31.4	35.5	65.5	83.5	42.44	1.0
2010	32.5	38.4	99.5	56.6	112.8	72.2	39.6	59.5	88.0	22.5	33.5	14.5	112.8	55.80	14.5
2011	28.4	123.0	89.2	116.5	27.5	40.1	20.1	30.7	95.5	12.6	50.6	65.3	123.0	58.29	12.6
2012	55.7	21.8	34.5	119.5	6.2	7.7	32.9	2.5	15.0	97.0	34.0	29.0	119.5	37.98	2.5
2013	7.0	39.1	7.4	61.4	76.0	80.3	45.4	32.5	46.2	44.4	70.9	33.9	80.3	45.38	7.0
2014	31.8	63.8	22.6	70.0	61.2	35.0	17.8	5.2	67.0	29.8	11.5	66.0	70.0	40.14	5.2
2015	94.6	31.0	34.2	95.7	82.4	42.0	0.0	0.0	29.8	36.8	75.4	15.2	95.7	44.76	0.0
2016	5.6	14.0	44.8	98.2	36.4	47.4	36.3	31.7	21.0	98.8	66.7	46.4	98.8	45.61	5.6
2017	48.4	17.0	65.0	78.4	53.7	66.5	22.3	70.0	28.4	51.3	55.5	14.2	78.4	47.56	14.2
2018	61.4	15.4	30.1	52.3	57.5	6.7	26.6	17.0	16.3	64.8	49.0	3.5	64.8	33.38	3.5
2019	8.7	51.0	41.0	119.6	82.8	21.4	37.6	0.0	27.3	53.8	76.2	35.5	119.6	46.24	0.0
2020	0.0	49.0	81.6	43.4	28.4	29.5	55.0	57.6	36.8	59.4	35.4	48.6	81.6	43.73	0.0
2021	21.0	34.2	76.6	89.5	45.6	87.2	48.8	84.7	54.4	77.4	89.6	38.4	89.6	62.28	21.0
2022	22.8	46.2	91.6	95.6	67.4	62.4	96.6	49.4	63.4	15.4	45.6	58.6	96.6	59.58	15.4
2023	54.6	77.7	18.4	57.6	99.8	15.6	26.8	74.2	27.4	44.2	36.6	46.4	99.8	48.28	15.6
Nº Datos	29	29	29	29	29	29	29	29	29	29	29	29			
Media Mensual	32.2	39.1	44.0	70.0	61.2	41.0	32.9	31.9	43.9	51.5	52.4	44.2	PRECIPITACIÓN MÁXIMA PROMEDIO MULTIANUAL (mm/año)	98.47	
Moda	#N/D	17	41	53	46	65	#N/D	0	40	#N/D	#N/D	46			
Mediana Mensual	31.0	33.5	37.5	61.4	64.5	35.0	31.6	24.8	40.2	51.2	49.0	46.4	PROM. MEDIA MENSUAL	45.37	
Desviación típica	22.6	35.5	26.7	32.2	25.6	28.9	23.5	31.0	22.6	23.5	28.3	22.6			
Prec-Max Mensual	95	146	100	170	113	133	97	134	96	99	139	95	PRO. MEDIANA MENSUAL	42.18	
Prec-Mín Mensual	0	0	7	20	6	7	0	0	2	13	12	4			
Coef. Asimetría	0.9	1.5	0.6	1.3	0.0	1.3	0.8	1.5	0.5	0.5	1.2	0.0			

Tabla 7: Llenado de Datos Faltantes de la estación GUAMO [21185030]

MZ 5. CASA 16 URB. CANTABRIA
 TELEFONO 3187836823
 guamoamarillo2024@gmail.com
 Ibagué-Tolima

6.4.2 Análisis de frecuencias hidrológicas

- Homogeneidad de las Series

El análisis de homogeneidad permite encontrar en una serie, si se han presentado cambios o tendencias en los estadísticos media y varianza. En caso de que existan dichos cambios se debe evaluar si los mismos obedecen a intervenciones humanas o si son consecuencia de fenómenos naturales. El análisis de homogeneidad para verificar la calidad de la información se abarca en dos etapas: análisis exploratorio y análisis confirmatorio.

El análisis exploratorio detecta los comportamientos específicos de la serie a partir del estudio gráfico de la muestra y el cálculo de estadísticos básicos. Existen varios procedimientos para hacer estos análisis, tales como gráficos de series de tiempo, gráficos de masa simple, gráficos de doble masa, gráficos de cuartiles, gráficos S-S, gráficos suavizados, gráficos de media móvil, etc. En el presente trabajo se empleó el gráfico de la serie de tiempo y las curvas de masa simple y doble masa.

A continuación, se aplica el método de curva de masa para analizar de forma gráfica si la serie tiende a ser homogénea, o si por el contrario se presentan cambios visibles en cuyo caso la serie haya sido alterada (Tabla 8).

De acuerdo con lo observado en las siguientes figuras, se aprecia una tendencia lineal del acumulado de los datos de precipitación mensual, lo que indica que las condiciones de medición de los parámetros en las estaciones, se ha mantenido constantes en el tiempo de registro ya que no se observan cambios significativos de la pendiente.

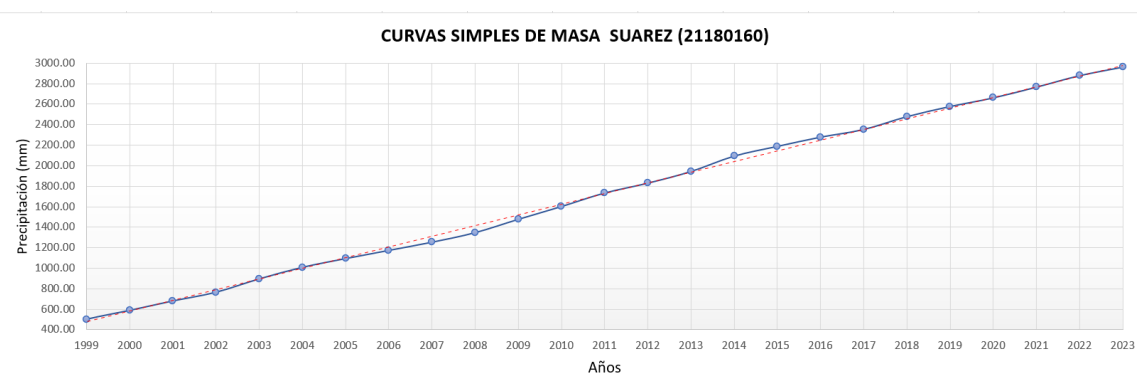


Figura 13: Curvas simples de masa para datos de precipitación ESTACIÓN SUAREZ [21180160].

CONSORCIO DISEÑO PUENTE

NIT: 901.884.162-6

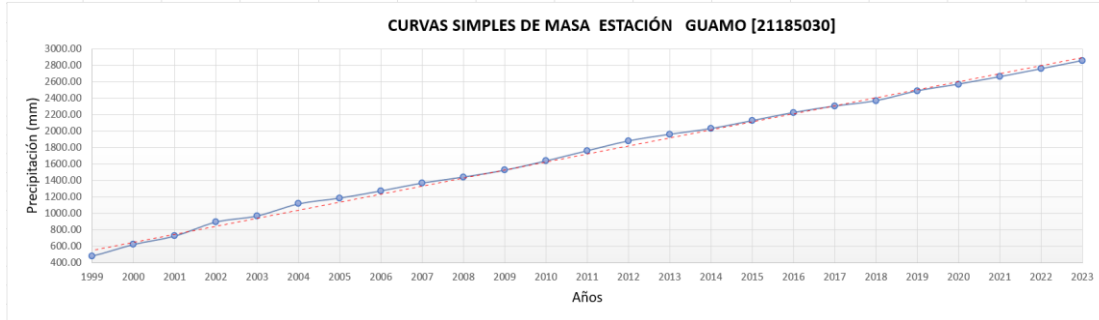


Figura 14: Curvas simples de masa para datos de precipitación ESTACIÓN GUAMO [21185030]

DATOS PARA EL ANÁLISIS DE CONSISTENCIA DE LAS ESTACIONES CURVAS SIMPLES DE MASA PARA DATOS DE PRECIPITACIÓN					
AÑO	ORDEN	(P _{pi}) PRECIPITACIÓN ESTACIÓN SUAREZ (21180160)	(ΣP _{pi}) PRECIPITACIÓN ACUMULADA ESTACIÓN SUAREZ (21180160)	(P _{pi}) PRECIPITACIÓN ESTACIÓN GUAMO [21185030]	(ΣP _{pi}) PRECIPITACIÓN ACUMULADA ESTACIÓN GUAMO [21185030]
1995	1	101.00	101.00	133.50	133.50
1996	2	95.00	196.00	96.20	229.70
1997	3	72.00	268.00	70.50	300.20
1998	4	117.00	385.00	97.30	397.50
1999	5	117.00	502.00	86.20	483.70
2000	6	87.00	589.00	139.40	623.10
2001	7	92.00	681.00	102.40	725.50
2002	8	85.00	766.00	170.00	895.50
2003	9	130.00	896.00	74.50	970.00
2004	10	113.00	1009.00	146.00	1116.00
2005	11	85.00	1094.00	70.10	1186.10
2006	12	80.00	1174.00	87.50	1273.60
2007	13	80.00	1254.00	95.00	1368.60
2008	14	93.00	1347.00	73.00	1441.60
2009	15	130.00	1477.00	83.50	1525.10
2010	16	125.00	1602.00	112.80	1637.90
2011	17	132.00	1734.00	123.00	1760.90
2012	18	96.00	1830.00	119.50	1880.40
2013	19	114.00	1944.00	80.30	1960.70
2014	20	150.00	2094.00	70.02	2030.72
2015	21	95.00	2189.00	95.70	2126.42
2016	22	90.00	2279.00	98.80	2225.22
2017	23	75.00	2354.00	78.40	2303.62
2018	24	125.00	2479.00	64.80	2368.42
2019	25	99.00	2578.00	119.60	2488.02
2020	26	84.00	2662.00	81.60	2569.62
2021	27	105.00	2767.00	89.60	2659.22
2022	28	112.00	2879.00	96.60	2755.82
2023	29	83.00	2962.00	99.80	2855.62

Tabla 8: Datos para el análisis de consistencia de las estaciones. curvas simples de masa datos de precipitación.

MZ 5. CASA 16 URB. CANTABRIA
 TELEFONO 3187836823
 guamoamarillo2024@gmail.com
 Ibagué-Tolima

CONSORCIO DISEÑO PUENTE

NIT: 901.884.162-6

En la figura 15 se muestran las curvas de doble masa que fueron construidas tomando como patrón las precipitaciones mensuales acumuladas de la estación SUAREZ [21180160], para un periodo de registro comprendido entre el año 1995 al año 2023. Una curva doble masa se construye llevando en las ordenadas los valores acumulados de la estación en estudio y en abscisas los valores acumulados de un patrón que en este caso fue la estación pluviométrica GUAMO [21185030]. Al igual que las curvas de masa simple las curvas de doble masa muestran series con características homogéneas.

DATOS PARA EL ANÁLISIS DE CONSISTENCIA DE LAS ESTACIONES CURVAS DE DOBLE MASA PARA DATOS DE PRECIPITACIÓN						
AÑO	ORDEN	(Ppi) PRECIPITACIÓN ESTACIÓN SUAREZ (21180160)	(Ppa 1) PRECIPITACIÓN ESTACIÓN GUAMO [21185030]	(Ppa) PRECIPITACIÓN MEDIA	(ΣPpi) PRECIPITACIÓN ACUMULADA ESTACIÓN SUAREZ (21180160)	(ΣPpa) PRECIPITACIÓN ACUMULADA
1995	1	101.00	133.50	133.50	101.00	133.50
1996	2	95.00	96.20	96.20	196.00	229.70
1997	3	72.00	70.50	70.50	268.00	300.20
1998	4	117.00	97.30	97.30	385.00	397.50
1999	5	117.00	86.20	86.20	502.00	483.70
2000	6	87.00	139.40	139.40	589.00	623.10
2001	7	92.00	102.40	102.40	681.00	725.50
2002	8	85.00	170.00	170.00	766.00	895.50
2003	9	130.00	74.50	74.50	896.00	970.00
2004	10	113.00	146.00	146.00	1009.00	1116.00
2005	11	85.00	70.10	70.10	1094.00	1186.10
2006	12	80.00	87.50	87.50	1174.00	1273.60
2007	13	80.00	95.00	95.00	1254.00	1368.60
2008	14	93.00	73.00	73.00	1347.00	1441.60
2009	15	130.00	83.50	83.50	1477.00	1525.10
2010	16	125.00	112.80	112.80	1602.00	1637.90
2011	17	132.00	123.00	123.00	1734.00	1760.90
2012	18	96.00	119.50	119.50	1830.00	1880.40
2013	19	114.00	80.30	80.30	1944.00	1960.70
2014	20	150.00	70.02	70.02	2094.00	2030.72
2015	21	95.00	95.70	95.70	2189.00	2126.42
2016	22	90.00	98.80	98.80	2279.00	2225.22
2017	23	75.00	78.40	78.40	2354.00	2303.62
2018	24	125.00	64.80	64.80	2479.00	2368.42
2019	25	99.00	119.60	119.60	2578.00	2488.02
2020	26	84.00	81.60	81.60	2662.00	2569.62
2021	27	105.00	89.60	89.60	2767.00	2659.22
2022	28	112.00	96.60	96.60	2879.00	2755.82
2023	29	83.00	99.80	99.80	2962.00	2855.62

Tabla 9: Análisis de consistencia curva de doble masa de la estación SUAREZ [21180160].

CONSORCIO DISEÑO PUENTE
NIT: 901.884.162-6

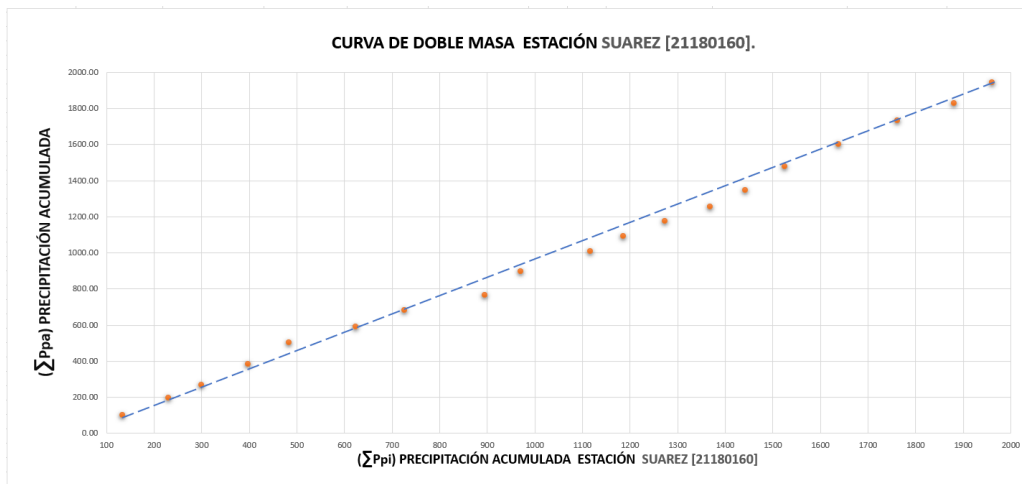


Figura 15: análisis de consistencia, Curva de doble masa ESTACIÓN SUAREZ [21180160].

CONSORCIO DISEÑO PUENTE

NIT: 901.884.162-6

6.4.3 Serie de datos seleccionada

Después de realizar el análisis de registros de las estaciones, se selecciona la estación pluviométrica SUAREZ [21180160]. Ya que contiene los datos completos de precipitación.

DATOS DE LA ESTACIÓN															
Estación:	SUAREZ		Coordenadas			LONGITUD =		-74.8415		Cota =		319			
Denominación:	21180160					LATITUD =		4.0559							
DATOS MENSUALES DE PRECIPITACIÓN MÁXIMA EN 24 Hrs. (mm)															
AÑO/MES	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic	Precipitación maxima anual (mm/año)	Promedio Anual	Prec-Min Anual
1995	89.0	35.0	29.0	60.0	80.0	101.0	41.0	49.0	83.0	73.0	57.0	68.0	101.0	63.75	29.0
1996	45.0	42.0	95.0	55.0	66.0	22.0	29.0	53.0	55.0	87.0	44.0	63.0	95.0	54.67	22.0
1997	31.0	67.0	29.0	41.0	11.0	65.0	0.0	0.0	35.0	72.0	40.0	26.0	72.0	34.75	0.0
1998	0.0	40.0	75.0	117.0	51.0	15.0	9.0	57.0	55.0	55.0	45.0	37.0	117.0	46.33	0.0
1999	38.0	99.0	60.0	53.0	48.0	55.0	24.0	10.0	90.0	117.0	33.0	43.0	117.0	55.83	10.0
2000	15.0	15.0	30.0	49.0	79.0	52.0	7.0	11.0	64.0	84.0	87.0	44.0	87.0	44.75	7.0
2001	92.0	90.0	64.0	24.0	90.0	54.0	54.0	0.0	56.6	85.0	32.0	65.0	92.0	58.88	0.0
2002	50.0	60.0	65.0	85.0	46.0	35.0	19.0	70.0	40.0	80.0	22.0	80.0	85.0	54.33	19.0
2003	50.0	43.0	49.0	29.0	40.0	70.0	130.0	66.0	84.0	90.0	78.0	42.0	130.0	64.25	29.0
2004	45.0	62.0	21.0	70.0	45.0	113.0	25.0	25.0	74.0	63.0	74.0	60.0	113.0	56.42	21.0
2005	16.0	70.0	55.0	11.0	70.0	40.0	16.0	10.0	15.0	85.0	48.0	30.0	85.0	38.83	10.0
2006	80.0	20.0	45.0	44.0	54.0	49.0	24.0	1.0	50.0	45.0	64.0	54.0	80.0	44.17	1.0
2007	70.0	5.0	50.0	80.0	72.0	80.0	19.0	28.0	0.0	50.0	74.0	42.0	80.0	47.50	0.0
2008	21.0	16.0	33.0	45.0	70.0	30.0	85.0	80.0	93.0	55.0	53.0	20.0	93.0	50.08	16.0
2009	45.0	85.0	60.0	24.0	5.0	25.0	0.0	32.0	30.0	80.0	24.0	130.0	130.0	45.00	0.0
2010	42.0	15.0	32.0	125.0	95.0	62.0	32.0	20.0	48.0	72.0	70.0	10.0	125.0	51.92	10.0
2011	132.0	26.0	60.0	62.0	24.0	22.0	72.0	38.0	46.0	47.0	65.0	25.0	132.0	51.58	22.0
2012	45.0	16.0	42.0	70.0	69.0	0.0	62.0	0.0	14.0	96.0	45.0	8.0	96.0	38.92	0.0
2013	25.0	85.0	55.0	38.0	80.0	114.0	15.0	39.0	26.0	50.0	45.0	8.0	114.0	48.33	8.0
2014	45.0	40.0	16.0	150.0	62.0	93.0	50.0	4.0	43.0	64.0	15.0	103.0	150.0	57.08	4.0
2015	45.0	25.0	58.0	95.0	30.0	75.0	0.0	0.0	30.0	23.0	68.0	28.0	95.0	39.75	0.0
2016	5.0	5.0	40.0	90.0	65.0	39.0	7.0	6.0	32.0	52.0	72.0	80.0	90.0	41.08	5.0
2017	50.0	10.0	71.0	62.0	50.0	75.0	10.0	10.0	40.0	45.0	70.0	21.0	75.0	42.83	10.0
2018	59.0	10.0	30.0	63.0	48.0	13.0	11.0	0.0	7.0	125.0	60.0	8.0	125.0	36.17	0.0
2019	45.0	75.0	53.0	69.0	99.0	20.0	35.0	0.0	36.0	26.0	7.0	36.0	99.0	41.75	0.0
2020	0.0	50.0	30.0	68.0	50.0	12.0	65.0	84.0	50.0	65.0	16.0	35.0	84.0	43.75	0.0
2021	105.0	20.0	55.0	42.0	85.0	80.0	15.0	85.0	50.0	60.0	49.0	80.0	105.0	60.50	15.0
2022	67.0	79.0	63.0	94.0	112.0	56.0	50.0	24.0	84.0	20.0	55.0	39.0	112.0	61.92	20.0
2023	59.0	77.0	18.0	83.0	60.0	0.0	0.0	45.0	20.0	16.0	55.0	70.0	83.0	41.92	0.0
Nº Datos	29	29	29	29	29	29	29	29	29	29	29	29			
Media Mensual	48.7	44.2	47.7	65.4	60.6	50.6	31.2	29.2	46.6	64.9	50.6	46.7	PRECIPITACIÓN MÁXIMA PROMEDIO MULTIANUAL (mm/año)		102.14
Moda	45	40	60	24	80	22	0	0	50	72	45	80			
Mediana Mensual	45.0	40.0	50.0	62.0	62.0	52.0	24.0	24.0	46.0	64.0	53.0	42.0	PROM. MEDIA MENSUAL		48.86
Desviación típica	30.7	29.4	18.8	31.5	25.1	32.4	30.1	28.4	25.0	26.6	20.7	29.6			
Prec-Max Mensual	132	99	95	150	112	114	130	85	93	125	87	130	PRO. MEDIANA MENSUAL		47.00
Prec-Min Mensual	0	5	16	11	5	0	0	0	0	16	7	8			
Coef. Asimetría	0.7	0.3	0.3	0.7	-0.2	0.3	1.5	0.7	0.2	0.2	-0.4	0.9			

Tabla 10: Valores mensuales de precipitación máxima en 24 Hrs. (mm) de la estación SUAREZ (21180160).

6.4.3.1 Análisis estadístico y probabilidad de valores máximos de precipitación.

En la Tabla 10: Valores mensuales de precipitación máxima en 24 Hrs. (mm) de la estación SUAREZ [21180160] se encuentra los datos de precipitación; se extraen las precipitaciones máximas anual y se hace el análisis.

En una serie de datos estadísticos de una estación, es indispensable resumir esta multitud de cifras en elementos característicos que definan la estación desde el punto de vista considerado. Se busca definir una serie de n observaciones de valores individuales x_i con $i \leq n$, desde siguientes puntos:

a. Valor central o dominante de la serie

Media: La media aritmética se define como:

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n} \quad [2.18]$$

Mediana: Se define como el valor que divide las frecuencias de una distribución de probabilidades en partes iguales o, en otras palabras, es el valor que ocurre con una probabilidad del 50%. El mismo concepto es aplicable a una tabla de frecuencias de una serie de datos agrupados en clases o categorías. La mediana, en problemas hidrológicos, es muchas veces la medida más conveniente de la tendencia central de una serie de datos, porque no se ve afectada por valores extremos.

Moda: Es el valor que ocurre con mayor frecuencia en una distribución de probabilidad o en una tabla de frecuencia de una serie de datos agrupados en clases o categorías.

b. Dispersión o fluctuación de diversas observaciones alrededor del valor central

Desviación Estándar, S: La desviación estándar o típica se define como:

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{X})^2}{n - 1}} \quad [2.19]$$

Varianza, Var:

$$\text{Var} = S^2 \quad [2.20]$$

Rango : Diferencia entre los valores mayor y menor de la serie.

CONSORCIO DISEÑO PUENTE

NIT: 901.884.162-6

Coefficiente de variación: Se define como la relación entre la desviación estándar y la media de la muestra:

$$c_v = \frac{S}{\bar{X}} \quad [2.21]$$

Coefficiente de asimetría o sesgo, Cs: Mide el grado de asimetría de los datos ordenados en relación con el valor medio.

$$C_s = \frac{a}{S^3} \quad [2.22]$$

$$a = \frac{n}{(n-1)(n-2)} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{X})^3 \quad [2.23]$$

Tabla estadística y probabilidad de valores máximos de precipitación anual estación SUAREZ [21180160].

AÑOS	PRECIPITACIÓN
1995	101.00
1996	95.00
1997	72.00
1998	117.00
1999	117.00
2000	87.00
2001	92.00
2002	85.00
2003	130.00
2004	113.00
2005	85.00
2006	80.00
2007	80.00
2008	93.00
2009	130.00
2010	125.00
2011	132.00
2012	96.00
2013	114.00
2014	150.00
2015	95.00
2016	90.00
2017	75.00
2018	125.00
2019	99.00
2020	84.00
2021	105.00
2022	112.00
2023	83.00
NÚMERO DE DATOS	29
MEDIA	102.138
DESVIACIÓN TÍPICA	20.01
COEF. ASIMETRÍA	0.54
MAXIMO	150.00
MINIMO	72.00

Tabla 11: Análisis estadístico y probabilidad de valores máximos de precipitación estación SUAREZ [21180160].

CONSORCIO DISEÑO PUENTE

NIT: 901.884.162-6

6.5 Delimitación de áreas de Drenaje

En la zona de estudio y donde se ubicará el proyecto se puede apreciar que es un terreno natural ondulado en el que se presentan diferentes depresiones del terreno, lo cual genera diferentes áreas aferentes dentro del proyecto y el área del mismo hace parte de las siguientes microcuencas de las descritas a continuación.

MICROCUECNA				
ID	Microcuenca hidrográfica	nombre de los drenajes	Zona hídrica	Área km ²
1	Directos Magdalena Sector La Chamba	Quebrada Inga	Rio Luisa	23.11
		Quebrada La Regalada		
		Quebrada Palito		
		Quebrada Peñonosa		
		Quebrada Tomial		

Tabla 12: tabla de la Microcuenca como punto de aforo Puente sobre la quebrada Tomial- vía Guamo-Suarez

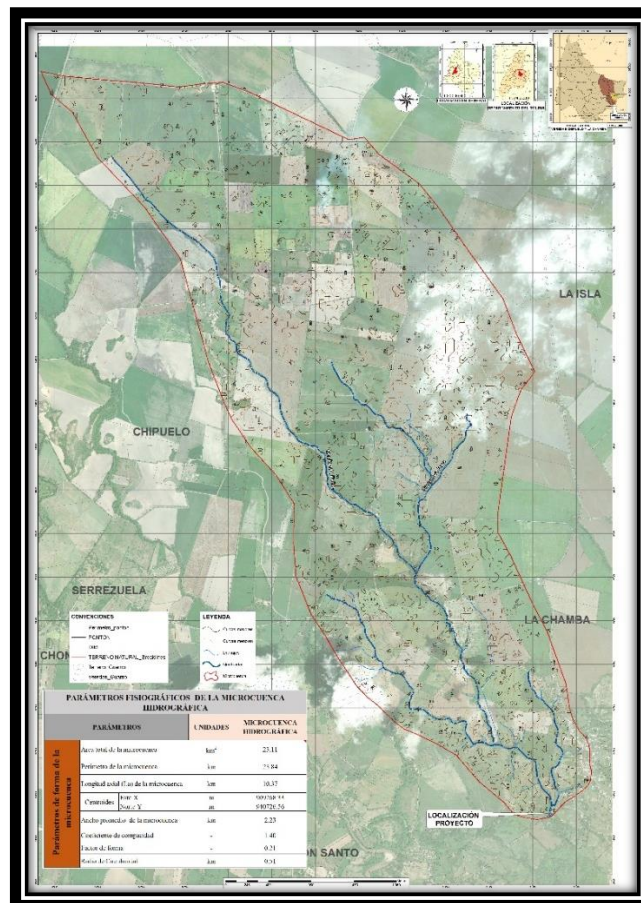


Figura 16: Microcuenca como punto de aforo Puente sobre la quebrada Tomial- vía Guamo-Suarez

MZ 5. CASA 16 URB. CANTABRIA
 TELEFONO 3187836823
 guamoamarillo2024@gmail.com
 Ibagué-Tolima

CONSORCIO DISEÑO PUENTE

NIT: 901.884.162-6

6.5.1 Evaluación de la cartografía de la zona

Para la elaboración y análisis geoespacial del presente estudio se consultaron diferentes fuentes de cartografía digital, a continuación, se nombran las que se utilizaron:

- Portal de Datos Abiertos Geográficos - Corporación Autónoma Regional del Tolima (CORTOLIMA) Clasificación y Codificación de Cuencas del departamento del Tolima de la zona de estudio.
- Se descargaron y consultaron los mapas de suelos del territorio colombiano departamento del Tolima y el mapa de coberturas de la tierra 2017. (CORTOLIMA)

6.5.2 Modelo digital del terreno (DEM) extraído de ALOS PALSAR

Se descargó el DEM de la zona con una resolución de 12,5mx12,5 m de <https://www.asf.alaska.edu>.DEM-(AP_26112_FBS_F0060_RT1). A partir de Clasificación_y_Codificación_de_Cuencas_del_departamento_del_Tolima (CORTOLIMA) y el DEM se obtuvieron la mayoría de los parámetros físicos de las cuencas, necesarios para el cálculo de caudales.

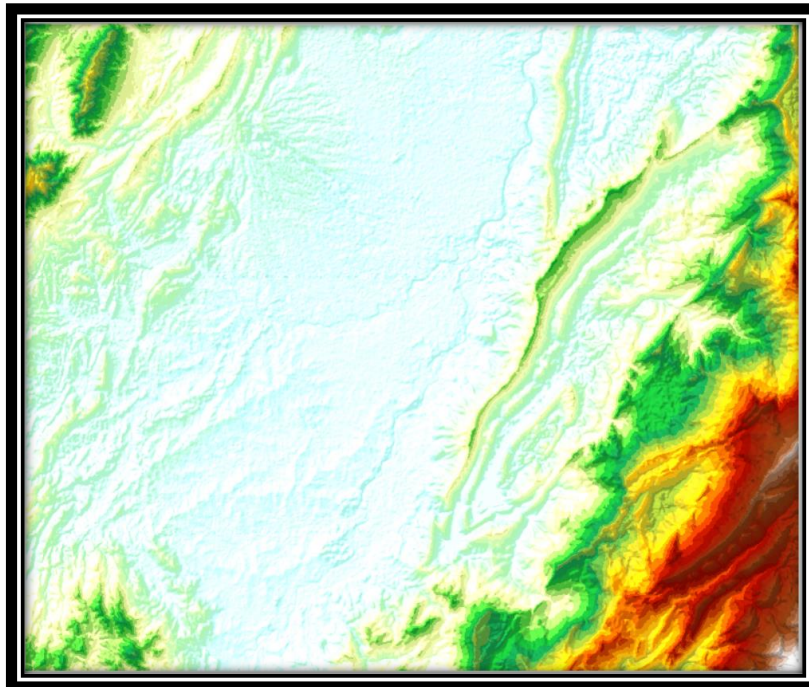


Figura 17: Identificación de zona de estudio en DEM-(AP_26112_FBS_F0060_RT1).

CONSORCIO DISEÑO PUENTE
NIT: 901.884.162-6

6.5.3 Delimitación de la Microcuenca como punto de aforo Puente sobre la quebrada Tomial- vía Guamo-Suarez.

Se obtuvieron los shapefile de Clasificación y Codificación de_Cuencas_del departamento del Tolima (CORTOLIMA) y se comparo con el resultado de la cuenca que se genero con el GDEM de ALOS PALSAR - Alaska Satellite Facility.

Los modelos digitales de elevación (DEM) son conjuntos de datos fundamentales que desempeñan un papel fundamental en una amplia gama de aplicaciones geoespaciales. En este estudio se utilizó el Modelo Digital Global de Elevación (GDEM) y los datos de Apertura Sintética Polarimétrica Radar (PALSAR) para un área de estudio específica. Nuestros hallazgos indican que, si bien los conjuntos de datos produjeron datos de elevación confiables, el ASTER GDEM fue el más adecuado para aplicaciones de modelado hidrológico, análisis del terreno y cartografía debido a su disponibilidad de productos de datos adicionales, y el DEM PALSAR era adecuado para la clasificación de la cubierta terrestre y las aplicaciones que requieren datos de elevación de alta resolución.

Se seleccionó los DEM obtenidos generado a partir de ASTER GDEM y Datos de PALSAR para el área de estudio. Analizamos los conjuntos de datos por su resolución espacial, área de cobertura y calidad.

6.5.4 Parámetros morfométricos

Para el cálculo de las características hidrográficas de la microcuenca, se toma como base la cartografía básica y se determina los principales parámetros, tales como el área, perímetro, longitud del cauce, cotas máximas y mínimas, etc. De acuerdo con lo planteado a continuación se detallan los parámetros morfométricos calculados de toda la microcuenca hidrográfica quebrada las Panelas como punto de aforo puente vehicular.

CONSORCIO DISEÑO PUENTE

NIT: 901.884.162-6

PARÁMETROS FISIográfICOS DE LA MICROCUENCA HIDROGRÁFICA			
PARÁMETROS		UNIDADES	MICROCUENCA HIDROGRÁFICA
Parámetros de forma de la microcuenca	Área total de la microcuenca	km ²	23.11
	Perímetro de la microcuenca	km	23.84
	Longitud axial (La) de la microcuenca	km	10.37
	Centroides	Este X	909268.33
		Norte Y	940726.56
	Ancho promedio de la microcuenca	km	2.23
	Coefficiente de compacidad	-	1.40
	Factor de forma	-	0.21
	Radio de Circularidad	km	0.51

Tabla 13: Parámetros fisiográficos de la Microcuenca como punto de aforo Puente sobre la quebrada Tomial- vía Guamo-Suarez

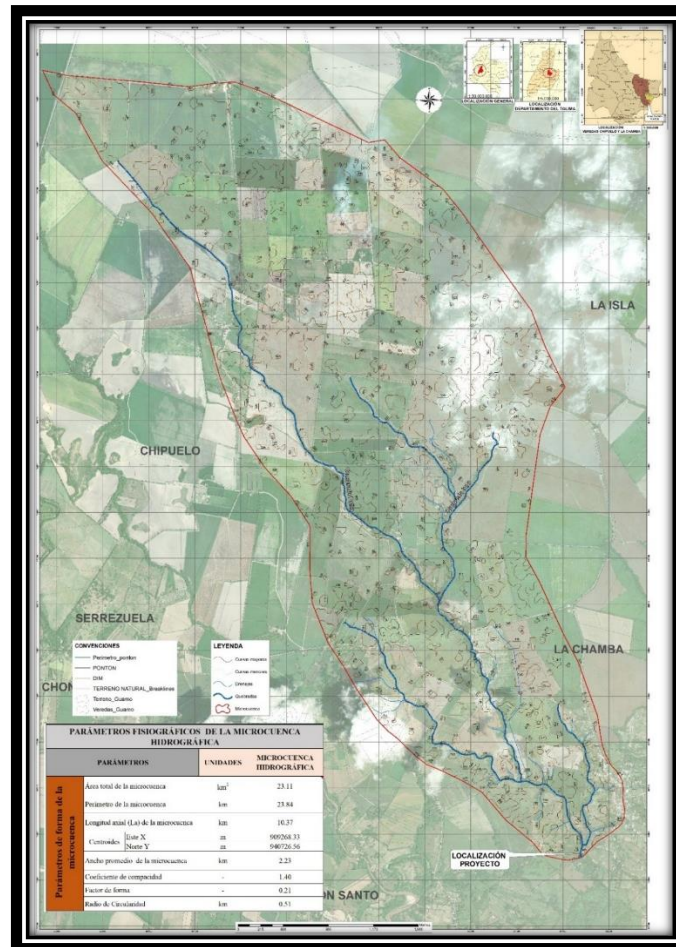


Figura 18: Microcuenca Hidrográfica como punto de aforo Puente sobre la quebrada Tomial- vía Guamo-Suarez

MZ 5. CASA 16 URB. CANTABRIA
 TELEFONO 3187836823
 guamoamarillo2024@gmail.com
 Ibagué-Tolima

CONSORCIO DISEÑO PUENTE

NIT: 901.884.162-6

- **Área (A):** El área de la cuenca limitada en el terreno por la divisoria de aguas. (Km²).

Area (km ²)	Description
< 25	Muy pequeña
25 a 250	Pequeña
250 a 500	Intermedia- pequeña
500 a 2500	Intermedia- Grande
2500 a 5000	Grande
> 5000	Muy Grande

Tabla 14: Área de la cuenca según el límite del terreno por la divisoria de aguas

- **Perímetro (P):** La longitud de la divisoria de aguas. (Km).
- **Longitud Axial (L):** Distancia en línea recta entre la parte más alta de la cuenca, y la parte más baja o de desembocadura. (km).
- **Ancho Promedio (B):** Relación entre el ancho medio y la longitud del cauce principal de la cuenca. El ancho medio se obtiene dividiendo el área de la cuenca por la longitud del cauce principal. (m)

$$B = \frac{A}{L}$$

Índice de Gravelius o Coeficiente de Compacidad (Kc): Relación entre el perímetro de la cuenca y el perímetro de una circunferencia de área igual a la de la cuenca. Siendo así, cuanto más irregular sea la cuenca, mayor será su coeficiente de compacidad. Una cuenca circular tendrá un coeficiente mínimo, igual a 1.

$$K_f = 0.282 \frac{P}{\sqrt{A}}$$

Cuanto más irregular sea la cuenca, mayor será su coeficiente de compacidad. a partir de este se define la forma de la cuenca tomando como criterio los rangos que se muestran a continuación:

Clase Kc1: Rango entre 1 y 1.25. Corresponde a una forma redonda a oval redonda

Clase Kc2: Rango entre 1.25 y 1.5 Corresponde a una forma oval redonda a oval oblonga

CONSORCIO DISEÑO PUENTE
NIT: 901.884.162-6

Clase Kc3: Rango entre 1.5 y mayor Corresponde a una forma oval oblonga a rectangular oblonga.

Si se asocia el Coeficiente de Compacidad con el Tiempo de Concentración, se tienen que en el caso mayor Coeficiente de Compacidad mayor es el tiempo de Concentración y, de allí, es de esperarse que la magnitud de la escorrentía generada por una precipitación en ella sea menor que en aquella que posee el menor Coeficiente de Compacidad Sinuosidad del cauce. Para las cuencas de análisis los valores indican que tienen forma rectangular oblonga con tiempos de concentración largos.

- **Coeficiente de Forma o factor de forma:** Índice propuesto por Gravelius es la relación entre el área A de la cuenca y el cuadrado del máximo recorrido (L). Este parámetro mide la tendencia de la cuenca hacia las crecidas, rápidas y muy intensas a lentas y sostenidas, según que su factor de forma tienda hacia valores extremos grandes o pequeños, respectivamente.

$$K_f = \frac{A}{L^2}$$

Una cuenca con factor de forma bajo está menos sujeta a crecientes que otra del mismo tamaño. Se entiende que:

$F > 1$ la cuenca es achatada con tendencia a ocurrencia de avenidas.

$F < 1$ la cuenca es alargada con baja susceptibilidad a las avenidas.

Los cálculos del coeficiente de forma indican que las cuencas en general son alargadas, por lo que se espera que las mismas no tiendan a concentrar flujos, es decir, no presentan tendencia a desarrollar procesos de tipo torrencial.

- **Cota Mayor (Hmax):** La mayor altura que se presenta en la cuenca. (msnm)
- **Cota Mayor (Hmin):** La menor altura que se presenta en la cuenca. (msnm)
- **Pendiente Media (Sm):** La inclinación del cauce principal, definida por la diferencia en elevación entre la cota mayor y la cota menor dividida por la longitud axial de la cuenca.
- **Altura Media de la Cuenca:** La elevación media a la que se ubica la cuenca definida en msnm.

CONSORCIO DISEÑO PUENTE

NIT: 901.884.162-6

Patrón de Drenaje: Según Blecher (1978). Los Patrones de Drenaje son los modelos formados por los canales que colectan, llevan y descargan el agua desde la superficie de las formas de la tierra.

- **Longitud de Drenajes:** Es la longitud total de los cursos de agua de la cuenca. (Km)
- **Densidad de Drenajes:** Es la relación entre la longitud total de los cursos de agua de la cuenca y su área total. (m/Km²)
- Longitud del Cauce Principal: Recorrido total del cauce principal, hasta su desembocadura.

I. VARIABLE SUPERFICIAL

Área de la Microcuenca(A). - El cálculo se realiza por medio de la representación gráfica de la cuenca, mediante el uso de sistemas geo informáticos como Arcgis, Qgis, etc.

Área total de la cuenca hidrográfica río Saldaña: 23.11 Km²

II. VARIABLES LINEALES

- **Perímetro(P):** 23.84 km.

- **Longitud total de los cauces (Lt):** Es la sumatoria total de las longitudes de los drenajesríos, la unidad de medida es en Km

Ltc: 27.23 Km

- **Longitud de cauce principal (Lcp):** Es la distancia del cauce principal desde el río receptor hasta su nacimiento cerca de la divisoria. Este parámetro influye en el tiempo de concentración y en la mayoría de los índices morfométricos. Se obtiene a partir del mapa digitalizado de la red de drenaje.

Lcp: 10.02 Km

CONSORCIO DISEÑO PUENTE
NIT: 901.884.162-6

Tabla N° 1 Clases de valores de longitud de cauce principal

Rangos de longitud (km)	Clases de longitud del cauce
< 11	Corto
11-15	Mediano
>15	Largo

Fuente: Delgado, 2011

- **Longitud de cauces secundarios (Lcs):** Es la sumatoria total de todos los drenajes tributarios al río principal

Lcs: 17.22 km

- **Longitud axial (La):** Es la longitud en línea recta del eje mayor de la cuenca

La: 10.37 Km

- **Ancho medio (Am):** Es el promedio del ancho medido en varias secciones de la cuenca. También se ha definido como el cociente entre el área y la longitud axial.

$$Am = \frac{A}{La}$$

$$Am = \frac{23.11 \text{ Km}^2}{10.37 \text{ km}}$$

$$Am = 2.23 \text{ km}$$

- **Longitud total de curvas a nivel (Ltcn):** Es la suma de las longitudes de todas las curvas de nivel dentro de la cuenca.

$$Ltcn = 1037821.806 \text{ m (1037.822 Km)}$$

- **Orden de la corriente (Oc):** Se obtiene mediante la agregación de corrientes, considerando una corriente de primer orden a aquella que no tiene afluentes, una de segundo orden aquella donde se unen dos corrientes de primer orden, una de tercero donde confluyen dos de segundo orden y así sucesivamente.

Este índice indica el grado de estructura de la red de drenaje. En general, mientras mayor sea el grado de corriente, mayor será la red y su estructura más definida. Asimismo, un mayor orden indica en general la presencia de controles estructurales del relieve y mayor posibilidad de erosión o bien, que la cuenca podría ser más antigua en determinados tipos de relieve.

CONSORCIO DISEÑO PUENTE

NIT: 901.884.162-6

Tabla N°2 Clase de orden de corriente

Rangos de ordenes	Clases de orden
< 3	Bajo
3 - 6	Medio
> 6	Alto

Fuente: Delgado, 2011

ORDEN		RANGO DE ORDEN
1	1	2
2	1	2
2	2	3
2	3	3

Tabla 15: Clase de orden de corrientes de la Microcuenca Hidrográfica como punto de aforo Puente sobre la quebrada Tomial- vía Guamo-Suarez

PARÁMETROS RED HIDROGRÁFICA DE LA MICROCUENCA			
PARÁMETROS		UNIDAD DE MEDIDA	Cuenca Hidrográfica
Parámetros de la red hidrográfica de la microcuenca	Tipo de corriente		-
	Número de orden de los drenajes	Orden 1	-
		Orden 2	27
		Orden 3	17
		Orden 4	9
		Orden 5	-
		N° Total de ríos	53
		Grado de ramificación	3
	Frecuencia de densidad de los drenajes (Dr)		Drenajes/km ²
	Cotas del cauce principal	Altitud máxima (Hmax)	2.29
		Altitud mínima (Hmin)	333.00
	Longitud del drenaje Principal		msnm
	Pendiente media del drenaje Principal (Sm)		305.45
	Altura media del drenaje Principal (H)		Km
	Tiempo de concentración (Tc)		m/m
	Longitud total de los drenajes (Lt)		msnm
	Densidad de los drenajes (Dd)		13.77
	Extensión media del escurrimiento superficial (E)		horas
	Lag time		km
			1.18
			0.849
			191.00

Tabla 16: Parámetros red hidrográfica de la Microcuenca Hidrográfica como punto de aforo Puente sobre la quebrada Tomial- vía Guamo-Suarez

CONSORCIO DISEÑO PUENTE
NIT: 901.884.162-6

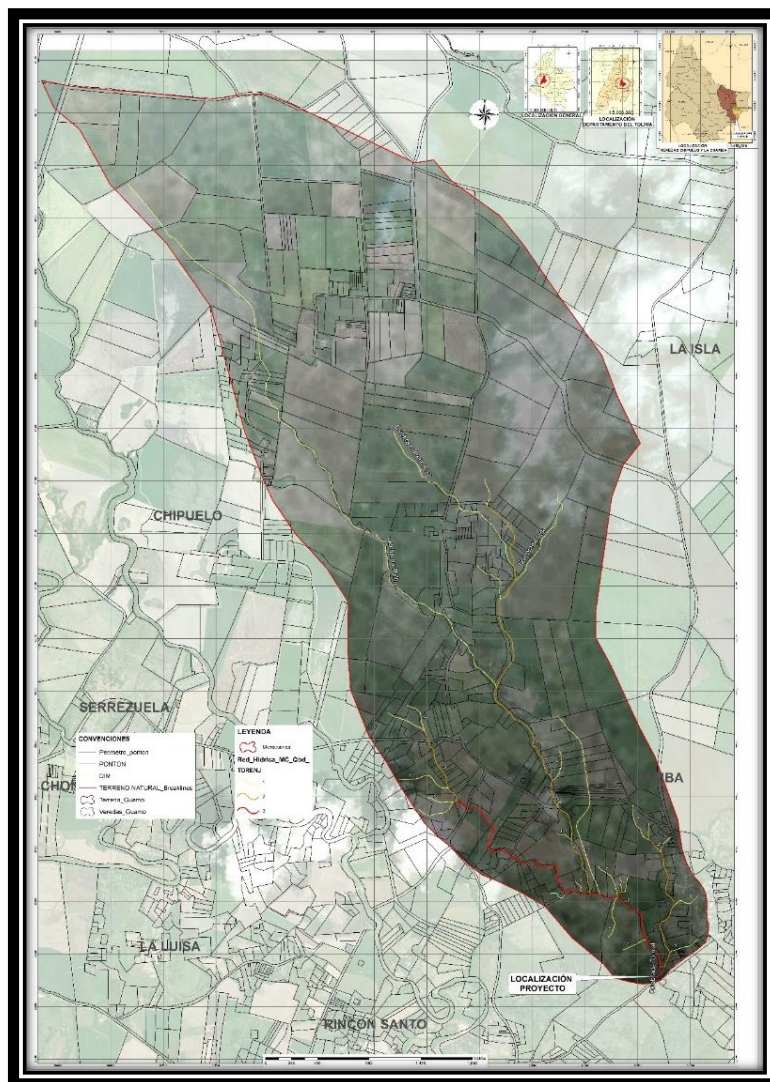


Figura 19: Red hídrica Microcuenca Hidrográfica como punto de aforo Puente sobre la quebrada Tomial- vía Guamo-Suarez.

- **Numero de escurrimientos (Nesc):** Es la cantidad de afluentes naturales de la cuenca. Se contabiliza mediante SIG a través del número de segmentos marcados en el mapa digitalizado. Constituye una medida de la energía de la cuenca, de la capacidad de captación de agua y de la magnitud de la red fluvial. Un mayor número de escurrimientos proporciona un mejor drenaje de la cuenca y por tanto, favorece el escurrimiento

Nesc= 53

MZ 5. CASA 16 URB. CANTABRIA
TELEFONO 3187836823
guamoamarillo2024@gmail.com
Ibagué-Tolima

CONSORCIO DISEÑO PUENTE
NIT: 901.884.162-6

Tabla N° 3 Clase de valores escurrimientos

Rangos de escurrimiento	Clases
0-170	Bajo
170-340	Medio
>340	Alto

Fuente: Delgado, 2011

III. VARIABLES DE DESNIVEL

- **Diferencia de elevación de cauce (Ecp):** Es la diferencia entre la altitud del punto más alto y más bajo del cauce.

Punto más alto= 333.00 m.s.n.m

Punto más bajo= 305.450 m.s.n.m

Ecp= 27.55 m

- **Pendiente media del cauce principal (Sc):** La pendiente del cauce se la puede estimar por diferentes métodos, uno de ellos es el de los valores extremos, el cual consiste en determinar el desnivel H entre los puntos más elevado y más bajo del río en estudio y luego dividirlo entre la longitud del mismo cauce

$$Sc = \frac{H_{\max} - H_{\min}}{L} \times 100$$

Hmax: cota máxima del cauce principal

Hmin: cota mínima del cauce principal

L: Longitud de cauce principal en m

$$Sc = \frac{333 - 305.45}{10.02 (1000)} \times 100$$

$$Sc = 0.28 \%$$

Tabla N° 4 Clase de valores de pendiente de cauce

Rangos de pendiente (%)	Clases
<10	Suave
10-30	Moderada
>30	Fuerte

Fuente: Delgado, 2011

CONSORCIO DISEÑO PUENTE

NIT: 901.884.162-6

Según el resultado calculado y en comparación con la tabla de valores de pendientes de cuenca principal, la microcuenca hidrográfica tiene una clase de pendiente suave.

- **Diferencia de elevación de la cuenca (Es):** Es la diferencia en metros, entre la altitud del punto más elevado en la divisoria y a la salida de la cuenca. La variación altitudinal de una cuenca hidrográfica incide directamente sobre su distribución térmica y por lo tanto en la existencia de microclimas y hábitats muy característicos de acuerdo a las condiciones locales reinantes. Constituye un criterio de la variación territorial del escurrimiento resultante de una región, el cual, da una base para caracterizar zonas climatológicas y ecológicas de ella (Delgado, 2011).

Altitud más elevada de la divisoria: 339.116

Altitud en la salida de la cuenca: 305.45

Es= 33.66 m

Tabla N° 5 Clase de valores de elevación media (m)

Rangos de elevación	Clases de elevación
< 200	Baja
200- 500	Media
>500	Alta

Fuente: Delgado, 2011

Según el resultado calculado y en comparación con la tabla de valores de elevaciones, la microcuenca hidrográfica tiene una clase de elevación baja.

- **Pendiente media de la cuenca (S):** La pendiente media constituye un elemento importante en el efecto del agua al caer a la superficie, por la velocidad que adquiere y la erosión que produce.

La pendiente es la variación de la inclinación de una cuenca; su determinación es importante para definir el comportamiento de la cuenca respecto al desplazamiento de las capas de suelo (erosión o sedimentación), puesto que, en zonas de altas pendientes, se presentan con mayor frecuencia los problemas de erosión mientras que en regiones planas aparecen principalmente problemas de drenaje y sedimentación.

La pendiente media de la cuenca se estima con base en un plano topográfico que contenga las curvas de nivel o en el modelo de elevación digital de 8 x 8 metros, empleando el método de Alvord.

CONSORCIO DISEÑO PUENTE

NIT: 901.884.162-6

De acuerdo con el uso del suelo y la red de drenaje, la pendiente influye en el comportamiento de la cuenca afectando directamente el escurrimiento de las aguas lluvias; esto es, en la magnitud y en el tiempo de formación de una creciente en el cauce principal. En cuencas de pendientes fuertes existe la tendencia a la generación de crecientes en los ríos en tiempos relativamente cortos; estas cuencas se conocen como torrenciales, igual que los ríos que las drenan.

En la tabla 25 se muestra la clasificación de la microcuenca según la pendiente.

PENDIENTES DE LA MICROCUENCA HIDROGRÁFICA	
PENDIENTES	TIPO DE RELIEVE
Menores o Igual a 3%	Plano
3.01% - 7%	Suave
7.01% - 12%	Medianamente Accidentado
12.01% - 20%	Accidentado
20.01% - 35%	Fuertemente Accidentado
Mayores o igual a 35.01%	Muy Fuertemente Accidentado

Tabla 17: Clasificación de la Microcuenca Hidrográfica como punto de aforo Puente sobre la quebrada Tomial-vía Guamo-Suarez.

En el método de Alvord, se divide la cuenca en franjas altitudinales y se obtiene la pendiente media de la cuenca al ponderar la pendiente hallada para cada franja en función de su área.

$$S_m = \frac{L * D}{A}$$

Dónde:

S_m: Pendiente media de la cuenca

D : Diferencia entre curvas de nivel

L : Longitud total de las curvas de nivel

A : Área de la cuenca en metros

$$S_m = \left(\frac{1037821.806 * 1}{23107641.5335} \right)$$

$$S_m = 0.045$$

CONSORCIO DISEÑO PUENTE
NIT: 901.884.162-6

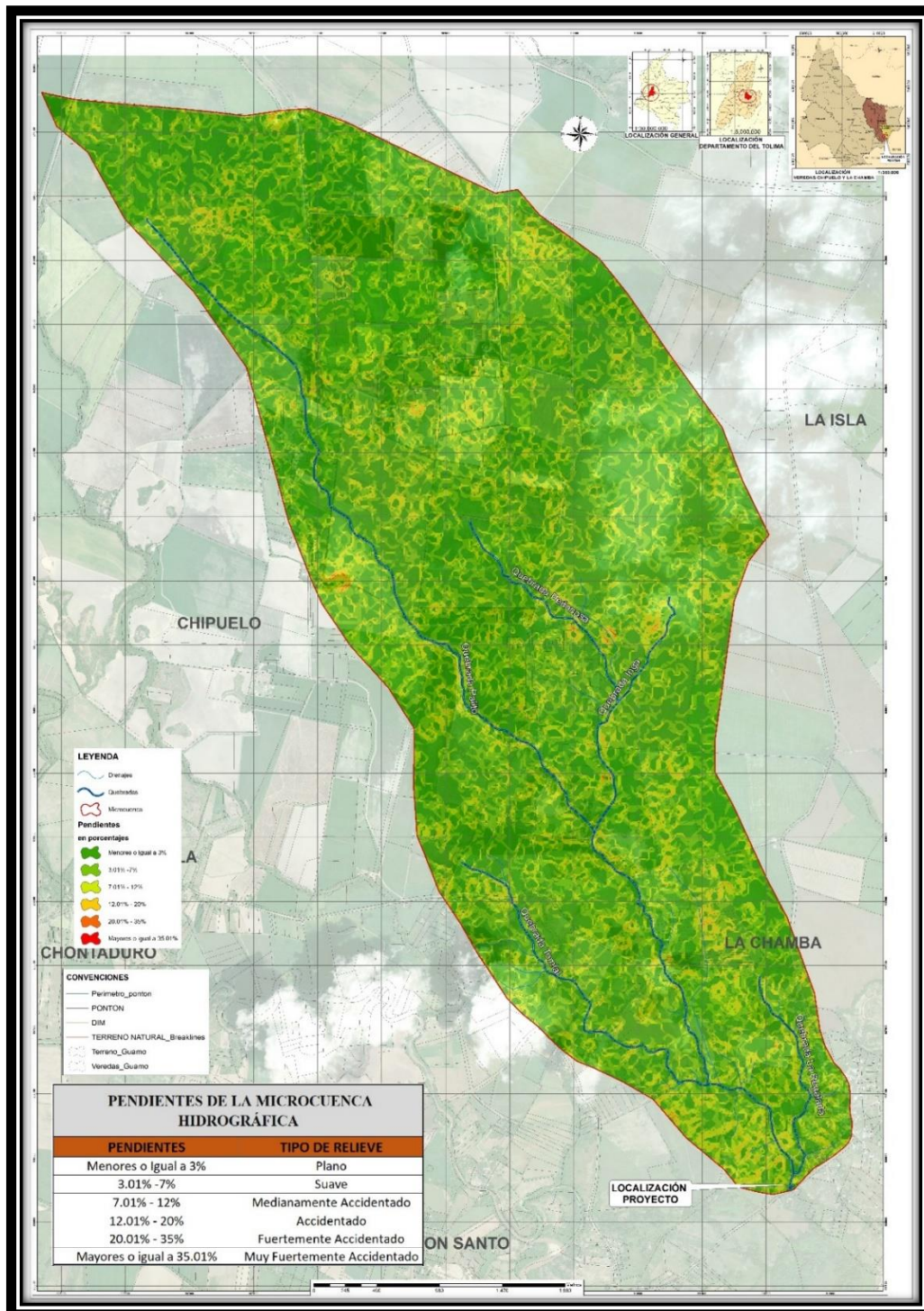


Figura 20: Mapa de pendientes Microcuenca Hidrográfica como punto de aforo Puente sobre la quebrada Tomial- vía Guamo-Suarez.

MZ 5. CASA 16 URB. CANTABRIA
 TELEFONO 3187836823
 guamoamarillo2024@gmail.com
 Ibagué-Tolima

CONSORCIO DISEÑO PUENTE
NIT: 901.884.162-6

IV. VARIABLES DE DESNIVEL

- **Densidad de drenaje (Dd):** La densidad de drenaje es la densidad de cauces por unidad de área. Permite tener un mejor conocimiento de la complejidad y desarrollo del sistema de drenaje de la cuenca. En general, una mayor densidad de escurrimientos indica mayor estructuración de la red fluvial, o bien que existe mayor potencial de erosión (Delgado, 2011).

$$D_d = \frac{\sum L_i}{A} \dots \dots \frac{Km}{Km^2}$$

Li: Longitud de las corrientes efímeras, intermitentes y perennes de la cuenca

A: Área de la cuenca

$$D_d = \frac{27.23 \text{ Km}}{23.11 \text{ Km}^2}$$

$$D_d = 1.178 \text{ Km}$$

Tabla N° 7 Rango y clase de densidad

Rangos de densidad	Clases
<5	Baja
5-10	Moderada
>10	Alta

Fuente: Delgado, 2011

Según el resultado calculado y en comparación con la tabla de valores de densidad, la microcuenca hidrográfica tiene una clase de densidad baja.

- **Forma de la cuenca:** Cuencas con la misma área y el mismo perímetro pueden tener formas diferentes, lo cual crea también dos comportamientos diferentes en la generación de las crecidas. Para evaluar la forma se usan los siguientes índices:

a. Coeficiente de compacidad (Kc) o de Gravelius

Compara la forma de la cuenca con la de una circunferencia, cuyo círculo inscrito tiene la misma área de la cuenca en estudio. **Kc** se define como la razón entre el perímetro de la cuenca que es la misma longitud del parte aguas que la encierra y el

CONSORCIO DISEÑO PUENTE

NIT: 901.884.162-6

perímetro de la circunferencia. Las cuencas que tienden a una forma circular, tienen mayor facilidad para concentrar la escorrentía. Sin embargo, las cuencas alargadas presentan alta peligrosidad a las crecidas cuando la tormenta se mueve en la dirección aguas abajo (Delgado, 2011).

$$Kc_g = 0.28 \left(\frac{P}{\sqrt{A}} \right)$$

Kc_g : Coeficiente de compacidad o de gravelius

P: Perímetro de la cuenca en Km

A: Área de la cuenca en Km²

$$Kc_g = 0.282 \left(\frac{23.84 \text{ Km}}{\sqrt{23.11 \text{ Km}^2}} \right)$$

$$Kc_g = 1.40$$

Tabla N° 8 Clases de valores de compacidad

Rangos de K_c	Clases de compacidad
< 1.25	Redonda a oval redonda
1.25 – 1.50	De oval redonda a oval oblonga
1.50 – 1.75	De oval oblonga a rectangular oblonga

Fuente: Delgado, 2011

Con el resultado obtenido y en comparación con la tabla de valores de compacidad, la microcuenca hidrográfica tiene una clase de compacidad de oval redonda a oval oblonga.

b. Coeficiente de forma (K_f):

Este índice, propuesto por Gravelius, se estima a partir de la relación entre el área de captación y la longitud axial de la cuenca, longitud que se mide desde la salida hasta el punto más alejado a ésta. Este factor relaciona la forma de la cuenca con la de un cuadrado, correspondiendo un **$K_f = 1$** para regiones con esta forma, que es

CONSORCIO DISEÑO PUENTE

NIT: 901.884.162-6

imaginaria. Un valor de **K_f** superior a la unidad nos proporciona el grado de achatamiento de la cuenca o el de un río principal corto. En consecuencia, con tendencia a concentrar el escurrimiento de una lluvia intensa formando fácilmente grandes crecidas (Delgado, 2011).

$$K_f = \frac{A}{L_a^2}$$

K_f: Coeficiente de forma

A: Área de la cuenca en Km²

L_a: Longitud axial km

$$K_f = \frac{23.11 \text{ Km}^2}{(10.37 \text{ Km})^2}$$

$$K_f = 0.21$$

Tabla N° 9 Clases de valores de forma

Rangos de K _f	Clases de forma
<0,2	Muy poco achatada
0,2 – 0,5	Ligeramente achatada
>0,5	Moderadamente achatada

Fuente: Delgado, 2011

Según el cálculo que resultó y en comparación con la Tabla N° 9, la microcuenca hidrográfica es Ligeramente achatada.

c. Índice de alargamiento (I_a):

Este índice propuesto por Horton, relaciona la longitud máxima encontrada en la cuenca, medida en el sentido del río principal y el ancho máximo de ella medido perpendicularmente; se calcula de acuerdo a la fórmula siguiente.

$$I_a = \left(\frac{L_m}{I} \right)$$

I_a: Índice de alargamiento

L_m: Longitud máxima de la cuenca

CONSORCIO DISEÑO PUENTE
NIT: 901.884.162-6

I: Ancho máximo de la cuenca

$$Ia = \left(\frac{10.37 \text{ Km}}{2.23 \text{ Km}} \right) = 4.66$$

Tabla N° 10 rango de índice de alargamiento.

Rangos de I	Clases de alargamiento
< 1,4	Poco alargada
1,4-3,0	Moderadamente alargada
>3,0	Muy alargada

Fuente: Delgado, 2011

Analizando el resultado obtenido y en comparación con la tabla N° 10, la microcuenca hidrográfica es Muy alargada.

d. Curva hipsométrica:

La curva hipsométrica permite estimar la etapa de la cuenca en su desarrollo geomorfológico y analizar la cuenca según niveles altitudinales. En este sentido, se puede relacionar la altitud con la distribución de la precipitación sobre el territorio. Para obtener la elevación media se aplica un método basado en la siguiente tabla.

$$H = \frac{\sum ci. ai}{A}$$

H = elevación media de la cuenca

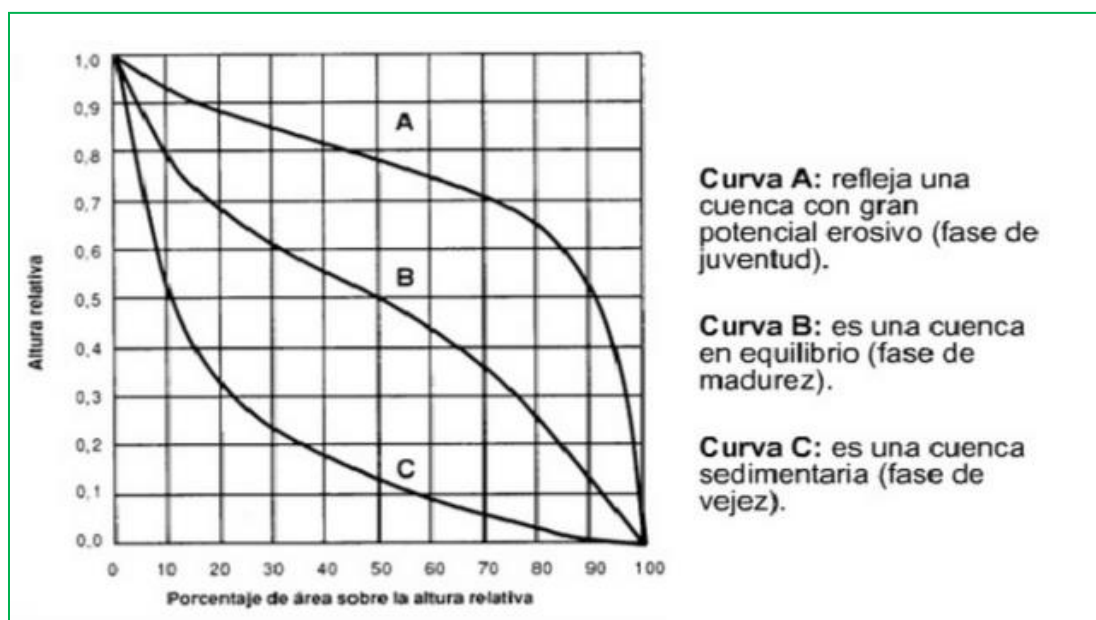
ci = cota media del área i, delimitada por 2 curvas de nivel

ai = área i entre curvas de nivel

A = área total de la cuenca en Km²

CONSORCIO DISEÑO PUENTE

NIT: 901.884.162-6



CURVA HIPSONÉTICA, CARACTERÍSTICAS DE LA MICROCUENCA									
CUADRO DE ÁREAS ENTRE CURVAS DE NIVEL									
Nº	COTA (msnm)			Área (km ²)					Ci*Ai
	Minima	Máxima	Promedio "Ci"	Área Parcial (km ²) "Ai"	Área Acumulada (km ²)	Área que queda sobre la superficie (km ²)	Porcentaje de área entre C.N.	Porcentaje de área sobre C.N.	
1	302	304	302.9	0.01	0.01	23.11	0.03%	100.0	2.00
2	304	306	304.9	0.02	0.03	23.10	0.11%	100.0	7.53
3	306	308	306.9	0.10	0.13	23.08	0.43%	99.9	30.30
4	308	310	308.9	0.35	0.48	22.98	1.50%	99.4	106.74
5	310	312	310.9	1.20	1.67	22.63	5.17%	97.9	371.64
6	312	314	312.9	2.00	3.67	21.44	8.64%	92.8	624.61
7	314	316	314.9	1.93	5.59	19.44	8.33%	84.1	606.47
8	316	318	316.9	1.83	7.43	17.51	7.93%	75.8	581.07
9	318	320	318.9	2.36	9.79	15.68	10.21%	67.9	752.72
10	320	322	320.9	2.63	12.41	13.32	11.36%	57.6	842.52
11	322	324	322.9	2.28	14.70	10.70	9.89%	46.3	737.88
12	324	326	324.9	1.97	16.67	8.41	8.52%	36.4	640.00
13	326	328	327.0	2.00	18.67	6.44	8.65%	27.9	653.71
14	328	330	329.0	1.76	20.42	4.44	7.61%	19.2	578.72
15	330	332	331.0	1.18	21.61	2.68	5.12%	11.6	391.81
16	332	334	333.0	1.01	22.62	1.50	4.39%	6.5	337.86
17	334	336	335.0	0.39	23.01	0.48	1.68%	2.1	130.03
18	336	338	337.0	0.08	23.09	0.10	0.35%	0.4	27.00
19	338	340	339.0	0.01	23.10	0.02	0.04%	0.1	3.36
20	340	342	341.0	0.01	23.11	0.01	0.03%	0.0	2.12
				23.108			100%		7428.11
ALTITUD MEDIA DE LA MICROCUENCA (m.s.n.m)									321.46

Tabla 18: Curvas y características de la Microcuenca Hidrográfica como punto de aforo Puente sobre la quebrada Tomial- vía Guamo-Suarez.

CONSORCIO DISEÑO PUENTE

NIT: 901.884.162-6

Curva hipsométrica:

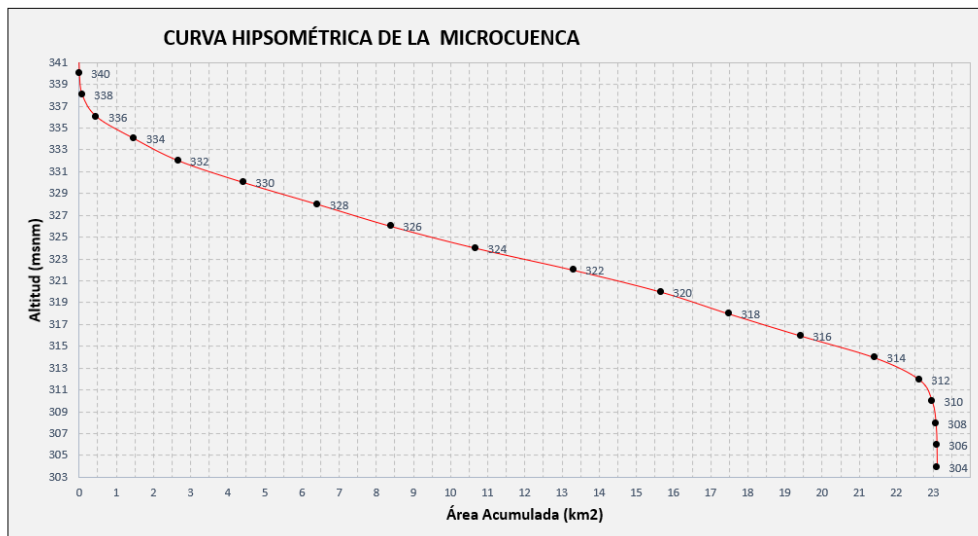


Figura 21: Curva hipsométrica de la Microcuenca Hidrográfica como punto de aforo Puente sobre la quebrada Tomial- vía Guamo-Suarez.

CONSORCIO DISEÑO PUENTE **NIT: 901.884.162-6**

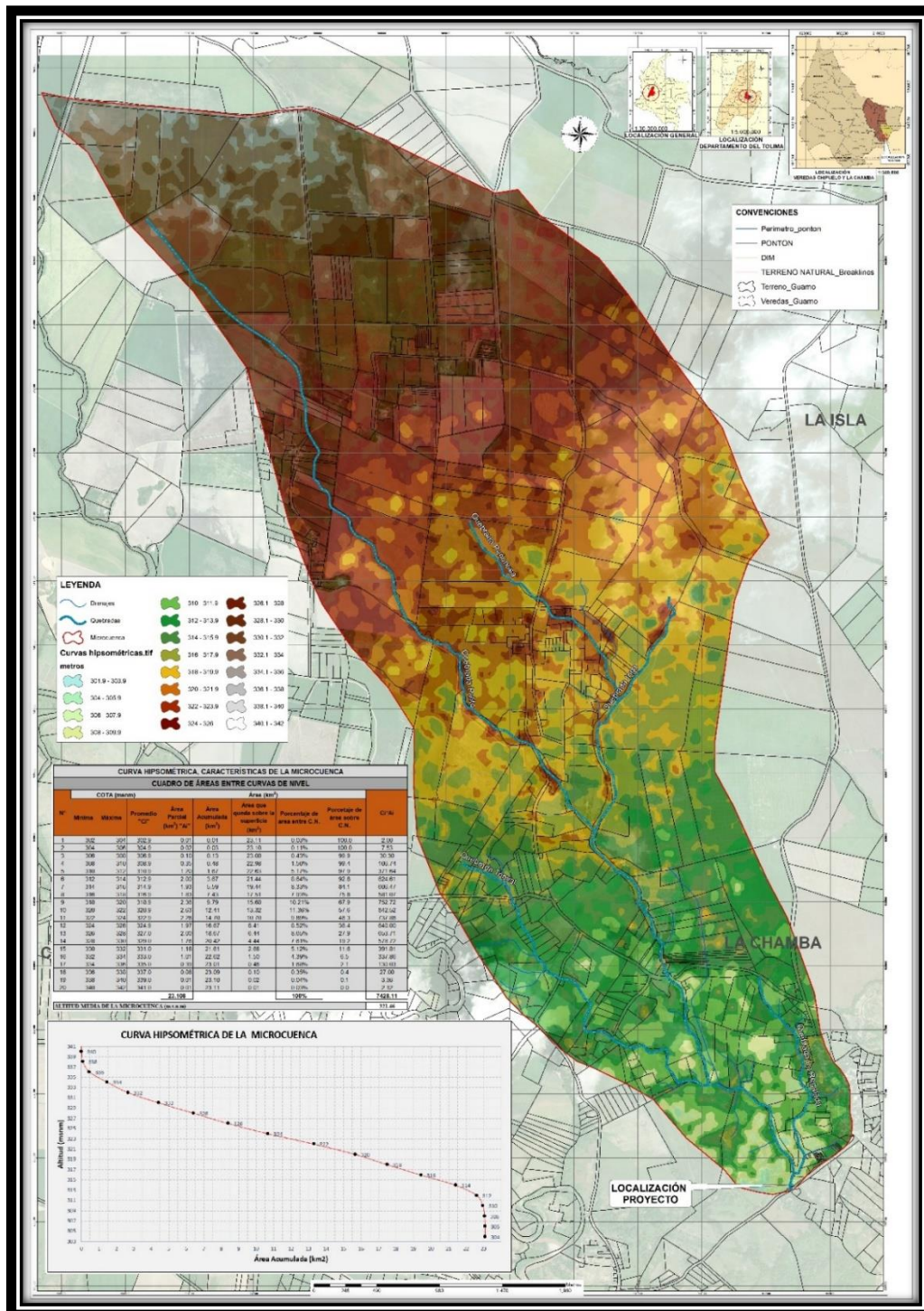


Figura 22: Curvas hipsométricas Microcuencia Hidrográfica como punto de aforo Puente sobre la quebrada Tomial- vía Guamo-Suarez.

MZ 5. CASA 16 URB. CANTABRIA
 TELEFONO 3187836823
 guamoamarillo2024@gmail.com
 Ibagué-Tolima

6.6 Cálculo de caudales

Este proceso se realiza teniendo en cuenta el área de la cuenca del drenaje para así evaluar qué método a emplear, para realizar los cálculos de los caudales para el presente estudio hidrológico, se hace la evaluación por el método racional, para las áreas de drenaje que poseen un valor menor o igual a 2.50 km², así mismo para las áreas superiores a 2.50 km² se realiza el cálculo usando el método de hidrogramas unitarios.

A continuación, se explica los dos métodos empleados:

6.6.1 Método Racional

El método racional supone la generación de escurrimiento en una determinada cuenca a partir de una intensidad de precipitación uniforme en el tiempo, sobre toda su superficie. Debido a esto, para la aplicación del mismo se debe comprobar que ninguno de estos factores pueda resultar relevante en el cálculo:

- Aportación de caudales procedentes de otras cuencas o trasvases a ellas.
- Existencia de sumideros, aportaciones o vertidos puntuales, singulares.
- Accidentales de cualquier clase.
- Presencia de lagos, embalses o planas inundables que puedan producir efecto laminador o desviar caudales hacia otras cuencas.
- Aportaciones procedentes del deshielo de la nieve u otros meteoros.
- Caudales que afloran en puntos interiores de la cuenca derivados de su régimen hidrogeológico.

Al utilizar la fórmula racional, se supone que el caudal QE toma un valor de caudal máximo (pico) QP, cuando, debido a una cierta intensidad de lluvia sobre el área de drenaje, es producido por esa precipitación que se mantiene por un tiempo igual al periodo de concentración del caudal en el punto en consideración.

Teóricamente, éste es el tiempo de concentración, el cual se define como el tiempo requerido para que la escurrimiento superficial fluya desde la parte más remota de la hoya hasta el punto de interés. Entonces, QP corresponde a una lluvia de intensidad i sobre un área de drenaje A, lluvia ésta que dure, como mínimo, un tiempo tal que toda el área de drenaje contribuya a la escurrimiento superficial, siendo QP el caudal máximo de escurrimiento superficial (INVIA 2009).

$$Q_p = 0.278 C i A$$

Donde,

CONSORCIO DISEÑO PUENTE
NIT: 901.884.162-6

A: está dado en km²,
i: Intensidad de precipitación, en mm/h
Qp: caudal máximo (pico) en m³/s
C: coeficiente de escorrentía

6.6.1.1 Cálculo de caudales máximos – método racional

Este método no se utilizó para las áreas aferentes del proyecto.

6.6.2 Tiempo de concentración

Se define como el tiempo necesario, desde el inicio de la precipitación, para que toda la hoya contribuya al sitio de la obra de drenaje en consideración, o, en otras palabras, el tiempo que toma el agua desde los límites más extremos de la hoya hasta llegar a la salida de la misma (INVIAS 2009).

Para la estimación de los tiempos de concentración para los cuerpos de agua o cuencas delimitadas de la zona del proyecto, se empleó las diferentes ecuaciones o metodologías propuestas por Kirpich, Témez y el cuerpo de Ingenieros de Estados Unidos entre otras.

A continuación, se menciona las diferentes ecuaciones para la hallar el tiempo de concentración:

- **Ecuación de Kirpich**

Utilizable en cuencas de tamaño medio, pendiente considerable y diseñada para suelos dedicados al cultivo. Se basa en la siguiente fórmula:

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

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 metros por metros (m/m))

- **Ecuación de Témez**

Se trata de un método utilizado en cuencas de tamaño muy variable, ampliamente utilizado en la península Ibérica. Válido para cuencas de 1 km² hasta 3.000 km² y con tiempos de concentración desde los 15 minutos hasta las 24 horas.

CONSORCIO DISEÑO PUENTE
NIT: 901.884.162-6

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

Donde:

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

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

S: Pendiente total del cauce principal, en porcentaje (%).

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

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

Donde:

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

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

S: Pendiente total del cauce principal, en metros por metro (m/m)

- **Johnstone- Cross:**

$$T_c = 0.4624 \left(\frac{L}{S^{0.5}} \right)^{0.5}$$

Donde:

T_c: Tiempo de concentración, en horas

L: longitud del cauce principal

S: Pendiente total del cauce principal,

- **V.T. Chow**

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

Donde:

T_c: Tiempo de concentración, en horas

L: longitud del cauce principal

S: Pendiente total del cauce principal.

- **SCS Rancer**

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

Donde:

T_c: Tiempo de concentración, en horas

CONSORCIO DISEÑO PUENTE

NIT: 901.884.162-6

L: longitud del cauce principal

- **Giandotti:**

$$T_c = \frac{4A^{0,5} + 1,5L}{25,3(LS)^{0,5}}$$

Donde:

T_c: Tiempo de concentración, en horas

A: Área de la cuenca, en km²

L: Longitud del cauce principal, en kilómetros

S: Pendiente media del cauce, en m/m.

- **Tiempo de Retardo**

El tiempo de retardo está dado por:

$$Lgt = 0,6 * T_c$$

Para tiempos de concentración menores a 15 minutos se recomienda usar 15 minutos según INVIAS.

6.6.2.1 Curvas Intensidad – Duración – Frecuencia (IDF)

La metodología simplificada de cálculo de las curvas intensidad – duración – frecuencia se debe llevar a cabo siempre y cuando no se disponga de datos históricos de precipitación de corta duración (datos pluviográficos). Para Colombia se propone el método que se desarrolló en el estudio denominado Curvas Sintéticas Regionalizadas de Intensidad-Duración-Frecuencia. (Vargas M.R., Díaz-Granados O.M. 1998). En este estudio se dedujeron curvas intensidad-duración-frecuencia 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. La mejor correlación obtenida, sin embargo, fue la que se obtuvo con la precipitación máxima promedio anual en 24 horas en una estación, y es la que se propone para los estudios, además de que es la más sencilla de utilizar. La expresión resultante está dada por:

$$I = \frac{a * T^b * M^d}{(t/60)^c} \quad [2.103]$$

Donde:

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

CONSORCIO DISEÑO PUENTE

NIT: 901.884.162-6

T: Periodo de retorno, en años.

M: Precipitación máxima promedio anual en 24 h 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 23, y sus valores se presentan en la Tabla 19.

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
Pacífico (R3)	13.92	0.19	0.58	0.20
Orinoquía (R4)	5.53	0.17	0.63	0.42

Tabla 19: Valores de los coeficientes a, b, c y d para el cálculo de las curvas intensidad-duración-frecuencia

El proyecto se encuentra ubicado en el departamento del Tolima, por lo tanto, se utilizaron los coeficientes pertenecientes a la región **Andina (R1)**.

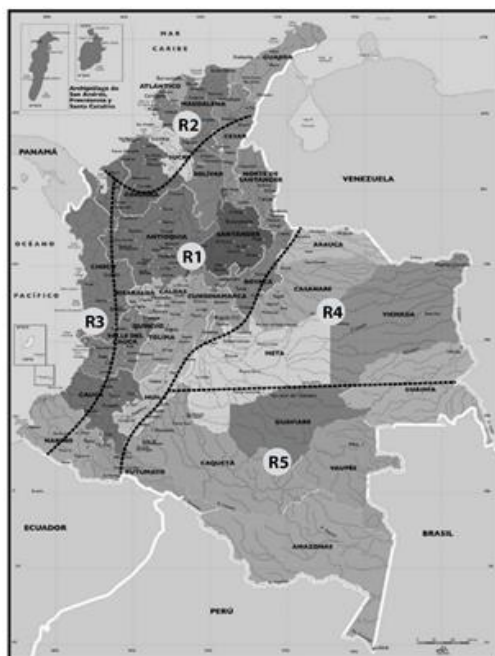


Figura 23: Regiones en Colombia para definición de parámetros a, b, c y d

A continuación, se realiza el cálculo de las curvas IDF para la estación SUAREZ [21180160]

CONSORCIO DISEÑO PUENTE

NIT: 901.884.162-6

En el capítulo (6.4.3 Serie de datos seleccionada) Después de realizar el análisis de registros de las estaciones, se selecciona la SUAREZ [21180160] ,página 36 hasta la página 38.

En la Tabla 10: Valores mensuales de precipitación máxima en 24 Hrs. (mm) de la estación - SUAREZ [21180160] Se encuentra los datos de precipitación. Se extraen las precipitaciones máximas anual y se hace el análisis en la página 37 hasta la página 38 del subcapítulo 6.4.3.1 Análisis estadístico y probabilidad de valores máximos de precipitación.

Años seleccionados de precipitación máxima anual de la estación - SUAREZ [21180160]

AÑOS	PRECIPITACIÓN
1995	101.00
1996	95.00
1997	72.00
1998	117.00
1999	117.00
2000	87.00
2001	92.00
2002	85.00
2003	130.00
2004	113.00
2005	85.00
2006	80.00
2007	80.00
2008	93.00
2009	130.00
2010	125.00
2011	132.00
2012	96.00
2013	114.00
2014	150.00
2015	95.00
2016	90.00
2017	75.00
2018	125.00
2019	99.00
2020	84.00
2021	105.00
2022	112.00
2023	83.00
NÚMERO DE DATOS	29
MEDIA	102.138
DESVIACIÓN TÍPICA	20.01
COEF. ASIMETRÍA	0.54
MAXIMO	150.00
MINIMO	72.00

Figura 24: Años seleccionados de precipitación máxima anual de la estación - SUAREZ [21180160]

Como se observa la media de los datos es de: **102.138**

CONSORCIO DISEÑO PUENTE

NIT: 901.884.162-6

Al aplicar la fórmula regionalizada de las curvas IDF para Colombia página 64 al 65, se cambia sus parámetros para la región No. 1 se obtiene la siguiente ecuación:

$$I = \frac{0.94 * T^{0.18} * (102.138)^{0.83}}{\left(\frac{t}{60}\right)^{0.66}}$$

Al reemplazar los valores del tiempo de retorno (T), y la duración (t) se obtiene la siguiente tabla:

ESTACIÓN SUAREZ [21180160]. CURVAS INTENSIDAD - DURACIÓN - FRECUENCIA (valores en mm/h)						
DURACIÓN (min)	PERIODO DE RETORNO (AÑOS)					
	2	5	10	25	50	100
60	17.42	20.55	23.28	27.45	31.10	35.23
120	11.03	13.00	14.73	17.37	19.68	22.30
180	8.44	9.95	11.27	13.29	15.06	17.06
240	6.98	8.23	9.32	10.99	12.46	14.11
300	6.02	7.10	8.05	9.49	10.75	12.18
360	5.34	6.30	7.13	8.41	9.53	10.80
420	4.82	5.69	6.44	7.60	8.61	9.75
480	4.42	5.21	5.90	6.96	7.88	8.93
540	4.09	4.82	5.46	6.44	7.29	8.26
600	3.81	4.50	5.09	6.01	6.80	7.71
660	3.58	4.22	4.78	5.64	6.39	7.24
720	3.38	3.99	4.52	5.32	6.03	6.83
780	3.21	3.78	4.28	5.05	5.72	6.48
840	3.05	3.60	4.08	4.81	5.45	6.17
900	2.92	3.44	3.90	4.60	5.21	5.90
960	2.80	3.30	3.73	4.40	4.99	5.65
1020	2.69	3.17	3.59	4.23	4.79	5.43
1080	2.59	3.05	3.45	4.07	4.62	5.23
1140	2.50	2.94	3.33	3.93	4.45	5.05
1200	2.41	2.84	3.22	3.80	4.31	4.88
1260	2.34	2.75	3.12	3.68	4.17	4.72
1320	2.27	2.67	3.03	3.57	4.04	4.58
1380	2.20	2.59	2.94	3.47	3.93	4.45
1440	2.14	2.52	2.86	3.37	3.82	4.32

Tabla 20: Datos de intensidad-duración y frecuencia de la estación SUAREZ [21180160].

A continuación, se genera la gráfica ver (Figura 25) para los datos intensidad-duración – frecuencia estación SUAREZ [21180160].

CONSORCIO DISEÑO PUENTE

NIT: 901.884.162-6

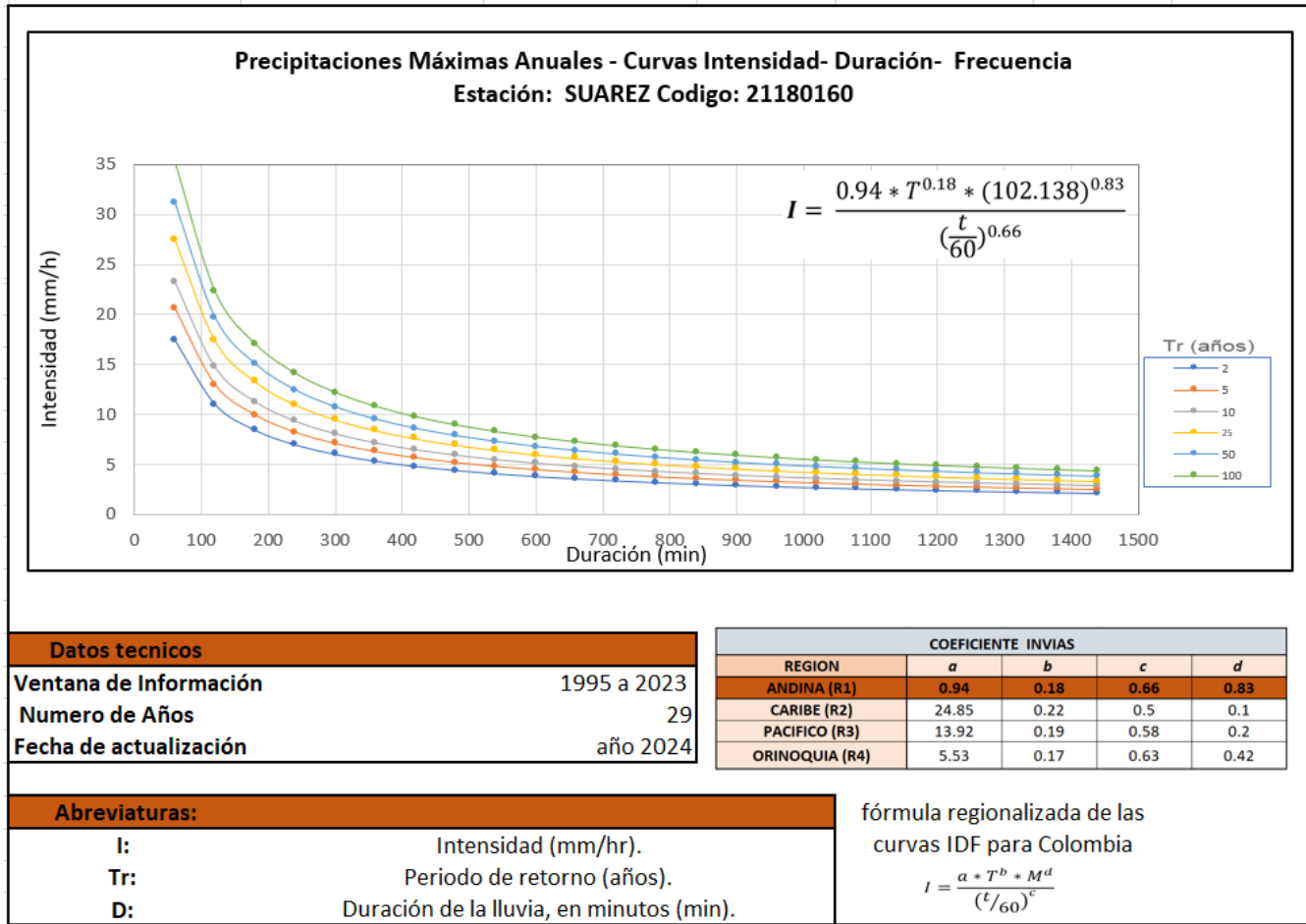


Figura 25: Curvas IDF estación SUAREZ [21180160].

6.6.2.2 Coeficiente de escorrentía – Evaluación de la cobertura de la zona

Los complejos de cubierta hidrológica del suelo describen una combinación específica de los grupos de suelos hidrológicos, el uso y el tratamiento de la tierra, la condición hidrológica superficial y las condiciones de humedad antecedente. Todos estos factores tienen un comportamiento directo sobre la cantidad de escorrentía producida por una hoya hidrográfica. El grupo hidrológico de suelos describe el tipo de suelo. El uso y el tratamiento del suelo describen el tipo y la condición de la cubierta vegetal. La condición hidrológica se refiere a la capacidad de la superficie de la hoya hidrográfica para aumentar o impedir la escorrentía directa. La condición de humedad

CONSORCIO DISEÑO PUENTE

NIT: 901.884.162-6

antecedente tiene en cuenta la historia reciente de la precipitación y, consecuentemente, es una medida de la cantidad almacenada por la hoyo.

Por su simplicidad, se propone para el cálculo de precipitaciones efectivas de diseño (escorrentía superficial), en modelos lluvia – escorrentía el método de las curvas CN (Curve Number) del Soil Conservation Service, SCS, del U.S. Department of Agriculture para áreas superiores a 2.5 km² y para áreas menores el método racional.

El Número de Curva es estimado a partir de las coberturas de suelo de cada una de las microcuencas. Como insumo para definir los CN se utilizó el mapa de Cobertura_de_la_Tierra_Tolima_2019, Escala 1:100.000. (Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales, 2020), el cual sigue la metodología Corine Land Cover adaptada para Colombia.

En la cuenca analizada se presentan los siguientes tipos de cobertura:

A continuación, se presenta el mapa de cobertura vegetal generado a partir de la información geoespacial consultada:

COBERTURA MICROCUENCA								
ID	CODIGO	LEYENDA	NIVEL 1	NIVEL 2	NIVEL 3	NIVEL 4	NIVEL 5	NIVEL 6
1	1.1.2	1.1.2. Tejido urbano discontinuo	1. Territorios Artificializados	1.1. Zonas urbanizadas	1.1.2. Tejido urbano discontinuo			
2	1.2.2.1.1.1	1.2.2.1.1.1. Vía pavimentada	1. Territorios Artificializados	1.2. Zonas industriales o comerciales y redes de comunicación	1.2.2. Red vial, ferroviaria y terrenos asociados	1.2.2.1. Red vial y terrenos asociados	1.2.2.1.1. Red vial	1.2.2.1.1.1. Vía pavimentada
3	1.2.4.2	1.2.4.2. Aeropuerto sin infraestructura asociada	1. Territorios Artificializados	1.2. Zonas industriales o comerciales y redes de comunicación	1.2.4. Aeropuertos	1.2.4.2. Aeropuerto sin infraestructura asociada		
4	2.1.2.1	2.1.2.1. Arroz	2. Territorios Agrícolas	2.1. Cultivos transitorios	2.1.2. Cereales	2.1.2.1. Arroz		
5	2.3.1	2.3.1. Pastos limpios	2. Territorios Agrícolas	2.3. Pastos	2.3.1. Pastos limpios			
6	3.1.4.7	3.1.4.7. Bosque ripario mixto	3. Bosques y Áreas Seminaturales	3.1. Bosques	3.1.4. Bosque de galería y ripario	3.1.4.7. Bosque ripario mixto		

Tabla 21: Coberturas de suelo en la Microcuenca Hidrográfica como punto de aforo Puente sobre la quebrada Tomial- vía Guamo-Suarez.

CONSORCIO DISEÑO PUENTE
NIT: 901.884.162-6

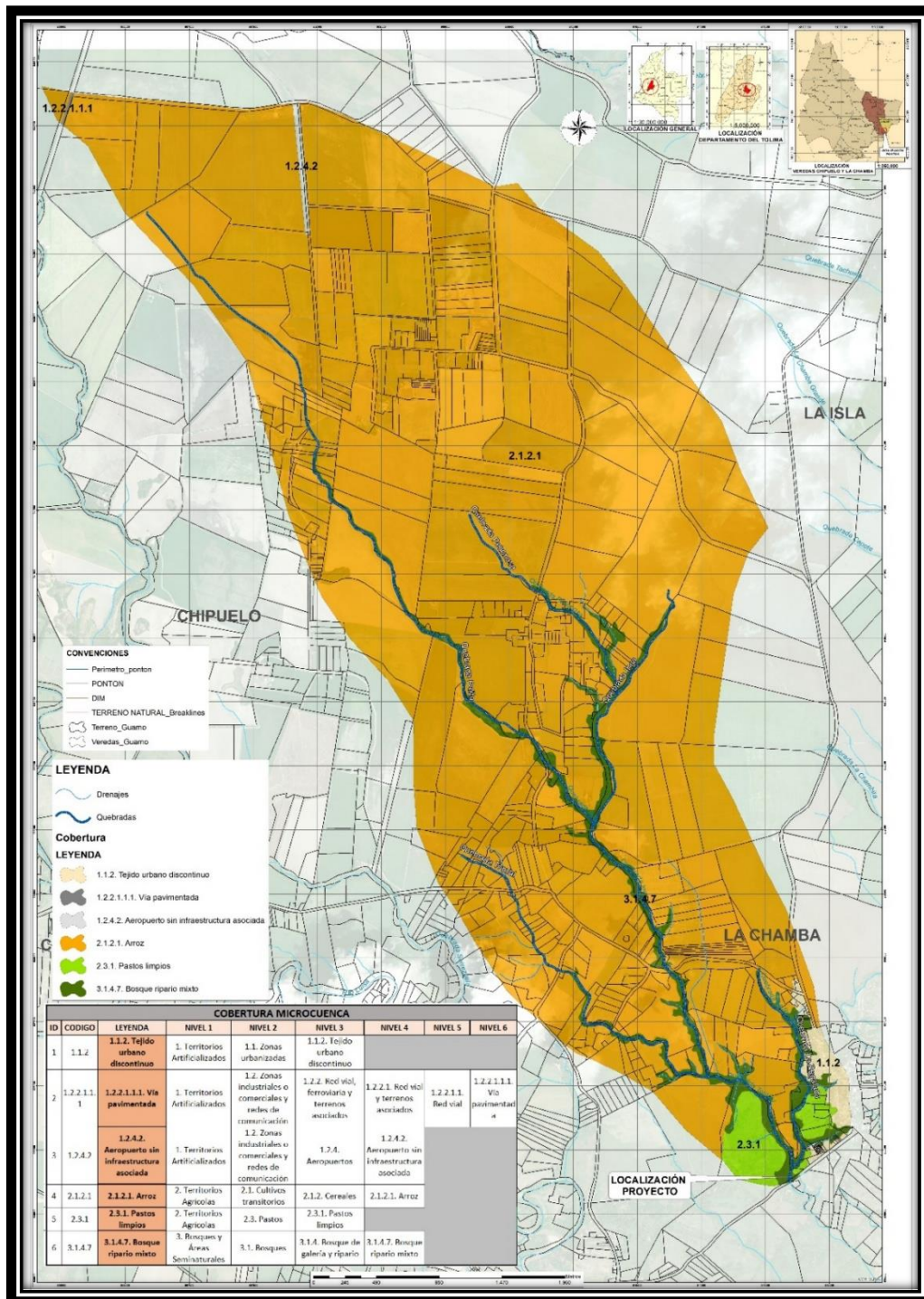


Figura 26: Mapa de cobertura Microcuenca Hidrográfica como punto de aforo Puente sobre la quebrada Tomial-vía Guamo-Suarez.

MZ 5. CASA 16 URB. CANTABRIA
 TELEFONO 3187836823
 guamoamarillo2024@gmail.com
 Ibagué-Tolima

CONSORCIO DISEÑO PUENTE

NIT: 901.884.162-6

A continuación, se presentan las asociaciones entre las coberturas de la tierra y los coeficientes de escorrentía a emplear para los diferentes periodos de retorno, teniendo en cuenta los valores recomendados en la literatura (Ven Te Chow, 1988), los cuales son asignados a partir de las características de los usos de los suelos presentes.

En la siguiente tabla se presenta los coeficientes de escorrentía:

Tipo de superficie	Período de retorno (años)						
	2	5	10	25	50	100	500
Áreas desarrolladas							
Asfáltico	0,73	0,77	0,81	0,86	0,90	0,95	1,00
Concreto / techo	0,75	0,80	0,83	0,88	0,92	0,97	1,00
Zonas verdes (jardines, parques, etc.)							
Condición pobre (cubierta de pasto menor del 50 % del área)							
Plano, 0-2%	0,32	0,34	0,37	0,40	0,44	0,47	0,58
Promedio, 2-7%	0,37	0,40	0,43	0,46	0,49	0,53	0,61
Pendiente, superior a 7%	0,40	0,43	0,45	0,49	0,52	0,55	0,62
Condición promedio (cubierta de pasto del 50 al 75 % del área)							
Plano, 0-2%	0,25	0,28	0,30	0,34	0,37	0,41	0,53
Promedio, 2-7%	0,33	0,36	0,38	0,42	0,45	0,49	0,58
Pendiente, superior a 7%	0,37	0,40	0,42	0,46	0,49	0,53	0,60
Condición buena (cubierta de pasto mayor del 75 % del área)							
Plano, 0-2%	0,21	0,23	0,25	0,29	0,32	0,36	0,49
Promedio, 2-7%	0,29	0,32	0,35	0,39	0,42	0,46	0,56
Pendiente, superior a 7%	0,34	0,37	0,40	0,44	0,47	0,51	0,58
Áreas no desarrolladas							
Área de cultivos							
Plano, 0-2%	0,31	0,34	0,36	0,40	0,43	0,47	0,57
Promedio, 2-7%	0,35	0,38	0,41	0,44	0,48	0,51	0,60
Pendiente, superior a 7%	0,39	0,42	0,44	0,48	0,51	0,54	0,61
Pastizales							
Plano, 0-2%	0,25	0,28	0,30	0,34	0,37	0,41	0,53
Promedio, 2-7%	0,33	0,36	0,38	0,42	0,45	0,49	0,58
Pendiente, superior a 7%	0,37	0,40	0,42	0,46	0,49	0,53	0,60
Bosques							
Plano, 0-2%	0,22	0,25	0,28	0,31	0,35	0,39	0,48
Promedio, 2-7%	0,31	0,34	0,36	0,40	0,43	0,47	0,56
Pendiente, superior a 7%	0,35	0,39	0,41	0,45	0,48	0,52	0,58

Tabla 22: Valores del coeficiente de escorrentía método racional Ven te Chow 1988

6.6.3 Número de curva (CN)

La metodología del número de la curva (CN), es la más empleada para transformar la precipitación total en precipitación efectiva, surgió de la observación del fenómeno hidrológico en distintos tipos de suelo, en representación gráfica de la profundidad de precipitación (P) y la profundidad de exceso de precipitación o escorrentía directa (Pe), permitió obtener una familia de curvas que fueron estandarizadas a partir de un número adimensional de curva CN, que varía de 1 a 100, según sea el grado del escurrimiento directo. Así un número de la curva CN = 100, indica que toda la lluvia escurre y un CN = 1, indica que toda la lluvia se infiltra.

La humedad antecedente del suelo está definida en tres grupos:

- AMC-I: Para suelos secos.
- AMC-II: Para suelo intermedios.
- AMC-III: Para suelos húmedos.

6.6.3.1 Clasificación hidrológica de los suelos

Para tener en cuenta, se requiere ubicar la zona dentro de un grupo hidrológico del suelo, el cual está definido como el potencial de infiltración después de una lluvia prolongada.

El tipo de suelo se clasifica en cuatro categorías hidrológicas, según el método del SCS. En orden decreciente de permeabilidad las categorías hidrológicas son A, B, C, y D, de acuerdo con el potencial de escurrimiento.

Grupo de Suelo A

(Bajo potencial de escorrentía). Suelos que tienen alta tasa de infiltración incluso cuando estén muy húmedos. Consisten en arenas o gravas profundas, bien a excesivamente drenadas. Estos suelos tienen una alta tasa de transmisión de agua. Suelos derivados de rocas metamórficas cubiertos con vegetación (bosque o rastrojo alto) con grado de meteorización 30/50 según Brand (1988) y con discontinuidades en la matriz de suelo producto del proceso de descomposición de la roca. Las estructuras heredadas funcionan como canales de flujo principales. La pendiente en este grupo de suelo debe ser inferior a un 7%. También se incluyen los suelos que presentan un efecto geológico marcado por diaclasas y bandeamientos, y cuyo buzamiento se da en ángulos mayores a 60°.

Grupo de Suelo B

(**Moderadamente bajo potencial de escorrentía**). Suelos con tasa de infiltración moderada, cuando están muy húmedos. Suelos moderadamente profundos a profundos, moderadamente bien drenados a bien drenados, suelos con texturas moderadamente finas a moderadamente gruesas, y permeabilidad moderadamente lenta a moderadamente rápida. Son suelos con tasas de transmisión de agua moderadas. Suelos derivados de rocas metamórficas, ígneas o sedimentarias poco denudados con grado de meteorización 0/30 según Brand (1988) y con discontinuidades difícilmente cartografiables en campo. Las estructuras heredadas ya no son tan importantes en la permeabilidad del conjunto, por lo cual la permeabilidad primaria es la que controla el flujo de agua en el suelo. La pendiente en este grupo de suelo debe ser inferior a un 10%.

Grupo de Suelo C

(**Moderadamente alto potencial de escorrentía**). Suelos con infiltración lenta cuando están muy húmedos. Consisten en suelos con un estrato que impide el movimiento del agua hacia abajo; suelos de texturas moderadamente finas a finas; suelos con infiltración lenta debido a sales o álcalis o suelos con niveles freáticos moderados. Esos suelos pueden ser pobremente drenados o bien a moderadamente bien drenados, con estratos de permeabilidad lenta a muy lenta a poca profundidad (50-100 cm). Suelos residuales derivados de cualquier tipo de roca, y cuyo grado de meteorización se clasifique como residuales maduros (Brand 1988), en los cuales las propiedades y minerales del material parental no son fácilmente identificables. Esta formación tiene como característica principal que está cubierta por pastos manejados y sus pendientes varían entre un 5 y 15%.

Grupo de Suelo D

(**Alto potencial de escorrentía**). Suelos con infiltración muy lenta cuando están muy húmedos. Consisten en suelos arcillosos con alto potencial de expansión; suelos con nivel freático alto permanente; suelos con estrato arcilloso superficial; suelos con infiltración muy lenta debido a sales o álcalis y suelos poco profundos sobre material casi impermeable. Estos suelos tienen una tasa de transmisión de agua muy lenta. Suelos derivados de rocas metamórficas, ígneas y

CONSORCIO DISEÑO PUENTE

NIT: 901.884.162-6

sedimentarias, cuyo grado de meteorización varía entre 50/90 y en donde la pendiente media excede 15%. El tipo de vegetación en este grupo no es de mayor importancia ya que el fuerte gradiente topográfico impide la recarga de los acuíferos en la zona, generando por el contrario un flujo hipodérmico hasta aflorar nuevamente en superficie y hacer parte del agua que se aporta al canal principal de la cuenca.

La lluvia efectiva que causa escorrentía superficial, y la magnitud de las abstracciones de una tormenta, se pueden obtener por el método del Soil Conservation Service, a partir de las siguientes relaciones empíricas:

$$Q = \frac{(P - 0,20S)^2}{P - 0,80S}$$

$$S = \frac{1000}{CN} - 10$$

Donde:

Q: escorrentía total acumulada, pulgadas

P: precipitación total del evento, pulgadas.

S: infiltración potencial o retención potencial máxima, pulgadas.

CN: número de curva.

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

Tabla 23: Número de curva, fuente INVIAS 2009

CONSORCIO DISEÑO PUENTE

NIT: 901.884.162-6

TIPO DE COBERTURA Y CONDICIÓN HIDROLÓGICA	% PROMEDIO ÁREAS IMPERMEABLES ¹	NUMERO DE CURVAS PARA GRUPOS DE SUELOS HIDROLÓGICOS			
		A	B	C	D
Áreas urbanas totalmente desarrolladas (vegetación ya establecida):					
Espacios abiertos (prados, parques, campos de golf, cementerios, etc.) ²					
Condición pobre (menos del 50% cubierto de pasto)		68	79	86	89
Condición regular (del 50% al 75% cubierto de pasto)		49	69	79	84
Condición buena (más del 75% cubierto de pasto)		39	61	74	80
Áreas Impermeables:					
Parqueaderos pavimentados, techos, autopistas, etc. (excluyendo derecho de vía)		98	98	98	98
Calles y caminos:					
Pavimentados		98	98	98	98
Pavimentados; zanjas abiertas (incluyendo derecho de vía)		83	89	92	93
Grava (incluyendo derecho de vía)		76	85	89	91
Tierra (incluyendo derecho de vía)		72	82	87	89
Áreas desiertas urbanas:					
Paisajes desérticos naturales (solamente áreas permeables) ³		63	77	85	88
Paisajes desérticos artificiales (barreras impermeables de maleza, arbustos de desierto con 1 a 2 pulg de diámetro; Cubierta de arena o grava y orillas de áreas húmedas)		96	96	96	96
Áreas urbanas:					
Comercial y de negocios	85	89	92	94	95
Industrial	72	81	88	91	93
Áreas residenciales por promedio del tamaño del lote:					
1/8 de acre o menos (506 m ² o menos)	65	77	85	90	92
1/4 acre (1012 m ²)	38	61	75	83	87
1/3 acre (1350 m ²)	30	57	72	81	86
1/2 acre (2025 m ²)	25	54	70	80	85
1 acre (4050 m ²)	20	51	68	79	84
2 acre (8100 m ²)	12	46	65	77	82
Áreas urbanas desarrolladas:					
Áreas permeables conformadas (solamente áreas permeables, sin vegetación)		77	86	91	94

Tabla 24: Número de curva de escorrentía para áreas urbanas para una condición de humedad antecedente promedio AMCII e Ia=0.2S

Para estimar el CN de la cuenca, estando en unidad de suelo variado, a cada una de estas coberturas, se le asignó un Número de Curva (CN) de acuerdo con los valores típicos reportados en el manual de drenaje de INVIAS 2009

Se convierten los CN obtenidos a antecedente de humedad

CONSORCIO DISEÑO PUENTE
NIT: 901.884.162-6

Con la siguiente tabla:

AMC II	AMC I	AMC III	AMC II	AMC I	AMC III
100	100	100	60	40	78
99	97	100	59	39	77
98	94	99	58	38	76
97	91	99	57	37	75
96	89	99	56	36	75
95	87	98	55	35	74
94	85	98	54	34	73
93	83	98	53	33	72
92	81	97	52	32	71
91	80	97	51	31	70
90	78	96	50	31	70
89	76	96	49	30	69
88	75	95	48	29	68
87	73	95	47	28	67
86	72	94	46	27	66
85	70	94	45	26	65
84	68	93	44	25	64
83	67	93	43	25	63
82	66	92	42	24	62
81	64	92	41	23	61
80	63	91	40	22	60
79	62	91	39	21	59
78	60	90	38	21	58
77	59	89	37	20	57
76	58	89	36	19	56
75	57	88	35	18	55
74	55	88	34	18	54
73	54	87	33	17	53
72	53	86	32	16	52
71	52	86	31	16	51
70	51	85	30	15	50
69	50	84			
68	48	84	25	15	43
67	47	83	20	9	37
66	46	82	15	6	30
65	45	82	10	4	22
64	44	81	5	2	13
63	43	80	0	0	0
62	42	79			
61	41	78			

Tabla 25: Números de curva CN para condiciones de humedad antecedente tipos I y III, Fuente INVIAS 2009

CONSORCIO DISEÑO PUENTE

NIT: 901.884.162-6

Para cada uno de los sectores hidrográficos se determinaron las coberturas de suelo correspondientes. De esta forma, asignando a cada cobertura un valor del CN determinándose el valor ponderado para cada uno de los sectores utilizando la siguiente ecuación:

$$CN = \frac{\sum CN_i * A_i}{A_T}$$

Asimismo, se elaboró el mapa de Uso de suelo y Características del suelo con base a la información suministrada por el IGAC, archivo: "TOLIMA_SUELOS_VF-ag_100k_vocacion_uso_2017"

USO DE SUELO MICROCUENCA							
ID	UCS	CLIMA	TIPO RELIEVE	LITOLOGÍA	CARACTERÍSTICAS	CARACTERÍSTICAS_1	COMPONENTE
1	PWK	Cálido seco	Abanico aluvial reciente	Sedimentos aluviales sobre tobas	Relieve plano a ligeramente inclinado, sin erosión aparente	Moderadamente profundos, moderadamente bien drenados, de texturas variables, ligeramente ácidos y alcalinos y de fertilidad moderada	Asociación: Fluventic Ustropepts; Typic Ustropepts; Typic Haplustolls

Tabla 26: Datos Características del suelo Microcuenca Hidrográfica como punto de aforo Puente sobre la quebrada Tomial- vía Guamo-Suarez.

CONSORCIO DISEÑO PUENTE

NIT: 901.884.162-6

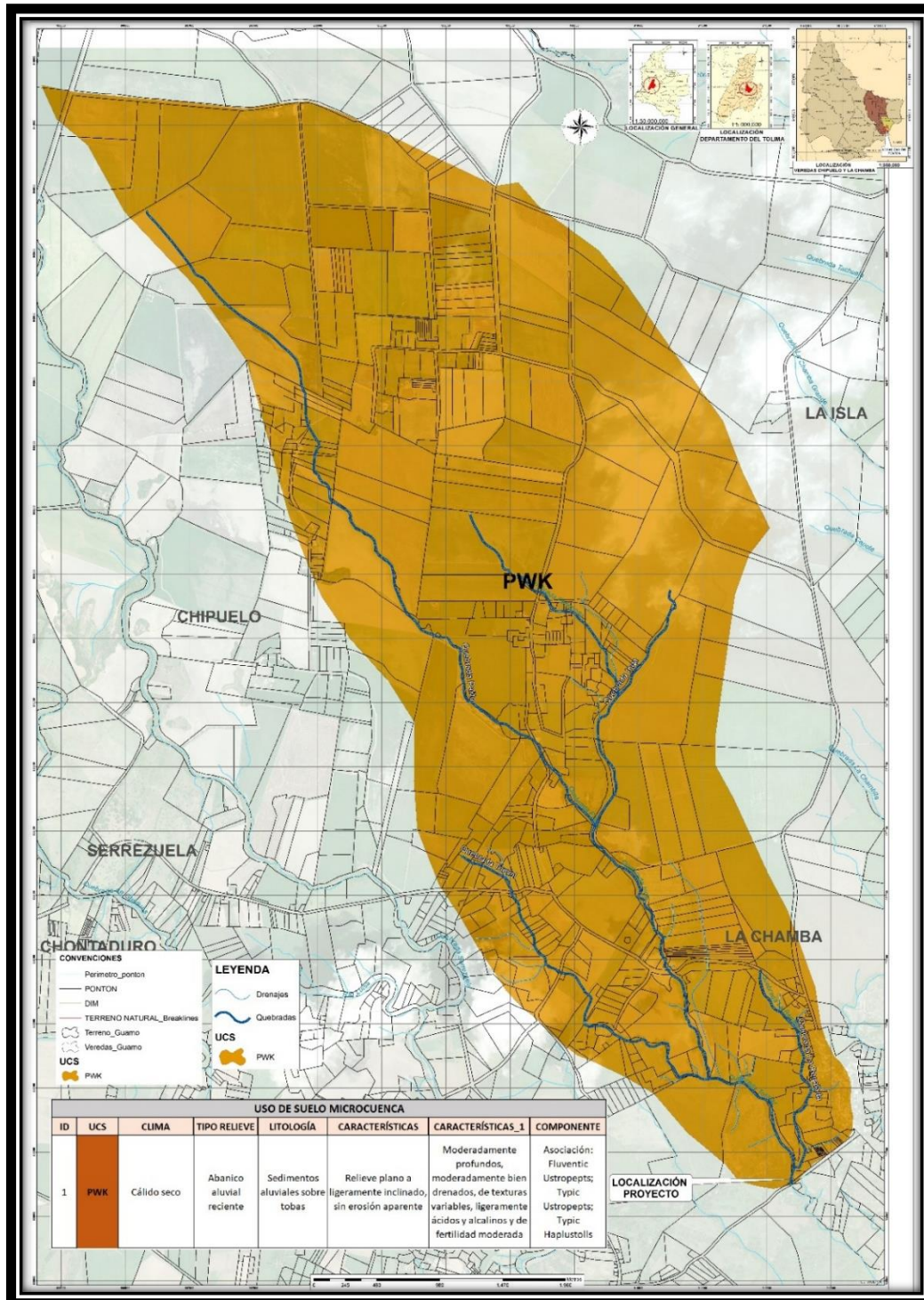


Figura 27: Mapa Características del suelo Microcuenca Hidrográfica como punto de aforo Puente sobre la quebrada Tomial- vía Guamo-Suarez.

MZ 5. CASA 16 URB. CANTABRIA

TELEFONO 3187836823

guamoamarillo2024@gmail.com

Ibagué-Tolima

CONSORCIO DISEÑO PUENTE
NIT: 901.884.162-6

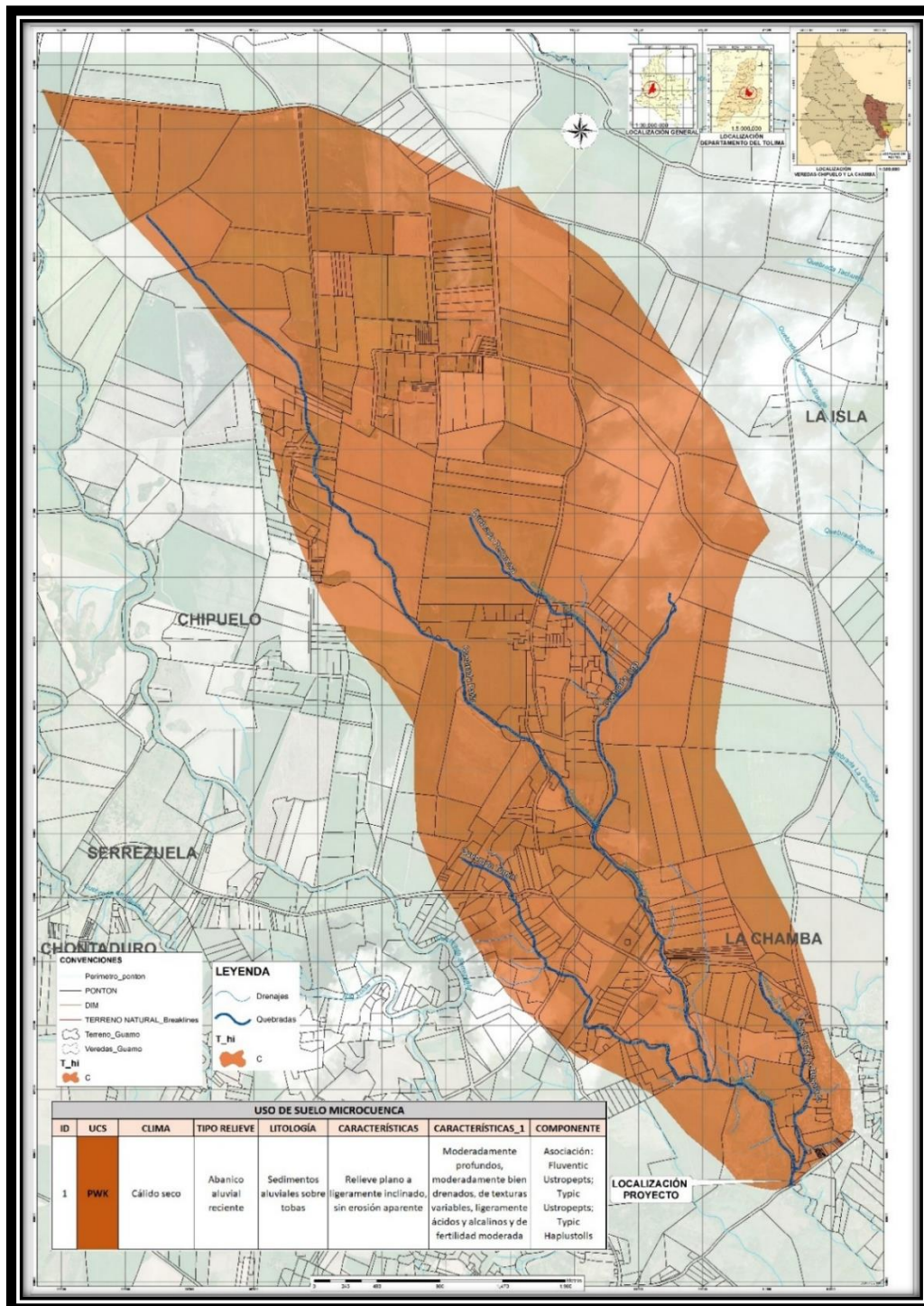


Figura 28: Mapa de grupo hidrológico Microcuenca Hidrográfica como punto de aforo Puente sobre la quebrada Tomial- vía Guamo-Suarez.

MZ 5. CASA 16 URB. CANTABRIA
 TELEFONO 3187836823
 guamoamarillo2024@gmail.com
 Ibagué-Tolima

CONSORCIO DISEÑO PUENTE

NIT: 901.884.162-6

Mediante un análisis SIG se determinaron los números de curva para los sectores hidrográficos en estudio con los tipo de uso hidrológico y la cobertura, obteniéndose el siguiente mapa de numero de curva (CN)

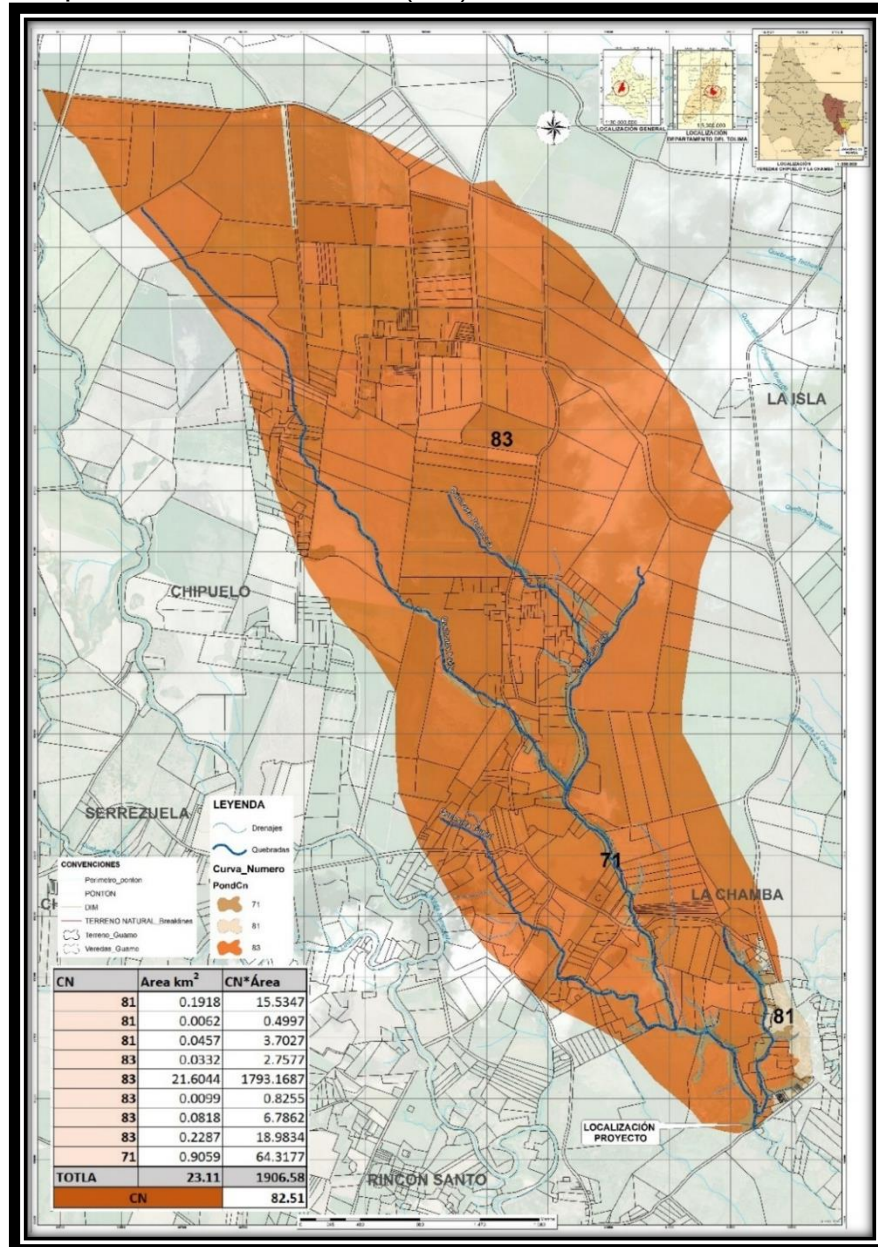


Figura 29: Mapa de CN's utilizados Microcuenca Hidrográfica como punto de aforo Puente sobre la quebrada Tomial- vía Guamo-Suarez.

MZ 5. CASA 16 URB. CANTABRIA

TELEFONO 3187836823

guamoamarillo2024@gmail.com

Ibagué-Tolima

CONSORCIO DISEÑO PUENTE

NIT: 901.884.162-6

CN	Area km ²	CN*Área
81	0.1918	15.5347
81	0.0062	0.4997
81	0.0457	3.7027
83	0.0332	2.7577
83	21.6044	1793.1687
83	0.0099	0.8255
83	0.0818	6.7862
83	0.2287	18.9834
71	0.9059	64.3177
TOTLA	23.11	1906.58
CN		82.51

Tabla 27: Tabla de Número de curva Microcuenca Hidrográfica como punto de aforo Puente sobre la quebrada Tomial- vía Guamo-Suarez.

Con el número de curva ponderado se calculó el almacenamiento potencial (S), que representa el almacenamiento máximo en una cuenca debido a fenómenos de infiltración, y a la detención, intersección y evaporación, los cuales están relacionados con las condiciones de cobertura y tipos de suelo presentes en la cuenca hidrográfica; para este proceso se asumió la siguiente ecuación:

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

$$S = \frac{25400}{82.51} - 254 = 53.841$$

Donde:

S: Almacenamiento potencial de la cuenca, en mm. Es de 53.841

CN: Número de curva, adimensional.

Por último, la precipitación efectiva se estimó con base en la precipitación dada para cada periodo de retorno y la abstracción inicial (Ia), asumida como el 20% del almacenamiento potencial (S), según la siguiente ecuación:

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

Pe: Precipitación efectiva, en mm

P: Precipitación media, en mm

6.6.4 Método de los hidrogramas unitarios

Para aplicar esta metodología se tiene que partir de que este método se define para áreas de drenaje mayores a 2.5 km².

Esta metodología comprende un modelo de lluvia-escorrentía a escala de cuenca, en la predicción de crecientes futuras originadas por aguaceros, en la determinación del efecto de las obras hidráulicas de protección contra crecientes en respuesta de la cuenca y en la gestión de los recursos hidráulicos.

Lo anterior teniendo en cuenta los diferentes periodos de retorno.

Los modelos empleados para Hidrograma Unitario son: Hidrograma Unitario del SCS, Hidrograma Unitario de Snyder e Hidrograma Unitario de Clark.

El cálculo de los caudales máximo se obtiene a partir del método de bloque alterno para hidrogramas unitarios, donde se calcula profundidad de precipitación e intensidad estimada con la curva IDF.

A continuación, se presentan los modelos empleados:

- Hidrograma Unitario del SCS – Soil Conservation Service

El hidrograma unitario de las cuencas se calculó multiplicando las ordenadas y abscisas del hidrograma adimensional propuesto por el U.S. S.C.S. (Figura 40). Por el caudal pico y el tiempo al pico de cada cuenca, empleando las siguientes expresiones:

$$Tp = \frac{D}{2} + Lag$$

$$Qp = \frac{0.208 A}{Tp}$$

Donde:

Tp: Tiempo al pico, en horas.

D: Duración unitaria de la lluvia, en horas.

CONSORCIO DISEÑO PUENTE
NIT: 901.884.162-6

Lag: Tiempo de retraso de la cuenca, en horas.

A: Área de la cuenca, en km².

Qp: Caudal pico en m³/s/mm

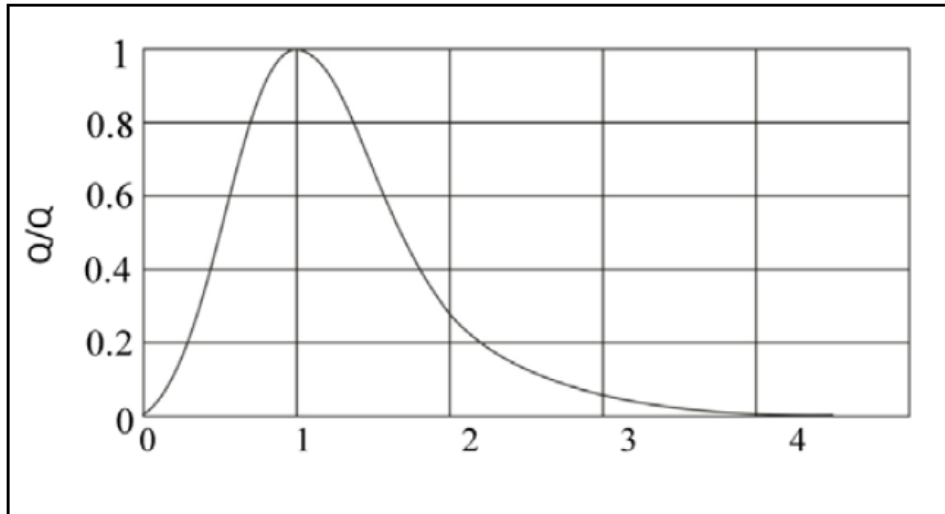


Figura 30: Esquema de hidrograma unitario SCS, Fuente INVIAS

- Hidrograma Unitario de Snyder

El Hidrograma de Snyder consistió en analizar las cuencas de los Montes Apalaches (EEUU), con áreas de cuenca comprendidas entre 30 y 30000 km². Éste encontró relaciones sintéticas de un hidrograma unitario estándar a partir de las cuales pueden calcularse las características de un hidrograma unitario requerido. Dichas características son: 1. Retardo de la cuenca, t_{pR} : diferencia de tiempo entre el centroide del hietograma de exceso de lluvia y el pico del hidrograma unitario. 2. Caudal punta o pico por unidad de área de la cuenca, q_{pR} . 3. Tiempo base, t_b . 4. Ancho W_{50} (en unidades de tiempo) del hidrograma unitario al 50% del caudal pico. 5. Ancho W_{75} (en unidades de tiempo) del hidrograma unitario al 75% del caudal pico.

$$t_1 = C_t(L \times L_c)^{0.3}$$

Donde,

t_1 : Tiempo de desfase (h)

CONSORCIO DISEÑO PUENTE

NIT: 901.884.162-6

L: Longitud a lo largo del cauce principal desde la divisoria de aguas hasta la salida (km)

Lc: Longitud a lo largo del cauce principal desde el punto más cercano al centroide de la hoya hasta la salida (km)

Ct: Coeficiente que tiene en cuenta el gradiente de la hoya, y está asociado al almacenamiento de esta. Con las distancias L y Lc en km, Snyder da valores de Ct variando en un rango de 1.35 a 1.65, con un promedio de 1.50.

La fórmula de Snyder para el caudal pico es:

$$Qp = \frac{C_p A}{T_l}$$

Cp es un coeficiente empírico que relaciona el tiempo base del hidrograma unitario triangular con el tiempo de desfase de la hoya.

Snyder da valores de Cp en los rangos de 0.56 a 0.69, los cuales están asociados con la relación Tbt / tl en el rango de 3.57 a 2.90. El menor valor de Cp (es decir, el menor caudal pico) implica un mayor valor de Tbt / tl y una mayor capacidad de almacenamiento de la hoya hidrográfica.

En unidades del sistema métrico, la fórmula del caudal pico es:

$$Qp = \frac{0.278 C_p A}{t_l}$$

Qp: Caudal pico del hidrograma unitario correspondiente a 1mm de precipitación efectiva (m3/s)

A: Área de drenaje de la hoya hidrográfica (km2)

tl: Tiempo de desfase (h)

En el método de Snyder la duración de la lluvia efectiva es una función lineal del tiempo de desfase:

$$t_r = \frac{2}{11} t_l$$

En la aplicación del procedimiento para la estimación de creciente, Snyder reconoce que la duración de la tormenta es usualmente mayor que la duración calculada en la ecuación siguiente, por lo tanto, ideó una fórmula para aumentar el tiempo de desfase, con el fin de tener en cuenta el incremento de la duración de la lluvia efectiva. Lo anterior conduce a:

CONSORCIO DISEÑO PUENTE
NIT: 901.884.162-6

$$t_{IR} = t_r + \frac{t_R - t_r}{4}$$

Donde,

t_{IR} Tiempo de desfase ajustado a una nueva duración de la lluvia efectiva t_R (h)

Suponiendo, por simplicidad, una lluvia efectiva uniforme, el tiempo al pico del hidrograma unitario es igual a la mitad de la duración de la lluvia efectiva más el tiempo de desfase, de acuerdo con lo mostrado en la siguiente figura:

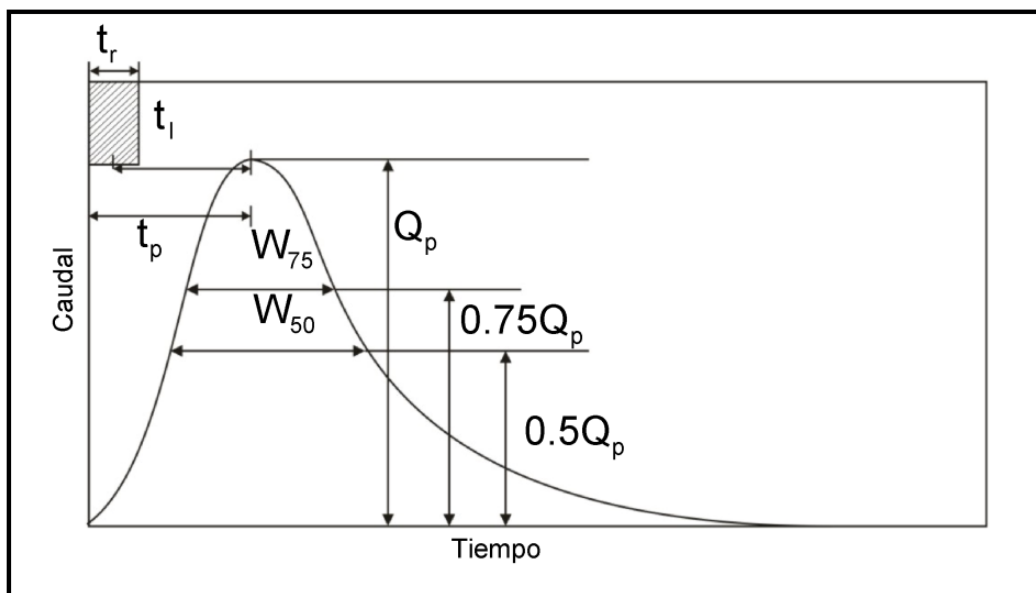


Figura 31: hidrograma unitario de Snyder, fuente INVIAS 2009

Por consiguiente, el tiempo al pico en términos del tiempo de desfase es:

$$t_p = \frac{12}{11} t_l$$

$$T_b = 72 + 3t_l$$

Donde,

T_b Tiempo base del hidrograma unitario (h) t_l Tiempo de desfase (h)

Fórmula para determinar Ancho del hidrograma unitario ya sea al 50% y 75%.

CONSORCIO DISEÑO PUENTE
NIT: 901.884.162-6

$$W_{50} = \frac{5.87}{(Q_p/A)^{1.08}}$$

$$W_{75} = \frac{3.35}{(Q_p/A)^{1.08}}$$

Donde,

W₅₀: Ancho del hidrograma unitario para el 50% del caudal pico (h)

W₇₅: Ancho del hidrograma unitario para el 75% del caudal pico (h)

Q_p: Caudal pico (m³/s)

A: Área de drenaje de la hoya hidrográfica (km²)

- Hidrograma Unitarios de Clark

El hidrograma Unitario de Clark es un método que estima el almacenamiento del agua en el cuerpo Hídrico o cuenca, consiste en abarcar dos momentos para la transformación de la lluvia escorrentía, el primero consiste en trasladar el flujo o caudal desde el punto inicial u origen por toda la cuenca hasta el punto de cierre o salida de la misma. La segunda consiste en atenuar o regular la magnitud de este caudal.

El método inicia con la ecuación de la continuidad.

Donde,

$$\frac{dS}{dt} = I_t - O_t$$

$\frac{dS}{dt}$: Variación del volumen almacenado en un tiempo t

I_t : Volumen que ha ingresado al almacenamiento en un tiempo t

O_t : Volumen que ha salido en un tiempo t

Con el modelo de depósito línea, el almacenamiento del agua en un tiempo t se relaciona con el flujo de salida mediante la siguiente expresión:

$$S_t = R * O_t$$

Donde,

R: Coeficiente de almacenamiento

$$O_t = C_A I_t + C_B O_{t-1}$$

Donde,

C_A y C_B son coeficientes de escorrentía y se calculan de la siguiente forma:

$$C_A = \frac{\Delta t}{R + 0.5\Delta t}$$

$$C_B = 1 - C_A$$

El flujo medio de salida durante el tiempo t es:

$$\overline{O}_t = \frac{O_{t-1} + O_t}{2}$$

Los modelos anteriormente mencionados se encuentran dentro del software HEC-HMS v4.8, insumo para hacer el presente estudio.

6.6.4.1 Cálculo de caudales máximos –hidrograma unitario

Para la estimación de la tormenta de diseño al no existir registros pluviográficos que permitan establecer la duración y distribución temporal de la tormenta sobre las cuencas, se hace necesario emplear una metodología sintética para determinar estas propiedades de las tormentas. En este caso se empleó el método del bloque alterno a partir de las curvas de intensidad frecuencia duración – IDF de la estación SUAREZ [21180160] este cálculo de las curvas IDF se encuentran en la página 55 hasta la pagina 58 en el capítulo 6.6.1.2 Curvas Intensidad – Duración – Frecuencia (IDF). Se ponderó su incidencia sobre la cuenca para un periodo de retorno de 2,5,10, 25, 50 y 100 años. Se asumió también, que la duración promedio de las tormentas corresponde al tiempo de concentración promedio calculado para la cuenca.

CONSORCIO DISEÑO PUENTE

NIT: 901.884.162-6

ESTACIÓN SUAREZ [21180160] CURVAS INTENSIDAD - DURACIÓN - FRECUENCIA (valores en mm/h)						
DURACIÓN (min)	PERIODO DE RETORNO (AÑOS)					
	2	5	10	25	50	100
60	49.54	58.42	66.18	78.05	88.42	100.17
120	31.35	36.97	41.89	49.40	55.96	63.40
180	23.99	28.29	32.05	37.80	42.82	48.51
240	19.84	23.40	26.51	31.26	35.42	40.12
300	17.12	20.20	22.88	26.98	30.57	34.63
360	15.18	17.91	20.28	23.92	27.10	30.70
420	13.71	16.17	18.32	21.61	24.48	27.73
480	12.56	14.81	16.78	19.79	22.41	25.39
540	11.62	13.70	15.52	18.31	20.74	23.49
600	10.84	12.78	14.48	17.08	19.34	21.92
660	10.18	12.00	13.60	16.03	18.17	20.58
720	9.61	11.33	12.84	15.14	17.15	19.43
780	9.11	10.75	12.18	14.36	16.27	18.43
840	8.68	10.24	11.60	13.68	15.49	17.55
900	8.29	9.78	11.08	13.07	14.80	16.77
960	7.95	9.37	10.62	12.52	14.19	16.07
1020	7.64	9.00	10.20	12.03	13.63	15.44
1080	7.35	8.67	9.82	11.59	13.12	14.87
1140	7.10	8.37	9.48	11.18	12.66	14.35
1200	6.86	8.09	9.16	10.81	12.24	13.87
1260	6.64	7.83	8.87	10.46	11.86	13.43
1320	6.44	7.60	8.61	10.15	11.50	13.02
1380	6.25	7.38	8.36	9.85	11.16	12.65
1440	6.08	7.17	8.12	9.58	10.85	12.30

Tabla 28: datos de intensidad frecuencia duración – IDF de la estación SUAREZ [21180160].

Con los datos de las curvas I-D-F, se hallan las siguientes curvas de masas de aguaceros puntuales:

CURVAS DE MASAS DE AGUACEROS PUNTALES ÁREA DE INFLUENCIA ESTACIÓN (valores en mm)						
TIEMPO (MINUTOS)	PERIODO DE RETORNO (Años)					
	2	5	10	25	50	100
0	0.00	0	0	0	0	0
60	49.54	58.42	66.18	78.05	88.42	100.17
120	62.70	73.95	83.77	98.79	111.92	126.80
180	71.97	84.88	96.16	113.40	128.47	145.54
240	79.37	93.60	106.04	125.05	141.67	160.49
300	85.62	100.98	114.39	134.91	152.83	173.14
360	91.10	107.43	121.71	143.53	162.61	184.21
420	96.00	113.21	128.26	151.26	171.36	194.13
480	100.46	118.47	134.22	158.28	179.32	203.14
540	104.56	123.31	139.70	164.75	186.64	211.44
600	108.38	127.81	144.79	170.76	193.45	219.16
660	111.95	132.02	149.56	176.38	199.82	226.37
720	115.31	135.98	154.05	181.68	205.82	233.17
780	118.49	139.74	158.30	186.69	211.50	239.60
840	121.51	143.30	162.34	191.45	216.90	245.72
900	124.40	146.70	166.20	196.00	222.04	251.55
960	127.16	149.96	169.88	200.35	226.97	257.13
1020	129.80	153.08	173.42	204.52	231.70	262.49
1080	132.35	156.08	176.83	208.53	236.24	267.64
1140	134.81	158.98	180.11	212.40	240.63	272.60
1200	137.18	161.78	183.28	216.14	244.86	277.40
1260	139.47	164.48	186.34	219.75	248.96	282.04
1320	141.70	167.11	189.31	223.26	252.92	286.53
1380	143.86	169.65	192.19	226.66	256.78	290.90
1440	145.95	172.12	195.00	229.96	260.52	295.14
TOTAL	2673.63	3153.05	3572.04	4212.56	4772.34	5406.50

Tabla 29. Curva de masas de aguaceros puntuales área de influencia Estación

CONSORCIO DISEÑO PUENTE

NIT: 901.884.162-6

A partir de estas curvas de masas de aguaceros puntuales se hallan los siguientes incrementos de lluvias puntuales de los hietogramas de precipitación:

INCREMENTOS DE LLUVIAS PUNTALES DE LOS HIETOGRAMAS DE PRECIPITACIÓN ÁREA DE INFLUENCIA ESTACIÓN (valores en mm)						
TIEMPO (MINUTOS)	PERIODO DE RETORNO (Años)					
	2	5	10	25	50	100
0-60	49.54	58.42	66.18	78.05	88.42	100.17
60-120	13.17	15.53	17.59	20.74	23.50	26.62
120-180	9.27	10.93	12.38	14.60	16.54	18.74
180-240	7.40	8.72	9.88	11.65	13.20	14.95
240-300	6.26	7.38	8.36	9.86	11.17	12.65
300-360	5.48	6.46	7.32	8.63	9.77	11.07
360-420	4.90	5.78	6.55	7.72	8.75	9.91
420-480	4.46	5.26	5.96	7.03	7.96	9.02
480-540	4.10	4.84	5.48	6.47	7.33	8.30
540-600	3.81	4.50	5.10	6.01	6.81	7.71
600-660	3.57	4.21	4.77	5.62	6.37	7.22
660-720	3.36	3.96	4.49	5.30	6.00	6.80
720-780	3.18	3.75	4.25	5.01	5.68	6.43
780-840	3.02	3.57	4.04	4.76	5.40	6.11
840-900	2.88	3.40	3.85	4.54	5.15	5.83
900-960	2.76	3.25	3.69	4.35	4.93	5.58
960-1020	2.65	3.12	3.54	4.17	4.73	5.36
1020-1080	2.55	3.00	3.40	4.01	4.55	5.15
1080-1140	2.46	2.90	3.28	3.87	4.38	4.97
1140-1200	2.37	2.80	3.17	3.74	4.23	4.80
1200-1260	2.29	2.71	3.07	3.62	4.10	4.64
1260-1320	2.22	2.62	2.97	3.50	3.97	4.50
1320-1380	2.16	2.54	2.88	3.40	3.85	4.36
1380-1440	2.10	2.47	2.80	3.30	3.74	4.24

Tabla 30. Incrementos de lluvias puntuales de los Hietogramas de precipitación área de influencia estación.

Posterior a esto se arreglan los incrementos de lluvias puntuales y se obtiene lo siguiente:

INCREMENTOS ARREGLADOS DE LLUVIAS PUNTALES DE LOS HIETOGRAMAS DE PRECIPITACIÓN ÁREA DE INFLUENCIA ESTACIÓN (valores en mm)						
TIEMPO (MINUTOS)	PERIODO DE RETORNO (Años)					
	2	5	10	25	50	100
0-60	2.16	2.54	2.88	3.40	3.85	4.36
60-120	2.29	2.71	3.07	3.62	4.10	4.64
120-180	2.46	2.90	3.28	3.87	4.38	4.97
180-240	2.65	3.12	3.54	4.17	4.73	5.36
240-300	2.88	3.40	3.85	4.54	5.15	5.83
300-360	3.18	3.75	4.25	5.01	5.68	6.43
360-420	3.57	4.21	4.77	5.62	6.37	7.22
420-480	4.10	4.84	5.48	6.47	7.33	8.30
480-540	4.90	5.78	6.55	7.72	8.75	9.91
540-600	6.26	7.38	8.36	9.86	11.17	12.65
600-660	9.27	10.93	12.38	14.60	16.54	18.74
660-720	49.54	58.42	66.18	78.05	88.42	100.17
720-780	13.17	15.53	17.59	20.74	23.50	26.62
780-840	7.40	8.72	9.88	11.65	13.20	14.95
840-900	5.48	6.46	7.32	8.63	9.77	11.07
900-960	4.46	5.26	5.96	7.03	7.96	9.02
960-1020	3.81	4.50	5.10	6.01	6.81	7.71
1020-1080	3.36	3.96	4.49	5.30	6.00	6.80
1080-1140	3.02	3.57	4.04	4.76	5.40	6.11
1140-1200	2.76	3.25	3.69	4.35	4.93	5.58
1200-1260	2.55	3.00	3.40	4.01	4.55	5.15
1260-1320	2.37	2.80	3.17	3.74	4.23	4.80
1320-1380	2.22	2.62	2.97	3.50	3.97	4.50
1380-1440	2.10	2.47	2.80	3.30	3.74	4.24

Tabla 31. Incrementos arreglados de lluvias puntuales de los Hietogramas de precipitación área de influencia estación.

CONSORCIO DISEÑO PUENTE

NIT: 901.884.162-6

Se aplica a la microcuenca el factor para transformar la lluvia puntual en lluvia espacial, aplicando las siguientes ecuaciones de Fhrüling, Instituto of Civil Engineers y datos de Norte américa:

Para los valores de f(a) se pueden utilizar las siguientes ecuaciones:	
1) Ecuación de Fhrüling	
$f(a) = 1.0 - 0.0054 \times A^{0.25}$	[2.99]
2) Ecacion por el Institution of Civil Engineers	
$f(a) = 1.0 - 0.0268 \times t_c^{-0.261} \times A^{0.387}$	[2.100]
3) Ecuación Según datos en Norteamérica	
$f(a) = 1.0 - 0.05 \times t_c^{0.361} \times A^{0.264}$	[2.101]

Tabla 32. Ecuaciones para Valores de f(a) tomado del manual de drenajes INVIAS.

Calculamos el tiempo de concentración por varios autores del manual de drenajes del INVIAS

- Microcuenca Hidrográfica como punto de aforo Puente sobre la quebrada Tomial- vía Guamo-Suarez.

DATOS		CALCULO TIEMPOS DE CONCENTRACION POR VARIOS METODOS		
		ECUACIÓN	HORAS	MINUTOS
LONGITUD (L)=	10.02 km	KIRPICH	3.78	226.96
PENDIENTE (S)=	0.003	TEMEZ	2.21	132.54
H MAX=	333.00 m	JOHN CROSS	6.39	383.44
H MIN=	305.45 m	GIANDOTTI	8.16	489.42
H=	27.55 m	SCS RANSER	3.78	226.95
ÁREA (A)=	23.11 km2	V.T. CHOW	7.87	472.28
		CUERPO ING. USA	4.95	296.76
		PROMEDIO	5.31	318.34

Tabla 33: Cálculo de tiempos de concentración microcuenca Hidrográfica como punto de aforo Puente sobre la quebrada Tomial- vía Guamo-Suarez.

Basándose en el área de la cuenca en estudio y aplicando las ecuaciones de Fhrüling, Instituto of Civil Engineers y datos de Norte américa:

CONSORCIO DISEÑO PUENTE

NIT: 901.884.162-6

FACTOR DE REDUCCIÓN POR ÁREA	
Ecuación de Fhrüling	
ÁREA CUENCA (Km ²)	23.11
f(a)	0.933
Ecuación de Institution of Civil Engineers	
ÁREA CUENCA (Km ²)	23.11
Tc (horas)	5.31
f(a)	0.94
Ecuación de datos de Norte américa	
ÁREA CUENCA (Km ²)	23.11
Tc (horas)	5.31
f(a)	0.79
PROMEDIO	0.89

Tabla 34: Factor Reducción por área microcuenca Hidrográfica como punto de aforo Puente sobre la quebrada Tomial- vía Guamo-Suarez.

Al aplicar el factor para transformar la lluvia puntual en lluvia espacial, se obtienen los siguientes resultados:

INCREMENTOS ARREGLADOS DE LLUVIA ESPACIAL DE LOS HIETOGRAMAS DE PRECIPITACIÓN - ÁREA DE INFLUENCIA (valores en mm)						
TIEMPO (MINUTOS)	PERIODO DE RETORNO (Años)					
	2	5	10	25	50	100
0-60	1.92	2.26	2.56	3.02	3.42	3.88
60-120	2.04	2.40	2.72	3.21	3.64	4.12
120-180	2.18	2.57	2.91	3.44	3.89	4.41
180-240	2.35	2.77	3.14	3.71	4.20	4.76
240-300	2.56	3.02	3.42	4.04	4.57	5.18
300-360	2.83	3.33	3.78	4.45	5.04	5.72
360-420	3.17	3.74	4.24	5.00	5.66	6.41
420-480	3.65	4.30	4.87	5.75	6.51	7.37
480-540	4.36	5.14	5.82	6.86	7.77	8.81
540-600	5.56	6.55	7.43	8.76	9.92	11.24
600-660	8.23	9.71	11.00	12.97	14.70	16.65
600-720	44.01	51.90	58.80	69.34	78.56	89.00
720-780	11.70	13.79	15.63	18.43	20.88	23.65
780-840	6.57	7.75	8.78	10.35	11.73	13.29
840-900	4.86	5.74	6.50	7.66	8.68	9.84
900-960	3.96	4.67	5.29	6.24	7.07	8.01
960-1020	3.39	4.00	4.53	5.34	6.05	6.85
1020-1080	2.99	3.52	3.99	4.71	5.33	6.04
1080-1140	2.69	3.17	3.59	4.23	4.79	5.43
1140-1200	2.45	2.89	3.28	3.86	4.38	4.96
1200-1260	2.26	2.67	3.02	3.57	4.04	4.58
1260-1320	2.11	2.48	2.82	3.32	3.76	4.26
1320-1380	1.98	2.33	2.64	3.11	3.53	3.99
1380-1440	1.86	2.20	2.49	2.94	3.33	3.77

Tabla 35. Incrementos arreglados de lluvias espacial de los Hietogramas de precipitación área de influencia estación con factor reducción por área.

CONSORCIO DISEÑO PUENTE **NIT: 901.884.162-6**

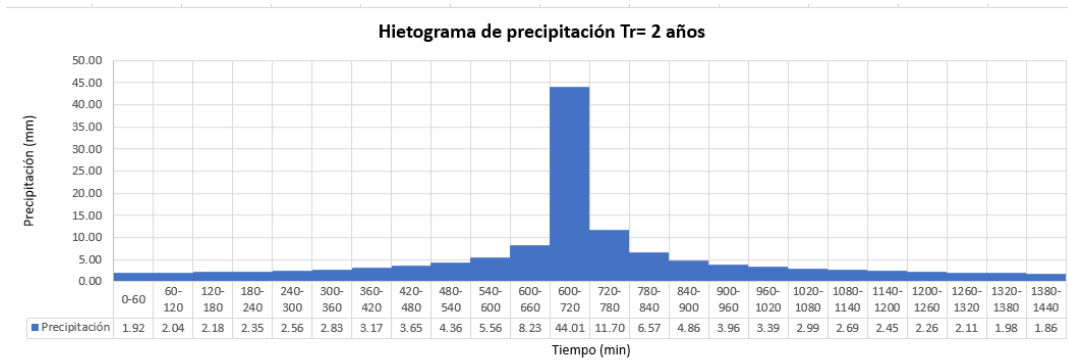


Figura 32: Hietograma de precipitación Tr 2 años

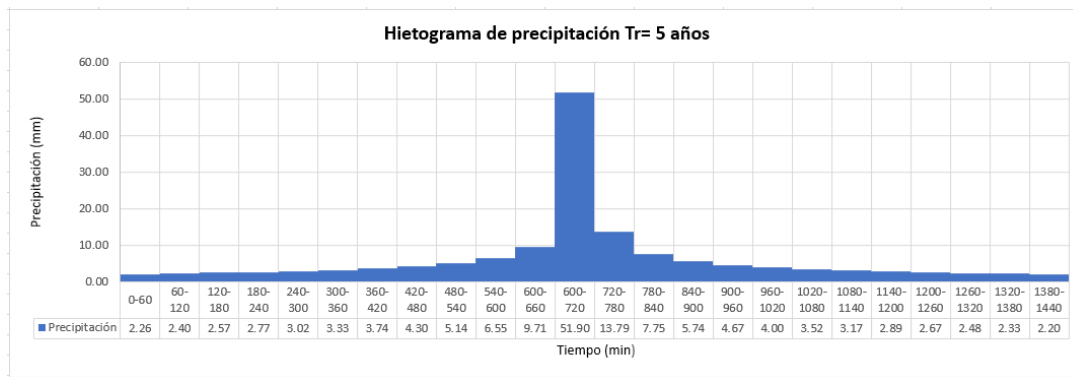


Figura 33: Hietograma de precipitación Tr 5 años

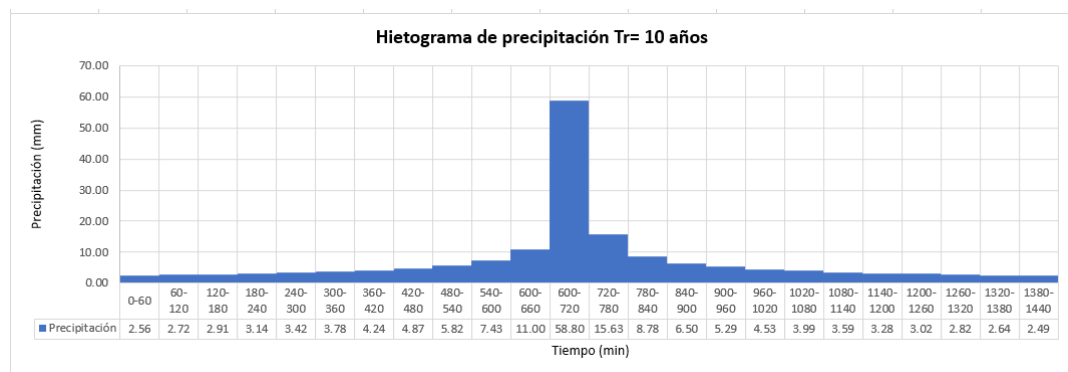


Figura 34: Hietograma de precipitación Tr 10 años

MZ 5. CASA 16 URB. CANTABRIA
 TELEFONO 3187836823
 guamoamarillo2024@gmail.com
 Ibagué-Tolima

CONSORCIO DISEÑO PUENTE

NIT: 901.884.162-6

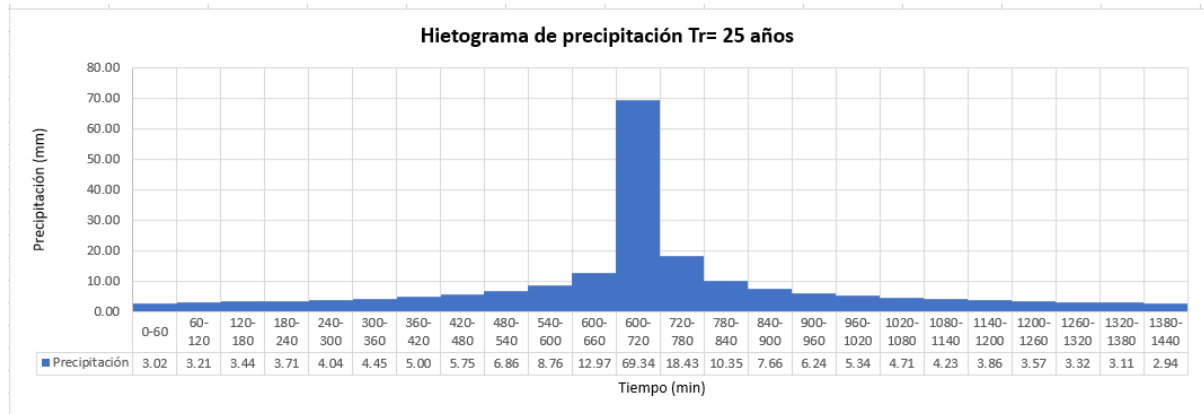


Figura 35: Hietograma de precipitación Tr 25 años

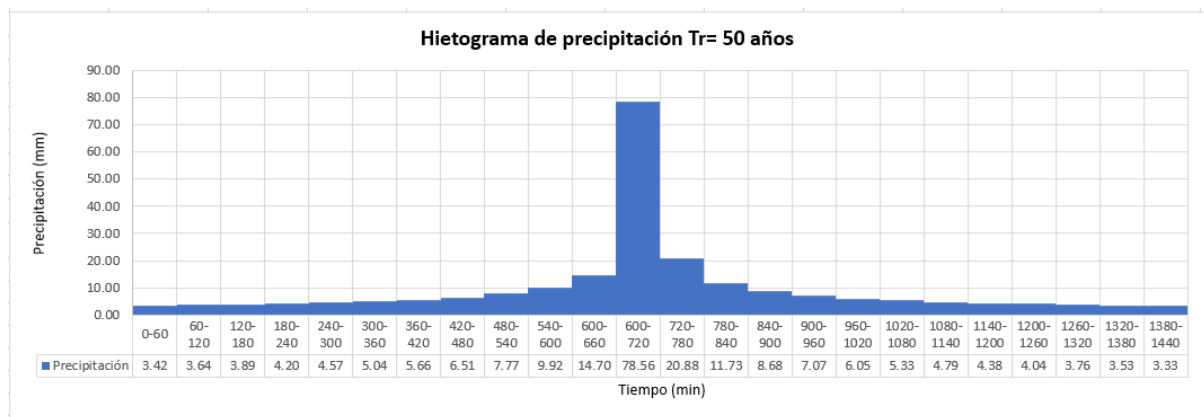


Figura 36: Hietograma de precipitación Tr 50 años

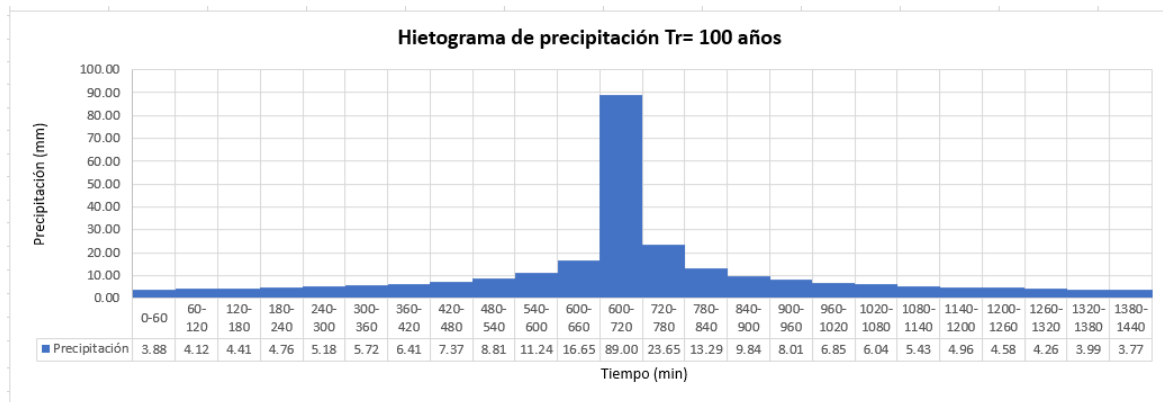


Figura 37: Hietograma de precipitación Tr 100 años

CONSORCIO DISEÑO PUENTE

NIT: 901.884.162-6

A continuación, se presentan los resultados obtenidos por el hidrograma unitario mediante el software HEC- HMS 4.8:

INCREMENTOS ARREGLADOS DE LLUVIA ESPACIAL DE LOS HIETOGRAMAS DE PRECIPITACIÓN - ÁREA DE INFLUENCIA (valores en mm)						
TIEMPO (MINUTOS)	PERIODO DE RETORNO (Años)					
	2	5	10	25	50	100
0-60	1.92	2.26	2.56	3.02	3.42	3.88
60-120	2.04	2.40	2.72	3.21	3.64	4.12
120-180	2.18	2.57	2.91	3.44	3.89	4.41
180-240	2.35	2.77	3.14	3.71	4.20	4.76
240-300	2.56	3.02	3.42	4.04	4.57	5.18
300-360	2.83	3.33	3.78	4.45	5.04	5.72
360-420	3.17	3.74	4.24	5.00	5.66	6.41
420-480	3.65	4.30	4.87	5.75	6.51	7.37
480-540	4.36	5.14	5.82	6.86	7.77	8.81
540-600	5.56	6.55	7.43	8.76	9.92	11.24
600-660	8.23	9.71	11.00	12.97	14.70	16.65
600-720	44.01	51.90	58.80	69.34	78.56	89.00
720-780	11.70	13.79	15.63	18.43	20.88	23.65
780-840	6.57	7.75	8.78	10.35	11.73	13.29
840-900	4.86	5.74	6.50	7.66	8.68	9.84
900-960	3.96	4.67	5.29	6.24	7.07	8.01
960-1020	3.39	4.00	4.53	5.34	6.05	6.85
1020-1080	2.99	3.52	3.99	4.71	5.33	6.04
1080-1140	2.69	3.17	3.59	4.23	4.79	5.43
1140-1200	2.45	2.89	3.28	3.86	4.38	4.96
1200-1260	2.26	2.67	3.02	3.57	4.04	4.58
1260-1320	2.11	2.48	2.82	3.32	3.76	4.26
1320-1380	1.98	2.33	2.64	3.11	3.53	3.99
1380-1440	1.86	2.20	2.49	2.94	3.33	3.77

Tabla 36. Tabla de Hietogramas de precipitación Tr años para la modelación en Hec Hms

6.6.4.2 Resultados de caudales por el Software HEC-HMS para los periodos de retorno.

Se escoge el periodo Tr 50 años ya que la luz del Puente es mayor a 10 m y menor a 50 m, tomado del manual de drenajes del INVIAS,

CONSORCIO DISEÑO PUENTE

NIT: 901.884.162-6

Tabla 2.8. - Periodos de retorno de diseño en obras de drenaje vial

TIPO DE OBRA	PERIODO DE RETORNO (AÑOS) ¹
Cunetas	5
Zanjas de Coronación ²	10
Estructuras de Calda ²	10
Alcantarillas de 0.90 m de diámetro	10
Alcantarillas mayores a 0.90 m de diámetro	20
Puentes menores (luz menor a 10 m)	25
Puentes de luz mayor o igual a 10 m y menor a 50 m	50
Puentes de luz mayor o igual a 50 m	100
Drenaje subsuperficial	2

Microcuenca Hidrográfica:

- Microcuenca Hidrográfica como punto de aforo Puente sobre la quebrada Tomial- vía Guamo-Suarez.

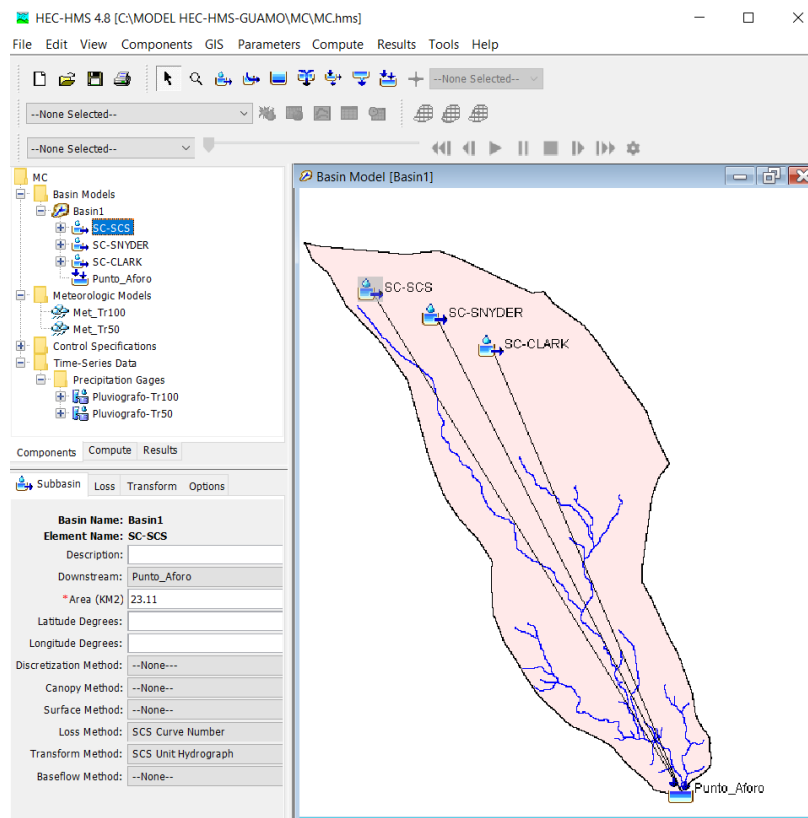


Figura 38: localización del modelamiento en HEC HMS para la microcuenca Hidrográfica como punto de aforo Puente sobre la quebrada Tomial- vía Guamo-Suarez.

MZ 5. CASA 16 URB. CANTABRIA
TELEFONO 3187836823
guamoamarillo2024@gmail.com
Ibagué-Tolima

CONSORCIO DISEÑO PUENTE

NIT: 901.884.162-6

6.6.4.2.1 Resultados de caudales por el método de hidrograma Unitario propuesto por SCS.

Resultados Modelo Hec HMS Escorrentía Tr= 50 años Método HU-SCS

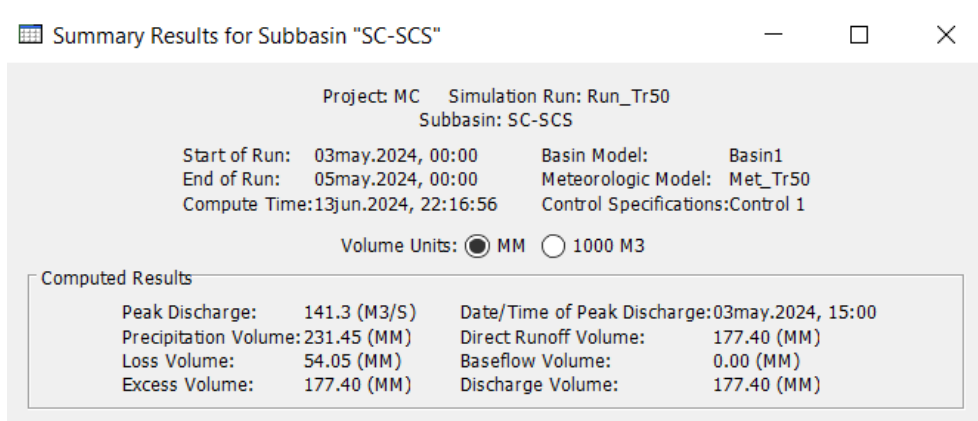


Figura 39: Resultados Modelo Hec HMS Escorrentía Tr= 50 años HU-SCS -microcuenca Hidrográfica como punto de aforo Puente sobre la quebrada Tomial- vía Guamo-Suarez.

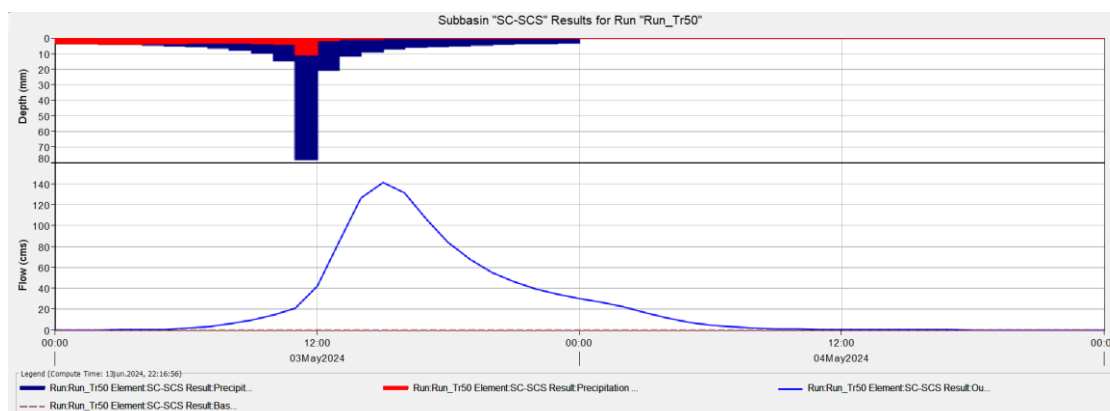


Figura 40: Hidrograma unitario Escorrentía Tr= 50 años HU-SCS microcuenca Hidrográfica como punto de aforo Puente sobre la quebrada Tomial- vía Guamo-Suarez.

CONSORCIO DISEÑO PUENTE

NIT: 901.884.162-6

Time-Series Results for Subbasin "SC-SCS"

Project: MC Simulation Run: Run_Tr50
Subbasin: SC-SCS

Start of Run: 03may.2024, 00:00 Basin Model: Basin1
End of Run: 05may.2024, 00:00 Meteorologic Model: Met_Tr50
Compute Time: 13jun.2024, 22:16:56 Control Specifications: Control 1

Date	Time	Precip (MM)	Loss (MM)	Excess (MM)	Direct Flow (M3/S)	Baseflow (M3/S)	Total Flow (M3/S)
03may.2024	01:00	3.42	3.42	0.00	0.0	0.0	0.0
03may.2024	02:00	3.64	3.64	0.00	0.0	0.0	0.0
03may.2024	03:00	3.89	3.89	0.00	0.0	0.0	0.0
03may.2024	04:00	4.20	3.87	0.33	0.1	0.0	0.1
03may.2024	05:00	4.57	3.62	0.95	0.4	0.0	0.4
03may.2024	06:00	5.04	3.43	1.61	1.4	0.0	1.4
03may.2024	07:00	5.66	3.29	2.37	3.3	0.0	3.3
03may.2024	08:00	6.51	3.21	3.30	6.0	0.0	6.0
03may.2024	09:00	7.77	3.21	4.56	9.6	0.0	9.6
03may.2024	10:00	9.92	3.35	6.57	14.3	0.0	14.3
03may.2024	11:00	14.70	3.88	10.82	21.0	0.0	21.0
03may.2024	12:00	78.56	10.61	67.95	42.3	0.0	42.3
03may.2024	13:00	20.88	1.50	19.38	83.6	0.0	83.6
03may.2024	14:00	11.73	0.72	11.01	126.5	0.0	126.5
03may.2024	15:00	8.68	0.48	8.20	141.3	0.0	141.3
03may.2024	16:00	7.07	0.37	6.70	131.0	0.0	131.0
03may.2024	17:00	6.05	0.30	5.75	105.9	0.0	105.9
03may.2024	18:00	5.33	0.25	5.08	83.6	0.0	83.6
03may.2024	19:00	4.79	0.22	4.57	67.5	0.0	67.5
03may.2024	20:00	4.38	0.19	4.19	55.1	0.0	55.1
03may.2024	21:00	4.04	0.17	3.87	46.1	0.0	46.1
03may.2024	22:00	3.76	0.15	3.61	39.3	0.0	39.3
03may.2024	23:00	3.53	0.14	3.39	34.2	0.0	34.2
04may.2024	00:00	3.33	0.13	3.20	30.3	0.0	30.3
04may.2024	01:00	0.00	0.00	0.00	26.6	0.0	26.6
04may.2024	02:00	0.00	0.00	0.00	22.1	0.0	22.1
04may.2024	03:00	0.00	0.00	0.00	16.6	0.0	16.6
04may.2024	04:00	0.00	0.00	0.00	11.3	0.0	11.3
04may.2024	05:00	0.00	0.00	0.00	7.1	0.0	7.1
04may.2024	06:00	0.00	0.00	0.00	4.5	0.0	4.5
04may.2024	07:00	0.00	0.00	0.00	2.8	0.0	2.8
04may.2024	08:00	0.00	0.00	0.00	1.8	0.0	1.8
04may.2024	09:00	0.00	0.00	0.00	1.1	0.0	1.1
04may.2024	10:00	0.00	0.00	0.00	0.7	0.0	0.7
04may.2024	11:00	0.00	0.00	0.00	0.4	0.0	0.4
04may.2024	12:00	0.00	0.00	0.00	0.3	0.0	0.3
04may.2024	13:00	0.00	0.00	0.00	0.2	0.0	0.2
04may.2024	14:00	0.00	0.00	0.00	0.1	0.0	0.1
04may.2024	15:00	0.00	0.00	0.00	0.0	0.0	0.0
04may.2024	16:00	0.00	0.00	0.00	0.0	0.0	0.0

Tabla 37. Tabla de resumen de series para la microcuenca Hidrográfica como punto de aforo Puente sobre la quebrada Tomial- vía Guamo-Suarez. Tr= 50 años- HU-SCS.

El caudal que llega hasta el punto de aforo es de 141.3 m3 /s para Tr50 años.

Resultados Modelo Hec HMS Escorrentía Tr= 100 años Método HU-SCS

Summary Results for Subbasin "SC-SCS"

Project: MC Simulation Run: Run_Tr100
Subbasin: SC-SCS

Start of Run: 03may.2024, 00:00 Basin Model: Basin1
End of Run: 05may.2024, 00:00 Meteorologic Model: Met_Tr100
Compute Time: 13jun.2024, 22:16:56 Control Specifications: Control 1

Volume Units: ☒ MM ☐ 1000 M3

Computed Results	
Peak Discharge:	164.6 (M3/S)
Precipitation Volume:	262.22 (MM)
Loss Volume:	55.12 (MM)
Excess Volume:	207.10 (MM)
Date/Time of Peak Discharge:	03may.2024, 15:00
Direct Runoff Volume:	207.10 (MM)
Baseflow Volume:	0.00 (MM)
Discharge Volume:	207.10 (MM)

Figura 41: Resultados Modelo Hec HMS Escorrentía Tr= 100 años-HU-SCS microcuenca Hidrográfica como punto de aforo Puente sobre la quebrada Tomial- vía Guamo-Suarez.

MZ 5. CASA 16 URB. CANTABRIA
TELEFONO 3187836823
guamoamarillo2024@gmail.com
Ibagué-Tolima

CONSORCIO DISEÑO PUENTE

NIT: 901.884.162-6

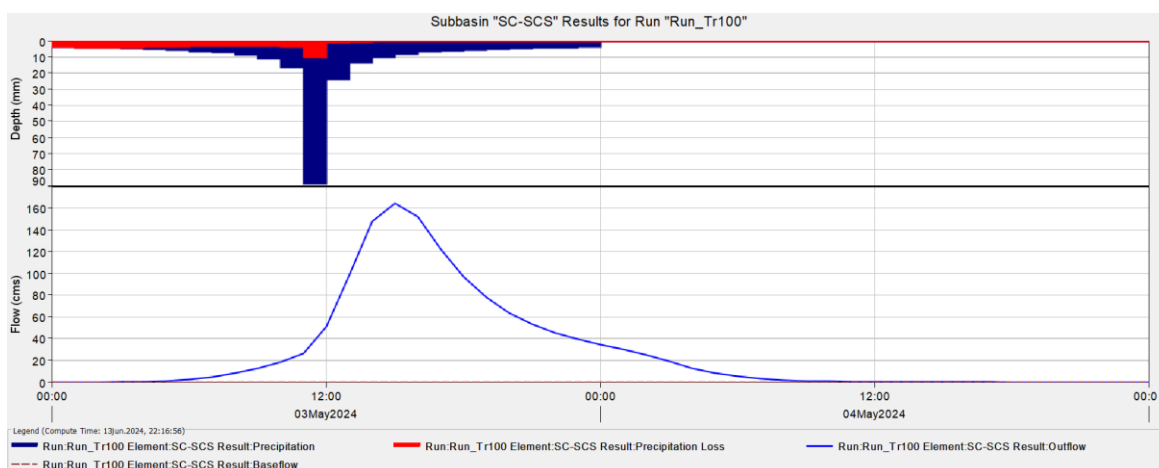


Figura 42: Hidrograma unitario Escorrentía Tr= 100 años HU-SCS microcuenca Hidrográfica como punto de aforo Puente sobre la quebrada Tomial- vía Guamo-Suarez.

Project: MC Simulation Run: Run_Tr100 Subbasin: SC-SCS							
Start of Run: 03may.2024, 00:00		Basin Model: Basin1					
End of Run: 05may.2024, 00:00		Meteorologic Model: Met_Tr100					
Compute Time: 13jun.2024, 22:16:56		Control Specifications: Control 1					
Date	Time	Precip (MM)	Loss (MM)	Excess (MM)	Direct Flow (M3/S)	Baseflow (M3/S)	Total Flow (M3/S)
03may.2024	02:00	4.12	4.12	0.00	0.0	0.0	0.0
03may.2024	03:00	4.41	4.36	0.05	0.0	0.0	0.0
03may.2024	04:00	4.76	4.13	0.63	0.2	0.0	0.2
03may.2024	05:00	5.18	3.81	1.37	0.8	0.0	0.8
03may.2024	06:00	5.72	3.56	2.16	2.3	0.0	2.3
03may.2024	07:00	6.41	3.37	3.04	4.8	0.0	4.8
03may.2024	08:00	7.37	3.24	4.13	8.2	0.0	8.2
03may.2024	09:00	8.81	3.21	5.60	12.6	0.0	12.6
03may.2024	10:00	11.24	3.31	7.93	18.3	0.0	18.3
03may.2024	11:00	16.65	3.78	12.87	26.2	0.0	26.2
03may.2024	12:00	89.00	10.07	78.93	50.9	0.0	50.9
03may.2024	13:00	23.65	1.39	22.26	98.7	0.0	98.7
03may.2024	14:00	13.29	0.66	12.63	148.0	0.0	148.0
03may.2024	15:00	9.84	0.45	9.39	164.6	0.0	164.6
03may.2024	16:00	8.01	0.34	7.67	152.1	0.0	152.1
03may.2024	17:00	6.85	0.27	6.58	122.6	0.0	122.6
03may.2024	18:00	6.04	0.23	5.81	96.6	0.0	96.6
03may.2024	19:00	5.43	0.20	5.23	77.9	0.0	77.9
03may.2024	20:00	4.96	0.18	4.78	63.5	0.0	63.5
03may.2024	21:00	4.58	0.16	4.42	53.0	0.0	53.0
03may.2024	22:00	4.26	0.14	4.12	45.1	0.0	45.1
03may.2024	23:00	3.99	0.13	3.86	39.2	0.0	39.2
04may.2024	00:00	3.77	0.12	3.65	34.7	0.0	34.7
04may.2024	01:00	0.00	0.00	0.00	30.5	0.0	30.5
04may.2024	02:00	0.00	0.00	0.00	25.3	0.0	25.3
04may.2024	03:00	0.00	0.00	0.00	19.0	0.0	19.0
04may.2024	04:00	0.00	0.00	0.00	13.0	0.0	13.0
04may.2024	05:00	0.00	0.00	0.00	8.2	0.0	8.2
04may.2024	06:00	0.00	0.00	0.00	5.1	0.0	5.1
04may.2024	07:00	0.00	0.00	0.00	3.2	0.0	3.2
04may.2024	08:00	0.00	0.00	0.00	2.0	0.0	2.0
04may.2024	09:00	0.00	0.00	0.00	1.3	0.0	1.3
04may.2024	10:00	0.00	0.00	0.00	0.8	0.0	0.8
04may.2024	11:00	0.00	0.00	0.00	0.5	0.0	0.5
04may.2024	12:00	0.00	0.00	0.00	0.3	0.0	0.3
04may.2024	13:00	0.00	0.00	0.00	0.2	0.0	0.2
04may.2024	14:00	0.00	0.00	0.00	0.1	0.0	0.1
04may.2024	15:00	0.00	0.00	0.00	0.1	0.0	0.1
04may.2024	16:00	0.00	0.00	0.00	0.0	0.0	0.0
04may.2024	17:00	0.00	0.00	0.00	0.0	0.0	0.0

Tabla 38. Tabla de resumen de series para la microcuenca Hidrográfica como punto de aforo Puente sobre la quebrada Tomial- vía Guamo-Suarez. Tr= 100 años HU-SCS

El caudal que llega hasta el punto de aforo es de 164.6 m³ /s para Tr100 años.

MZ 5. CASA 16 URB. CANTABRIA
TELEFONO 3187836823
guamoamarillo2024@gmail.com
Ibagué-Tolima

CONSORCIO DISEÑO PUENTE

NIT: 901.884.162-6

6.6.4.2.2 Resultados de caudales por el método de hidrograma Unitario propuesto por SNYDER.

Resultados Modelo Hec HMS Escorrentía Tr= 50 años HU- SNYDER

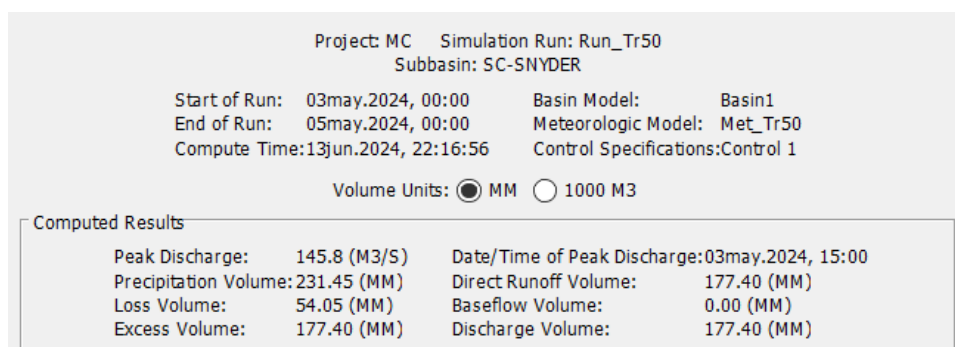


Figura 43: Resultados Modelo Hec HMS Escorrentía Tr= 50 años HU- SNYDER microcuenca Hidrográfica como punto de aforo Puente sobre la quebrada Tomial- vía Guamo-Suarez.

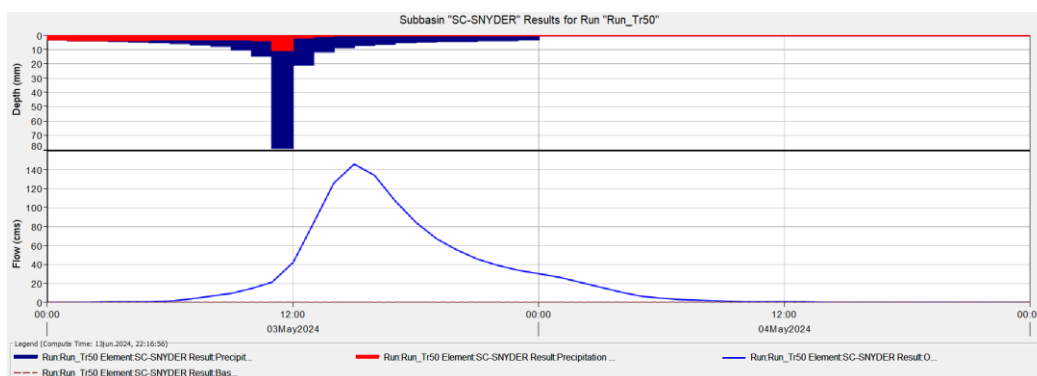


Figura 44: Hidrograma unitario Escorrentía Tr= 50 años HU- SNYDER microcuenca Hidrográfica como punto de aforo Puente sobre la quebrada Tomial- vía Guamo-Suarez.

CONSORCIO DISEÑO PUENTE

NIT: 901.884.162-6

Project: MC Simulation Run: Run_Tr50 Subbasin: SC-SNYDER							
Start of Run: 03may.2024, 00:00 End of Run: 05may.2024, 00:00 Compute Time: 13jun.2024, 22:16:56				Basin Model: Basin1 Meteorologic Model: Met_Tr50 Control Specifications: Control 1			
Date	Time	Precip (MM)	Loss (MM)	Excess (MM)	Direct Flow (M3/S)	Baseflow (M3/S)	Total Flow (M3/S)
03may.2024	00:00				0.0	0.0	0.0
03may.2024	01:00	3.42	3.42	0.00	0.0	0.0	0.0
03may.2024	02:00	3.64	3.64	0.00	0.0	0.0	0.0
03may.2024	03:00	3.89	3.89	0.00	0.0	0.0	0.0
03may.2024	04:00	4.20	3.87	0.33	0.1	0.0	0.1
03may.2024	05:00	4.57	3.62	0.95	0.4	0.0	0.4
03may.2024	06:00	5.04	3.43	1.61	1.4	0.0	1.4
03may.2024	07:00	5.66	3.29	2.37	3.2	0.0	3.2
03may.2024	08:00	6.51	3.21	3.30	6.0	0.0	6.0
03may.2024	09:00	7.77	3.21	4.56	9.6	0.0	9.6
03may.2024	10:00	9.92	3.35	6.57	14.4	0.0	14.4
03may.2024	11:00	14.70	3.88	10.82	21.1	0.0	21.1
03may.2024	12:00	78.56	10.61	67.95	42.1	0.0	42.1
03may.2024	13:00	20.88	1.50	19.38	83.3	0.0	83.3
03may.2024	14:00	11.73	0.72	11.01	125.8	0.0	125.8
03may.2024	15:00	8.68	0.48	8.20	145.8	0.0	145.8
03may.2024	16:00	7.07	0.37	6.70	133.5	0.0	133.5
03may.2024	17:00	6.05	0.30	5.75	106.8	0.0	106.8
03may.2024	18:00	5.33	0.25	5.08	84.3	0.0	84.3
03may.2024	19:00	4.79	0.22	4.57	67.4	0.0	67.4
03may.2024	20:00	4.38	0.19	4.19	54.9	0.0	54.9
03may.2024	21:00	4.04	0.17	3.87	45.7	0.0	45.7
03may.2024	22:00	3.76	0.15	3.61	38.9	0.0	38.9
03may.2024	23:00	3.53	0.14	3.39	33.8	0.0	33.8
04may.2024	00:00	3.33	0.13	3.20	29.9	0.0	29.9
04may.2024	01:00	0.00	0.00	0.00	26.3	0.0	26.3
04may.2024	02:00	0.00	0.00	0.00	21.1	0.0	21.1
04may.2024	03:00	0.00	0.00	0.00	15.8	0.0	15.8
04may.2024	04:00	0.00	0.00	0.00	10.6	0.0	10.6
04may.2024	05:00	0.00	0.00	0.00	6.6	0.0	6.6
04may.2024	06:00	0.00	0.00	0.00	4.1	0.0	4.1
04may.2024	07:00	0.00	0.00	0.00	2.5	0.0	2.5
04may.2024	08:00	0.00	0.00	0.00	1.5	0.0	1.5
04may.2024	09:00	0.00	0.00	0.00	0.9	0.0	0.9
04may.2024	10:00	0.00	0.00	0.00	0.5	0.0	0.5
04may.2024	11:00	0.00	0.00	0.00	0.3	0.0	0.3
04may.2024	12:00	0.00	0.00	0.00	0.1	0.0	0.1
04may.2024	13:00	0.00	0.00	0.00	0.1	0.0	0.1
04may.2024	14:00	0.00	0.00	0.00	0.0	0.0	0.0
04may.2024	15:00	0.00	0.00	0.00	0.0	0.0	0.0

Tabla 39. Tabla de resumen de series para la microcuenca Hidrográfica como punto de aforo Puente sobre la quebrada Tomial- vía Guamo-Suarez. Tr= 50 años HU- SNYDER

El caudal que llega hasta el punto de aforo es de 145.8 m3 /s para Tr50 años.

Resultados Modelo Hec HMS Escorrentía Tr= 100 años- HU- SNYDER

Project: MC Simulation Run: Run_Tr100			
Subbasin: SC-SNYDER			
Start of Run: 03may.2024, 00:00		Basin Model: Basin1	
End of Run: 05may.2024, 00:00		Meteorologic Model: Met_Tr100	
Compute Time:13jun.2024, 22:16:56		Control Specifications:Control 1	
Volume Units: ☒ MM ☐ 1000 M3			
Computed Results			
Peak Discharge: 169.7 (M3/S)		Date/Time of Peak Discharge:03may.2024, 15:00	
Precipitation Volume:262.22 (MM)		Direct Runoff Volume: 207.10 (MM)	
Loss Volume: 55.12 (MM)		Baseflow Volume: 0.00 (MM)	
Excess Volume: 207.10 (MM)		Discharge Volume: 207.10 (MM)	

Figura 45: Resultados Modelo Hec HMS Escorrentía Tr= 100 años HU- SNYDER microcuenca Hidrográfica como punto de aforo Puente sobre la quebrada Tomial- vía Guamo-Suarez.

CONSORCIO DISEÑO PUENTE

NIT: 901.884.162-6

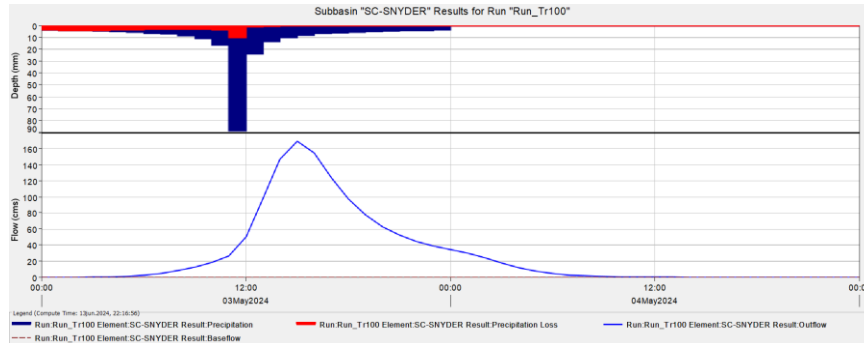


Figura 46: Hidrograma unitario Escorrentía Tr= 100 años HU- SNYDER microcuenca Hidrográfica como punto de aforo Puente sobre la quebrada Tomial- vía Guamo-Suarez.

Project: MC Simulation Run: Run_Tr100 Subbasin: SC-SNYDER							
Start of Run: 03may.2024, 00:00		Basin Model: Basin1					
End of Run: 05may.2024, 00:00		Meteorologic Model: Met_Tr100					
Compute Time: 13Jun.2024, 22:16:56		Control Specifications: Control 1					
Date	Time	Precip (MM)	Loss (MM)	Excess (MM)	Direct Flow (M3/S)	Baseflow (M3/S)	Total Flow (M3/S)
03may.2024	00:00				0.0	0.0	0.0
03may.2024	01:00	3.88	3.88	0.00	0.0	0.0	0.0
03may.2024	02:00	4.12	4.12	0.00	0.0	0.0	0.0
03may.2024	03:00	4.41	4.36	0.05	0.0	0.0	0.0
03may.2024	04:00	4.76	4.13	0.63	0.2	0.0	0.2
03may.2024	05:00	5.18	3.81	1.37	0.8	0.0	0.8
03may.2024	06:00	5.72	3.56	2.16	2.2	0.0	2.2
03may.2024	07:00	6.41	3.37	3.04	4.7	0.0	4.7
03may.2024	08:00	7.37	3.24	4.13	8.2	0.0	8.2
03may.2024	09:00	8.81	3.21	5.60	12.7	0.0	12.7
03may.2024	10:00	11.24	3.31	7.93	18.3	0.0	18.3
03may.2024	11:00	16.65	3.78	12.87	26.3	0.0	26.3
03may.2024	12:00	89.00	10.07	78.93	50.7	0.0	50.7
03may.2024	13:00	23.65	1.39	22.26	98.3	0.0	98.3
03may.2024	14:00	13.29	0.66	12.63	147.1	0.0	147.1
03may.2024	15:00	9.84	0.45	9.39	169.7	0.0	169.7
03may.2024	16:00	8.01	0.34	7.67	155.0	0.0	155.0
03may.2024	17:00	6.85	0.27	6.58	123.6	0.0	123.6
03may.2024	18:00	6.04	0.23	5.81	97.4	0.0	97.4
03may.2024	19:00	5.43	0.20	5.23	77.7	0.0	77.7
03may.2024	20:00	4.96	0.18	4.78	63.1	0.0	63.1
03may.2024	21:00	4.58	0.16	4.42	52.5	0.0	52.5
03may.2024	22:00	4.26	0.14	4.12	44.6	0.0	44.6
03may.2024	23:00	3.99	0.13	3.86	38.7	0.0	38.7
04may.2024	00:00	3.77	0.12	3.65	34.2	0.0	34.2
04may.2024	01:00	0.00	0.00	0.00	30.0	0.0	30.0
04may.2024	02:00	0.00	0.00	0.00	24.1	0.0	24.1
04may.2024	03:00	0.00	0.00	0.00	18.1	0.0	18.1
04may.2024	04:00	0.00	0.00	0.00	12.1	0.0	12.1
04may.2024	05:00	0.00	0.00	0.00	7.5	0.0	7.5
04may.2024	06:00	0.00	0.00	0.00	4.7	0.0	4.7
04may.2024	07:00	0.00	0.00	0.00	2.9	0.0	2.9
04may.2024	08:00	0.00	0.00	0.00	1.7	0.0	1.7
04may.2024	09:00	0.00	0.00	0.00	1.0	0.0	1.0
04may.2024	10:00	0.00	0.00	0.00	0.6	0.0	0.6
04may.2024	11:00	0.00	0.00	0.00	0.3	0.0	0.3
04may.2024	12:00	0.00	0.00	0.00	0.2	0.0	0.2
04may.2024	13:00	0.00	0.00	0.00	0.1	0.0	0.1
04may.2024	14:00	0.00	0.00	0.00	0.0	0.0	0.0

Tabla 40. Tabla de resumen de series para la microcuenca Hidrográfica como punto de aforo Puente sobre la quebrada Tomial- vía Guamo-Suarez. Tr= 100 años HU- SNYDER

El caudal que llega hasta el punto de aforo es de 169.7 m³ /s para Tr100 años.

MZ 5. CASA 16 URB. CANTABRIA
TELEFONO 3187836823
guamoamarillo2024@gmail.com
Ibagué-Tolima

CONSORCIO DISEÑO PUENTE

NIT: 901.884.162-6

6.6.4.2.3 Resultados de caudales por el método de hidrograma Unitario propuesto por CLARK.

Resultados Modelo Hec HMS Escorrentía Tr= 50 años

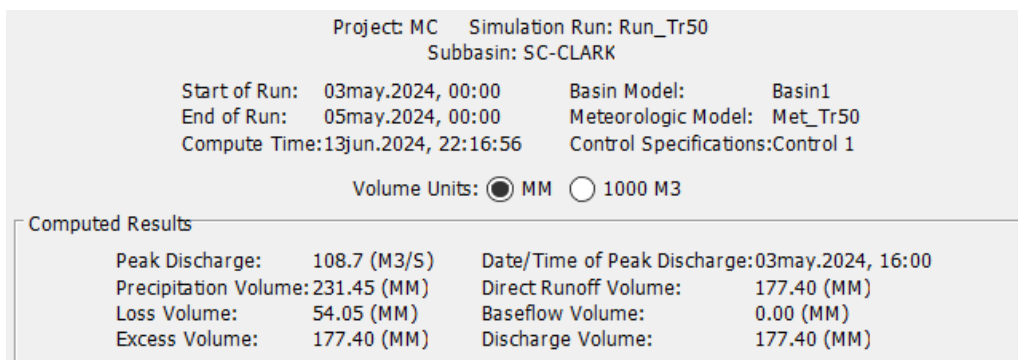


Figura 47: Resultados Modelo Hec HMS Escorrentía Tr= 50 años HU-CLARK microcuenca Hidrográfica como punto de aforo Puente sobre la quebrada Tomial- vía Guamo-Suarez.

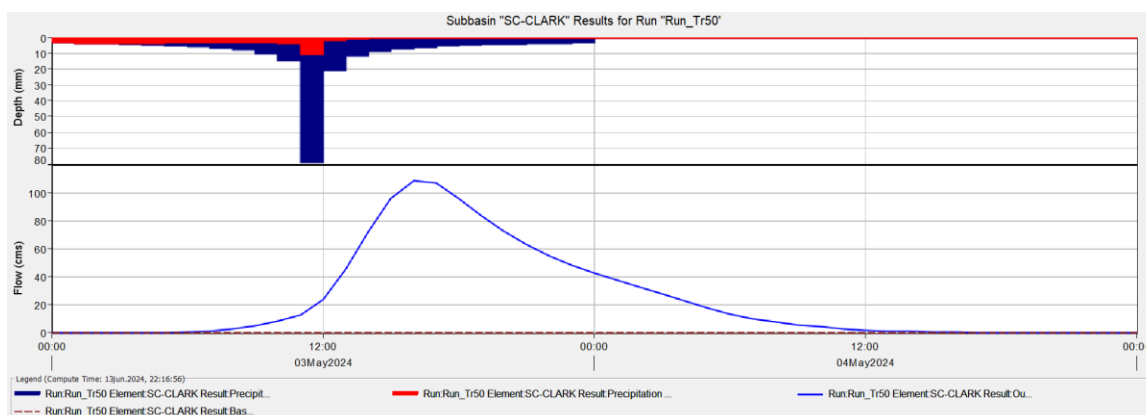


Figura 48: Hidrograma unitario Escorrentía Tr= 50 años HU-CLARK microcuenca Hidrográfica como punto de aforo Puente sobre la quebrada Tomial- vía Guamo-Suarez.

CONSORCIO DISEÑO PUENTE

NIT: 901.884.162-6

Project: MC Simulation Run: Run_Tr50 Subbasin: SC-CLARK							
Start of Run: 03may.2024, 00:00 End of Run: 05may.2024, 00:00 Compute Time:13jun.2024, 22:16:56				Basin Model: Basin1 Meteorologic Model: Met_Tr50 Control Specifications:Control 1			
Date	Time	Precip (MM)	Loss (MM)	Excess (MM)	Direct Flow (M3/S)	Baseflow (M3/S)	Total Flow (M3/S)
03may.2024	04:00	4.20	3.87	0.33	0.0	0.0	0.0
03may.2024	05:00	4.57	3.62	0.95	0.2	0.0	0.2
03may.2024	06:00	5.04	3.43	1.61	0.6	0.0	0.6
03may.2024	07:00	5.66	3.29	2.37	1.6	0.0	1.6
03may.2024	08:00	6.51	3.21	3.30	3.1	0.0	3.1
03may.2024	09:00	7.77	3.21	4.56	5.4	0.0	5.4
03may.2024	10:00	9.92	3.35	6.57	8.6	0.0	8.6
03may.2024	11:00	14.70	3.88	10.82	13.0	0.0	13.0
03may.2024	12:00	78.56	10.61	67.95	24.1	0.0	24.1
03may.2024	13:00	20.88	1.50	19.38	45.4	0.0	45.4
03may.2024	14:00	11.73	0.72	11.01	72.1	0.0	72.1
03may.2024	15:00	8.68	0.48	8.20	95.7	0.0	95.7
03may.2024	16:00	7.07	0.37	6.70	108.7	0.0	108.7
03may.2024	17:00	6.05	0.30	5.75	107.2	0.0	107.2
03may.2024	18:00	5.33	0.25	5.08	96.1	0.0	96.1
03may.2024	19:00	4.79	0.22	4.57	83.8	0.0	83.8
03may.2024	20:00	4.38	0.19	4.19	72.7	0.0	72.7
03may.2024	21:00	4.04	0.17	3.87	63.1	0.0	63.1
03may.2024	22:00	3.76	0.15	3.61	55.1	0.0	55.1
03may.2024	23:00	3.53	0.14	3.39	48.3	0.0	48.3
04may.2024	00:00	3.33	0.13	3.20	42.7	0.0	42.7
04may.2024	01:00	0.00	0.00	0.00	37.8	0.0	37.8
04may.2024	02:00	0.00	0.00	0.00	32.9	0.0	32.9
04may.2024	03:00	0.00	0.00	0.00	27.8	0.0	27.8
04may.2024	04:00	0.00	0.00	0.00	22.7	0.0	22.7
04may.2024	05:00	0.00	0.00	0.00	17.8	0.0	17.8
04may.2024	06:00	0.00	0.00	0.00	13.6	0.0	13.6
04may.2024	07:00	0.00	0.00	0.00	10.3	0.0	10.3
04may.2024	08:00	0.00	0.00	0.00	7.8	0.0	7.8
04may.2024	09:00	0.00	0.00	0.00	5.9	0.0	5.9
04may.2024	10:00	0.00	0.00	0.00	4.5	0.0	4.5
04may.2024	11:00	0.00	0.00	0.00	2.9	0.0	2.9
04may.2024	12:00	0.00	0.00	0.00	2.1	0.0	2.1
04may.2024	13:00	0.00	0.00	0.00	1.5	0.0	1.5
04may.2024	14:00	0.00	0.00	0.00	1.1	0.0	1.1
04may.2024	15:00	0.00	0.00	0.00	0.8	0.0	0.8
04may.2024	16:00	0.00	0.00	0.00	0.6	0.0	0.6
04may.2024	17:00	0.00	0.00	0.00	0.4	0.0	0.4
04may.2024	18:00	0.00	0.00	0.00	0.3	0.0	0.3
04may.2024	19:00	0.00	0.00	0.00	0.2	0.0	0.2

Tabla 41. Tabla de resumen de series para la microcuenca Hidrográfica como punto de aforo Puente sobre la quebrada Tomial- vía Guamo-Suarez. Tr= 50 años HU-CLARK

El caudal que llega hasta el punto de aforo es de 108.7 m3 /s para Tr50 años

Resultados Modelo Hec HMS Escorrentía Tr= 100 años HU-CLARK

Project: MC				Simulation Run: Run_Tr100			
Subbasin: SC-CLARK							
Start of Run: 03may.2024, 00:00				Basin Model: Basin1			
End of Run: 05may.2024, 00:00				Meteorologic Model: Met_Tr100			
Compute Time:13jun.2024, 22:16:56				Control Specifications:Control 1			
Volume Units: ☒ MM ☐ 1000 M3							
Computed Results							
Peak Discharge:		126.8 (M3/S)		Date/Time of Peak Discharge:		03may.2024, 16:00	
Precipitation Volume:		262.22 (MM)		Direct Runoff Volume:		207.10 (MM)	
Loss Volume:		55.12 (MM)		Baseflow Volume:		0.00 (MM)	
Excess Volume:		207.10 (MM)		Discharge Volume:		207.10 (MM)	

Figura 49: Resultados Modelo Hec HMS Escorrentía Tr= 100 años HU-CLARK microcuenca Hidrográfica como punto de aforo Puente sobre la quebrada Tomial- vía Guamo-Suarez.

MZ 5. CASA 16 URB. CANTABRIA
TELEFONO 3187836823
guamoamarillo2024@gmail.com
Ibagué-Tolima

CONSORCIO DISEÑO PUENTE
NIT: 901.884.162-6

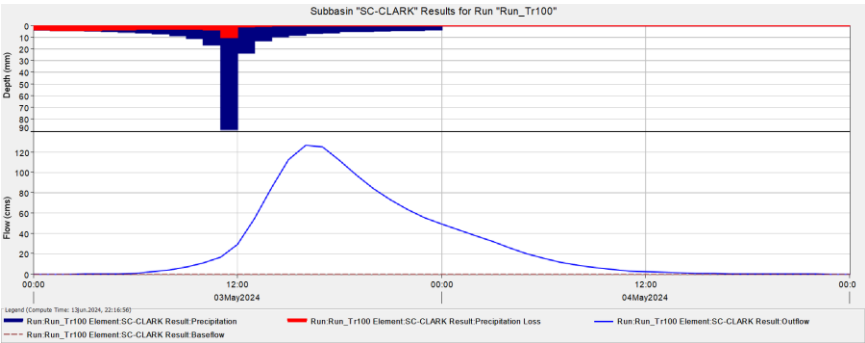


Figura 50: Hidrograma unitario Escorrentía Tr= 100 años HU-CLARK microcuenca Hidrográfica como punto de aforo Puente sobre la quebrada Tomial- vía Guamo-Suarez.

Project: MC Simulation Run: Run_Tr100 Subbasin: SC-CLARK							
Start of Run: 03may.2024, 00:00 End of Run: 05may.2024, 00:00 Compute Time:13jun.2024, 22:16:56				Basin Model: Basin1 Meteorologic Model: Met_Tr100 Control Specifications:Control 1			
Date	Time	Precip (MM)	Loss (MM)	Excess (MM)	Direct Flow (M3/S)	Baseflow (M3/S)	Total Flow (M3/S)
03may.2024	03:00	4.41	4.36	0.05	0.0	0.0	0.0
03may.2024	04:00	4.76	4.13	0.63	0.1	0.0	0.1
03may.2024	05:00	5.18	3.81	1.37	0.4	0.0	0.4
03may.2024	06:00	5.72	3.56	2.16	1.1	0.0	1.1
03may.2024	07:00	6.41	3.37	3.04	2.4	0.0	2.4
03may.2024	08:00	7.37	3.24	4.13	4.4	0.0	4.4
03may.2024	09:00	8.81	3.21	5.60	7.3	0.0	7.3
03may.2024	10:00	11.24	3.31	7.93	11.2	0.0	11.2
03may.2024	11:00	16.65	3.78	12.87	16.5	0.0	16.5
03may.2024	12:00	89.00	10.07	78.93	29.5	0.0	29.5
03may.2024	13:00	23.65	1.39	22.26	54.2	0.0	54.2
03may.2024	14:00	13.29	0.66	12.63	85.0	0.0	85.0
03may.2024	15:00	9.84	0.45	9.39	112.1	0.0	112.1
03may.2024	16:00	8.01	0.34	7.67	126.8	0.0	126.8
03may.2024	17:00	6.85	0.27	6.58	124.7	0.0	124.7
03may.2024	18:00	6.04	0.23	5.81	111.5	0.0	111.5
03may.2024	19:00	5.43	0.20	5.23	97.1	0.0	97.1
03may.2024	20:00	4.96	0.18	4.78	84.1	0.0	84.1
03may.2024	21:00	4.58	0.16	4.42	73.0	0.0	73.0
03may.2024	22:00	4.26	0.14	4.12	63.6	0.0	63.6
03may.2024	23:00	3.99	0.13	3.86	55.7	0.0	55.7
04may.2024	00:00	3.77	0.12	3.65	49.2	0.0	49.2
04may.2024	01:00	0.00	0.00	0.00	43.4	0.0	43.4
04may.2024	02:00	0.00	0.00	0.00	37.8	0.0	37.8
04may.2024	03:00	0.00	0.00	0.00	32.0	0.0	32.0
04may.2024	04:00	0.00	0.00	0.00	26.0	0.0	26.0
04may.2024	05:00	0.00	0.00	0.00	20.4	0.0	20.4
04may.2024	06:00	0.00	0.00	0.00	15.6	0.0	15.6
04may.2024	07:00	0.00	0.00	0.00	11.8	0.0	11.8
04may.2024	08:00	0.00	0.00	0.00	9.0	0.0	9.0
04may.2024	09:00	0.00	0.00	0.00	6.8	0.0	6.8
04may.2024	10:00	0.00	0.00	0.00	5.1	0.0	5.1
04may.2024	11:00	0.00	0.00	0.00	3.4	0.0	3.4
04may.2024	12:00	0.00	0.00	0.00	2.4	0.0	2.4
04may.2024	13:00	0.00	0.00	0.00	1.8	0.0	1.8
04may.2024	14:00	0.00	0.00	0.00	1.3	0.0	1.3
04may.2024	15:00	0.00	0.00	0.00	0.9	0.0	0.9
04may.2024	16:00	0.00	0.00	0.00	0.7	0.0	0.7
04may.2024	17:00	0.00	0.00	0.00	0.5	0.0	0.5
04may.2024	18:00	0.00	0.00	0.00	0.3	0.0	0.3

Tabla 42. Tabla de resumen de series para la microcuenca Hidrográfica como punto de aforo Puente sobre la quebrada Tomial- vía Guamo-Suarez. Tr= 100 años HU-CLARK

El caudal que llega hasta el punto de aforo es de 126.8 m3 /s para Tr100 años.

CONSORCIO DISEÑO PUENTE
NIT: 901.884.162-6

Resumen de los caudales por diferentes métodos de hidrograma unitarios.

CAUDALES PARA LA MICROCUENCA HIDROGRAFICA RÍO TOMIAL A 50 AÑOS Y 100 AÑOS POR LOS SIGUIENTES METODOS DE HIDROGRAMA UNITARIO SITÉTICO		
HUS SCS	HUS SNYDER	HUS CLARK
Tr 50 (M ³ /s)	Tr 50 (M ³ /s)	Tr 50 (M ³ /s)
141.3	145.8	108.7
PROMEDIO Tr 50 (M ³ /s)		
131.93		
HUS SCS	HUS SNYDER	HUS CLARK
Tr 100 (M ³ /s)	Tr 100 (M ³ /s)	Tr 100 (M ³ /s)
164.6	169.7	126.8
PROMEDIO Tr 100 (M ³ /s)		
153.70		

Tabla 43. Resumen de los caudales para la microcuenca Hidrográfica como punto de aforo Puente sobre la quebrada Tomial- vía Guamo-Suarez, por diferentes métodos de hidrogramas unitarios

CONSORCIO DISEÑO PUENTE

NIT: 901.884.162-6

HIDRAULICO

MZ 5. CASA 16 URB. CANTABRIA
TELEFONO 3187836823
guamoamarillo2024@gmail.com
Ibagué-Tolima

7. ESTUDIO HIDRÁULICO.

7.1 Hidráulica de Cauces

Para la modelación del estudio hidráulico se utilizó el DEM de la topografía al detalle generada para el análisis de las áreas aferentes dentro del proyecto también se usaron imágenes satelitales para complementar la información.

7.1.1 Modelación hidráulica

Para la modelación Hidráulica se realizó con el software HEC-RAS versión 6.4.1, donde se determinó y analizo el perfil de flujo de agua para la creciente, con un periodo de retorno de 50 años, el cual se considera Inundación máxima.

El método de paso estándar, consiste en las pérdidas por fricción y que posteriormente son evaluadas empleando la ecuación de Manning.

HEC-RAS 6.4.1 usa la ecuación de momentum para situaciones de flujo rápidamente variado, como en el caso de la entrada a obras o resaltos hidráulicos.

7.1.2 Coeficiente de Rugosidad del modelo

El coeficiente de rugosidad de Manning se fundamenta en los parámetros de la sección hidráulica de la estructura de conducción y en la rugosidad de dicha sección. Los parámetros hidráulicos del cauce son el área, el perímetro mojado, el radio hidráulico y la pendiente hidráulica, cuyos valores son fáciles de determinar una vez que se ha definido el tipo de sección y la diferencia de nivel que hay que vencer en la pendiente.

Para el coeficiente de rugosidad de Manning en llanuras de inundación y lecho de río se tiene en cuenta el método Ven Te Chow (1994) en su tabla 5.6 “Valores del coeficiente de rugosidad n ”.

Por otro lado, los canales en tierra, rectos y limpios se emplea un coeficiente de rugosidad de 0.025 por canal y para canales de concreto 0.014 según (Ven Te Chow, 1994).

El coeficiente de rugosidad para canales existentes es de 0.025 y proyectado 0.014 para fondo de concreto y paredes 0.025.

7.1.3 Coeficiente de contracción y expansión

CONSORCIO DISEÑO PUENTE
NIT: 901.884.162-6

Las pérdidas de carga por contracción y expansión se evalúan a partir de la energía cinética y mediante la aplicación de los denominados coeficientes de expansión y contracción. Los valores habituales son: coeficiente de contracción: 0,1 (0,6 contracción brusca) coeficiente de expansión: 0,3 (0,8 expansión brusca). Estos datos son basados en las cartas USACE (United States of America Corps of Engineers, 1991).

7.1.4 Leeves

En la modelación Hidráulica, se pueden utilizar “Leeves” cuando existan obras de inundación o zona donde este restringido el flujo principal.

7.1.5 Tipo de flujo

Se empleó el flujo permanente gradualmente variado con el fin de identificar régimen hidráulico y evitar falsos forzamientos.

7.1.6 Condiciones de frontera

Se estableció frontera aguas arriba y aguas abajo, teniendo en cuenta la profundidad normal y la pendiente del cauce para cada una de las fronteras a lo largo de su recorrido.

7.2 Hidráulica de drenaje interno

Para planificar y determinar las obras menores necesarias para el drenaje del proyecto se necesita hallar la capacidad hidráulica, a continuación, se mencionará los criterios seleccionados:

7.2.1 Canales

Para establecer la capacidad de la sección llena del canal se emplea la fórmula de Manning:

$$Q = \frac{1}{n} * A * R^{\frac{2}{3}} * S^{\frac{1}{2}}$$

Donde,

CONSORCIO DISEÑO PUENTE

NIT: 901.884.162-6

Q: caudal máximo (m³/s)

n: coeficiente de rugosidad de Manning A: área mojada (m²)

R: radio hidráulico (m)

S: pendiente del canal (m/m)

Se calcula entonces el caudal que llega al canal y para la sección del canal seleccionado se compara que la capacidad de ésta sea mayor, caso contrario se produce una falla por insuficiencia hidráulica de la estructura.

El coeficiente de rugosidad para el cálculo hidráulico es el siguiente: 0.03 para canales existentes (condición de canales en tierra, rectos y uniformes con pastos cortos y algunas malezas) y 0.025 para canales (condición de canales en tierra, rectos y uniformes, limpios), de acuerdo con las tablas recomendadas en la literatura (Ven Te Chow, 1994).

Superficie	Condiciones de las paredes			
	Perfectas	Buenas	Medianas	Malas
Tubería hierro forjado negro comercial	0.012	0.013	0.014	0.015
Tubería fierro forjado galvanizado comercial	0.013	0.014	0.015	0.017
Tubería de latón o vidrio	0.009	0.010	0.011	0.013
Tubería acero remachado en espiral	0.013	0.015*	0.017*	
Tubería de barro vitrificado	0.010	0.013*	0.015	0.017
Tubos comunes de barro para drenaje	0.011	0.012*	0.014*	0.017
Tabique vidriado	0.011	0.012	0.013	0.015
Tabique con mortero de cemento; albañales de tabique	0.012	0.013	0.015*	0.017
Superficies de cemento pulido	0.010	0.011	0.012	0.013
Superficies aplanadas con mortero de cemento	0.011	0.012	0.013*	0.015
Tuberías de concreto	0.012	0.013	0.015*	0.016
Tuberías de duela	0.010	0.011	0.012	0.013
<i>Acueductos de tablón:</i>				
Labrado	0.010	0.012*	0.013	0.014
Sin labrar	0.011	0.013*	0.014	0.015
Con astillas	0.012	0.015*	0.016	
Canales revestidos con concreto	0.012	0.014*	0.016*	0.018
Superficie de mampostería con cemento	0.017	0.020	0.025	0.030
Superficie de mampostería en seco	0.025	0.030	0.033	0.035
Acueducto semicirculares metálicos, lisos	0.011	0.012	0.013	0.015
Acueducto semicirculares	0.0225	0.025	0.0275	0.030

Fuente: <https://ingeciv.com/valores-de-rugosidad-n-de-manning-en-canales/>

7.3 Modelación hidráulica

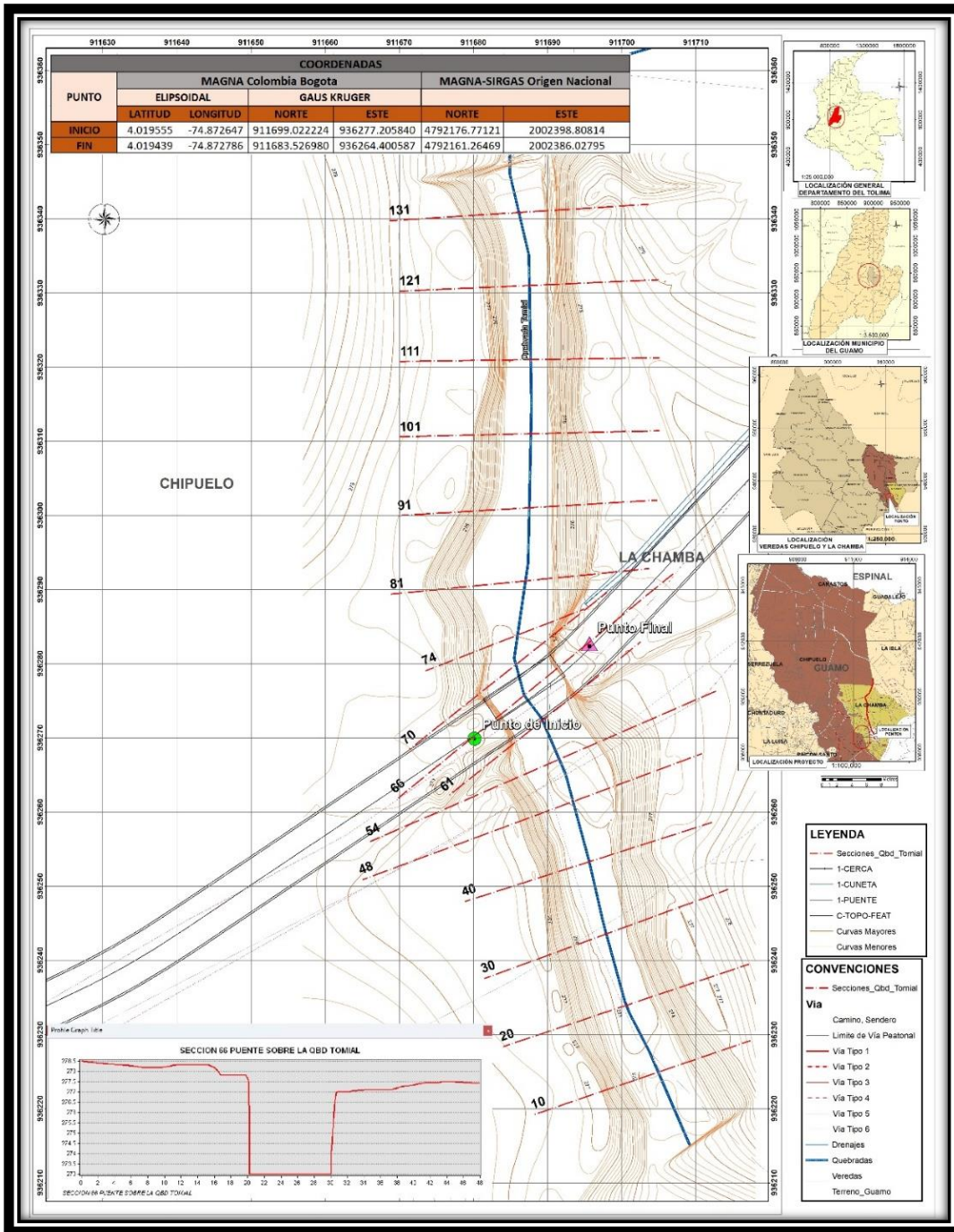
A continuación, se presenta una breve descripción de la modelación hidráulica y los cálculos hidráulicos para el puente sobre la quebrada Tomial.

7.3.1 Condición existente

Seguidamente se presenta la condición actual existente del área del proyecto, la cual consta de diferentes drenajes naturales presentes en las zonas alta y media de la cuenca ver figura red hídrica de la microcuenca hidrográfica; a continuación, se presentan la geometría del terreno fue derivada de un levantamiento topográfico, utilizando principalmente el modelo de elevación del terreno y la ortofoto correspondiente al área de estudio como insumos clave. Este proceso implica exportar la información al software de modelación hidráulica. Las figuras siguientes muestran la representación modelada del terreno.

Geometría para el modelamiento:

NIT: 901.884.162-6



MZ 5. CASA 16 URB. CANTABRIA
TELEFONO 3187836823
guamoamarillo2024@gmail.com
Ibagué-Tolima

CONSORCIO DISEÑO PUENTE

NIT: 901.884.162-6

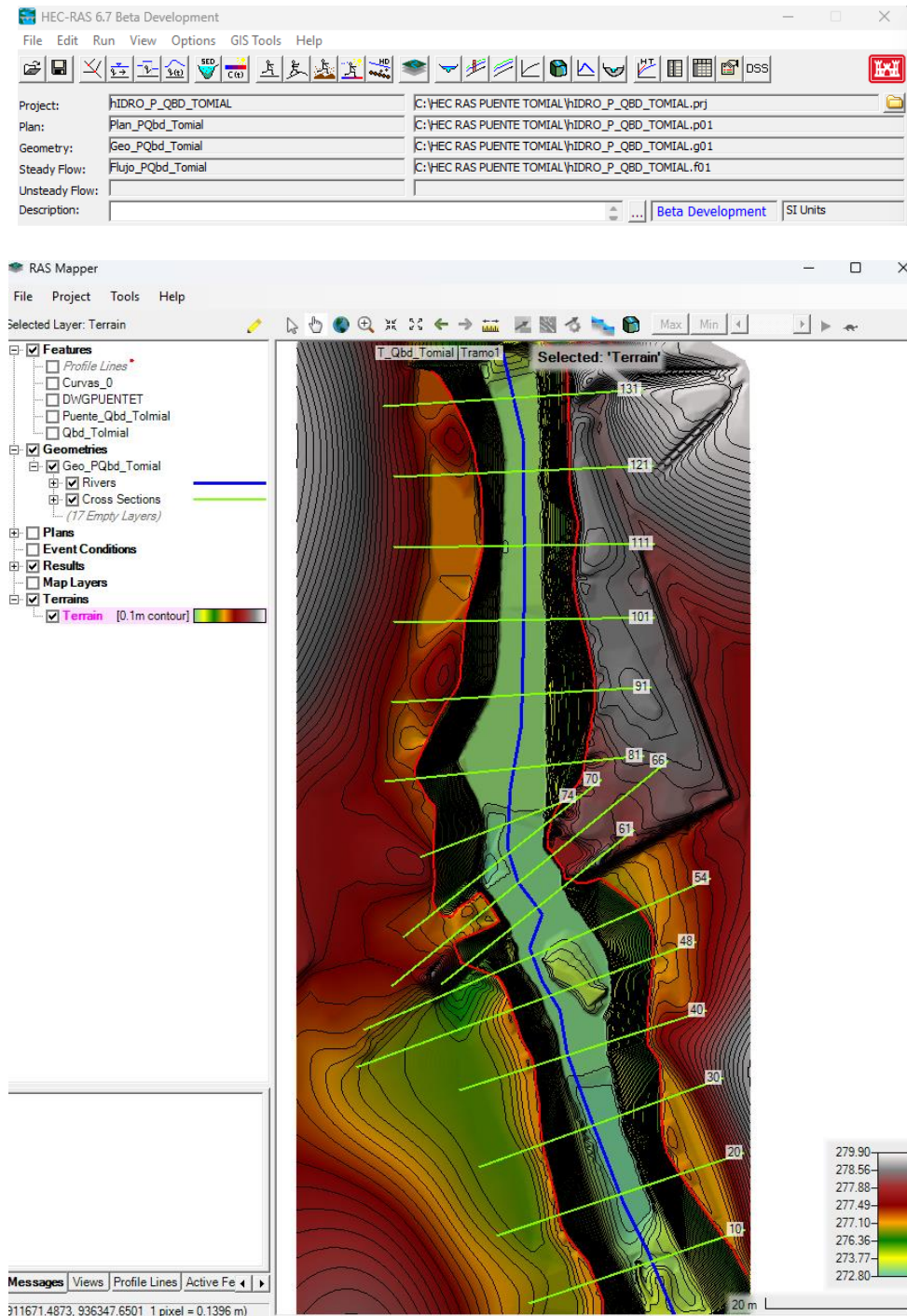


Figura 51: ubicación de la geometría para la Inundación máxima.

MZ 5. CASA 16 URB. CANTABRIA
TELEFONO 3187836823
guamoamarillo2024@gmail.com
Ibagué-Tolima

CONSORCIO DISEÑO PUENTE

NIT: 901.884.162-6

TABLA 1 DATOS DE LAS SECCIONES DE INUNDACIÓN MÁXIMA - PERIODO 50 AÑOS

Plan: PI_Tomial T_Qbd_Tomial Tramo1 RS: 131 Profile: Tr 50

E.G. Elev (m)	277.84	Element	Left OB	Channel	Right OB
Vel Head (m)	0.45	Wt. n-Val.		0.015	0.100
W.S. Elev (m)	277.40	Reach Len. (m)	10.20	10.00	9.70
Crit W.S. (m)	276.14	Flow Area (m2)		44.58	0.51
E.G. Slope (m/m)	0.000641	Area (m2)		44.58	0.51
Q Total (m3/s)	131.93	Flow (m3/s)		131.90	0.03
Top Width (m)	20.27	Top Width (m)		14.75	5.52
Vel Total (m/s)	2.93	Avg. Vel. (m/s)		2.96	0.05
Max Chl Dpth (m)	4.30	Hydr. Depth (m)		3.02	0.09
Conv. Total (m3/s)	5209.4	Conv. (m3/s)		5208.3	1.0
Length Wtd. (m)	10.00	Wetted Per. (m)		19.22	5.53
Min Ch El (m)	273.10	Shear (N/m2)		14.59	0.58
Alpha	1.02	Stream Power (N/m s)		43.17	0.03
Frctn Loss (m)	0.01	Cum Volume (1000 m3)	0.00	4.76	0.03
C & E Loss (m)	0.06	Cum SA (1000 m2)	0.00	1.84	0.14

Plan: PI_Tomial T_Qbd_Tomial Tramo1 RS: 121 Profile: Tr 50

E.G. Elev (m)	277.77	Element	Left OB	Channel	Right OB
Vel Head (m)	1.06	Wt. n-Val.		0.015	
W.S. Elev (m)	276.72	Reach Len. (m)	10.40	10.00	9.60
Crit W.S. (m)	276.47	Flow Area (m2)		28.99	
E.G. Slope (m/m)	0.001846	Area (m2)		28.99	
Q Total (m3/s)	131.93	Flow (m3/s)		131.93	
Top Width (m)	10.80	Top Width (m)		10.80	
Vel Total (m/s)	4.55	Avg. Vel. (m/s)		4.55	
Max Chl Dpth (m)	3.61	Hydr. Depth (m)		2.68	
Conv. Total (m3/s)	3070.8	Conv. (m3/s)		3070.8	
Length Wtd. (m)	10.00	Wetted Per. (m)		14.47	
Min Ch El (m)	273.11	Shear (N/m2)		36.26	
Alpha	1.00	Stream Power (N/m s)		165.04	
Frctn Loss (m)	0.02	Cum Volume (1000 m3)	0.00	4.39	0.02
C & E Loss (m)	0.02	Cum SA (1000 m2)	0.00	1.72	0.11

Plan: PI_Tomial T_Qbd_Tomial Tramo1 RS: 111 Profile: Tr 50

E.G. Elev (m)	277.73	Element	Left OB	Channel	Right OB
Vel Head (m)	1.26	Wt. n-Val.		0.015	
W.S. Elev (m)	276.47	Reach Len. (m)	10.10	10.00	10.30
Crit W.S. (m)	276.47	Flow Area (m2)		26.54	
E.G. Slope (m/m)	0.002373	Area (m2)		26.54	
Q Total (m3/s)	131.93	Flow (m3/s)		131.93	
Top Width (m)	10.55	Top Width (m)		10.55	
Vel Total (m/s)	4.97	Avg. Vel. (m/s)		4.97	
Max Chl Dpth (m)	3.47	Hydr. Depth (m)		2.52	
Conv. Total (m3/s)	2708.2	Conv. (m3/s)		2708.2	
Length Wtd. (m)	10.00	Wetted Per. (m)		14.01	
Min Ch El (m)	273.00	Shear (N/m2)		44.08	
Alpha	1.00	Stream Power (N/m s)		219.13	
Frctn Loss (m)	0.03	Cum Volume (1000 m3)	0.00	4.11	0.02
C & E Loss (m)	0.08	Cum SA (1000 m2)	0.00	1.61	0.11

MZ 5. CASA 16 URB. CANTABRIA
TELEFONO 3187836823
guamoamarillo2024@gmail.com
Ibagué-Tolima

CONSORCIO DISEÑO PUENTE

NIT: 901.884.162-6

Plan: PI_Tomial T_Qbd_Tomial Tramo1 RS: 101 Profile: Tr 50

E.G. Elev (m)	277.62	Element	Left OB	Channel	Right OB
Vel Head (m)	2.09	Wt. n-Val.		0.015	
W.S. Elev (m)	275.53	Reach Len. (m)	9.80	10.00	10.90
Crit W.S. (m)	276.13	Flow Area (m2)		20.62	
E.G. Slope (m/m)	0.004920	Area (m2)		20.62	
Q Total (m3/s)	131.93	Flow (m3/s)		131.93	
Top Width (m)	10.66	Top Width (m)		10.66	
Vel Total (m/s)	6.40	Avg. Vel. (m/s)		6.40	
Max Chl Dpth (m)	2.43	Hydr. Depth (m)		1.93	
Conv. Total (m3/s)	1880.9	Conv. (m3/s)		1880.9	
Length Wtd. (m)	10.00	Wetted Per. (m)		12.89	
Min Ch El (m)	273.10	Shear (N/m2)		77.21	
Alpha	1.00	Stream Power (N/m s)		494.00	
Frctn Loss (m)	0.01	Cum Volume (1000 m3)	0.00	3.88	0.02
C & E Loss (m)	0.10	Cum SA (1000 m2)	0.00	1.50	0.11

Plan: PI_Tomial T_Qbd_Tomial Tramo1 RS: 91 Profile: Tr 50

E.G. Elev (m)	277.35	Element	Left OB	Channel	Right OB
Vel Head (m)	0.42	Wt. n-Val.		0.015	
W.S. Elev (m)	276.93	Reach Len. (m)	10.00	10.00	10.50
Crit W.S. (m)	275.85	Flow Area (m2)		45.83	
E.G. Slope (m/m)	0.000609	Area (m2)		45.83	
Q Total (m3/s)	131.93	Flow (m3/s)		131.93	
Top Width (m)	16.81	Top Width (m)		16.81	
Vel Total (m/s)	2.88	Avg. Vel. (m/s)		2.88	
Max Chl Dpth (m)	3.83	Hydr. Depth (m)		2.73	
Conv. Total (m3/s)	5344.6	Conv. (m3/s)		5344.6	
Length Wtd. (m)	10.00	Wetted Per. (m)		19.81	
Min Ch El (m)	273.10	Shear (N/m2)		13.82	
Alpha	1.00	Stream Power (N/m s)		39.80	
Frctn Loss (m)	0.00	Cum Volume (1000 m3)	0.00	3.55	0.02
C & E Loss (m)	0.06	Cum SA (1000 m2)	0.00	1.37	0.11

Plan: PI_Tomial T_Qbd_Tomial Tramo1 RS: 81 Profile: Tr 50

E.G. Elev (m)	277.29	Element	Left OB	Channel	Right OB
Vel Head (m)	0.21	Wt. n-Val.		0.015	
W.S. Elev (m)	277.08	Reach Len. (m)	7.40	7.40	11.10
Crit W.S. (m)		Flow Area (m2)		65.57	
E.G. Slope (m/m)	0.000245	Area (m2)		65.57	
Q Total (m3/s)	131.93	Flow (m3/s)		131.93	
Top Width (m)	21.78	Top Width (m)		21.78	
Vel Total (m/s)	2.01	Avg. Vel. (m/s)		2.01	
Max Chl Dpth (m)	3.98	Hydr. Depth (m)		3.01	
Conv. Total (m3/s)	8437.0	Conv. (m3/s)		8437.0	
Length Wtd. (m)	7.40	Wetted Per. (m)		24.45	
Min Ch El (m)	273.10	Shear (N/m2)		6.43	
Alpha	1.00	Stream Power (N/m s)		12.94	
Frctn Loss (m)	0.00	Cum Volume (1000 m3)	0.00	2.99	0.02
C & E Loss (m)	0.01	Cum SA (1000 m2)	0.00	1.17	0.11

MZ 5. CASA 16 URB. CANTABRIA
TELEFONO 3187836823
guamoamarillo2024@gmail.com
Ibagué-Tolima

CONSORCIO DISEÑO PUENTE

NIT: 901.884.162-6

Plan: PI_Tomial T_Qbd_Tomial Tramo1 RS: 74 Profile: Tr 50

E.G. Elev (m)	277.27	Element	Left OB	Channel	Right OB
Vel Head (m)	0.31	Wt. n-Val.	0.100	0.015	
W.S. Elev (m)	276.96	Reach Len. (m)	0.30	4.00	9.90
Crit W.S. (m)		Flow Area (m2)	0.08	53.32	
E.G. Slope (m/m)	0.000387	Area (m2)	0.08	53.32	
Q Total (m3/s)	131.93	Flow (m3/s)	0.00	131.93	
Top Width (m)	17.98	Top Width (m)	0.24	17.74	
Vel Total (m/s)	2.47	Avg. Vel. (m/s)	0.04	2.47	
Max Chl Dpth (m)	4.01	Hydr. Depth (m)	0.32	3.01	
Conv. Total (m3/s)	6703.5	Conv. (m3/s)	0.2	6703.4	
Length Wtd. (m)	4.00	Wetted Per. (m)	0.71	20.59	
Min Ch El (m)	272.95	Shear (N/m2)	0.41	9.84	
Alpha	1.00	Stream Power (N/m s)	0.02	24.33	
Frctn Loss (m)	0.00	Cum Volume (1000 m3)	0.00	2.55	0.02
C & E Loss (m)	0.01	Cum SA (1000 m2)	0.00	1.03	0.11

Plan: PI_Tomial T_Qbd_Tomial Tramo1 RS: 70 Profile: Tr 50

E.G. Elev (m)	277.26	Element	Left OB	Channel	Right OB
Vel Head (m)	0.28	Wt. n-Val.	0.100	0.015	
W.S. Elev (m)	276.98	Reach Len. (m)	3.80	4.20	4.30
Crit W.S. (m)		Flow Area (m2)	0.01	56.23	
E.G. Slope (m/m)	0.000404	Area (m2)	0.01	56.23	
Q Total (m3/s)	131.93	Flow (m3/s)	0.00	131.93	
Top Width (m)	19.18	Top Width (m)	0.16	19.02	
Vel Total (m/s)	2.35	Avg. Vel. (m/s)	0.02	2.35	
Max Chl Dpth (m)	4.17	Hydr. Depth (m)	0.06	2.96	
Conv. Total (m3/s)	6560.2	Conv. (m3/s)	0.0	6560.2	
Length Wtd. (m)	4.20	Wetted Per. (m)	0.29	24.29	
Min Ch El (m)	272.81	Shear (N/m2)	0.14	9.18	
Alpha	1.00	Stream Power (N/m s)	0.00	21.54	
Frctn Loss (m)	0.00	Cum Volume (1000 m3)	0.00	2.33	0.02
C & E Loss (m)	0.04	Cum SA (1000 m2)	0.00	0.95	0.11

Plan: PI_Tomial T_Qbd_Tomial Tramo1 RS: 66 Profile: Tr 50

E.G. Elev (m)	277.21	Element	Left OB	Channel	Right OB
Vel Head (m)	0.72	Wt. n-Val.		0.015	
W.S. Elev (m)	276.50	Reach Len. (m)	4.30	4.20	4.10
Crit W.S. (m)		Flow Area (m2)		35.12	
E.G. Slope (m/m)	0.001184	Area (m2)		35.12	
Q Total (m3/s)	131.93	Flow (m3/s)		131.93	
Top Width (m)	10.42	Top Width (m)		10.42	
Vel Total (m/s)	3.76	Avg. Vel. (m/s)		3.76	
Max Chl Dpth (m)	3.50	Hydr. Depth (m)		3.37	
Conv. Total (m3/s)	3834.0	Conv. (m3/s)		3834.0	
Length Wtd. (m)	4.20	Wetted Per. (m)		16.76	
Min Ch El (m)	273.00	Shear (N/m2)		24.34	
Alpha	1.00	Stream Power (N/m s)		91.42	
Frctn Loss (m)	0.00	Cum Volume (1000 m3)	0.00	2.14	0.02
C & E Loss (m)	0.08	Cum SA (1000 m2)	0.00	0.89	0.11

MZ 5. CASA 16 URB. CANTABRIA
TELEFONO 3187836823
guamoamarillo2024@gmail.com
Ibagué-Tolima

CONSORCIO DISEÑO PUENTE

NIT: 901.884.162-6

Plan: Pl_Tomial T_Qbd_Tomial Tramo1 RS: 61 Profile: Tr 50

E.G. Elev (m)	277.13	Element	Left OB	Channel	Right OB
Vel Head (m)	0.44	Wt. n-Val.		0.015	0.100
W.S. Elev (m)	276.69	Reach Len. (m)	9.90	7.10	2.30
Crit W.S. (m)		Flow Area (m2)		45.06	0.02
E.G. Slope (m/m)	0.000769	Area (m2)		45.06	0.02
Q Total (m3/s)	131.93	Flow (m3/s)		131.93	0.00
Top Width (m)	18.30	Top Width (m)		17.82	0.48
Vel Total (m/s)	2.93	Avg. Vel. (m/s)		2.93	0.04
Max Chl Dpth (m)	3.69	Hydr. Depth (m)		2.53	0.05
Conv. Total (m3/s)	4758.1	Conv. (m3/s)		4758.0	0.0
Length Wtd. (m)	7.09	Wetted Per. (m)		22.61	0.49
Min Ch El (m)	273.00	Shear (N/m2)		15.03	0.38
Alpha	1.00	Stream Power (N/m s)		44.00	0.01
Frctn Loss (m)	0.00	Cum Volume (1000 m3)	0.00	1.97	0.02
C & E Loss (m)	0.05	Cum SA (1000 m2)	0.00	0.83	0.11

Plan: Pl_Tomial T_Qbd_Tomial Tramo1 RS: 54 Profile: Tr 50

E.G. Elev (m)	277.07	Element	Left OB	Channel	Right OB
Vel Head (m)	0.26	Wt. n-Val.	0.100	0.015	0.100
W.S. Elev (m)	276.81	Reach Len. (m)	7.40	5.90	5.50
Crit W.S. (m)		Flow Area (m2)	0.00	58.55	4.16
E.G. Slope (m/m)	0.000351	Area (m2)	0.00	58.55	4.16
Q Total (m3/s)	131.93	Flow (m3/s)	0.00	131.42	0.51
Top Width (m)	29.80	Top Width (m)	0.11	21.70	8.00
Vel Total (m/s)	2.10	Avg. Vel. (m/s)	0.01	2.24	0.12
Max Chl Dpth (m)	3.81	Hydr. Depth (m)	0.01	2.70	0.52
Conv. Total (m3/s)	7040.3	Conv. (m3/s)	0.0	7013.0	27.2
Length Wtd. (m)	5.90	Wetted Per. (m)	0.11	24.32	8.20
Min Ch El (m)	273.00	Shear (N/m2)	0.04	8.29	1.75
Alpha	1.13	Stream Power (N/m s)	0.00	18.61	0.21
Frctn Loss (m)	0.00	Cum Volume (1000 m3)	0.00	1.60	0.02
C & E Loss (m)	0.01	Cum SA (1000 m2)	0.00	0.69	0.10

Plan: Pl_Tomial T_Qbd_Tomial Tramo1 RS: 48 Profile: Tr 50

E.G. Elev (m)	277.06	Element	Left OB	Channel	Right OB
Vel Head (m)	0.34	Wt. n-Val.		0.015	0.100
W.S. Elev (m)	276.72	Reach Len. (m)	9.50	8.40	7.90
Crit W.S. (m)		Flow Area (m2)		51.40	1.14
E.G. Slope (m/m)	0.000483	Area (m2)		51.40	1.14
Q Total (m3/s)	131.93	Flow (m3/s)		131.88	0.05
Top Width (m)	31.36	Top Width (m)		19.36	12.00
Vel Total (m/s)	2.51	Avg. Vel. (m/s)		2.57	0.05
Max Chl Dpth (m)	3.72	Hydr. Depth (m)		2.65	0.09
Conv. Total (m3/s)	6002.8	Conv. (m3/s)		6000.5	2.4
Length Wtd. (m)	8.40	Wetted Per. (m)		22.18	12.01
Min Ch El (m)	273.00	Shear (N/m2)		10.98	0.45
Alpha	1.04	Stream Power (N/m s)		28.17	0.02
Frctn Loss (m)	0.01	Cum Volume (1000 m3)		1.28	0.00
C & E Loss (m)	0.07	Cum SA (1000 m2)		0.57	0.05

MZ 5. CASA 16 URB. CANTABRIA
TELEFONO 3187836823
guamoamarillo2024@gmail.com
Ibagué-Tolima

CONSORCIO DISEÑO PUENTE

NIT: 901.884.162-6

Plan: PI_Tomial T_Qbd_Tomial Tramo1 RS: 40 Profile: Tr 50

E.G. Elev (m)	276.98	Element	Left OB	Channel	Right OB
Vel Head (m)	1.00	Wt. n-Val.		0.015	
W.S. Elev (m)	275.98	Reach Len. (m)	9.60	10.00	10.70
Crit W.S. (m)	275.89	Flow Area (m2)		29.81	
E.G. Slope (m/m)	0.001895	Area (m2)		29.81	
Q Total (m3/s)	131.93	Flow (m3/s)		131.93	
Top Width (m)	13.46	Top Width (m)		13.46	
Vel Total (m/s)	4.43	Avg. Vel. (m/s)		4.43	
Max Chl Dpth (m)	2.98	Hydr. Depth (m)		2.22	
Conv. Total (m3/s)	3030.8	Conv. (m3/s)		3030.8	
Length Wtd. (m)	10.00	Wetted Per. (m)		15.83	
Min Ch El (m)	273.00	Shear (N/m2)		34.99	
Alpha	1.00	Stream Power (N/m s)		154.87	
Frctn Loss (m)	0.02	Cum Volume (1000 m3)		0.94	
C & E Loss (m)	0.02	Cum SA (1000 m2)		0.43	

Plan: PI_Tomial T_Qbd_Tomial Tramo1 RS: 30 Profile: Tr 50

E.G. Elev (m)	276.94	Element	Left OB	Channel	Right OB
Vel Head (m)	0.93	Wt. n-Val.		0.015	
W.S. Elev (m)	276.01	Reach Len. (m)	10.30	10.00	9.90
Crit W.S. (m)	275.89	Flow Area (m2)		30.86	
E.G. Slope (m/m)	0.001766	Area (m2)		30.86	
Q Total (m3/s)	131.93	Flow (m3/s)		131.93	
Top Width (m)	14.31	Top Width (m)		14.31	
Vel Total (m/s)	4.28	Avg. Vel. (m/s)		4.28	
Max Chl Dpth (m)	3.11	Hydr. Depth (m)		2.16	
Conv. Total (m3/s)	3139.2	Conv. (m3/s)		3139.2	
Length Wtd. (m)	10.00	Wetted Per. (m)		16.37	
Min Ch El (m)	272.90	Shear (N/m2)		32.65	
Alpha	1.00	Stream Power (N/m s)		139.59	
Frctn Loss (m)	0.02	Cum Volume (1000 m3)		0.63	
C & E Loss (m)	0.03	Cum SA (1000 m2)		0.29	

Plan: PI_Tomial T_Qbd_Tomial Tramo1 RS: 20 Profile: Tr 50

E.G. Elev (m)	276.90	Element	Left OB	Channel	Right OB
Vel Head (m)	0.84	Wt. n-Val.		0.015	
W.S. Elev (m)	276.06	Reach Len. (m)	9.80	10.00	10.20
Crit W.S. (m)	275.82	Flow Area (m2)		32.58	
E.G. Slope (m/m)	0.001509	Area (m2)		32.58	
Q Total (m3/s)	131.93	Flow (m3/s)		131.93	
Top Width (m)	14.65	Top Width (m)		14.65	
Vel Total (m/s)	4.05	Avg. Vel. (m/s)		4.05	
Max Chl Dpth (m)	3.16	Hydr. Depth (m)		2.22	
Conv. Total (m3/s)	3396.5	Conv. (m3/s)		3396.5	
Length Wtd. (m)	10.00	Wetted Per. (m)		16.66	
Min Ch El (m)	272.90	Shear (N/m2)		28.93	
Alpha	1.00	Stream Power (N/m s)		117.17	
Frctn Loss (m)	0.02	Cum Volume (1000 m3)		0.32	
C & E Loss (m)	0.01	Cum SA (1000 m2)		0.15	

MZ 5. CASA 16 URB. CANTABRIA
 TELEFONO 3187836823
 guamoamarillo2024@gmail.com
 Ibagué-Tolima

CONSORCIO DISEÑO PUENTE

NIT: 901.884.162-6

Plan: Pl_Tomial T_Qbd_Tomial Tramo1 RS: 10 Profile: Tr 50

E.G. Elev (m)	276.87	Element	Left OB	Channel	Right OB
Vel Head (m)	0.94	Wt. n-Val.		0.015	
W.S. Elev (m)	275.94	Reach Len. (m)			
Crit W.S. (m)	275.88	Flow Area (m2)		30.80	
E.G. Slope (m/m)	0.001920	Area (m2)		30.80	
Q Total (m3/s)	131.93	Flow (m3/s)		131.93	
Top Width (m)	15.33	Top Width (m)		15.33	
Vel Total (m/s)	4.28	Avg. Vel. (m/s)		4.28	
Max Chl Dpth (m)	2.94	Hydr. Depth (m)		2.01	
Conv. Total (m3/s)	3010.6	Conv. (m3/s)		3010.6	
Length Wtd. (m)		Wetted Per. (m)		17.35	
Min Ch El (m)	273.00	Shear (N/m2)		33.43	
Alpha	1.00	Stream Power (N/m s)		143.20	
Frctn Loss (m)		Cum Volume (1000 m3)			
C & E Loss (m)		Cum SA (1000 m2)			

Tabla 44: tabla de datos Secciones con hec ras Tr 50

TABLA DE DISTRIBUCION DE FLUJO DE INUNDACIÓN MÁXIMA Tr 50 años

Plan: Pl_Tomial T_Qbd_Tomial Tramo1 RS: 131 Profile: Tr 50

	Pos	Left Sta (m)	Right Sta (m)	Flow (m3/s)	Area (m2)	W.P. (m)	Percent Conv	Hydr Depth(m)	Velocity (m/s)	Shear (N/m2)	Power (N/m s)
1	Chan	10.10	13.18	4.43	3.70	4.75	3.36	1.52	1.20	4.90	5.86
2	Chan	13.18	16.26	39.57	12.49	3.72	29.99	4.05	3.17	21.10	66.87
3	Chan	16.26	19.34	48.94	13.15	3.08	37.10	4.27	3.72	26.85	99.93
4	Chan	19.34	22.42	33.33	11.28	3.73	25.27	3.66	2.95	19.00	56.14
5	Chan	22.42	25.50	5.64	3.96	3.93	4.27	1.29	1.42	6.34	9.02
6	ROB	25.50	27.40	0.01	0.18	1.90	0.01	0.10	0.05	0.61	0.03
7	ROB	27.40	29.30	0.01	0.18	1.90	0.01	0.10	0.05	0.61	0.03
8	ROB	29.30	31.20	0.01	0.14	1.73	0.00	0.08	0.05	0.50	0.02

Plan: Pl_Tomial T_Qbd_Tomial Tramo1 RS: 121 Profile: Tr 50

	Pos	Left Sta (m)	Right Sta (m)	Flow (m3/s)	Area (m2)	W.P. (m)	Percent Conv	Hydr Depth(m)	Velocity (m/s)	Shear (N/m2)	Power (N/m s)
1	Chan	11.30	13.76	1.43	0.98	2.13	1.09	0.86	1.46	8.33	12.18
2	Chan	13.76	16.22	29.87	7.39	3.49	22.64	3.00	4.04	38.34	155.08
3	Chan	16.22	18.68	50.21	8.77	2.46	38.06	3.57	5.72	64.54	369.35
4	Chan	18.68	21.14	42.02	8.38	2.87	31.85	3.41	5.01	52.91	265.20
5	Chan	21.14	23.60	8.39	3.46	3.52	6.36	1.51	2.42	17.79	43.12

Plan: Pl_Tomial T_Qbd_Tomial Tramo1 RS: 111 Profile: Tr 50

	Pos	Left Sta (m)	Right Sta (m)	Flow (m3/s)	Area (m2)	W.P. (m)	Percent Conv	Hydr Depth(m)	Velocity (m/s)	Shear (N/m2)	Power (N/m s)
1	Chan	10.60	13.10	0.91	0.63	1.58	0.69	0.58	1.46	9.22	13.42
2	Chan	13.10	15.60	23.71	6.08	3.50	17.97	2.43	3.90	40.38	157.45
3	Chan	15.60	18.10	49.59	8.27	2.50	37.59	3.31	6.00	76.98	461.55
4	Chan	18.10	20.60	50.39	8.43	2.56	38.20	3.37	5.97	76.58	457.53
5	Chan	20.60	23.10	7.33	3.12	3.86	5.55	1.58	2.34	18.82	44.12

Plan: Pl_Tomial T_Qbd_Tomial Tramo1 RS: 101 Profile: Tr 50

	Pos	Left Sta (m)	Right Sta (m)	Flow (m3/s)	Area (m2)	W.P. (m)	Percent Conv	Hydr Depth(m)	Velocity (m/s)	Shear (N/m2)	Power (N/m s)
1	Chan	9.90	13.00	0.01	0.01	0.21	0.00	0.08	0.59	2.50	1.48
2	Chan	13.00	16.10	28.16	5.57	4.30	21.34	1.80	5.05	62.56	316.22
3	Chan	16.10	19.20	57.81	7.53	3.10	43.82	2.43	7.68	117.15	899.76
4	Chan	19.20	22.30	44.00	6.73	3.53	33.35	2.17	6.54	92.07	602.21
5	Chan	22.30	25.40	1.96	0.79	1.75	1.48	0.64	2.49	21.66	53.97

Plan: Pl_Tomial T_Qbd_Tomial Tramo1 RS: 91 Profile: Tr 50

	Pos	Left Sta (m)	Right Sta (m)	Flow (m3/s)	Area (m2)	W.P. (m)	Percent Conv	Hydr Depth(m)	Velocity (m/s)	Shear (N/m2)	Power (N/m s)
1	Chan	7.60	11.54	1.30	1.33	2.38	0.98	0.69	0.97	3.35	3.25
2	Chan	11.54	15.48	26.95	11.14	5.07	20.43	2.83	2.42	13.15	31.79
3	Chan	15.48	19.42	52.74	15.08	3.94	39.98	3.83	3.50	22.87	79.99
4	Chan	19.42	23.36	45.47	14.34	4.34	34.46	3.64	3.17	19.73	62.54
5	Chan	23.36	27.30	5.48	3.93	4.08	4.15	1.28	1.39	5.76	8.03

Plan: Pl_Tomial T_Qbd_Tomial Tramo1 RS: 81 Profile: Tr 50

	Pos	Left Sta (m)	Right Sta (m)	Flow (m3/s)	Area (m2)	W.P. (m)	Percent Conv	Hydr Depth(m)	Velocity (m/s)	Shear (N/m2)	Power (N/m s)
1	Chan	7.90	12.46	7.54	6.73	5.11	5.72	1.73	1.12	3.16	3.54
2	Chan	12.46	17.02	39.93	17.88	4.83	30.26	3.92	2.23	8.88	19.83
3	Chan	17.02	21.58	42.51	18.14	4.56	32.22	3.98	2.34	9.54	22.35
4	Chan	21.58	26.14	35.78	16.91	4.95	27.12	3.71	2.12	8.19	17.33
5	Chan	26.14	30.70	6.17	5.92	5.01	4.68	1.40	1.04	2.83	2.95

MZ 5. CASA 16 URB. CANTABRIA

TELEFONO 3187836823

guamoamarillo2024@gmail.com

Ibagué-Tolima

CONSORCIO DISEÑO PUENTE

NIT: 901.884.162-6

Plan: Pl_Tomial T_Qbd_Tomial Tramo1 RS: 74 Profile: Tr 50

	Pos	Left Sta (m)	Right Sta (m)	Flow (m3/s)	Area (m2)	W.P. (m)	Percent Conv	Hydr Depth(m)	Velocity (m/s)	Shear (N/m2)	Power (N/m s)
1	LOB	1.84	2.30	0.00	0.08	0.71	0.00	0.32	0.04	0.41	0.02
2	Chan	2.30	5.98	22.69	11.55	5.40	17.20	3.14	1.96	8.13	15.96
3	Chan	5.98	9.66	42.27	14.40	3.68	32.04	3.91	2.94	14.85	43.60
4	Chan	9.66	13.34	43.43	14.65	3.69	32.92	3.98	2.97	15.08	44.70
5	Chan	13.34	17.02	20.98	10.11	4.35	15.90	2.75	2.07	8.83	18.31
6	Chan	17.02	20.70	2.56	2.62	3.47	1.94	0.87	0.98	2.86	2.81

Plan: Pl_Tomial T_Qbd_Tomial Tramo1 RS: 70 Profile: Tr 50

	Pos	Left Sta (m)	Right Sta (m)	Flow (m3/s)	Area (m2)	W.P. (m)	Percent Conv	Hydr Depth(m)	Velocity (m/s)	Shear (N/m2)	Power (N/m s)
1	LOB	6.72	8.40	0.00	0.01	0.29	0.00	0.06	0.02	0.14	0.00
2	Chan	8.40	12.38	21.49	12.48	6.83	16.29	3.47	1.72	7.25	12.49
3	Chan	12.38	16.36	45.86	15.84	3.98	34.76	3.98	2.89	15.79	45.70
4	Chan	16.36	20.34	47.61	16.23	4.00	36.09	4.08	2.93	16.10	47.24
5	Chan	20.34	24.32	15.20	9.51	5.82	11.52	2.39	1.60	6.48	10.37
6	Chan	24.32	28.30	1.77	2.18	3.67	1.34	0.63	0.81	2.35	1.91

Plan: Pl_Tomial T_Qbd_Tomial Tramo1 RS: 66 Profile: Tr 50

	Pos	Left Sta (m)	Right Sta (m)	Flow (m3/s)	Area (m2)	W.P. (m)	Percent Conv	Hydr Depth(m)	Velocity (m/s)	Shear (N/m2)	Power (N/m s)
1	Chan	19.80	22.00	13.97	6.24	5.20	10.59	3.33	2.24	13.94	31.19
2	Chan	22.00	24.20	35.06	7.69	2.20	26.58	3.50	4.56	40.59	185.08
3	Chan	24.20	26.40	35.06	7.69	2.20	26.58	3.50	4.56	40.59	185.08
4	Chan	26.40	28.60	35.06	7.69	2.20	26.58	3.50	4.56	40.59	185.08
5	Chan	28.60	30.80	12.77	5.81	4.96	9.68	2.98	2.20	13.60	29.91

Plan: Pl_Tomial T_Qbd_Tomial Tramo1 RS: 61 Profile: Tr 50

	Pos	Left Sta (m)	Right Sta (m)	Flow (m3/s)	Area (m2)	W.P. (m)	Percent Conv	Hydr Depth(m)	Velocity (m/s)	Shear (N/m2)	Power (N/m s)
1	Chan	10.80	14.46	22.80	10.28	6.00	17.28	3.23	2.22	12.90	28.62
2	Chan	14.46	18.12	49.96	13.50	3.66	37.87	3.69	3.70	27.81	102.91
3	Chan	18.12	21.78	47.52	13.46	3.91	36.02	3.68	3.53	25.92	91.55
4	Chan	21.78	25.44	9.48	5.74	5.22	7.19	1.57	1.65	8.29	13.70
5	Chan	25.44	29.10	2.17	2.09	3.81	1.64	0.57	1.04	4.13	4.29
6	ROB	29.10	29.94	0.00	0.02	0.49	0.00	0.05	0.04	0.38	0.01

Plan: Pl_Tomial T_Qbd_Tomial Tramo1 RS: 54 Profile: Tr 50

	Pos	Left Sta (m)	Right Sta (m)	Flow (m3/s)	Area (m2)	W.P. (m)	Percent Conv	Hydr Depth(m)	Velocity (m/s)	Shear (N/m2)	Power (N/m s)
1	LOB	8.40	10.50	0.00	0.00	0.11	0.00	0.01	0.01	0.04	0.00
2	Chan	10.50	14.84	4.23	4.15	4.71	3.21	0.96	1.02	3.04	3.09
3	Chan	14.84	19.18	27.82	13.21	5.04	21.08	3.04	2.11	9.03	19.02
4	Chan	19.18	23.52	42.70	16.10	4.34	32.37	3.71	2.65	12.76	33.85
5	Chan	23.52	27.86	44.30	16.46	4.35	33.58	3.79	2.69	13.03	35.07
6	Chan	27.86	32.20	12.37	8.64	5.87	9.38	1.99	1.43	5.06	7.25
7	ROB	32.20	35.94	0.25	2.06	3.82	0.19	0.55	0.12	1.85	0.23
8	ROB	35.94	39.68	0.26	2.10	3.85	0.20	0.56	0.12	1.87	0.23
9	ROB	39.68	43.42	0.00	0.01	0.53	0.00	0.01	0.01	0.04	0.00

Plan: Pl_Tomial T_Qbd_Tomial Tramo1 RS: 48 Profile: Tr 50

	Pos	Left Sta (m)	Right Sta (m)	Flow (m3/s)	Area (m2)	W.P. (m)	Percent Conv	Hydr Depth(m)	Velocity (m/s)	Shear (N/m2)	Power (N/m s)
1	Chan	6.10	10.16	2.96	2.87	4.03	2.25	0.81	1.03	3.37	3.48
2	Chan	10.16	14.22	30.91	12.53	4.78	23.43	3.09	2.47	12.42	30.64
3	Chan	14.22	18.28	40.84	13.93	4.10	30.95	3.43	2.93	16.11	47.23
4	Chan	18.28	22.34	45.82	15.01	4.15	34.73	3.70	3.05	17.11	52.24
5	Chan	22.34	26.40	11.35	7.06	5.12	8.60	1.94	1.61	6.53	10.50
6	ROB	26.40	30.88	0.00	0.00	0.18	0.00	0.01	0.01	0.05	0.00
7	ROB	30.88	35.36	0.04	0.72	4.49	0.03	0.16	0.05	0.76	0.04
8	ROB	35.36	39.84	0.01	0.35	4.48	0.01	0.08	0.03	0.37	0.01
9	ROB	39.84	44.32	0.00	0.07	2.86	0.00	0.02	0.02	0.11	0.00

MZ 5. CASA 16 URB. CANTABRIA
TELEFONO 3187836823
guamoamarillo2024@gmail.com
Ibagué-Tolima

CONSORCIO DISEÑO PUENTE

NIT: 901.884.162-6

Plan: Pl_Tomial T_Qbd_Tomial Tramo1 RS: 40 Profile: Tr 50

	Pos	Left Sta	Right Sta	Flow	Area	W.P.	Percent	Hydr	Velocity	Shear	Power
		(m)	(m)	(m3/s)	(m2)	(m)	Conv	Depth(m)	(m/s)	(N/m2)	(N/m s)
1	Chan	8.40	11.62	1.26	0.86	1.95	0.95	0.52	1.46	8.18	11.98
2	Chan	11.62	14.84	25.37	6.88	3.91	19.23	2.14	3.69	32.73	120.66
3	Chan	14.84	18.06	50.38	9.61	3.22	38.18	2.98	5.24	55.46	290.71
4	Chan	18.06	21.28	48.04	9.48	3.34	36.41	2.94	5.07	52.74	267.29
5	Chan	21.28	24.50	6.88	2.98	3.42	5.22	1.39	2.31	16.22	37.45

Plan: Pl_Tomial T_Qbd_Tomial Tramo1 RS: 30 Profile: Tr 50

	Pos	Left Sta	Right Sta	Flow	Area	W.P.	Percent	Hydr	Velocity	Shear	Power
		(m)	(m)	(m3/s)	(m2)	(m)	Conv	Depth(m)	(m/s)	(N/m2)	(N/m s)
1	Chan	8.80	12.20	1.93	1.21	2.30	1.46	0.63	1.59	9.08	14.47
2	Chan	12.20	15.60	30.74	7.99	4.06	23.30	2.35	3.85	34.06	130.99
3	Chan	15.60	19.00	55.30	10.58	3.40	41.91	3.11	5.22	53.92	281.69
4	Chan	19.00	22.40	40.21	9.11	3.77	30.48	2.68	4.41	41.84	184.60
5	Chan	22.40	25.80	3.76	1.96	2.83	2.85	0.90	1.92	12.00	23.01

Plan: Pl_Tomial T_Qbd_Tomial Tramo1 RS: 20 Profile: Tr 50

	Pos	Left Sta	Right Sta	Flow	Area	W.P.	Percent	Hydr	Velocity	Shear	Power
		(m)	(m)	(m3/s)	(m2)	(m)	Conv	Depth(m)	(m/s)	(N/m2)	(N/m s)
1	Chan	9.10	12.52	3.50	1.96	2.83	2.65	0.89	1.78	10.26	18.30
2	Chan	12.52	15.94	39.69	9.59	3.91	30.09	2.80	4.14	36.26	150.06
3	Chan	15.94	19.36	52.34	10.74	3.43	39.67	3.14	4.87	46.33	225.83
4	Chan	19.36	22.78	33.43	8.55	3.80	25.34	2.50	3.91	33.31	130.29
5	Chan	22.78	26.20	2.97	1.74	2.69	2.25	0.79	1.70	9.58	16.33

Plan: Pl_Tomial T_Qbd_Tomial Tramo1 RS: 10 Profile: Tr 50

	Pos	Left Sta	Right Sta	Flow	Area	W.P.	Percent	Hydr	Velocity	Shear	Power
		(m)	(m)	(m3/s)	(m2)	(m)	Conv	Depth(m)	(m/s)	(N/m2)	(N/m s)
1	Chan	3.10	6.72	1.11	0.78	1.96	0.84	0.45	1.42	7.51	10.65
2	Chan	6.72	10.34	25.72	6.92	4.08	19.50	1.91	3.72	31.91	118.61
3	Chan	10.34	13.96	50.75	9.92	3.63	38.47	2.74	5.11	51.50	263.33
4	Chan	13.96	17.58	45.75	9.76	4.07	34.68	2.70	4.69	45.19	211.84
5	Chan	17.58	21.20	8.60	3.42	3.61	6.52	1.25	2.52	17.80	44.83

Tabla 45: tabla de flujos Secciones con hec ras. Tr 50

TABLA 2 DATOS DE LAS SECCIONES DE INUNDACIÓN MÁXIMA

HEC-RAS Plan: Pl_Tomial River: T_Qbd_Tomial Reach: Tramo1 Profile: Tr 50

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
			(m3/s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/m)	(m/s)	(m2)	(m)	
Tramo1	131	Tr 50	131.93	273.10	277.40	276.14	277.84	0.000641	2.96	45.09	20.27	0.54
Tramo1	121	Tr 50	131.93	273.11	276.72	276.47	277.77	0.001846	4.55	28.99	10.80	0.89
Tramo1	111	Tr 50	131.93	273.00	276.47	276.47	277.73	0.002373	4.97	26.54	10.55	1.00
Tramo1	101	Tr 50	131.93	273.10	275.53	276.13	277.62	0.004920	6.40	20.62	10.66	1.47
Tramo1	91	Tr 50	131.93	273.10	276.93	275.85	277.35	0.000609	2.88	45.83	16.81	0.56
Tramo1	81	Tr 50	131.93	273.10	277.08		277.29	0.000245	2.01	65.57	21.78	0.37
Tramo1	74	Tr 50	131.93	272.95	276.96		277.27	0.000387	2.47	53.40	17.98	0.46
Tramo1	70	Tr 50	131.93	272.81	276.98		277.26	0.000404	2.35	56.24	19.18	0.44
Tramo1	66	Tr 50	131.93	273.00	276.50		277.21	0.001184	3.76	35.12	10.42	0.65
Tramo1	61	Tr 50	131.93	273.00	276.69		277.13	0.000769	2.93	45.09	18.30	0.59
Tramo1	54	Tr 50	131.93	273.00	276.81		277.07	0.000351	2.24	62.71	29.80	0.44
Tramo1	48	Tr 50	131.93	273.00	276.72		277.06	0.000483	2.57	52.54	31.36	0.50
Tramo1	40	Tr 50	131.93	273.00	275.98	275.89	276.98	0.001895	4.43	29.81	13.46	0.95
Tramo1	30	Tr 50	131.93	272.90	276.01	275.89	276.94	0.001766	4.28	30.86	14.31	0.93
Tramo1	20	Tr 50	131.93	272.90	276.06	275.82	276.90	0.001509	4.05	32.58	14.65	0.87
Tramo1	10	Tr 50	131.93	273.00	275.94	275.88	276.87	0.001920	4.28	30.80	15.33	0.96

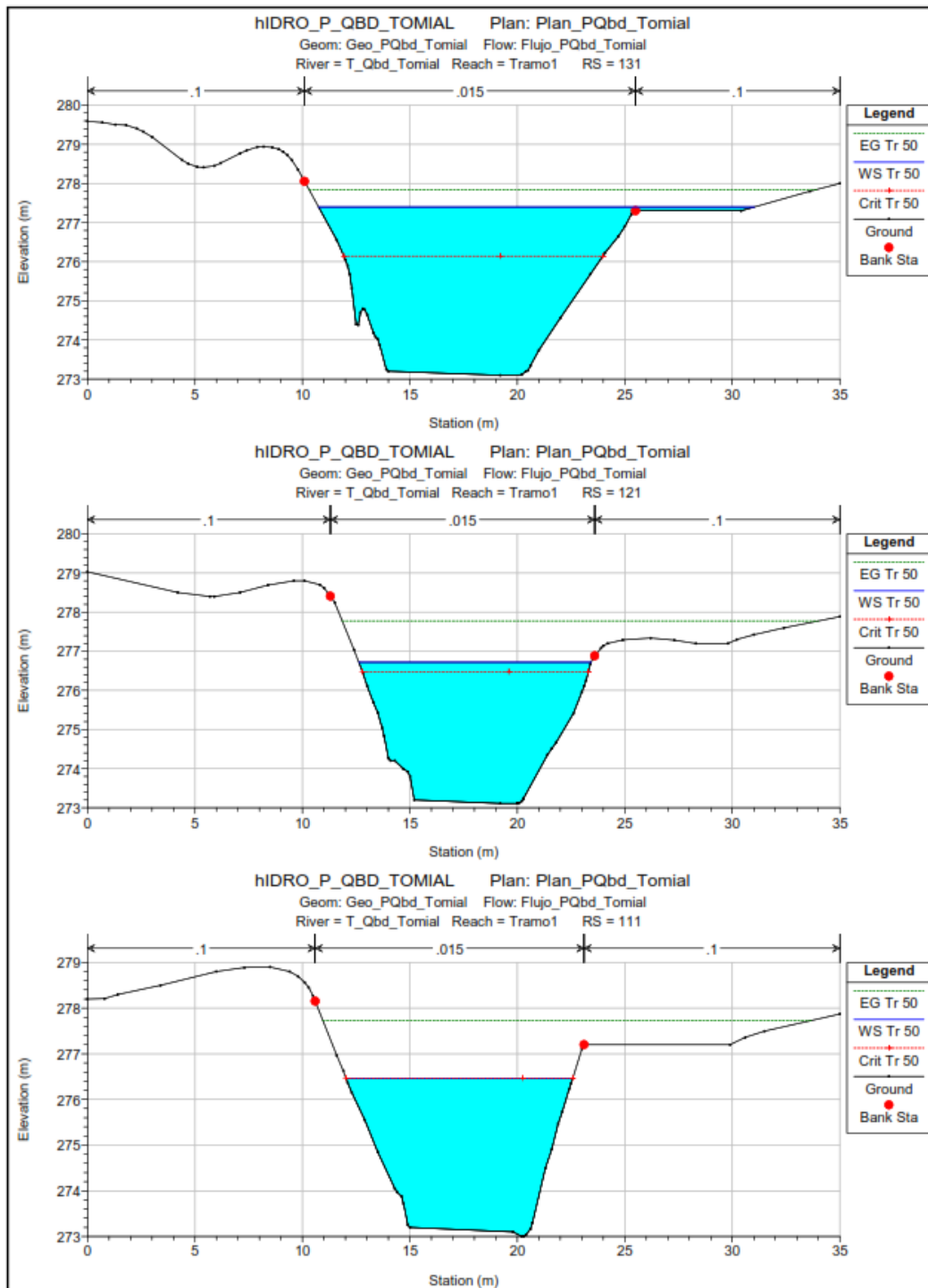
Tabla 46: tabla de datos Secciones con hec ras. Tr 50

MZ 5. CASA 16 URB. CANTABRIA
TELEFONO 3187836823
guamoamarillo2024@gmail.com
Ibagué-Tolima

CONSORCIO DISEÑO PUENTE

NIT: 901.884.162-6

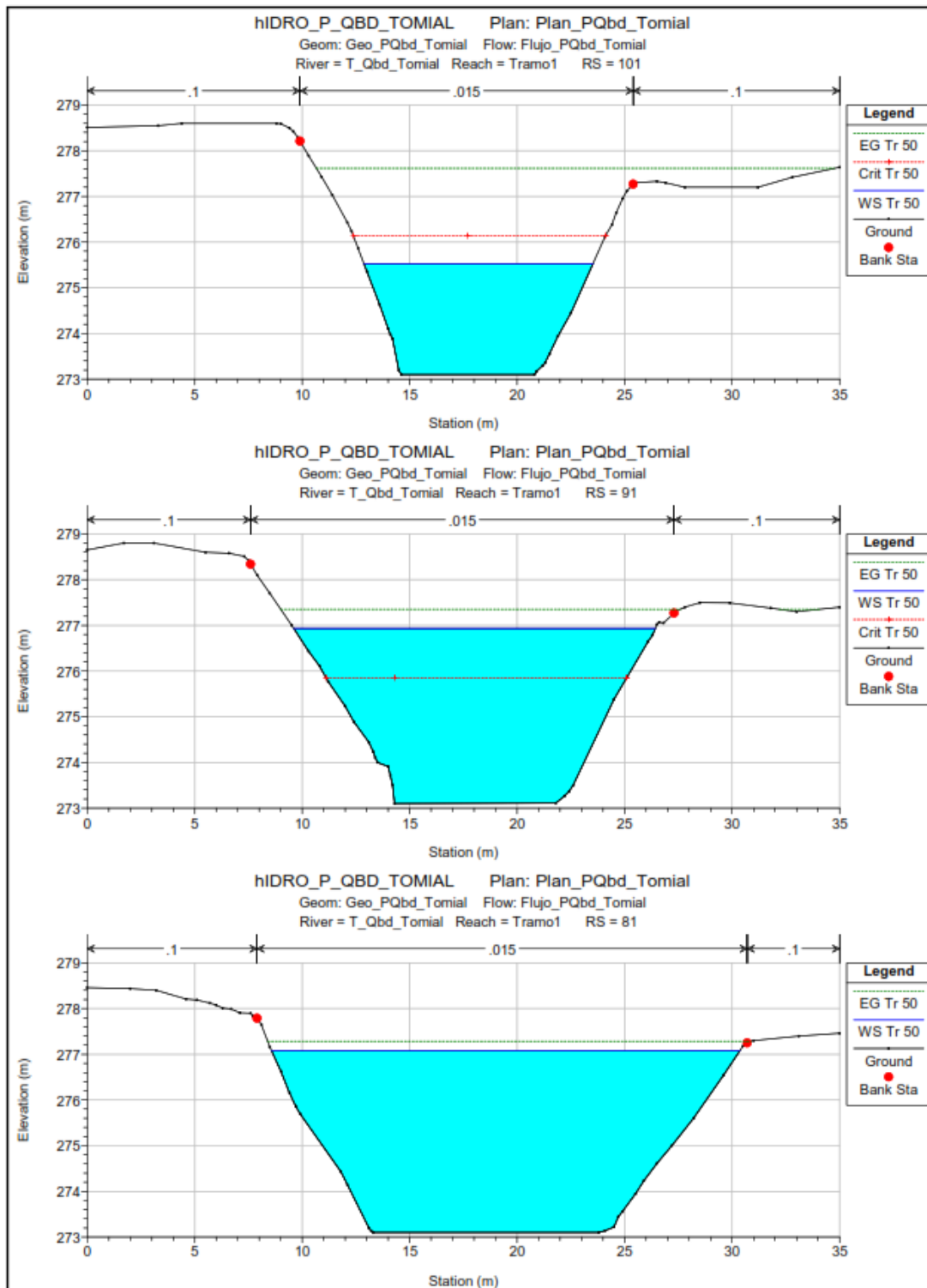
SECCIONES DE INUNDACIÓN MÁXIMA PERIODO 50 AÑOS



MZ 5. CASA 16 URB. CANTABRIA
TELEFONO 3187836823
guamoamarillo2024@gmail.com
Ibagué-Tolima

CONSORCIO DISEÑO PUENTE

NIT: 901.884.162-6



MZ 5. CASA 16 URB. CANTABRIA

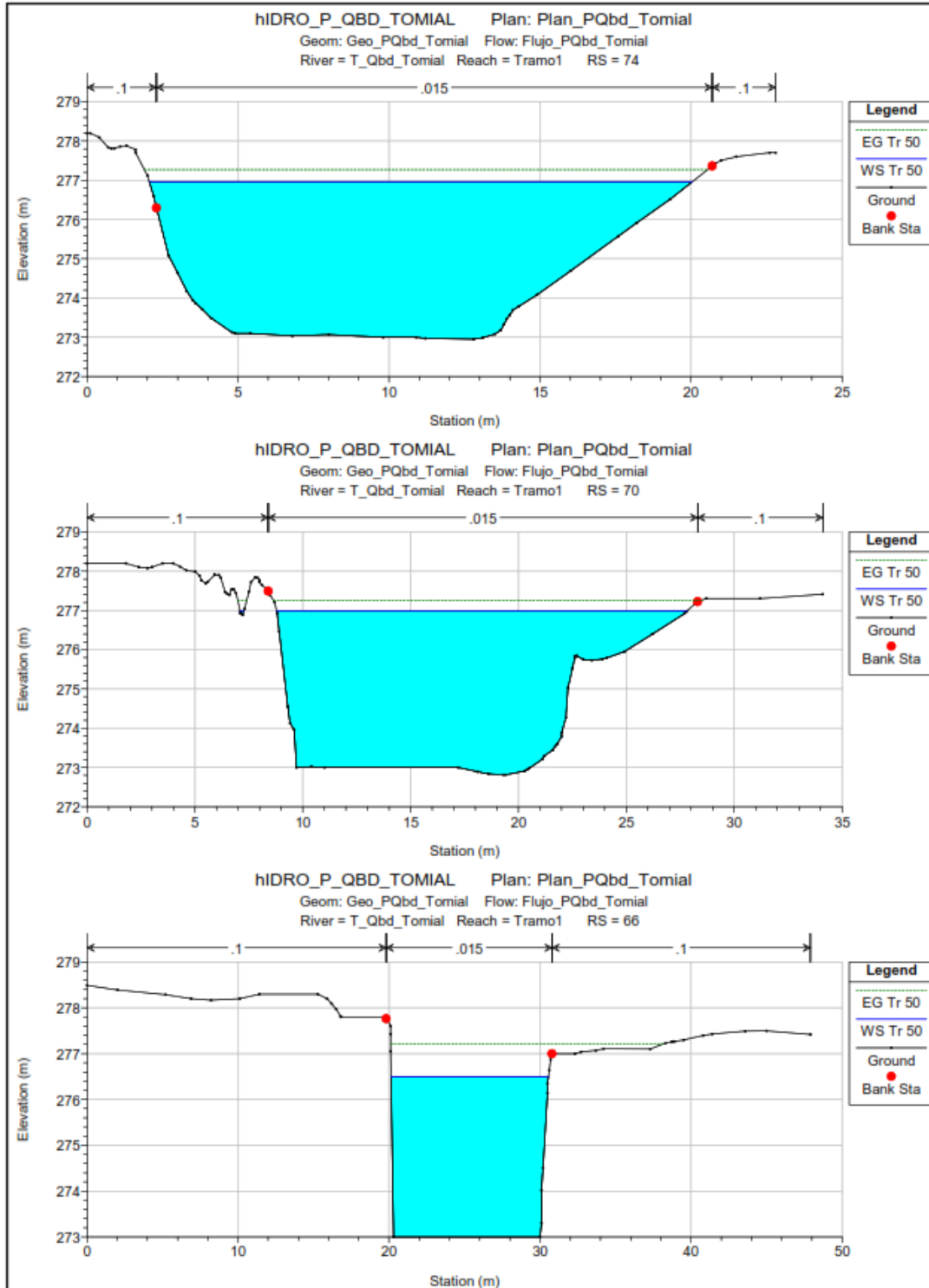
TELEFONO 3187836823

guamoamarillo2024@gmail.com

Ibagué-Tolima

CONSORCIO DISEÑO PUENTE

NIT: 901.884.162-6



MZ 5. CASA 16 URB. CANTABRIA

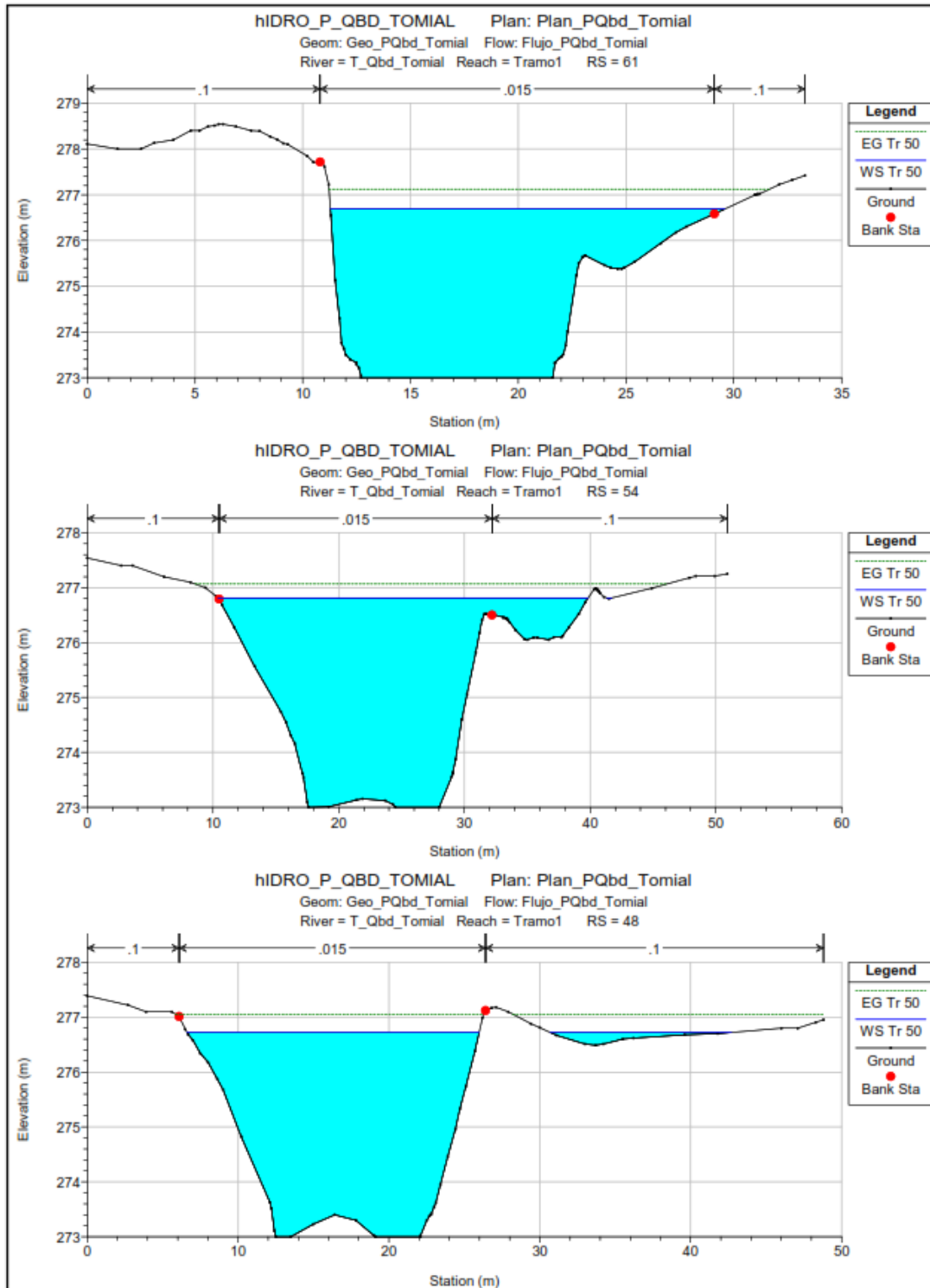
TELEFONO 3187836823

guamoamarillo2024@gmail.com

Ibagué-Tolima

CONSORCIO DISEÑO PUENTE

NIT: 901.884.162-6



MZ 5. CASA 16 URB. CANTABRIA

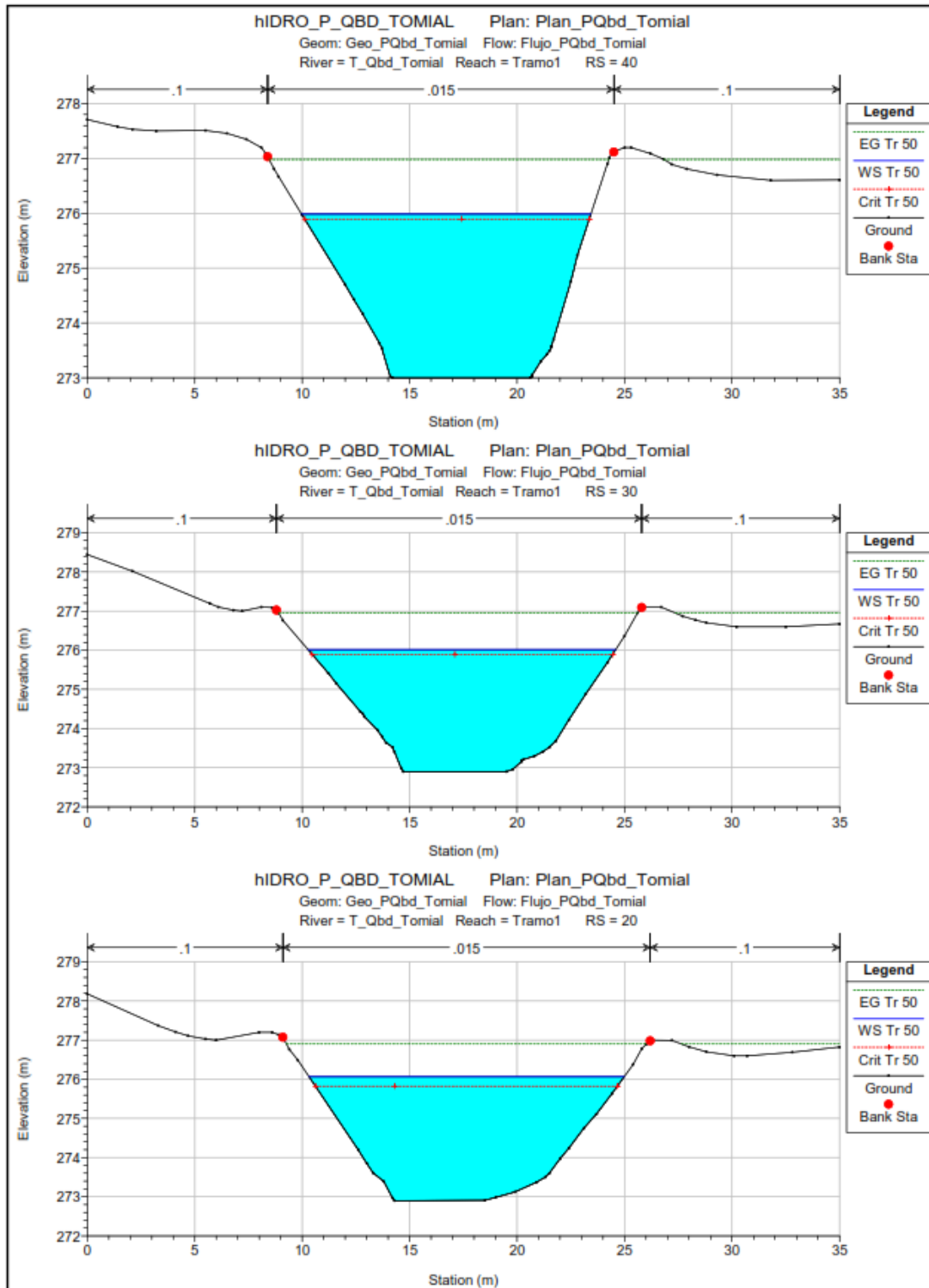
TELEFONO 3187836823

guamoamarillo2024@gmail.com

Ibagué-Tolima

CONSORCIO DISEÑO PUENTE

NIT: 901.884.162-6



MZ 5. CASA 16 URB. CANTABRIA

TELEFONO 3187836823

guamoamarillo2024@gmail.com

Ibagué-Tolima

NIT: 901.884.162-6

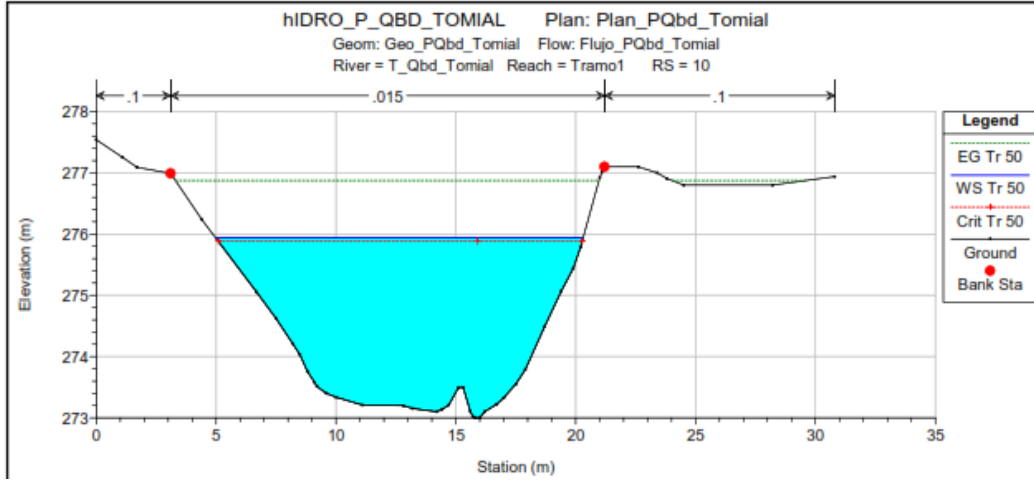
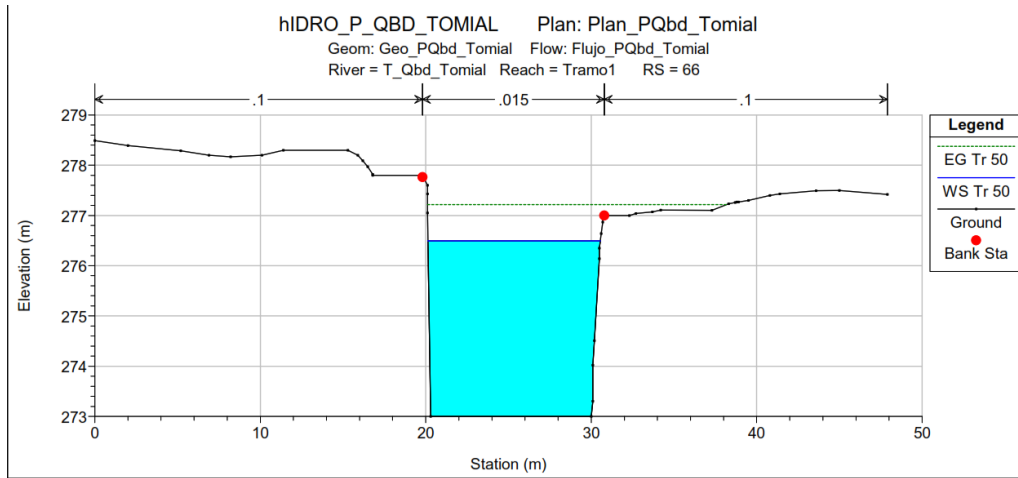


Figura 52: Seccione de Inundación máxima periodo de retorno a 50 años y 100 años.

La cota máxima de inundación en la sección 66 es de 276.50 metros para un periodo de retorno de 50 años



CONSORCIO DISEÑO PUENTE

NIT: 901.884.162-6

7.3.1.1 Mapas que se generaron con la simulación en Hec Ras para una inundación máxima de periodo de 50 años Terreno natural

- Mapa De Elevación De La Lamina De Agua (“Wse”)

El mapa de elevación de la lámina de agua representa las alturas, generalmente en relación con el nivel medio del mar, alcanzadas por la avenida en la llanura de inundación.

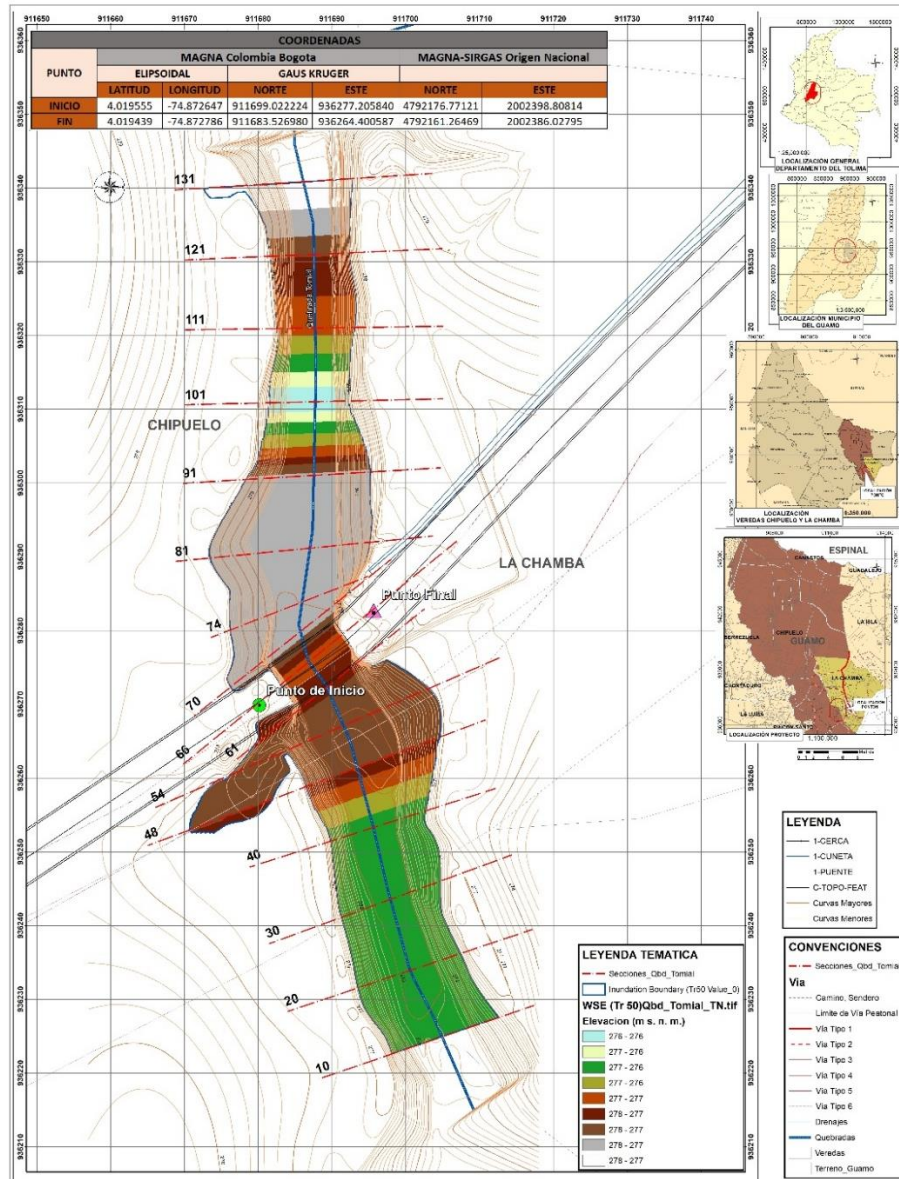


Figura 53: Mapa de Elevación de la Lámina por Avenida Torrencial Conjunto Piedemonte.

MZ 5. CASA 16 URB. CANTABRIA
 TELEFONO 3187836823
 guamoamarillo2024@gmail.com
 Ibagué-Tolima

CONSORCIO DISEÑO PUENTE

NIT: 901.884.162-6

- Mapa De Profundidades Por Inundación Máxima (Depth)

Este mapa representa las profundidades de inundación (Caladas) en metros a lo largo del canal del drenaje y la llanura de inundación. La profundidad es calculada a partir de la diferencia en la cota de elevación de la superficie del agua y el terreno subyacente.

En el mapa de profundidades, vemos como las áreas azul oscuro representan zonas de mayor profundidad de flujo, mientras que las áreas de azul claro corresponden a aquellas zonas de agua más someras.

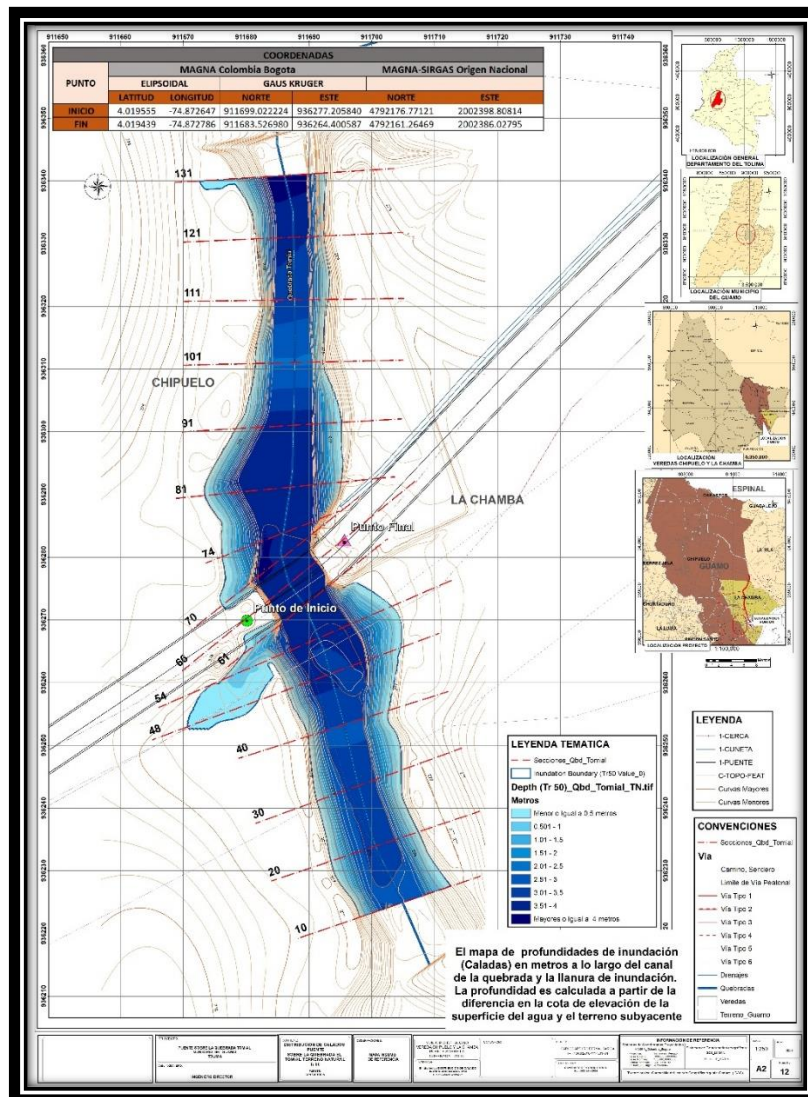


Figura 54: profundidad de Inundación máxima

MZ 5. CASA 16 URB. CANTABRIA
TELEFONO 3187836823
guamoamarillo2024@gmail.com
Ibagué-Tolima

CONSORCIO DISEÑO PUENTE
NIT: 901.884.162-6

- **Mapa De Velocidades Por Inundación Máxima (Velocity)**

Este mapa representa la distribución de velocidades en metros por segundos a lo largo del canal del drenaje y de la llanura de inundación

En el mapa de velocidades, las áreas de mayor velocidad de flujo son aquellas representadas en color naranja y rojo. Vemos como las áreas de mayor velocidad de flujo corresponden con aquellas en las inmediaciones de puentes e infraestructuras transversales, donde la existencia de los estribos o terraplenes, generan estrechamiento brusco de las secciones del cauce que producen aceleraciones del flujo.

Por otro lado, las zonas en color más claro corresponden con aquellas en las que la velocidad del flujo es cero; es decir, en estas áreas el flujo no es transportado y, por lo tanto, no se producen fenómenos de pérdida de energía por la rugosidad del lecho del río o de las márgenes.

CONSORCIO DISEÑO PUENTE

NIT: 901.884.162-6

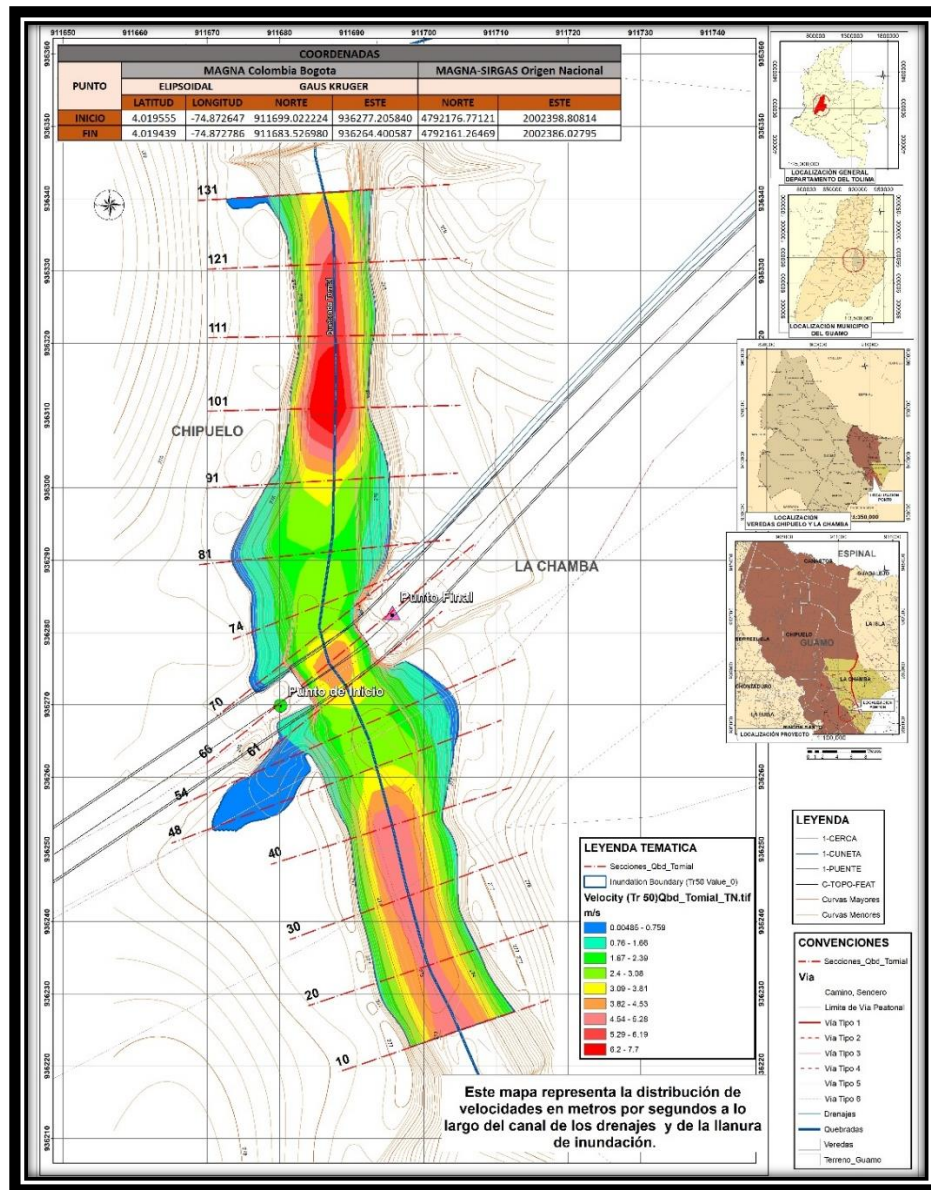


Figura 55: Mapa Velocidad de Inundación máxima

- **Mapa De Amenaza Por Inundación Máxima “Profundidad Por Velocidad” - (Depth * Velocity)**

Representa el producto de la profundidad por la velocidad. Se calcula como la profundidad hidráulica (profundidad promedio) multiplicado por la velocidad promedio en todas las ubicaciones calculadas e interpolada especialmente entre esas ubicaciones. Este parámetro es útil para el análisis de la peligrosidad de la

CONSORCIO DISEÑO PUENTE

NIT: 901.884.162-6

avenida, se considera zonas de graves daños potenciales a personas y bienes o aquellas áreas en las que este parámetro sea igual o superior a 0.5 m²/s.

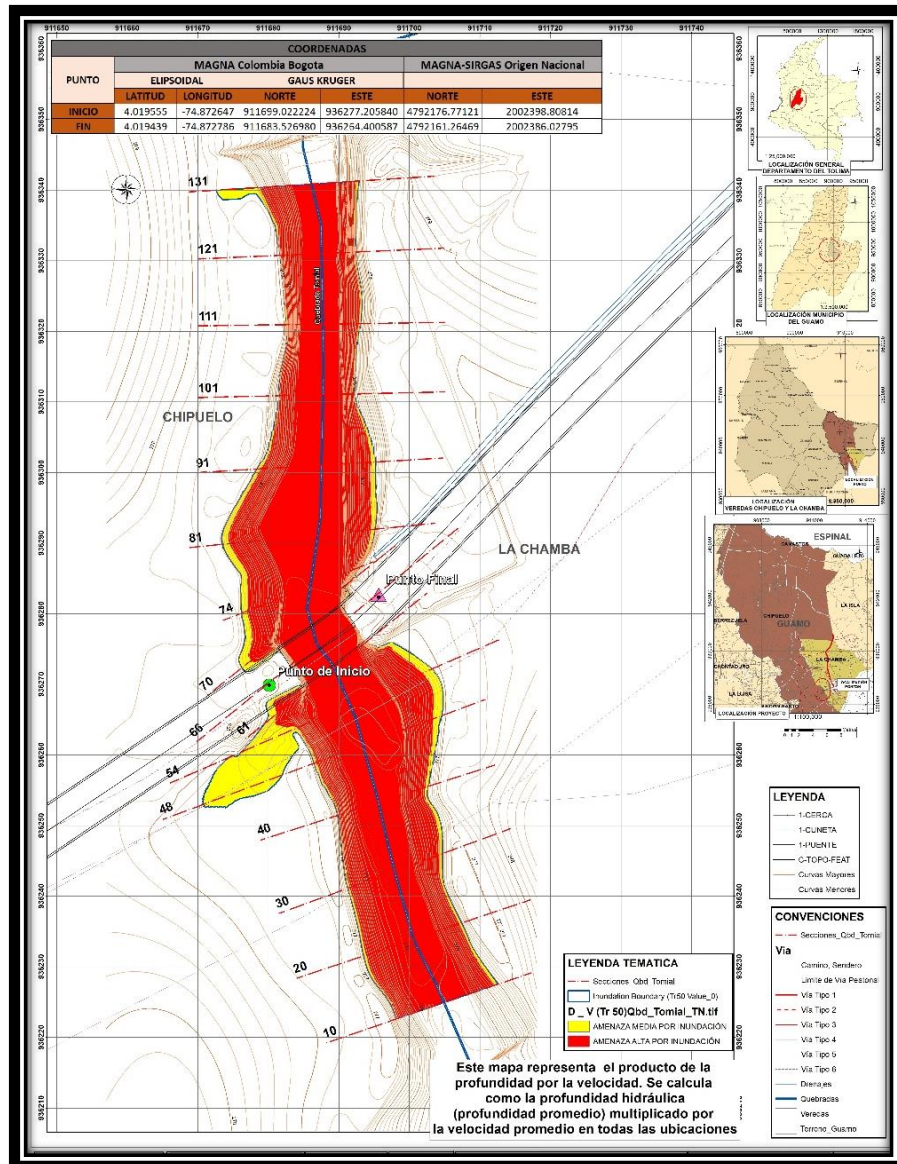


Figura 56: Mapa de amenaza "profundidad por velocidad" de Inundación máxima

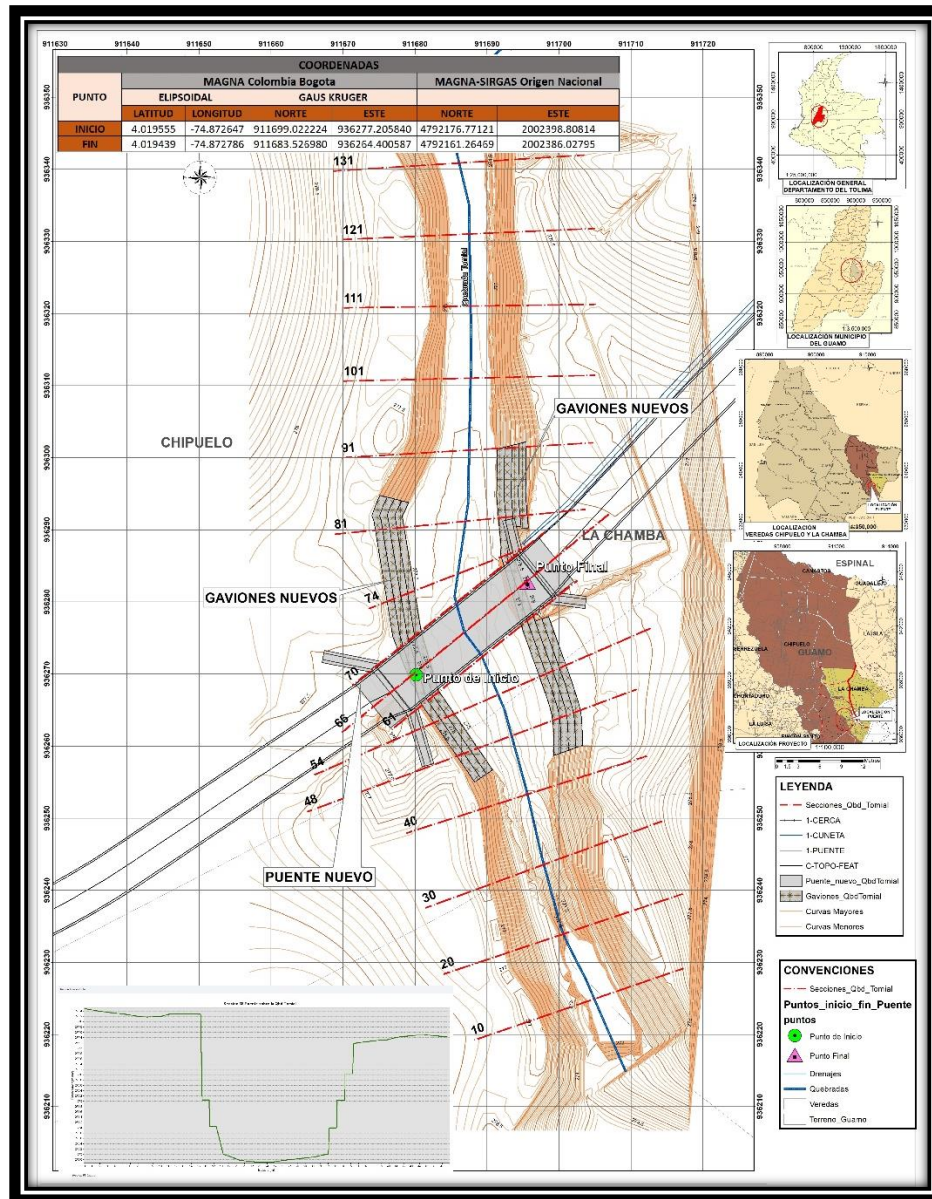
7.3.2 Condición con obras

se presenta la condición con obras en área del proyecto, que comprende la instalación de gaviones en ambos márgenes de la quebrada con el objetivo de minimizar la

CONSORCIO DISEÑO PUENTE

NIT: 901.884.162-6

erosión. Además, se ha ampliado la sección hidráulica del sitio para optimizar el alineamiento del cauce de la quebrada. A continuación, se presentan la geometría del terreno con sus respectivas obras figuras siguientes muestran la representación modelada del terreno.



Localización de secciones Puente sobre la quebrada Tomial con obras.

MZ 5. CASA 16 URB. CANTABRIA
 TELEFONO 3187836823
 guamoamarillo2024@gmail.com
 Ibagué-Tolima

CONSORCIO DISEÑO PUENTE

NIT: 901.884.162-6

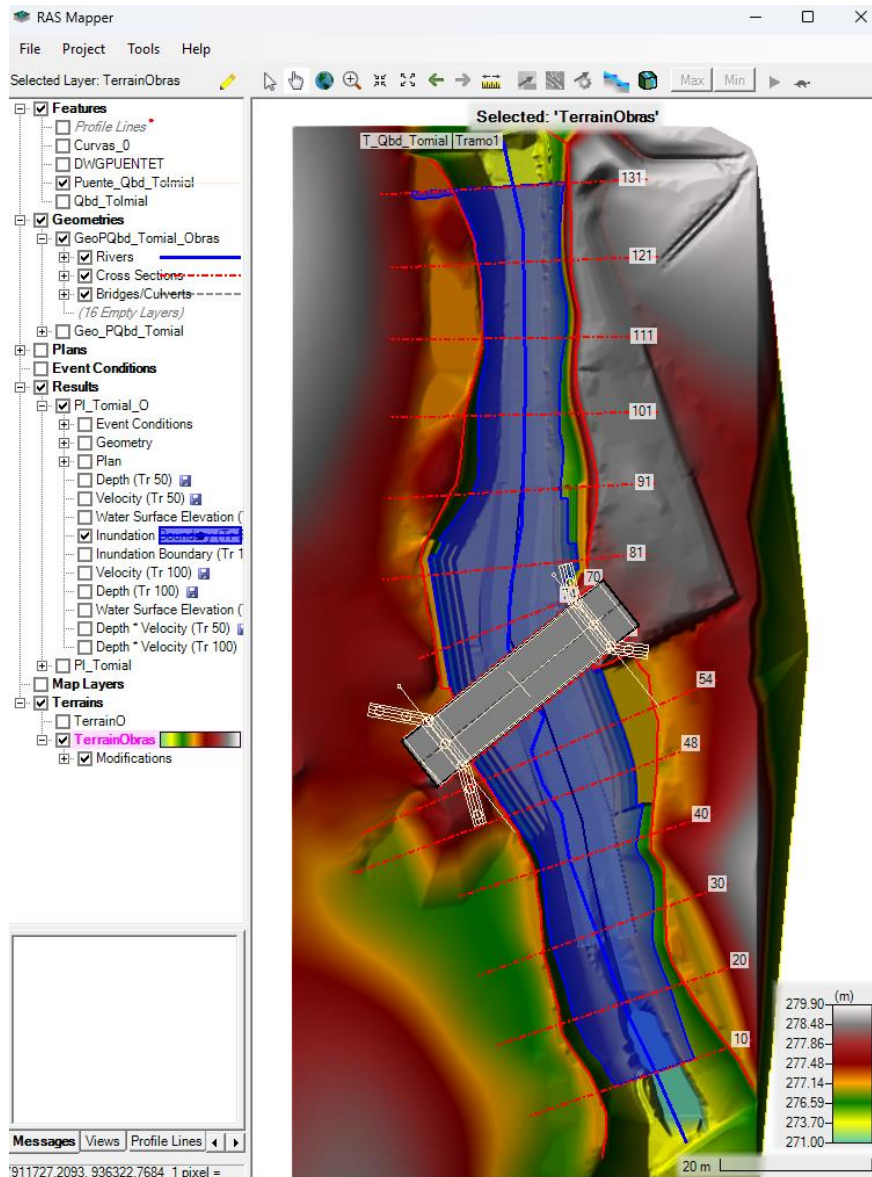
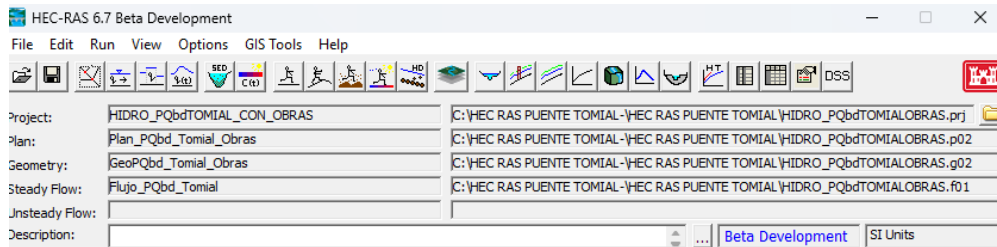


Figura 57: ubicación de la geometría e Inundación máxima Tr 50 Y 100 años con obras.

MZ 5. CASA 16 URB. CANTABRIA
TELEFONO 3187836823
guamoamarillo2024@gmail.com
Ibagué-Tolima

CONSORCIO DISEÑO PUENTE

NIT: 901.884.162-6

TABLA 1 DATOS DE LAS SECCIONES DE INUNDACIÓN MÁXIMA - PERIODO 50 AÑOS con obras

Plan: Pl_Tomial_O T_Qbd_Tomial		Tramo1 RS: 131 Profile: Tr 50			
E.G. Elev (m)	277.83	Element	Left OB	Channel	Right OB
Vel Head (m)	0.46	Wt. n-Val.		0.015	0.100
W.S. Elev (m)	277.37	Reach Len. (m)	10.20	10.00	9.70
Crit W.S. (m)	276.16	Flow Area (m2)		44.03	0.42
E.G. Slope (m/m)	0.000682	Area (m2)		44.03	0.42
Q Total (m3/s)	131.93	Flow (m3/s)		131.91	0.02
Top Width (m)	20.07	Top Width (m)		14.71	5.36
Vel Total (m/s)	2.97	Avg. Vel. (m/s)		3.00	0.05
Max Chl Dpth (m)	4.27	Hydr. Depth (m)		2.99	0.08
Conv. Total (m3/s)	5051.1	Conv. (m3/s)		5050.4	0.8
Length Wtd. (m)	10.00	Wetted Per. (m)		19.51	5.37
Min Ch EI (m)	273.10	Shear (N/m2)		15.10	0.53
Alpha	1.02	Stream Power (N/m s)		45.23	0.03
Frctn Loss (m)	0.01	Cum Volume (1000 m3)		4.58	0.00
C & E Loss (m)	0.08	Cum SA (1000 m2)		1.75	0.03

Plan: Pl_Tomial_O T_Qbd_Tomial		Tramo1 RS: 121 Profile: Tr 50			
E.G. Elev (m)	277.74	Element	Left OB	Channel	Right OB
Vel Head (m)	1.21	Wt. n-Val.		0.015	
W.S. Elev (m)	276.54	Reach Len. (m)	10.40	10.00	9.60
Crit W.S. (m)	276.47	Flow Area (m2)		27.10	
E.G. Slope (m/m)	0.002249	Area (m2)		27.10	
Q Total (m3/s)	131.93	Flow (m3/s)		131.93	
Top Width (m)	10.62	Top Width (m)		10.62	
Vel Total (m/s)	4.87	Avg. Vel. (m/s)		4.87	
Max Chl Dpth (m)	3.44	Hydr. Depth (m)		2.55	
Conv. Total (m3/s)	2781.8	Conv. (m3/s)		2781.8	
Length Wtd. (m)	10.00	Wetted Per. (m)		14.19	
Min Ch EI (m)	273.10	Shear (N/m2)		42.13	
Alpha	1.00	Stream Power (N/m s)		205.08	
Frctn Loss (m)	0.02	Cum Volume (1000 m3)		4.22	0.00
C & E Loss (m)	0.01	Cum SA (1000 m2)		1.62	0.00

Plan: Pl_Tomial_O T_Qbd_Tomial		Tramo1 RS: 111 Profile: Tr 50			
E.G. Elev (m)	277.71	Element	Left OB	Channel	Right OB
Vel Head (m)	1.27	Wt. n-Val.		0.015	
W.S. Elev (m)	276.44	Reach Len. (m)	10.10	10.00	10.30
Crit W.S. (m)	276.44	Flow Area (m2)		26.39	
E.G. Slope (m/m)	0.002437	Area (m2)		26.39	
Q Total (m3/s)	131.93	Flow (m3/s)		131.93	
Top Width (m)	10.48	Top Width (m)		10.48	
Vel Total (m/s)	5.00	Avg. Vel. (m/s)		5.00	
Max Chl Dpth (m)	3.44	Hydr. Depth (m)		2.52	
Conv. Total (m3/s)	2672.3	Conv. (m3/s)		2672.3	
Length Wtd. (m)	10.00	Wetted Per. (m)		14.10	
Min Ch EI (m)	273.00	Shear (N/m2)		44.75	
Alpha	1.00	Stream Power (N/m s)		223.70	
Frctn Loss (m)	0.03	Cum Volume (1000 m3)		3.95	0.00
C & E Loss (m)	0.08	Cum SA (1000 m2)		1.52	0.00

CONSORCIO DISEÑO PUENTE

NIT: 901.884.162-6

Plan: PI_Tomial_O T_Qbd_Tomial Tramo1 RS: 101 Profile: Tr 50

E.G. Elev (m)	277.59	Element	Left OB	Channel	Right OB
Vel Head (m)	2.10	Wt. n-Val.		0.015	
W.S. Elev (m)	275.49	Reach Len. (m)	9.80	10.00	10.90
Crit W.S. (m)	276.11	Flow Area (m2)		20.54	
E.G. Slope (m/m)	0.005010	Area (m2)		20.54	
Q Total (m3/s)	131.93	Flow (m3/s)		131.93	
Top Width (m)	10.67	Top Width (m)		10.67	
Vel Total (m/s)	6.42	Avg. Vel. (m/s)		6.42	
Max Chl Dpth (m)	2.45	Hydr. Depth (m)		1.92	
Conv. Total (m3/s)	1863.8	Conv. (m3/s)		1863.8	
Length Wtd. (m)	10.00	Wetted Per. (m)		12.94	
Min Ch El (m)	273.04	Shear (N/m2)		78.02	
Alpha	1.00	Stream Power (N/m s)		501.09	
Frctn Loss (m)	0.06	Cum Volume (1000 m3)		3.72	0.00
C & E Loss (m)	0.05	Cum SA (1000 m2)		1.41	0.00

Plan: PI_Tomial_O T_Qbd_Tomial Tramo1 RS: 91 Profile: Tr 50

E.G. Elev (m)	277.48	Element	Left OB	Channel	Right OB
Vel Head (m)	2.62	Wt. n-Val.		0.015	
W.S. Elev (m)	274.86	Reach Len. (m)	10.00	10.00	10.50
Crit W.S. (m)	275.67	Flow Area (m2)		18.41	
E.G. Slope (m/m)	0.008017	Area (m2)		18.41	
Q Total (m3/s)	131.93	Flow (m3/s)		131.93	
Top Width (m)	11.62	Top Width (m)		11.62	
Vel Total (m/s)	7.17	Avg. Vel. (m/s)		7.17	
Max Chl Dpth (m)	1.88	Hydr. Depth (m)		1.58	
Conv. Total (m3/s)	1473.4	Conv. (m3/s)		1473.4	
Length Wtd. (m)	10.00	Wetted Per. (m)		13.99	
Min Ch El (m)	272.98	Shear (N/m2)		103.44	
Alpha	1.00	Stream Power (N/m s)		741.41	
Frctn Loss (m)	0.01	Cum Volume (1000 m3)		3.52	0.00
C & E Loss (m)	0.11	Cum SA (1000 m2)		1.30	0.00

Plan: PI_Tomial_O T_Qbd_Tomial Tramo1 RS: 81 Profile: Tr 50

E.G. Elev (m)	276.77	Element	Left OB	Channel	Right OB
Vel Head (m)	0.30	Wt. n-Val.		0.015	
W.S. Elev (m)	276.47	Reach Len. (m)	7.40	7.40	11.10
Crit W.S. (m)	275.15	Flow Area (m2)		54.47	
E.G. Slope (m/m)	0.000475	Area (m2)		54.47	
Q Total (m3/s)	131.93	Flow (m3/s)		131.93	
Top Width (m)	19.17	Top Width (m)		19.17	
Vel Total (m/s)	2.42	Avg. Vel. (m/s)		2.42	
Max Chl Dpth (m)	3.61	Hydr. Depth (m)		2.84	
Conv. Total (m3/s)	6056.5	Conv. (m3/s)		6056.5	
Length Wtd. (m)	7.40	Wetted Per. (m)		25.29	
Min Ch El (m)	272.86	Shear (N/m2)		10.02	
Alpha	1.00	Stream Power (N/m s)		24.28	
Frctn Loss (m)	0.00	Cum Volume (1000 m3)		3.16	0.00
C & E Loss (m)	0.00	Cum SA (1000 m2)		1.14	0.00

MZ 5. CASA 16 URB. CANTABRIA
TELEFONO 3187836823
guamoamarillo2024@gmail.com
Ibagué-Tolima

CONSORCIO DISEÑO PUENTE

NIT: 901.884.162-6

Plan: PI_Tomial_O T_Qbd_Tomial Tramo1 RS: 74 Profile: Tr 50

E.G. Elev (m)	276.76	Element	Left OB	Channel	Right OB
Vel Head (m)	0.31	Wt. n-Val.		0.015	
W.S. Elev (m)	276.45	Reach Len. (m)	0.30	4.00	9.90
Crit W.S. (m)		Flow Area (m2)		53.34	
E.G. Slope (m/m)	0.000476	Area (m2)		53.34	
Q Total (m3/s)	131.93	Flow (m3/s)		131.93	
Top Width (m)	17.69	Top Width (m)		17.69	
Vel Total (m/s)	2.47	Avg. Vel. (m/s)		2.47	
Max Chl Dpth (m)	3.67	Hydr. Depth (m)		3.01	
Conv. Total (m3/s)	6046.2	Conv. (m3/s)		6046.2	
Length Wtd. (m)	4.00	Wetted Per. (m)		24.06	
Min Ch El (m)	272.78	Shear (N/m2)		10.35	
Alpha	1.00	Stream Power (N/m s)		25.61	
Frctn Loss (m)	0.00	Cum Volume (1000 m3)		2.76	0.00
C & E Loss (m)	0.02	Cum SA (1000 m2)		1.01	0.00

Plan: PI_Tomial_O T_Qbd_Tomial Tramo1 RS: 70 Profile: Tr 50

E.G. Elev (m)	276.74	Element	Left OB	Channel	Right OB
Vel Head (m)	0.24	Wt. n-Val.		0.015	
W.S. Elev (m)	276.50	Reach Len. (m)	0.50	0.50	0.50
Crit W.S. (m)	274.87	Flow Area (m2)		61.19	
E.G. Slope (m/m)	0.000331	Area (m2)		61.19	
Q Total (m3/s)	131.93	Flow (m3/s)		131.93	
Top Width (m)	19.68	Top Width (m)		19.68	
Vel Total (m/s)	2.16	Avg. Vel. (m/s)		2.16	
Max Chl Dpth (m)	3.76	Hydr. Depth (m)		3.11	
Conv. Total (m3/s)	7254.3	Conv. (m3/s)		7254.3	
Length Wtd. (m)	0.50	Wetted Per. (m)		25.80	
Min Ch El (m)	272.74	Shear (N/m2)		7.69	
Alpha	1.00	Stream Power (N/m s)		16.58	
Frctn Loss (m)	0.00	Cum Volume (1000 m3)		2.53	0.00
C & E Loss (m)	0.00	Cum SA (1000 m2)		0.93	0.00

Plan: PI_Tomial_O T_Qbd_Tomial Tramo1 RS: 61.1 BR U Profile: Tr 50

E.G. Elev (m)	276.74	Element	Left OB	Channel	Right OB
Vel Head (m)	0.24	Wt. n-Val.		0.015	
W.S. Elev (m)	276.50	Reach Len. (m)	7.60	7.60	7.60
Crit W.S. (m)	274.87	Flow Area (m2)		61.19	
E.G. Slope (m/m)	0.000331	Area (m2)		61.19	
Q Total (m3/s)	131.93	Flow (m3/s)		131.93	
Top Width (m)	19.68	Top Width (m)		19.68	
Vel Total (m/s)	2.16	Avg. Vel. (m/s)		2.16	
Max Chl Dpth (m)	3.76	Hydr. Depth (m)		3.11	
Conv. Total (m3/s)	7253.6	Conv. (m3/s)		7253.6	
Length Wtd. (m)	7.60	Wetted Per. (m)		25.80	
Min Ch El (m)	272.74	Shear (N/m2)		7.69	
Alpha	1.00	Stream Power (N/m s)		16.59	
Frctn Loss (m)	0.00	Cum Volume (1000 m3)		2.50	0.00
C & E Loss (m)	0.00	Cum SA (1000 m2)		0.92	0.00

MZ 5. CASA 16 URB. CANTABRIA
 TELEFONO 3187836823
 guamoamarillo2024@gmail.com
 Ibagué-Tolima

CONSORCIO DISEÑO PUENTE

NIT: 901.884.162-6

Plan: Pl_Tomial_O T_Qbd_Tomial Tramo1 RS: 61.1 BR D Profile: Tr 50

E.G. Elev (m)	276.73	Element	Left OB	Channel	Right OB
Vel Head (m)	0.22	Wt. n-Val.		0.015	
W.S. Elev (m)	276.51	Reach Len. (m)	0.30	0.30	0.30
Crit W.S. (m)	274.79	Flow Area (m2)		63.43	
E.G. Slope (m/m)	0.000299	Area (m2)		63.43	
Q Total (m3/s)	131.93	Flow (m3/s)		131.93	
Top Width (m)	20.03	Top Width (m)		20.03	
Vel Total (m/s)	2.08	Avg. Vel. (m/s)		2.08	
Max Chl Dpth (m)	3.86	Hydr. Depth (m)		3.17	
Conv. Total (m3/s)	7632.6	Conv. (m3/s)		7632.6	
Length Wtd. (m)	0.30	Wetted Per. (m)		26.16	
Min Ch El (m)	272.65	Shear (N/m2)		7.11	
Alpha	1.00	Stream Power (N/m s)		14.78	
Frctn Loss (m)	0.00	Cum Volume (1000 m3)		2.03	0.00
C & E Loss (m)	0.00	Cum SA (1000 m2)		0.77	0.00

Plan: Pl_Tomial_O T_Qbd_Tomial Tramo1 RS: 61 Profile: Tr 50

E.G. Elev (m)	276.73	Element	Left OB	Channel	Right OB
Vel Head (m)	0.22	Wt. n-Val.		0.015	
W.S. Elev (m)	276.51	Reach Len. (m)	9.90	7.10	2.30
Crit W.S. (m)		Flow Area (m2)		63.43	
E.G. Slope (m/m)	0.000299	Area (m2)		63.43	
Q Total (m3/s)	131.93	Flow (m3/s)		131.93	
Top Width (m)	20.03	Top Width (m)		20.03	
Vel Total (m/s)	2.08	Avg. Vel. (m/s)		2.08	
Max Chl Dpth (m)	3.86	Hydr. Depth (m)		3.17	
Conv. Total (m3/s)	7632.2	Conv. (m3/s)		7632.2	
Length Wtd. (m)	7.10	Wetted Per. (m)		26.16	
Min Ch El (m)	272.65	Shear (N/m2)		7.11	
Alpha	1.00	Stream Power (N/m s)		14.78	
Frctn Loss (m)	0.00	Cum Volume (1000 m3)		2.01	0.00
C & E Loss (m)	0.01	Cum SA (1000 m2)		0.77	0.00

Plan: Pl_Tomial_O T_Qbd_Tomial Tramo1 RS: 54 Profile: Tr 50

E.G. Elev (m)	276.72	Element	Left OB	Channel	Right OB
Vel Head (m)	0.28	Wt. n-Val.		0.015	0.100
W.S. Elev (m)	276.45	Reach Len. (m)	7.40	5.90	5.50
Crit W.S. (m)		Flow Area (m2)		56.79	0.04
E.G. Slope (m/m)	0.000407	Area (m2)		56.79	0.04
Q Total (m3/s)	131.93	Flow (m3/s)		131.93	0.00
Top Width (m)	19.14	Top Width (m)		18.95	0.19
Vel Total (m/s)	2.32	Avg. Vel. (m/s)		2.32	0.04
Max Chl Dpth (m)	3.86	Hydr. Depth (m)		3.00	0.22
Conv. Total (m3/s)	6541.0	Conv. (m3/s)		6540.9	0.1
Length Wtd. (m)	5.90	Wetted Per. (m)		25.01	0.49
Min Ch El (m)	272.59	Shear (N/m2)		9.06	0.35
Alpha	1.00	Stream Power (N/m s)		21.05	0.01
Frctn Loss (m)	0.00	Cum Volume (1000 m3)		1.58	0.00
C & E Loss (m)	0.01	Cum SA (1000 m2)		0.63	0.00

MZ 5. CASA 16 URB. CANTABRIA
TELEFONO 3187836823
guamoamarillo2024@gmail.com
Ibagué-Tolima

CONSORCIO DISEÑO PUENTE

NIT: 901.884.162-6

Plan: PI_Tomial_O T_Qbd_Tomial Tramo1 RS: 48 Profile: Tr 50

E.G. Elev (m)	276.71	Element	Left OB	Channel	Right OB
Vel Head (m)	0.37	Wt. n-Val.		0.015	
W.S. Elev (m)	276.34	Reach Len. (m)	9.50	8.40	7.90
Crit W.S. (m)		Flow Area (m2)		49.11	
E.G. Slope (m/m)	0.000618	Area (m2)		49.11	
Q Total (m3/s)	131.93	Flow (m3/s)		131.93	
Top Width (m)	17.39	Top Width (m)		17.39	
Vel Total (m/s)	2.69	Avg. Vel. (m/s)		2.69	
Max Chl Dpth (m)	3.82	Hydr. Depth (m)		2.82	
Conv. Total (m3/s)	5309.0	Conv. (m3/s)		5309.0	
Length Wtd. (m)	8.40	Wetted Per. (m)		23.78	
Min Ch El (m)	272.52	Shear (N/m2)		12.50	
Alpha	1.00	Stream Power (N/m s)		33.59	
Frctn Loss (m)	0.01	Cum Volume (1000 m3)		1.27	
C & E Loss (m)	0.04	Cum SA (1000 m2)		0.52	

Plan: PI_Tomial_O T_Qbd_Tomial Tramo1 RS: 40 Profile: Tr 50

E.G. Elev (m)	276.66	Element	Left OB	Channel	Right OB
Vel Head (m)	0.81	Wt. n-Val.		0.015	
W.S. Elev (m)	275.85	Reach Len. (m)	9.60	10.00	10.70
Crit W.S. (m)		Flow Area (m2)		33.08	
E.G. Slope (m/m)	0.001471	Area (m2)		33.08	
Q Total (m3/s)	131.93	Flow (m3/s)		131.93	
Top Width (m)	13.13	Top Width (m)		13.13	
Vel Total (m/s)	3.99	Avg. Vel. (m/s)		3.99	
Max Chl Dpth (m)	3.42	Hydr. Depth (m)		2.52	
Conv. Total (m3/s)	3440.0	Conv. (m3/s)		3440.0	
Length Wtd. (m)	10.00	Wetted Per. (m)		16.97	
Min Ch El (m)	272.43	Shear (N/m2)		28.11	
Alpha	1.00	Stream Power (N/m s)		112.11	
Frctn Loss (m)	0.01	Cum Volume (1000 m3)		0.92	
C & E Loss (m)	0.04	Cum SA (1000 m2)		0.39	

Plan: PI_Tomial_O T_Qbd_Tomial Tramo1 RS: 30 Profile: Tr 50

E.G. Elev (m)	276.60	Element	Left OB	Channel	Right OB
Vel Head (m)	0.66	Wt. n-Val.		0.015	
W.S. Elev (m)	275.94	Reach Len. (m)	10.30	10.00	9.90
Crit W.S. (m)		Flow Area (m2)		36.62	
E.G. Slope (m/m)	0.001154	Area (m2)		36.62	
Q Total (m3/s)	131.93	Flow (m3/s)		131.93	
Top Width (m)	14.09	Top Width (m)		14.09	
Vel Total (m/s)	3.60	Avg. Vel. (m/s)		3.60	
Max Chl Dpth (m)	4.15	Hydr. Depth (m)		2.60	
Conv. Total (m3/s)	3884.0	Conv. (m3/s)		3884.0	
Length Wtd. (m)	10.00	Wetted Per. (m)		18.25	
Min Ch El (m)	271.79	Shear (N/m2)		22.70	
Alpha	1.00	Stream Power (N/m s)		81.79	
Frctn Loss (m)	0.02	Cum Volume (1000 m3)		0.58	
C & E Loss (m)	0.04	Cum SA (1000 m2)		0.26	

MZ 5. CASA 16 URB. CANTABRIA
TELEFONO 3187836823
guamoamarillo2024@gmail.com
Ibagué-Tolima

CONSORCIO DISEÑO PUENTE

NIT: 901.884.162-6

Plan: Pl_Tomial_O T_Qbd_Tomial Tramo1 RS: 20 Profile: Tr 50

E.G. Elev (m)	276.54	Element	Left OB	Channel	Right OB
Vel Head (m)	1.09	Wt. n-Val.		0.015	
W.S. Elev (m)	275.45	Reach Len. (m)	9.80	10.00	10.20
Crit W.S. (m)	275.45	Flow Area (m2)		28.56	
E.G. Slope (m/m)	0.002287	Area (m2)		28.56	
Q Total (m3/s)	131.93	Flow (m3/s)		131.93	
Top Width (m)	13.14	Top Width (m)		13.14	
Vel Total (m/s)	4.62	Avg. Vel. (m/s)		4.62	
Max Chl Dpth (m)	4.35	Hydr. Depth (m)		2.17	
Conv. Total (m3/s)	2758.8	Conv. (m3/s)		2758.8	
Length Wtd. (m)	10.00	Wetted Per. (m)		16.38	
Min Ch El (m)	271.10	Shear (N/m2)		39.11	
Alpha	1.00	Stream Power (N/m s)		180.64	
Frctn Loss (m)	0.03	Cum Volume (1000 m3)		0.25	
C & E Loss (m)	0.09	Cum SA (1000 m2)		0.12	

Plan: Pl_Tomial_O T_Qbd_Tomial Tramo1 RS: 10 Profile: Tr 50

E.G. Elev (m)	276.42	Element	Left OB	Channel	Right OB
Vel Head (m)	1.95	Wt. n-Val.		0.015	
W.S. Elev (m)	274.47	Reach Len. (m)			
Crit W.S. (m)	275.05	Flow Area (m2)		21.33	
E.G. Slope (m/m)	0.005879	Area (m2)		21.33	
Q Total (m3/s)	131.93	Flow (m3/s)		131.93	
Top Width (m)	10.89	Top Width (m)		10.89	
Vel Total (m/s)	6.19	Avg. Vel. (m/s)		6.19	
Max Chl Dpth (m)	3.47	Hydr. Depth (m)		1.96	
Conv. Total (m3/s)	1720.6	Conv. (m3/s)		1720.6	
Length Wtd. (m)		Wetted Per. (m)		16.02	
Min Ch El (m)	271.00	Shear (N/m2)		76.74	
Alpha	1.00	Stream Power (N/m s)		474.69	
Frctn Loss (m)		Cum Volume (1000 m3)			
C & E Loss (m)		Cum SA (1000 m2)			

Tabla 47: tabla de datos Secciones con hec ras Tr 50 con obras

CONSORCIO DISEÑO PUENTE

NIT: 901.884.162-6

TABLA DE DISTRIBUCION DE FLUJO DE INUNDACIÓN MÁXIMA Tr 50 años CON OBRAS

Plan: Pl_Tomial_O T_Obd_Tomial Tramo1 RS: 131 Profile: Tr 50

	Pos	Left Sta (m)	Right Sta (m)	Flow (m ³ /s)	Area (m ²)	W.P. (m)	Percent Conv	Hydr Depth(m)	Velocity (m/s)	Shear (N/m ²)	Power (N/m s)
1	Chan	10.10	13.18	4.13	3.56	4.96	3.13	1.49	1.16	4.80	5.56
2	Chan	13.18	16.26	39.76	12.41	3.77	30.14	4.03	3.20	22.05	70.64
3	Chan	16.26	19.34	48.88	12.96	3.08	37.05	4.21	3.77	28.15	106.14
4	Chan	19.34	22.42	33.55	11.21	3.76	25.43	3.64	2.99	19.92	59.64
5	Chan	22.42	25.50	5.59	3.89	3.94	4.24	1.26	1.44	6.62	9.50
6	ROB	25.50	27.40	0.01	0.17	1.90	0.01	0.09	0.05	0.59	0.03
7	ROB	27.40	29.30	0.01	0.15	1.90	0.01	0.08	0.05	0.54	0.03
8	ROB	29.30	31.20	0.00	0.10	1.57	0.00	0.07	0.04	0.44	0.02

Plan: Pl_Tomial_O T_Obd_Tomial Tramo1 RS: 121 Profile: Tr 50

	Pos	Left Sta (m)	Right Sta (m)	Flow (m ³ /s)	Area (m ²)	W.P. (m)	Percent Conv	Hydr Depth(m)	Velocity (m/s)	Shear (N/m ²)	Power (N/m s)
1	Chan	11.30	13.76	1.27	0.82	1.90	0.96	0.80	1.55	9.53	14.75
2	Chan	13.76	16.22	29.14	6.94	3.59	22.09	2.82	4.20	42.60	178.98
3	Chan	16.22	18.68	51.25	8.37	2.46	38.84	3.40	6.13	75.00	459.39
4	Chan	18.68	21.14	42.52	7.91	2.83	32.23	3.22	5.37	61.65	331.37
5	Chan	21.14	23.60	7.76	3.07	3.41	5.88	1.39	2.53	19.87	50.19

Plan: Pl_Tomial_O T_Obd_Tomial Tramo1 RS: 111 Profile: Tr 50

	Pos	Left Sta (m)	Right Sta (m)	Flow (m ³ /s)	Area (m ²)	W.P. (m)	Percent Conv	Hydr Depth(m)	Velocity (m/s)	Shear (N/m ²)	Power (N/m s)
1	Chan	10.60	13.10	0.84	0.58	1.51	0.63	0.55	1.44	9.14	13.20
2	Chan	13.10	15.60	23.03	5.98	3.59	17.45	2.39	3.85	39.79	153.29
3	Chan	15.60	18.10	50.91	8.33	2.50	38.59	3.33	6.11	79.55	486.31
4	Chan	18.10	20.60	49.78	8.40	2.65	37.73	3.36	5.93	75.92	449.82
5	Chan	20.60	23.10	7.38	3.10	3.85	5.59	1.61	2.38	19.29	45.85

Plan: Pl_Tomial_O T_Obd_Tomial Tramo1 RS: 101 Profile: Tr 50

	Pos	Left Sta (m)	Right Sta (m)	Flow (m ³ /s)	Area (m ²)	W.P. (m)	Percent Conv	Hydr Depth(m)	Velocity (m/s)	Shear (N/m ²)	Power (N/m s)
1	Chan	9.90	13.00	0.01	0.02	0.26	0.01	0.12	0.72	3.39	2.44
2	Chan	13.00	16.10	28.54	5.59	4.29	21.63	1.80	5.10	64.01	326.67
3	Chan	16.10	19.20	59.11	7.60	3.10	44.80	2.45	7.78	120.45	936.83
4	Chan	19.20	22.30	42.51	6.60	3.58	32.22	2.13	6.44	90.67	583.59
5	Chan	22.30	25.40	1.76	0.73	1.70	1.34	0.59	2.43	20.98	50.89

Plan: Pl_Tomial_O T_Obd_Tomial Tramo1 RS: 91 Profile: Tr 50

	Pos	Left Sta (m)	Right Sta (m)	Flow (m ³ /s)	Area (m ²)	W.P. (m)	Percent Conv	Hydr Depth(m)	Velocity (m/s)	Shear (N/m ²)	Power (N/m s)
1	Chan	9.35	12.80	0.72	0.31	1.15	0.55	0.71	2.30	21.49	49.46
2	Chan	12.80	16.24	35.27	5.56	4.44	26.73	1.61	6.35	98.34	624.02
3	Chan	16.24	19.68	53.91	6.47	3.44	40.86	1.88	8.33	147.86	1231.39
4	Chan	19.68	23.12	41.17	5.71	3.77	31.21	1.66	7.21	119.12	858.99
5	Chan	23.12	26.57	0.86	0.35	1.19	0.65	0.42	2.43	23.35	56.81

Plan: Pl_Tomial_O T_Obd_Tomial Tramo1 RS: 81 Profile: Tr 50

	Pos	Left Sta (m)	Right Sta (m)	Flow (m ³ /s)	Area (m ²)	W.P. (m)	Percent Conv	Hydr Depth(m)	Velocity (m/s)	Shear (N/m ²)	Power (N/m s)
1	Chan	8.10	12.36	4.76	4.80	6.25	3.61	1.50	0.99	3.58	3.55
2	Chan	12.36	16.62	40.92	14.99	4.27	31.01	3.52	2.73	16.34	44.60
3	Chan	16.62	20.88	42.43	15.31	4.27	32.16	3.59	2.77	16.70	46.29
4	Chan	20.88	25.14	39.06	14.57	4.26	29.61	3.42	2.68	15.90	42.62
5	Chan	25.14	29.40	4.76	4.80	6.24	3.61	1.50	0.99	3.58	3.55

Plan: Pl_Tomial_O T_Obd_Tomial Tramo1 RS: 74 Profile: Tr 50

	Pos	Left Sta (m)	Right Sta (m)	Flow (m ³ /s)	Area (m ²)	W.P. (m)	Percent Conv	Hydr Depth(m)	Velocity (m/s)	Shear (N/m ²)	Power (N/m s)
1	Chan	1.30	5.06	16.37	9.96	6.75	12.40	2.73	1.64	6.89	11.32
2	Chan	5.06	8.82	40.31	13.55	3.77	30.56	3.60	2.98	16.80	49.98
3	Chan	8.82	12.58	41.47	13.77	3.76	31.43	3.66	3.01	17.10	51.49
4	Chan	12.58	16.34	30.46	12.68	4.86	23.09	3.37	2.40	12.19	29.27
5	Chan	16.34	20.10	3.32	3.37	4.92	2.51	1.22	0.98	3.20	3.15

MZ 5. CASA 16 URB. CANTABRIA
TELEFONO 3187836823
guamoamarillo2024@gmail.com
Ibagué-Tolima

CONSORCIO DISEÑO PUENTE

NIT: 901.884.162-6

Plan: PI_Tomial_O T_Qbd_Tomial Tramo1 RS: 70 Profile: Tr 50

	Pos	Left Sta	Right Sta	Flow	Area	W.P.	Percent	Hydr	Velocity	Shear	Power
		(m)	(m)	(m3/s)	(m2)	(m)	Conv	Depth(m)	(m/s)	(N/m2)	(N/m s)
1	Chan	5.40	9.36	14.56	10.36	6.73	11.04	2.66	1.40	4.99	7.01
2	Chan	9.36	13.32	36.10	14.46	3.97	27.36	3.65	2.50	11.82	29.51
3	Chan	13.32	17.28	37.78	14.85	3.96	28.64	3.75	2.54	12.17	30.95
4	Chan	17.28	21.24	36.20	14.49	3.97	27.44	3.66	2.50	11.84	29.57
5	Chan	21.24	25.20	7.29	7.02	7.17	5.53	1.80	1.04	3.17	3.30

Plan: PI_Tomial_O T_Qbd_Tomial Tramo1 RS: 61.1 BR U Profile: Tr 50

	Pos	Left Sta	Right Sta	Flow	Area	W.P.	Percent	Hydr	Velocity	Shear	Power
		(m)	(m)	(m3/s)	(m2)	(m)	Conv	Depth(m)	(m/s)	(N/m2)	(N/m s)
1	Chan	5.40	9.36	14.56	10.36	6.73	11.04	2.66	1.40	4.99	7.02
2	Chan	9.36	13.32	36.10	14.46	3.97	27.36	3.65	2.50	11.83	29.52
3	Chan	13.32	17.28	37.78	14.85	3.96	28.64	3.75	2.54	12.17	30.95
4	Chan	17.28	21.24	36.20	14.49	3.97	27.44	3.66	2.50	11.84	29.58
5	Chan	21.24	25.20	7.29	7.02	7.17	5.53	1.80	1.04	3.17	3.30

Plan: PI_Tomial_O T_Qbd_Tomial Tramo1 RS: 61.1 BR D Profile: Tr 50

	Pos	Left Sta	Right Sta	Flow	Area	W.P.	Percent	Hydr	Velocity	Shear	Power
		(m)	(m)	(m3/s)	(m2)	(m)	Conv	Depth(m)	(m/s)	(N/m2)	(N/m s)
1	Chan	7.70	11.76	13.87	10.60	7.11	10.51	2.66	1.31	4.37	5.72
2	Chan	11.76	15.82	37.49	15.42	4.08	28.42	3.80	2.43	11.08	26.94
3	Chan	15.82	19.88	38.34	15.60	4.07	29.06	3.84	2.46	11.25	27.63
4	Chan	19.88	23.94	35.08	14.80	4.07	26.59	3.64	2.37	10.66	25.27
5	Chan	23.94	28.00	7.14	7.01	6.84	5.41	1.82	1.02	3.00	3.06

Plan: PI_Tomial_O T_Qbd_Tomial Tramo1 RS: 61 Profile: Tr 50

	Pos	Left Sta	Right Sta	Flow	Area	W.P.	Percent	Hydr	Velocity	Shear	Power
		(m)	(m)	(m3/s)	(m2)	(m)	Conv	Depth(m)	(m/s)	(N/m2)	(N/m s)
1	Chan	7.70	11.76	13.87	10.60	7.11	10.51	2.66	1.31	4.37	5.72
2	Chan	11.76	15.82	37.49	15.42	4.08	28.42	3.80	2.43	11.08	26.94
3	Chan	15.82	19.88	38.34	15.60	4.07	29.06	3.84	2.46	11.25	27.64
4	Chan	19.88	23.94	35.08	14.80	4.07	26.59	3.64	2.37	10.66	25.27
5	Chan	23.94	28.00	7.14	7.01	6.84	5.41	1.82	1.02	3.00	3.06

Plan: PI_Tomial_O T_Qbd_Tomial Tramo1 RS: 54 Profile: Tr 50

	Pos	Left Sta	Right Sta	Flow	Area	W.P.	Percent	Hydr	Velocity	Shear	Power
		(m)	(m)	(m3/s)	(m2)	(m)	Conv	Depth(m)	(m/s)	(N/m2)	(N/m s)
1	Chan	13.77	17.56	7.90	6.99	6.96	5.99	1.86	1.13	4.01	4.53
2	Chan	17.56	21.36	37.91	14.15	3.87	28.74	3.73	2.68	14.61	39.13
3	Chan	21.36	25.16	40.62	14.64	3.80	30.79	3.86	2.77	15.39	42.68
4	Chan	25.16	28.95	37.11	13.93	3.84	28.13	3.67	2.66	14.49	38.58
5	Chan	28.95	32.75	8.38	7.07	6.55	6.35	1.86	1.19	4.30	5.10
6	ROB	32.75	36.38	0.00	0.04	0.49	0.00	0.22	0.04	0.35	0.01

Plan: PI_Tomial_O T_Qbd_Tomial Tramo1 RS: 48 Profile: Tr 50

	Pos	Left Sta	Right Sta	Flow	Area	W.P.	Percent	Hydr	Velocity	Shear	Power
		(m)	(m)	(m3/s)	(m2)	(m)	Conv	Depth(m)	(m/s)	(N/m2)	(N/m s)
1	Chan	9.31	12.87	6.77	5.58	6.58	5.13	1.59	1.21	5.13	6.23
2	Chan	12.87	16.42	40.09	12.94	3.75	30.39	3.64	3.10	20.92	64.82
3	Chan	16.42	19.98	45.06	13.60	3.56	34.15	3.82	3.31	23.14	76.68
4	Chan	19.98	23.54	35.34	12.87	4.46	26.79	3.62	2.75	17.46	47.96
5	Chan	23.54	27.10	4.67	4.13	5.43	3.54	1.29	1.13	4.61	5.21

MZ 5. CASA 16 URB. CANTABRIA
TELEFONO 3187836823
guamoamarillo2024@gmail.com
Ibagué-Tolima

CONSORCIO DISEÑO PUENTE

NIT: 901.884.162-6

Plan: Pl_Tomial_O T_Qbd_Tomial Tramo1 RS: 40 Profile: Tr 50

	Pos	Left Sta	Right Sta	Flow	Area	W.P.	Percent	Hydr	Velocity	Shear	Power
		(m)	(m)	(m ³ /s)	(m ²)	(m)	Conv	Depth(m)	(m/s)	(N/m ²)	(N/m s)
1	Chan	8.40	11.62	0.71	0.62	1.66	0.54	0.44	1.15	5.39	6.18
2	Chan	11.62	14.84	24.82	8.08	4.93	18.81	2.51	3.07	23.65	72.66
3	Chan	14.84	18.06	55.20	11.01	3.22	41.84	3.42	5.01	49.31	247.25
4	Chan	18.06	21.28	45.96	10.68	3.93	34.84	3.32	4.30	39.22	168.81
5	Chan	21.28	24.50	5.24	2.69	3.24	3.97	1.30	1.95	11.97	23.35

Plan: Pl_Tomial_O T_Qbd_Tomial Tramo1 RS: 30 Profile: Tr 50

	Pos	Left Sta	Right Sta	Flow	Area	W.P.	Percent	Hydr	Velocity	Shear	Power
		(m)	(m)	(m ³ /s)	(m ²)	(m)	Conv	Depth(m)	(m/s)	(N/m ²)	(N/m s)
1	Chan	8.80	12.20	1.30	1.06	2.15	0.99	0.59	1.23	5.59	6.86
2	Chan	12.20	15.60	29.77	9.84	5.14	22.57	2.89	3.03	21.65	65.53
3	Chan	15.60	19.00	61.23	13.13	3.59	46.41	3.86	4.66	41.41	193.05
4	Chan	19.00	22.40	36.84	10.75	4.66	27.92	3.16	3.43	26.10	89.47
5	Chan	22.40	25.80	2.79	1.84	2.71	2.12	0.88	1.52	7.68	11.65

Plan: Pl_Tomial_O T_Qbd_Tomial Tramo1 RS: 20 Profile: Tr 50

	Pos	Left Sta	Right Sta	Flow	Area	W.P.	Percent	Hydr	Velocity	Shear	Power
		(m)	(m)	(m ³ /s)	(m ²)	(m)	Conv	Depth(m)	(m/s)	(N/m ²)	(N/m s)
1	Chan	9.10	12.52	1.56	0.90	1.92	1.19	0.61	1.73	10.55	18.26
2	Chan	12.52	15.94	40.17	8.90	4.49	30.45	2.60	4.51	44.44	200.51
3	Chan	15.94	19.36	62.70	11.62	4.49	47.52	3.40	5.39	58.09	313.38
4	Chan	19.36	22.78	26.49	6.47	3.78	20.08	1.89	4.09	38.38	157.08
5	Chan	22.78	26.20	1.00	0.66	1.70	0.76	0.47	1.52	8.71	13.25

Plan: Pl_Tomial_O T_Qbd_Tomial Tramo1 RS: 10 Profile: Tr 50

	Pos	Left Sta	Right Sta	Flow	Area	W.P.	Percent	Hydr	Velocity	Shear	Power
		(m)	(m)	(m ³ /s)	(m ²)	(m)	Conv	Depth(m)	(m/s)	(N/m ²)	(N/m s)
1	Chan	6.72	10.34	9.08	3.28	5.01	6.88	1.28	2.77	37.77	104.58
2	Chan	10.34	13.96	105.70	12.56	3.62	80.12	3.47	8.41	200.10	1683.39
3	Chan	13.96	17.58	16.33	5.02	6.02	12.38	1.39	3.25	48.10	156.41
4	Chan	17.58	21.20	0.82	0.46	1.38	0.62	0.43	1.77	19.39	34.42

Tabla 48: tabla de flujos Secciones con hec ras. Tr 50 con obras

CONSORCIO DISEÑO PUENTE

NIT: 901.884.162-6

TABLA 2 DATOS DE LAS SECCIONES DE INUNDACIÓN MÁXIMA

HEC-RAS Plan: Pl_Tomial_O River: T_Qbd_Tomial Reach: Tramo1

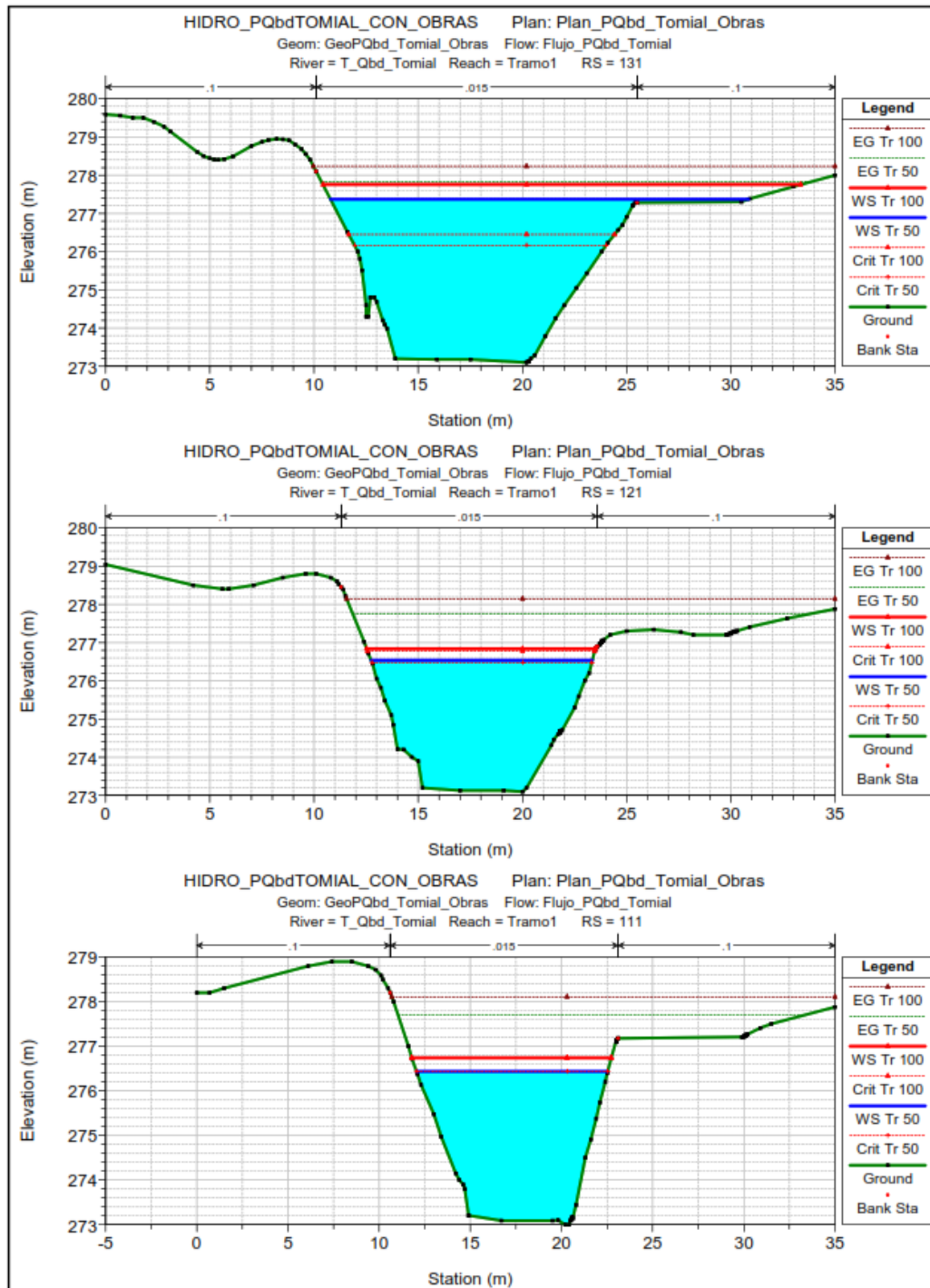
Reach	River Sta	Profile	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	Froude # Chi
Tramo1	131	Tr 50	131.93	273.10	277.37	276.16	277.83	0.000682	3.00	44.46	20.07	0.55
Tramo1	131	Tr 100	153.70	273.10	277.75	276.45	278.24	0.000638	3.09	52.63	22.93	0.54
Tramo1	121	Tr 50	131.93	273.10	276.54	276.47	277.74	0.002249	4.87	27.10	10.62	0.97
Tramo1	121	Tr 100	153.70	273.10	276.84	276.78	278.14	0.002238	5.06	30.38	11.00	0.97
Tramo1	111	Tr 50	131.93	273.00	276.44	276.44	277.71	0.002437	5.00	26.39	10.48	1.01
Tramo1	111	Tr 100	153.70	273.00	276.74	276.74	278.11	0.002411	5.19	29.64	10.95	1.01
Tramo1	101	Tr 50	131.93	273.04	275.49	276.11	277.59	0.005010	6.42	20.54	10.67	1.48
Tramo1	101	Tr 100	153.70	273.04	275.72	276.39	277.99	0.004920	6.67	23.06	11.06	1.47
Tramo1	91	Tr 50	131.93	272.98	274.86	275.67	277.48	0.008017	7.17	18.41	11.62	1.82
Tramo1	91	Tr 100	153.70	272.98	275.05	275.93	277.87	0.007722	7.43	20.67	11.83	1.80
Tramo1	81	Tr 50	131.93	272.86	276.47	275.15	276.77	0.000475	2.42	54.47	19.17	0.46
Tramo1	81	Tr 100	153.70	272.86	276.80	275.35	277.13	0.000460	2.52	60.90	19.24	0.45
Tramo1	74	Tr 50	131.93	272.78	276.45		276.76	0.000476	2.47	53.34	17.69	0.45
Tramo1	74	Tr 100	153.70	272.78	276.78		277.12	0.000475	2.60	59.13	17.71	0.45
Tramo1	70	Tr 50	131.93	272.74	276.50	274.87	276.74	0.000331	2.16	61.19	19.68	0.39
Tramo1	70	Tr 100	153.70	272.74	276.83	275.14	277.10	0.000331	2.27	67.73	19.72	0.39
Tramo1	61.1		Bridge									
Tramo1	61	Tr 50	131.93	272.65	276.51		276.73	0.000299	2.08	63.43	20.03	0.37
Tramo1	61	Tr 100	153.70	272.65	276.84		277.09	0.000301	2.19	70.12	20.19	0.38
Tramo1	54	Tr 50	131.93	272.59	276.45		276.72	0.000407	2.32	56.83	19.14	0.43
Tramo1	54	Tr 100	153.70	272.59	276.78		277.08	0.000397	2.44	63.16	19.30	0.43
Tramo1	48	Tr 50	131.93	272.52	276.34		276.71	0.000618	2.69	49.11	17.39	0.51
Tramo1	48	Tr 100	153.70	272.52	276.67		277.07	0.000606	2.81	54.75	17.55	0.51
Tramo1	40	Tr 50	131.93	272.43	275.85		276.66	0.001471	3.99	33.08	13.13	0.80
Tramo1	40	Tr 100	153.70	272.43	276.11		277.01	0.001512	4.19	36.66	13.78	0.82
Tramo1	30	Tr 50	131.93	271.79	275.94		276.60	0.001154	3.60	36.62	14.09	0.71
Tramo1	30	Tr 100	153.70	271.79	276.22		276.95	0.001183	3.78	40.66	14.86	0.73
Tramo1	20	Tr 50	131.93	271.10	275.45	275.45	276.54	0.002287	4.62	28.56	13.14	1.00
Tramo1	20	Tr 100	153.70	271.10	275.71	275.71	276.89	0.002252	4.79	32.06	13.77	1.00
Tramo1	10	Tr 50	131.93	271.00	274.47	275.05	276.42	0.005879	6.19	21.33	10.89	1.41
Tramo1	10	Tr 100	153.70	271.00	274.74	275.33	276.77	0.005536	6.30	24.39	11.74	1.40

Tabla 49: tabla de datos Secciones con hec ras. Tr 50 Y Tr 100 años con obras

CONSORCIO DISEÑO PUENTE

NIT: 901.884.162-6

SECCIONES DE INUNDACIÓN MÁXIMA PERIODO 50 AÑOS CON OBRAS



MZ 5. CASA 16 URB. CANTABRIA

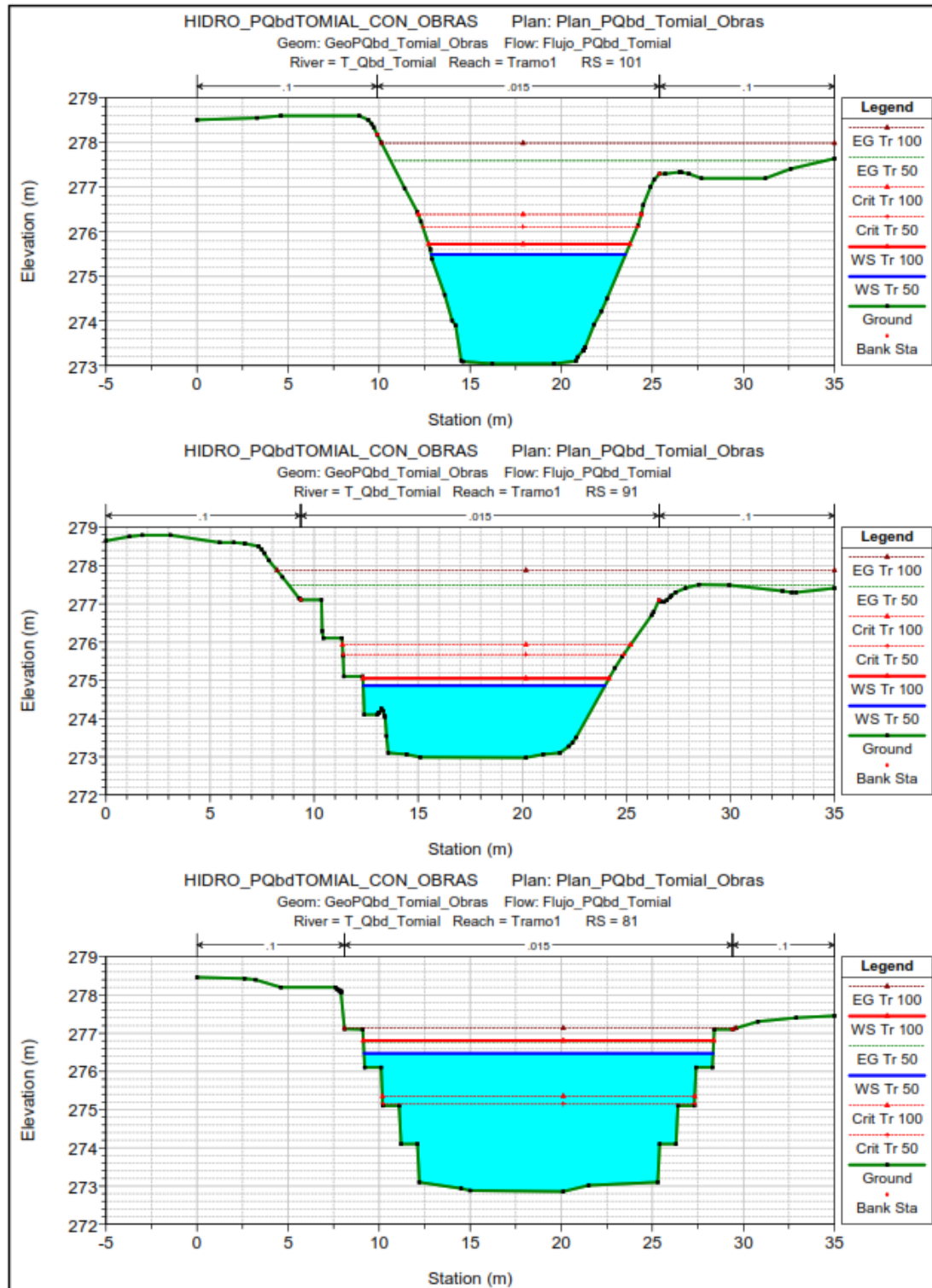
TELEFONO 3187836823

guamoamarillo2024@gmail.com

Ibagué-Tolima

CONSORCIO DISEÑO PUENTE

NIT: 901.884.162-6



MZ 5. CASA 16 URB. CANTABRIA

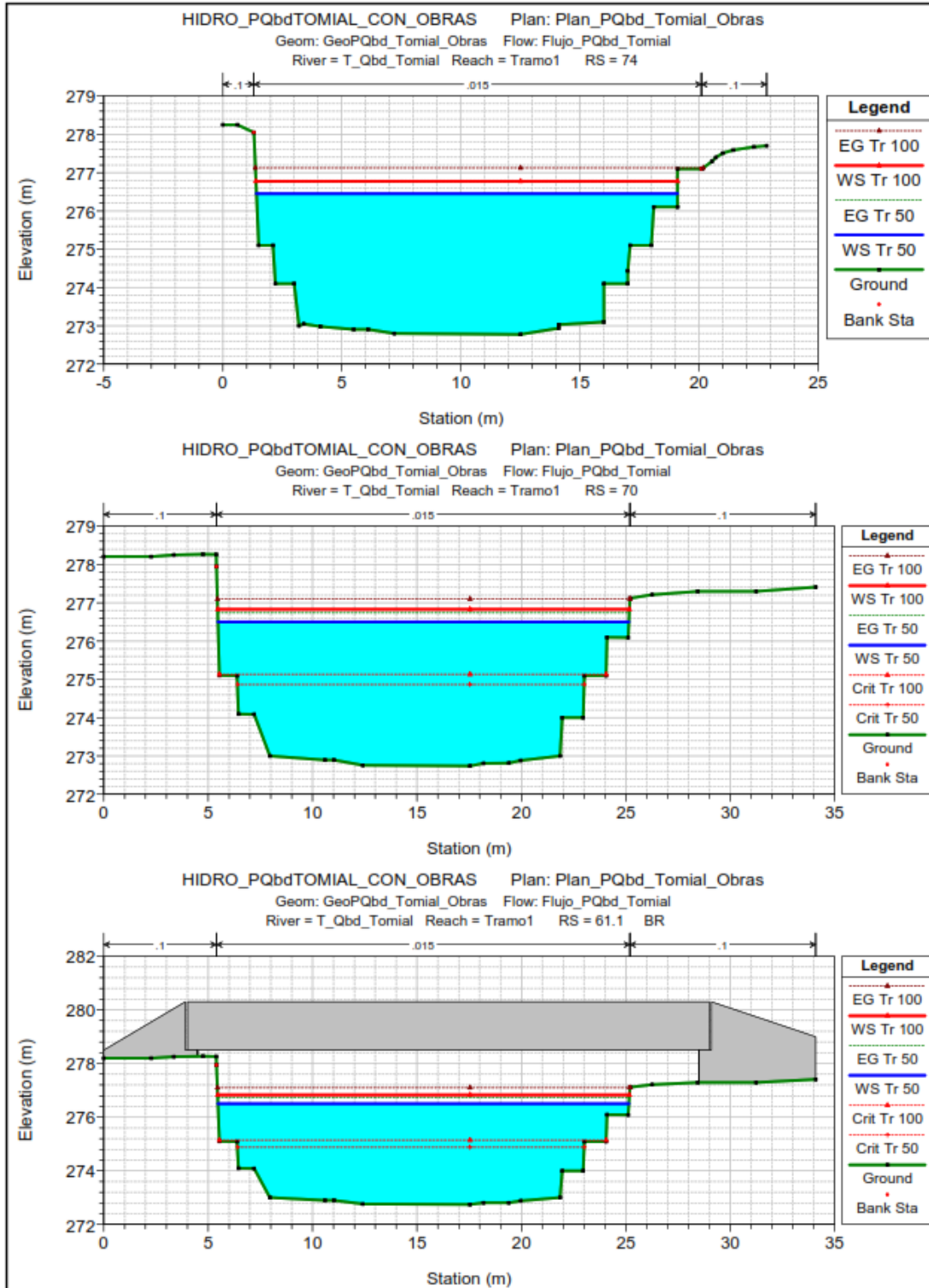
TELEFONO 3187836823

guamoamarillo2024@gmail.com

Ibagué-Tolima

CONSORCIO DISEÑO PUENTE

NIT: 901.884.162-6



MZ 5. CASA 16 URB. CANTABRIA

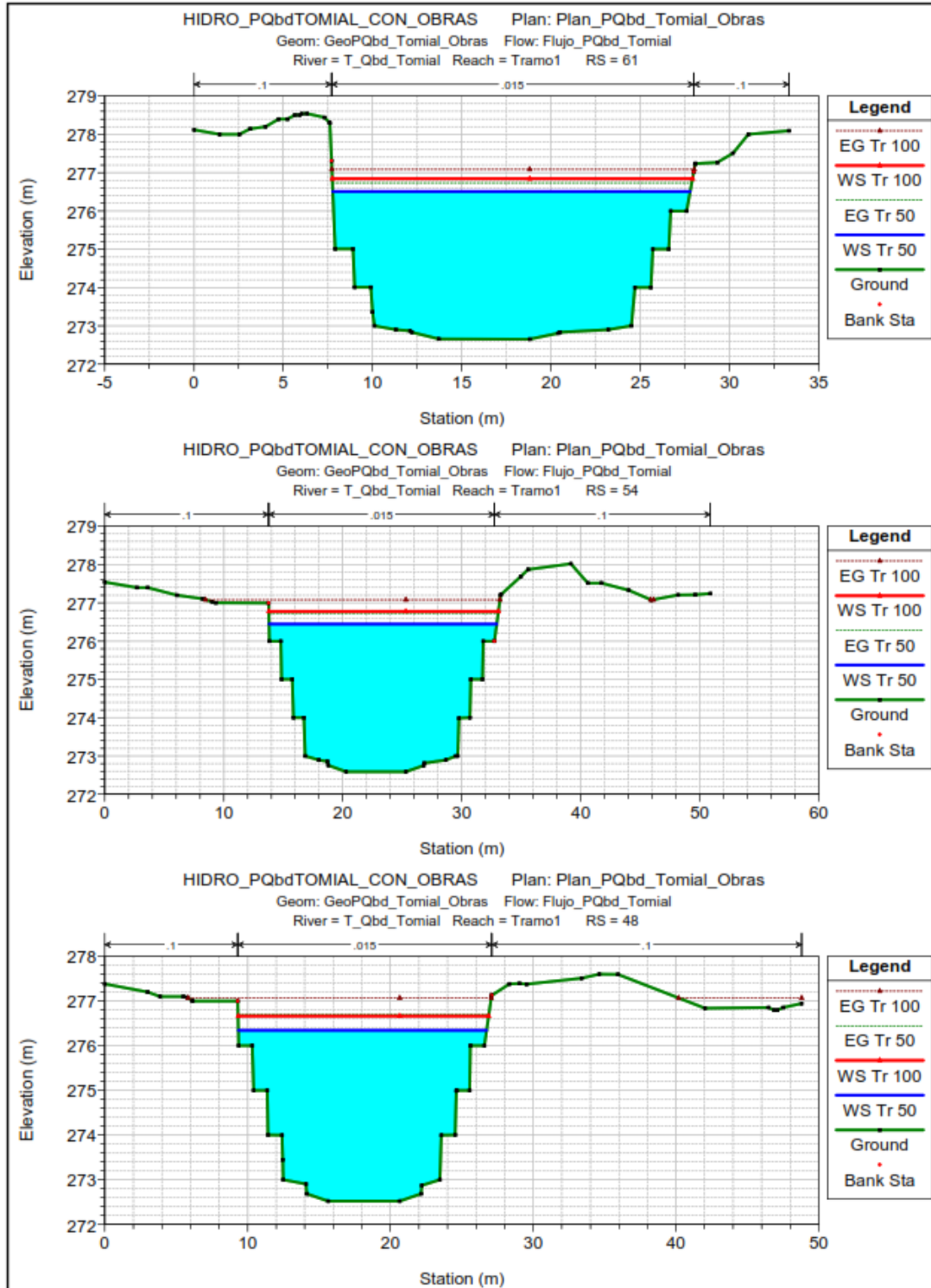
TELEFONO 3187836823

guamoamarillo2024@gmail.com

Ibagué-Tolima

CONSORCIO DISEÑO PUENTE

NIT: 901.884.162-6



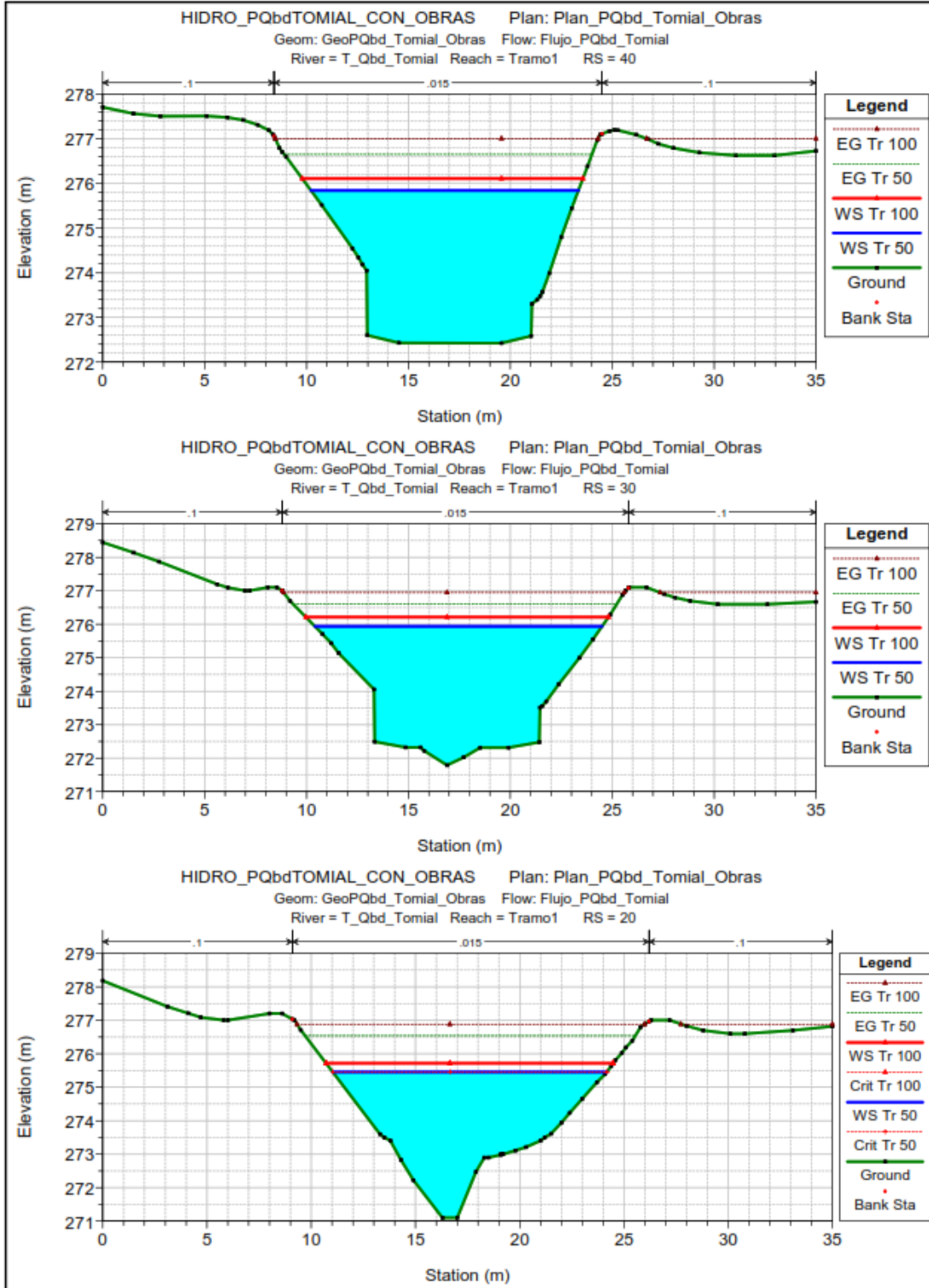
MZ 5. CASA 16 URB. CANTABRIA

TELEFONO 3187836823

guamoamarillo2024@gmail.com

Ibagué-Tolima

NIT: 901.884.162-6



MZ 5. CASA 16 URB. CANTABRIA
TELEFONO 3187836823
guamoamarillo2024@gmail.com
Ibagué-Tolima

CONSORCIO DISEÑO PUENTE

NIT: 901.884.162-6

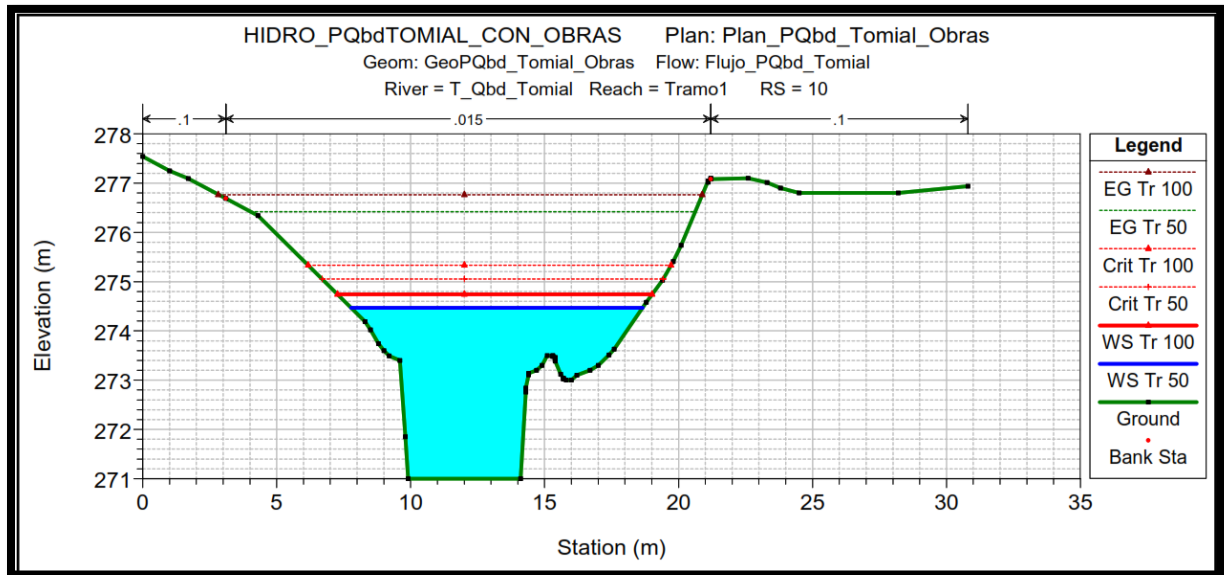


Figura 58: Sección de Inundación máxima periodo de retorno a 50 años y 100 años.

Sección del Puente sobre la quebrada Tomial con Inundación máxima periodo de retorno a 50 y 100 años.

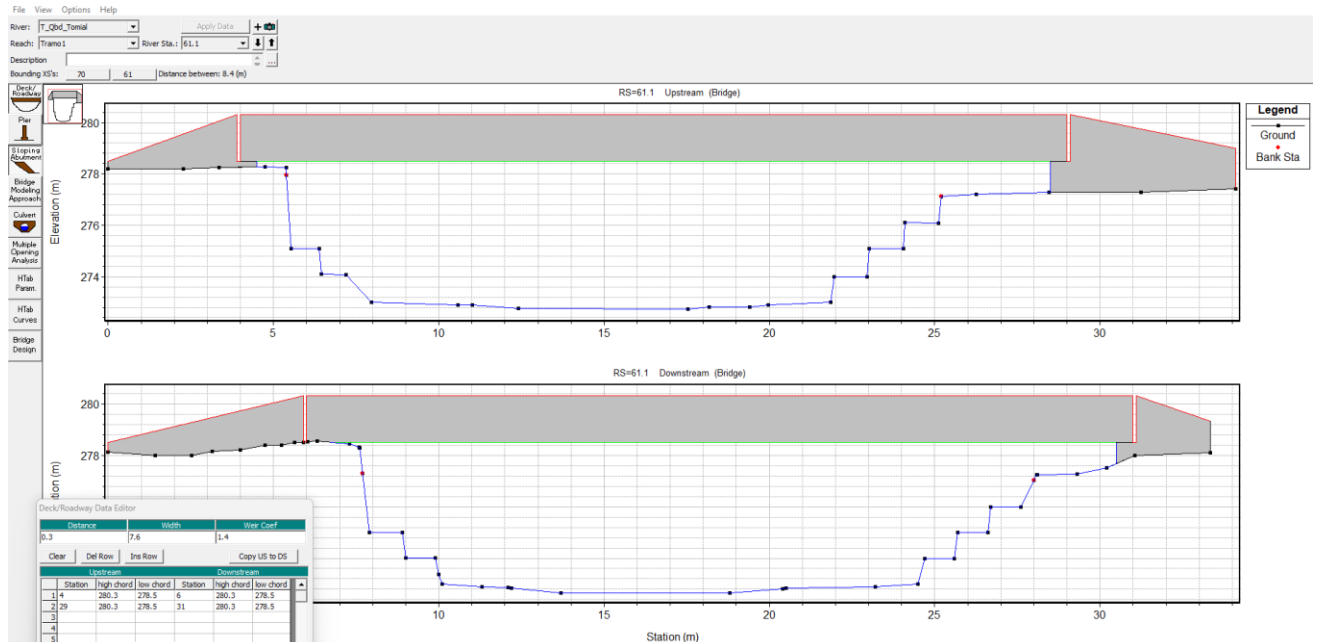


Figura 59: Parámetros de la Sección del puente.

MZ 5. CASA 16 URB. CANTABRIA
 TELEFONO 3187836823
 guamoamarillo2024@gmail.com
 Ibagué-Tolima

CONSORCIO DISEÑO PUENTE

NIT: 901.884.162-6

El Puente Vehicular esta ubicado entre las secciones 61 y 70

Plan: PI_Tomial_O T_Qbd_Tomial Tramo1 RS: 61.1 Profile: Tr 50

E.G. US. (m)	276.74	Element	Inside BR US	Inside BR DS
W.S. US. (m)	276.50	E.G. Elev (m)	276.74	276.73
Q Total (m3/s)	131.93	W.S. Elev (m)	276.50	276.51
Q Bridge (m3/s)	131.93	Crit W.S. (m)	274.87	274.79
Q Weir (m3/s)		Max Chl Dpth (m)	3.76	3.86
Weir Sta Lft (m)		Vel Total (m/s)	2.16	2.08
Weir Sta Rgt (m)		Flow Area (m2)	61.19	63.43
Weir Submerg		Froude # Chl	0.39	0.37
Weir Max Depth (m)		Specif Force (m3)	133.71	138.64
Min El Weir Flow (m)	278.10	Hydr Depth (m)	3.11	3.17
Min El Prs (m)	278.50	W.P. Total (m)	25.80	26.16
Delta EG (m)	0.01	Conv. Total (m3/s)	7253.6	7632.6
Delta WS (m)	-0.01	Top Width (m)	19.68	20.03
BR Open Area (m2)	105.13	Frctn Loss (m)	0.00	0.00
BR Open Vel (m/s)	2.16	C & E Loss (m)	0.00	0.00
BR Sluice Coef		Shear Total (N/m2)	7.69	7.11
BR Sel Method	Energy only	Power Total (N/m s)	16.59	14.78

Plan: PI_Tomial_O T_Qbd_Tomial Tramo1 RS: 61.1 Profile: Tr 100

E.G. US. (m)	277.10	Element	Inside BR US	Inside BR DS
W.S. US. (m)	276.83	E.G. Elev (m)	277.10	277.09
Q Total (m3/s)	153.70	W.S. Elev (m)	276.83	276.84
Q Bridge (m3/s)	153.70	Crit W.S. (m)	275.14	275.06
Q Weir (m3/s)		Max Chl Dpth (m)	4.09	4.19
Weir Sta Lft (m)		Vel Total (m/s)	2.27	2.19
Weir Sta Rgt (m)		Flow Area (m2)	67.73	70.12
Weir Submerg		Froude # Chl	0.39	0.38
Weir Max Depth (m)		Specif Force (m3)	161.67	167.24
Min El Weir Flow (m)	278.10	Hydr Depth (m)	3.43	3.47
Min El Prs (m)	278.50	W.P. Total (m)	26.47	26.85
Delta EG (m)	0.01	Conv. Total (m3/s)	8447.1	8866.2
Delta WS (m)	-0.01	Top Width (m)	19.72	20.19
BR Open Area (m2)	105.13	Frctn Loss (m)	0.00	0.00
BR Open Vel (m/s)	2.27	C & E Loss (m)	0.01	0.00
BR Sluice Coef		Shear Total (N/m2)	8.31	7.70
BR Sel Method	Energy only	Power Total (N/m s)	18.85	16.87

Tabla 50: tabla de datos, Sección del Puente con hec ras Tr 50 y Tr100 años

MZ 5. CASA 16 URB. CANTABRIA
 TELEFONO 3187836823
 guamoamarillo2024@gmail.com
 Ibagué-Tolima

CONSORCIO DISEÑO PUENTE

NIT: 901.884.162-6

La cota máxima de inundación en la sección del Puente es de **276.50** metros para **Tr50** años y de **276.83** metros para Tr100 años

SECCION DEL PUENTE RS -61.1 BR "SECCIÓN 61 HASTA SECCIÓN 70" :

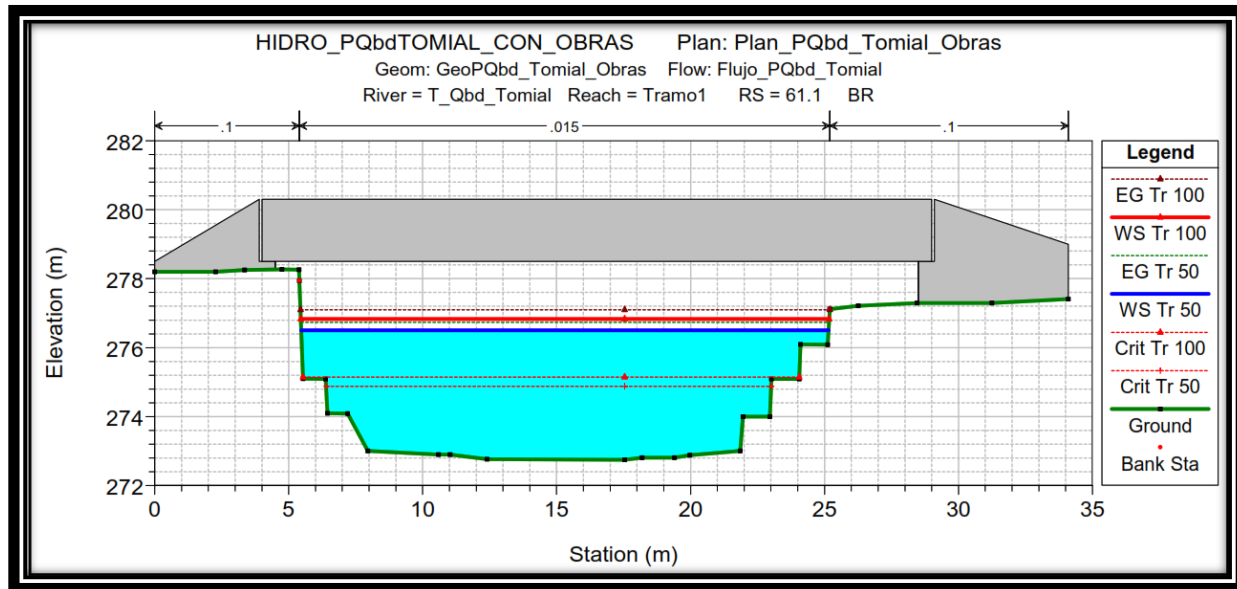


Figura 60: Sección del Puente Inundación máxima Tr50 y Tr100 años.

CONSORCIO DISEÑO PUENTE **NIT: 901.884.162-6**

7.3.2.2 Mapas que se generaron con la simulación en Hec Ras para una inundación máxima de periodo de 50 años con obras

- Mapa De Elevación De La Lámina De Agua (“Wse”)

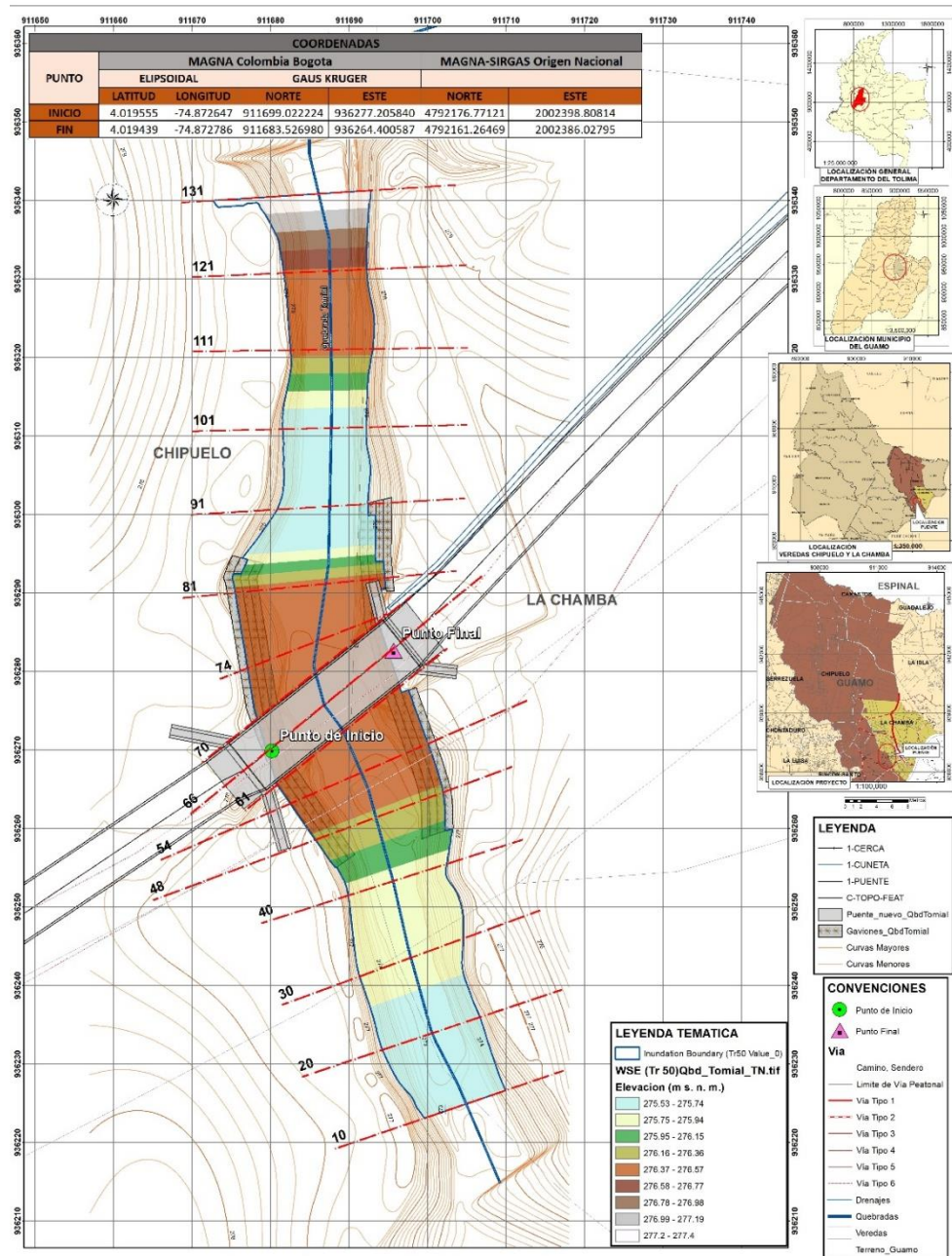


Figura 61: Mapa de Elevación de la Lámina por Avenida Torrencial.

MZ 5. CASA 16 URB. CANTABRIA
 TELEFONO 3187836823
 guamoamarillo2024@gmail.com
 Ibagué-Tolima

CONSORCIO DISEÑO PUENTE

NIT: 901.884.162-6

- Mapa De Profundidades Por Inundación Máxima (Depth)

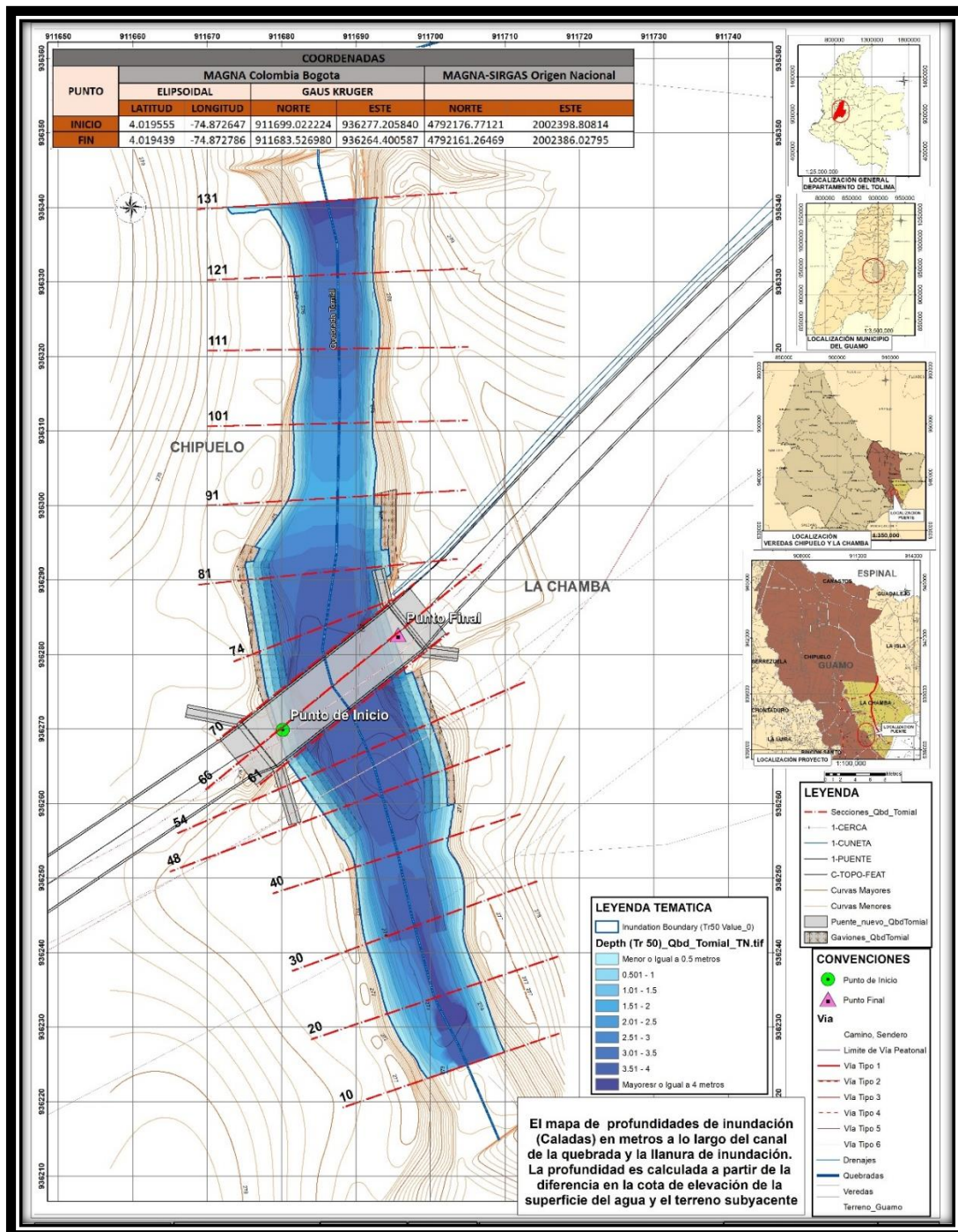


Figura 62: profundidad de Inundación máxima

MZ 5. CASA 16 URB. CANTABRIA
 TELEFONO 3187836823
 guamoamarillo2024@gmail.com
 Ibagué-Tolima

CONSORCIO DISEÑO PUENTE

NIT: 901.884.162-6

- Mapa de velocidades por Inundación máxima (velocity)

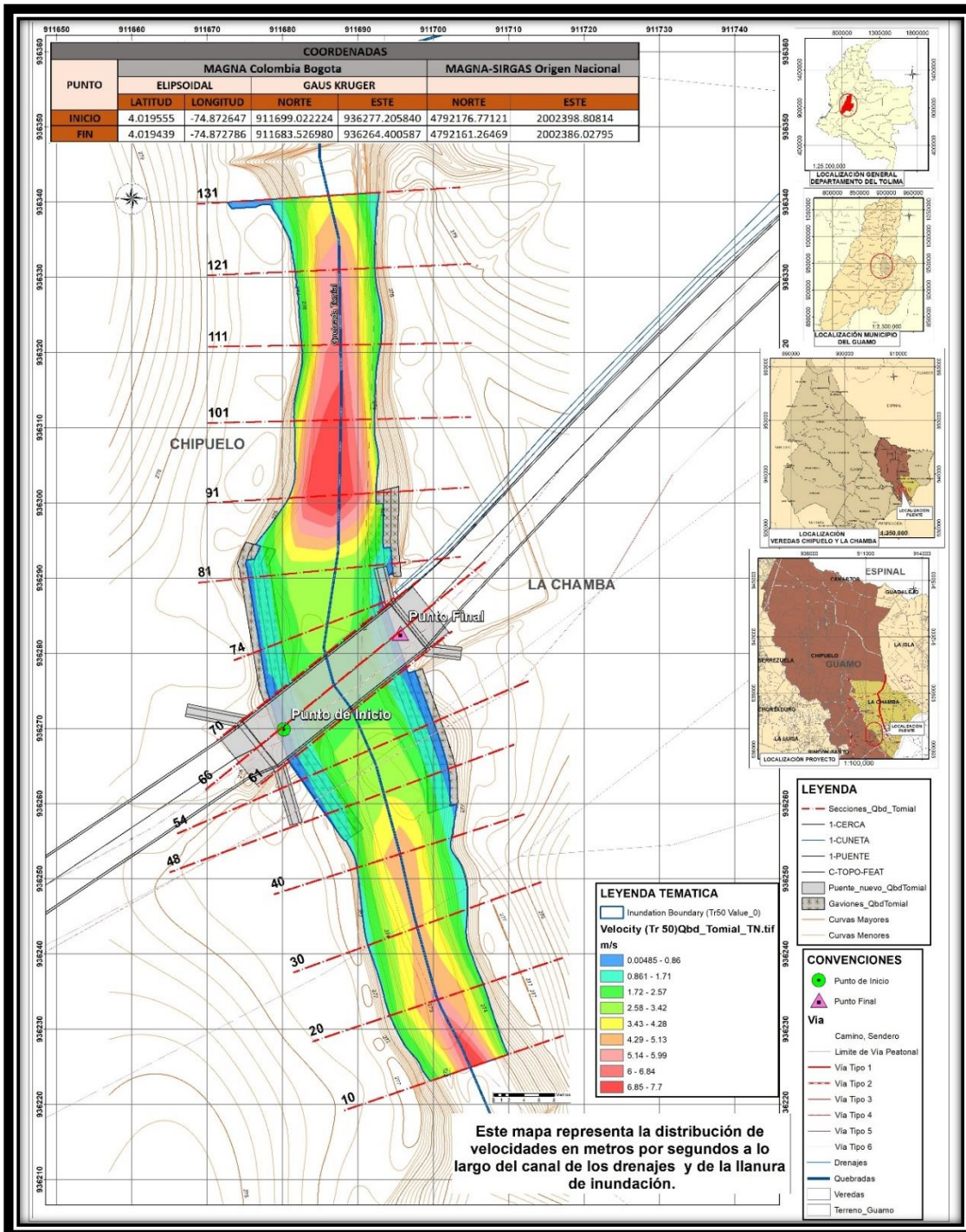


Figura 63: Mapa Velocidad de Inundación máxima.

MZ 5. CASA 16 URB. CANTABRIA
 TELEFONO 3187836823
 guamoamarillo2024@gmail.com
 Ibagué-Tolima

CONSORCIO DISEÑO PUENTE

NIT: 901.884.162-6

- Mapa de amenaza por Inundación máxima “profundidad por velocidad” - (depth * velocity)

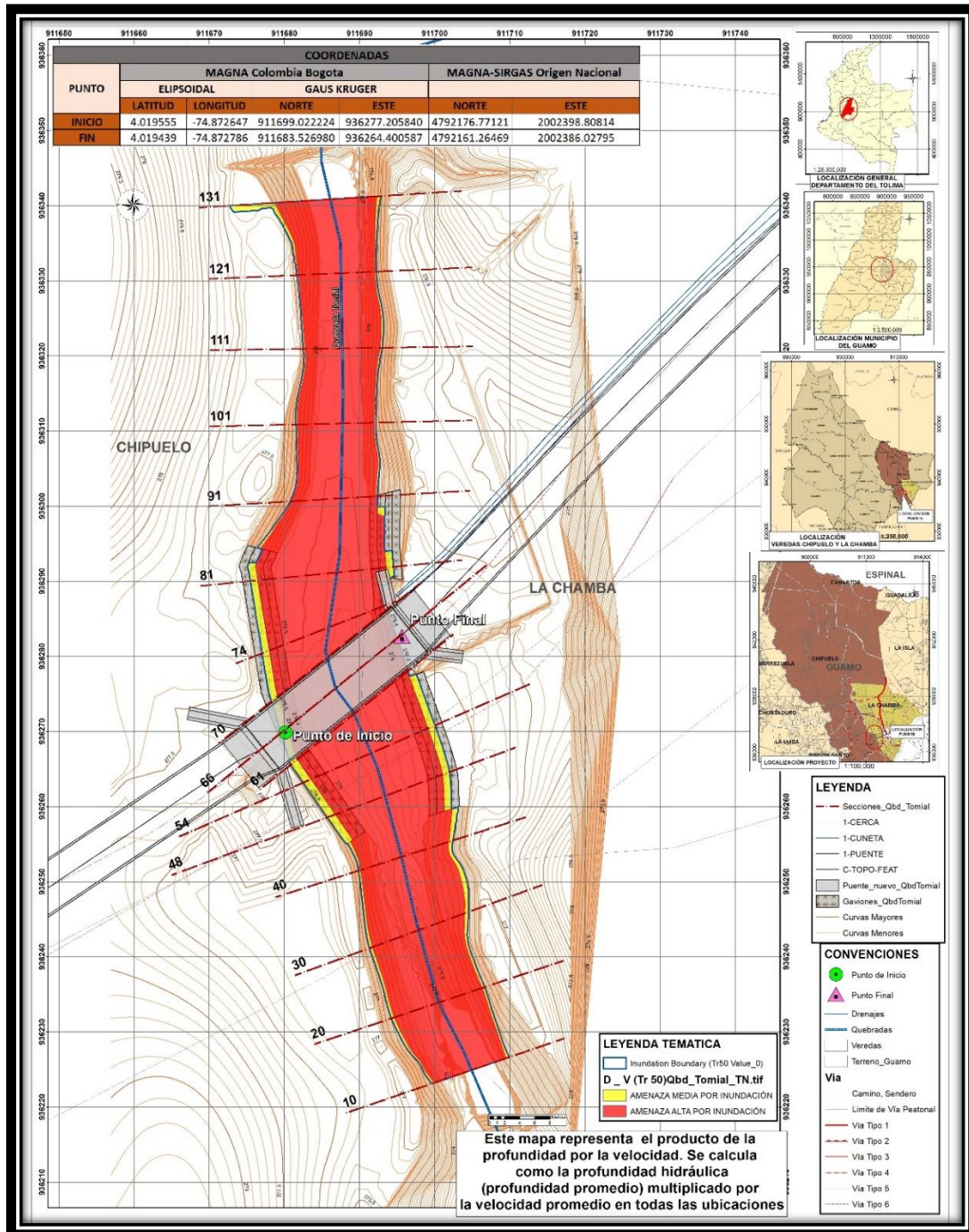


Figura 64: Mapa de amenaza “profundidad por velocidad” de Inundación máxima

MZ 5. CASA 16 URB. CANTABRIA

TELEFONO 3187836823

guamoamarillo2024@gmail.com

Ibagué-Tolima

SOCAVACIÓN

8. CÁLCULO DE LA SOCAVACIÓN

La socavación en los puentes es un proceso natural en el que el agua del río erosiona o quita gradualmente tierra o material del lecho de la quebrada que sostiene los cimientos de un puente. Esto puede ocurrir debido a la fuerza del agua, especialmente durante crecidas o inundaciones, y puede debilitar la base del puente. Si no se controla, la socavación puede poner en peligro la estabilidad y la seguridad del puente, lo que hace que sea fundamental para los ingenieros y diseñadores tomar medidas para prevenirla o mitigar sus efectos. Estas medidas pueden incluir el uso de pilotes profundos, protección del lecho con rocas u otros métodos para evitar que el agua erosione la base del puente.

La erosión por socavación conduce a una reducción en el nivel del lecho del cauce, lo que a su vez puede exponer las bases de las estructuras circundantes. En este contexto geográfico,

caracterizado en el manual de drenajes del INVIAS, se empleará el enfoque de cálculo desarrollado por Líschtvan-Levediev.

El método de cálculo de Líschtvan-Levediev establece una relación entre la velocidad actual del flujo y la velocidad media máxima antes de que se inicie la erosión en el lecho del cauce. La profundidad de socavación del lecho se mide en cualquier punto de este. La ecuación propuesta por Líschtvan-Levediev se describe de la siguiente manera:

$$Y_s = \left(\frac{\alpha Y_o^{5/3}}{0.68 \beta \mu \phi d_m^{0.28}} \right)^{\frac{1}{1+Z}}$$

$$S = Y_s - Y_o$$

Donde:

S: profundidad de socavación (m).

Y_s: desnivel entre la superficie del agua al pasar la creciente y el fondo erosionado (m).

Y_o: desnivel entre la superficie del agua al pasar la creciente y el nivel del fondo original (m).

α: coeficiente de sección, definido como: $\alpha = \frac{Qd}{(Y_m^{5/3}) * Be}$

Y_m: tirante medio entre la superficie del agua al pasar la creciente y el fondo original (m).

CONSORCIO DISEÑO PUENTE

NIT: 901.884.162-6

A: área mojada.

Be: ancho libre de la superficie de la creciente.

Qd: caudal de diseño (m³/s)

Dm: diámetro medio del material del fondo (mm). Medido por conteo de piedra aleatoria de Wolman.

β: coeficiente que depende del periodo de retorno. Se define como:

$$\beta = 0.7929 + 0.0973 \log(T_r)$$

Ø: coeficiente que depende de la densidad del fluido.

μ: coeficiente que depende de la contracción del cauce. **En caso de que no exista obstáculos, el valor es de 1.**

Tabla 2. Coeficiente de contracción μ del cauce.

V (m/s)	LONGITUD LIBRE ENTRE DOS PILAS O ESTRIBOS (m)												
	10	13	16	18	21	25	30	42	52	63	106	124	200
<1.0	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
1.0	0.96	0.97	0.98	0.98	0.99	0.99	0.99	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
1.5	0.94	0.96	0.97	0.97	0.97	0.98	0.99	0.99	0.99	0.99	1.00	1.00	1.00
2.0	0.93	0.94	0.95	0.96	0.97	0.97	0.98	0.98	0.99	0.99	0.99	0.99	1.00
2.5	0.90	0.93	0.94	0.95	0.96	0.96	0.97	0.98	0.98	0.99	0.99	0.99	1.00
3.0	0.89	0.91	0.93	0.94	0.95	0.96	0.96	0.97	0.98	0.98	0.99	0.99	0.99
3.5	0.87	0.90	0.92	0.93	0.94	0.95	0.96	0.97	0.98	0.98	0.99	0.99	0.99
4.0	0.85	0.89	0.91	0.92	0.93	0.94	0.95	0.96	0.97	0.98	0.99	0.99	0.99

Tabla 51: - Factor de corrección por contracción del cauce μ (Referencia 6.5)

8.1. CONTEO DE PIEDRAS ALEATORIO DE WOLMAN

El conteo de piedras aleatorio de Wolman es una técnica ampliamente utilizada en la geología y la sedimentología para estimar la distribución de tamaños de partículas en una muestra de sedimento o en el lecho de un cuerpo de agua, como un río o un

CONSORCIO DISEÑO PUENTE
NIT: 901.884.162-6

arroyo. Esta metodología se basa en la observación de un gran número de piedras o partículas en una muestra y determina la frecuencia de ocurrencia de diferentes tamaños. A través de la recolección de datos de un conjunto representativo de piedras, se pueden obtener estadísticas que describen la variabilidad en el tamaño de partícula, lo que es esencial para comprender la dinámica fluvial, la erosión y otros procesos geológicos y ambientales.

Registro fotográfico granulometría lecho de la quebrada la Tomial



MZ 5. CASA 16 URB. CANTABRIA
TELEFONO 3187836823
guamoamarillo2024@gmail.com
Ibagué-Tolima

CONSORCIO DISEÑO PUENTE
NIT: 901.884.162-6



Figura 65: Registro fotográfico de piedras

MZ 5. CASA 16 URB. CANTABRIA
TELEFONO 3187836823
guamoamarillo2024@gmail.com
Ibagué-Tolima

CONSORCIO DISEÑO PUENTE

NIT: 901.884.162-6

Tabla Valores Curva granulométrica

TAMIZ		PESO RETENIDO (g)	% RETENIDO	% RETENIDO ACUMULADO	% PASAnte
Nº	(mm)				
No. 4	4.76	10	3.33	3.33	96.67
No. 10	2	40	13.33	16.67	83.33
No. 40	0.425	100	33.33	50.00	50.00
No. 200	0.075	100	33.33	83.33	16.67
P 200		50	16.67	100.00	0.00
TOTAL		300			

Tabla 52: - Tabla de ensayo determinación de los tamaños de las partículas de los suelos

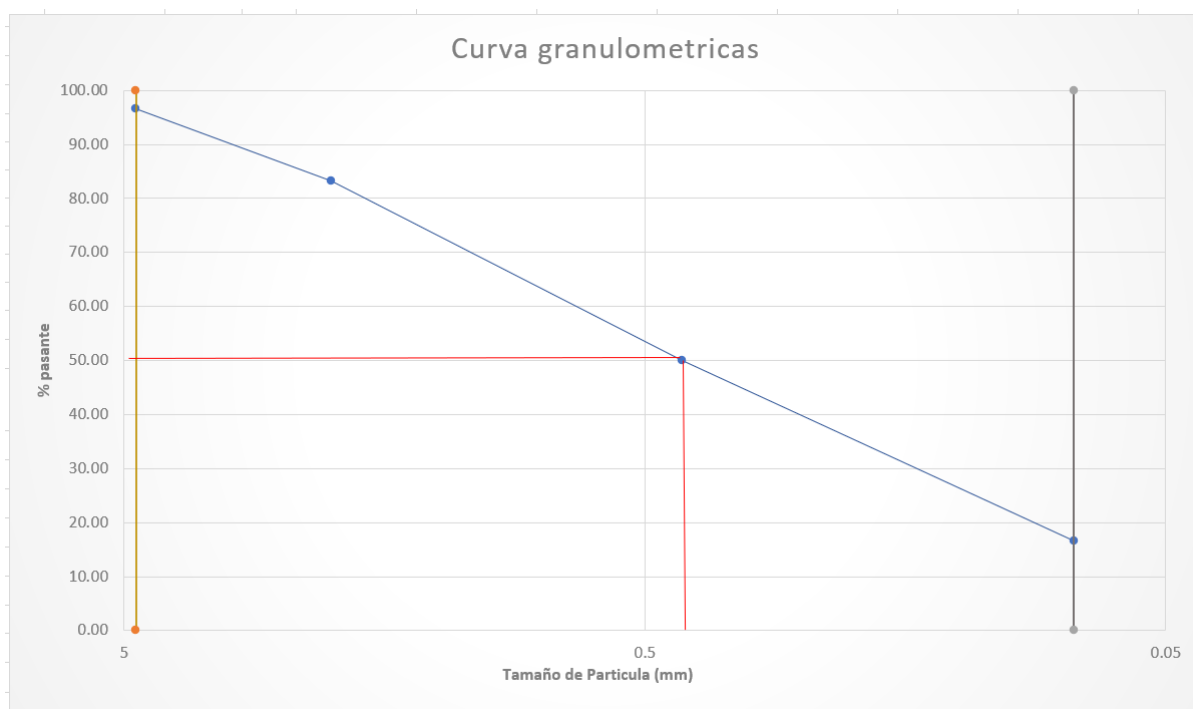


Figura 66: grafica de curva granulométrica.

8.2. MÉTODO LÍSCHTVAN-LEVEDIEV

En cada perfil, se recolectan datos a intervalos de un metro desde el lado izquierdo hasta abarcar la totalidad del ancho del cuerpo de agua, considerando un período de Tr100 años, con el fin de calcular la socavación. Este cálculo se utiliza para estimar el perfil del lecho del canal después de que ocurra la socavación. La profundidad del

CONSORCIO DISEÑO PUENTE

NIT: 901.884.162-6

lecho erosionado en el sitio determinará el desplante mínimo requerido para la construcción de los cimientos del puente.

Sección del Puente Terreno natural con hec ras Tr100 años

Plan: PI_Tomial T_Qbd_Tomial Tramo1 RS: 66 Profile: Tr 100

E.G. Elev (m)	277.60	Element	Left OB	Channel	Right OB
Vel Head (m)	0.84	Wt. n-Val.		0.015	
W.S. Elev (m)	276.76	Reach Len. (m)	4.30	4.20	4.10
Crit W.S. (m)		Flow Area (m2)		37.87	
E.G. Slope (m/m)	0.001304	Area (m2)		37.87	
Q Total (m3/s)	153.70	Flow (m3/s)		153.70	
Top Width (m)	10.54	Top Width (m)		10.54	
Vel Total (m/s)	4.06	Avg. Vel. (m/s)		4.06	
Max Chl Dpth (m)	3.76	Hydr. Depth (m)		3.59	
Conv. Total (m3/s)	4255.7	Conv. (m3/s)		4255.7	
Length Wtd. (m)	4.20	Wetted Per. (m)		17.30	
Min Ch El (m)	273.00	Shear (N/m2)		28.00	
Alpha	1.00	Stream Power (N/m s)		113.64	
Frctn Loss (m)	0.00	Cum Volume (1000 m3)	0.00	2.27	0.08
C & E Loss (m)	0.11	Cum SA (1000 m2)	0.03	0.90	0.20

Tabla 53: tabla de datos Seccione RS 66 de la quebrada Tomial, sección longitudinal en el Puente de diseño con hec ras Tr 100 años.

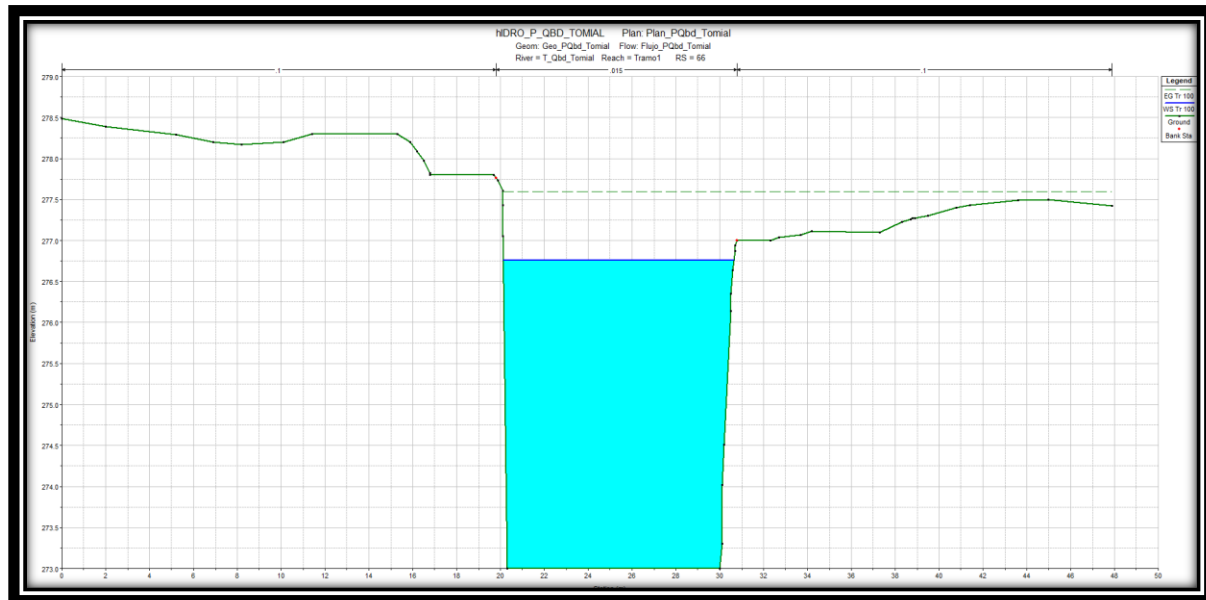


Figura 67: Sección de la quebrada Tomial del Puente con Inundación máxima periodo de retorno a 100 años.

MZ 5. CASA 16 URB. CANTABRIA
TELEFONO 3187836823
guamoamarillo2024@gmail.com
Ibagué-Tolima

CONSORCIO DISEÑO PUENTE
NIT: 901.884.162-6

Donde:

$$A = 37.87$$

$$B_e = 10.54$$

$$Q (Tr100) = 153.70$$

$$V_m (m/s) = 4.06$$

$$N.A.M.E. (m) = 276.76 \text{ nivel de aguas máximas extraordinarias}$$

$$Y_m (m) = 3.59 \text{ profundidad hidráulica}$$

Se calcula los siguientes Coeficientes:

$$- \alpha = \frac{153.70}{(3.59^{5/3}) * 10.54} = 0.033$$

$$\text{Coeficiente de sección } (\alpha) = 0.033$$

– Coeficiente de frecuencia, β , para $Tr = 100$ años.

$$\beta = 0.7929 + 0.0975 \log(100) = 0.988 \approx 1.0$$

– Coeficiente de contracción, μ .

Coeficiente de contracción μ del cauce De la “**Tabla 42: Factor de corrección por contracción del cauce μ (Referencia 6.5)**”, a partir de la distancia libre entre estribos (10.54 m) y la velocidad media para el caudal de creciente (4.06 m/s), se interpola linealmente el valor de μ .

En caso de que no exista obstáculos, el valor es de 1.

El valor de μ para estas condiciones es igual a 0.89

Coeficiente de corrección por efecto de la densidad del agua durante la creciente,
Yas

En épocas de creciente, el agua de la quebrada se presenta turbia debido al transporte de sedimentos tanto en suspensión como de fondo.

$$\text{Donde } Y_{as} = 1.05 \text{ t/m}$$

CONSORCIO DISEÑO PUENTE
NIT: 901.884.162-6

$$\varphi = 0.54 + 1.5143 \times 1.05 = 2.13$$

- Con el objeto de proceder al cálculo de la socavación general en la sección transversal del puente, la ecuación [6.2], debe aplicarse para varias verticales de la sección. Por tal razón, se recomienda elaborar un cuadro con el número apropiado de columnas para cada punto del perfil batimétrico levantado. En la medida en que se tenga una mayor cantidad de puntos se obtendrá un mejor detalle el perfil de socavación.

Este ejemplo aplica para material granular y la ecuación para calcular la profundidad de la socavación general medida en cada punto desde el nivel de aguas máximas extraordinarias corresponde a:

$$Y_s = \left(\frac{\alpha Y_o^{5/3}}{0.68 \beta \mu \phi d_m^{0.28}} \right)^{\frac{1}{1+Z}} \quad (6.2)$$

El valor **Z** se calcula como:

$$Z = 0.394557 - 0.413 \log(dm) - 0.00891 \log^2 dm = 0.406$$

La profundidad de socavación general se calcula como:

$$Sg = Y_s - Y_o$$

En la tabla 54 se presentan las variables obtenidas, en la Tabla 55 se determina los valores del perfil de socavación general y en la Figura 68 se presenta el perfil de socavación.

CONSORCIO DISEÑO PUENTE
NIT: 901.884.162-6

VARIABLES	
Tr =	100
Qd =	153.70
A =	37.870
Be =	10.540
N.A.M.E. (m) =	276.760
Y _m (m) =	3.593
α =	0.073
β =	0.988
μ =	0.89
Y _{as} (T/m³) =	1.050
ϕ =	2.130
V _m (m/s) =	4.060
d _i =	0.425
P _i =	50
d _m =	0.504
Log (dm)	-0.297
Log ² (dm)	-0.595
Z =	0.412

Tabla 54: tabla de variable.

PUENTE SOBRE LA QUEBRADA TOMIAL TERRENO NATURAL- VÍA GUAMO- SUAREZ					
Determinación del perfil de socavación general - método de Lischtván Lebediev					
Nivel aguas maximas extraordinarias Tr 100 años = 153.70 m³/s					
P1 (1)	Cota P1 (msnm) (2)	Yo1 (m) (3)	Ys1 (m) (4)	Sg1 (m) (5)	Ps1 (msnm) (6)
0	278.49	0	0.00000	0.000	278.490
2	278.39	0	0.00000	0.000	278.390
5.2	278.29	0	0.00000	0.000	278.290
6.9	278.2	0	0.00000	0.000	278.200
8.2	278.17	0	0.00000	0.000	278.170
10.1	278.2	0	0.00000	0.000	278.200
11.4	278.3	0	0.00000	0.000	278.300
15.3	278.3	0	0.00000	0.000	278.300
15.9	278.2	0	0.00000	0.000	278.200

CONSORCIO DISEÑO PUENTE
NIT: 901.884.162-6

16.2	278.09	0	0.00000	0.000	278.090
16.5	277.97	0	0.00000	0.000	277.970
16.8	277.82	0	0.00000	0.000	277.820
16.8	277.8	0	0.00000	0.000	277.800
19.7	277.8	0	0.00000	0.000	277.800
19.8	277.765	0	0.00000	0.000	277.765
19.9	277.73	0	0.00000	0.000	277.730
20.1	277.6	0	0.00000	0.000	277.600
20.1	277.43	0	0.00000	0.000	277.430
20.1	277.05	0	0.00000	0.000	277.050
20.3	273	3.760	12.32784	-8.568	264.432
30	273	3.76	12.32784	-8.568	264.432
30.1	273.3	3.46	8.13445	-4.674	268.626
30.1	274.02	2.74	2.53338	0.207	274.227
30.2	274.51	2.250	0.94593	1.304	275.814
30.5	276.14	0.62	0.00150	0.618	276.758
30.5	276.35	0.41	0.00019	0.410	276.760
30.6	276.64	0.12	0.00000	0.120	276.760
30.7	276.87	0	0.00000	0.000	276.870
30.7	276.94	0	0.00000	0.000	276.940
30.8	277	0	0.00000	0.000	277.000
32.3	277	0	0.00000	0.000	277.000
32.7	277.04	0	0.00000	0.000	277.040
33.7	277.07	0	0.00000	0.000	277.070
34.2	277.11	0	0.00000	0.000	277.110
37.3	277.1	0	0.00000	0.000	277.100
38.3	277.23	0	0.00000	0.000	277.230
38.7	277.26	0	0.00000	0.000	277.260
38.8	277.27	0	0.00000	0.000	277.270
38.9	277.27	0	0.00000	0.000	277.270
39.5	277.3	0	0.00000	0.000	277.300
40.8	277.4	0	0.00000	0.000	277.400

MZ 5. CASA 16 URB. CANTABRIA
TELEFONO 3187836823
guamoamarillo2024@gmail.com
Ibagué-Tolima

CONSORCIO DISEÑO PUENTE

NIT: 901.884.162-6

41.4	277.43	0	0.00000	0.000	277.430
43.6	277.49	0	0.00000	0.000	277.490
45	277.5	0	0.00000	0.000	277.500
47.9	277.42	0	0.00000	0.000	277.420

*Tabla 55: tabla de datos Secciones con hec ras y valores del perfil de socavación general – sección RS 66
Terreno natural.*

Notas:

- (1) número del punto del perfil levantado
- (2) Cota topográfica del fondo del cauce
- (3) Valor de la diferencia entre el nivel de aguas máximas extraordinarias, NAME, y la columna 2
- (4) Valor máximo de la profundidad del flujo desde la superficie del agua hasta el terreno socavado
- (5) Cálculo de la profundidad de la socavación general (4) – (3)
- (6) Cálculo del perfil de la socavación general (2) – (5)

Perfil de socavación sección Puente - sección RS 66

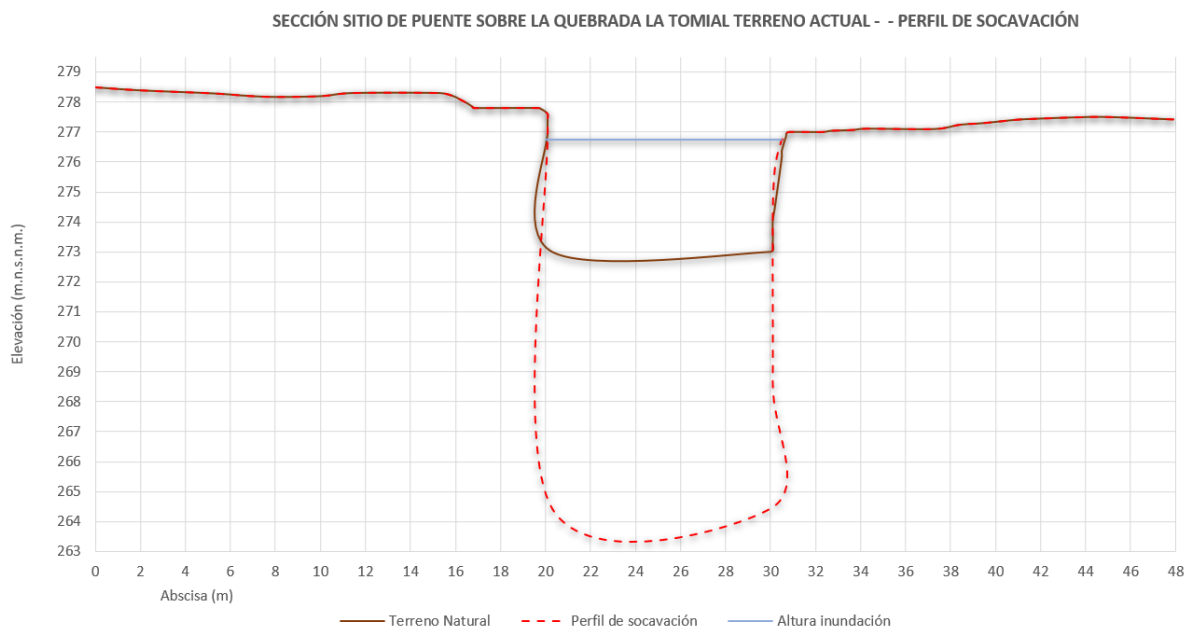


Figura 68: Perfil de socavación sección RS 66 Puente sobre la quebrada Tomial Terreno natural.

MZ 5. CASA 16 URB. CANTABRIA
TELEFONO 3187836823
guamoamarillo2024@gmail.com
Ibagué-Tolima

CONSORCIO DISEÑO PUENTE

NIT: 901.884.162-6

Cota del perfil de socavación es de 264.432 (m.n.s.n.m.) con una altura de 8.568 metros con respecto al fondo del cauce que es la cota 273 (m.n.s.n.m.)

8.3. SOCAVACION CON OBRAS NUEVAS

Plan: PI_Tomial_O T_Qbd_Tomial Tramo1 RS: 61.1 Profile: Tr 100

E.G. US. (m)	277.10	Element	Inside BR US	Inside BR DS
W.S. US. (m)	276.83	E.G. Elev (m)	277.10	277.09
Q Total (m3/s)	153.70	W.S. Elev (m)	276.83	276.84
Q Bridge (m3/s)	153.70	Crit W.S. (m)	275.14	275.06
Q Weir (m3/s)		Max Chl Dpth (m)	4.09	4.19
Weir Sta Lft (m)		Vel Total (m/s)	2.27	2.19
Weir Sta Rgt (m)		Flow Area (m2)	67.73	70.12
Weir Submerg		Froude # Chl	0.39	0.38
Weir Max Depth (m)		Specif Force (m3)	161.68	167.24
Min El Weir Flow (m)	278.50	Hydr Depth (m)	3.43	3.47
Min El Prs (m)	278.50	W.P. Total (m)	26.47	26.85
Delta EG (m)	0.01	Conv. Total (m3/s)	8447.3	8866.4
Delta WS (m)	-0.01	Top Width (m)	19.72	20.19
BR Open Area (m2)	105.13	Frctn Loss (m)	0.00	0.00
BR Open Vel (m/s)	2.27	C & E Loss (m)	0.01	0.00
BR Sluice Coef		Shear Total (N/m2)	8.31	7.70
BR Sel Method	Energy only	Power Total (N/m s)	18.85	16.87

Tabla 56: tabla de datos sección longitudinal en el Puente de diseño con hec ras Tr 100 años.

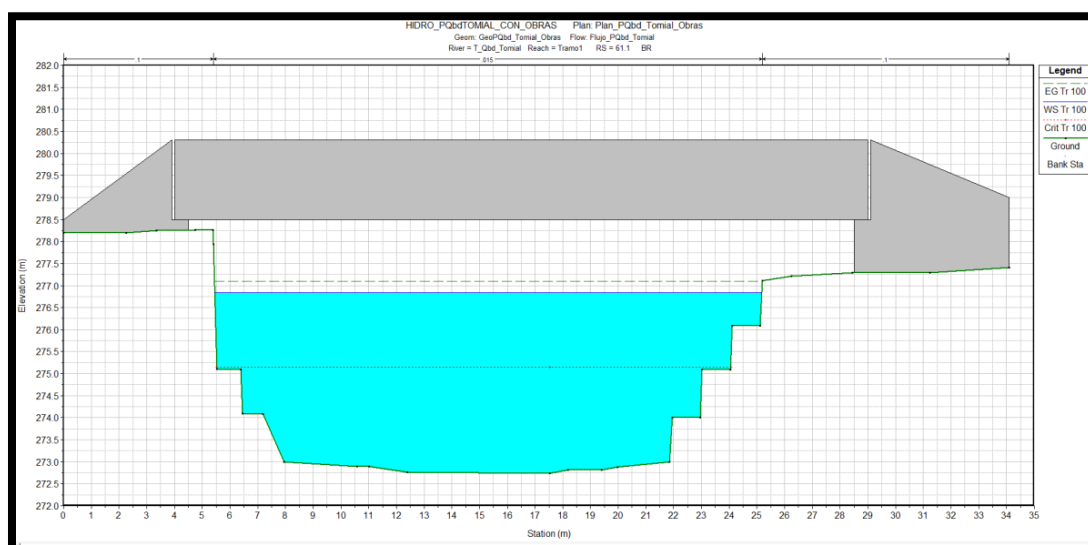


Figura 69: Sección de la quebrada Tomial del Puente con Inundación máxima periodo de retorno a 100 años.

MZ 5. CASA 16 URB. CANTABRIA
TELEFONO 3187836823
guamoamarillo2024@gmail.com
Ibagué-Tolima

CONSORCIO DISEÑO PUENTE
NIT: 901.884.162-6

Donde:

$$A = 68.925$$

$$Be = 19.955$$

$$Q = 153.70$$

$$Vm \text{ (m/s)} = 2.230$$

$$N.A.M.E. \text{ (m)} = 276.83 \text{ nivel de aguas máximas extraordinarias}$$

$$Ym \text{ (m)} = 3.454 \text{ profundidad hidráulica}$$

Se calcula los siguientes Coeficientes:

$$\alpha = \frac{153.70}{(3.454^{5/3}) * 19.955} = 0.047$$

$$\text{Coeficiente de sección } (\alpha) = 0.047$$

– Coeficiente de frecuencia, β , para $Tr = 100$ años.

$$\beta = 0.7929 + 0.0975 \log(100) = 0.988 \approx 1.0$$

– Coeficiente de contracción, μ .

Coeficiente de contracción μ del cauce De la “**Tabla 42: Factor de corrección por contracción del cauce μ (Referencia 6.5)**”, a partir de la distancia libre entre estribos (19.955m) y la velocidad media para el caudal de creciente (2.230m/s), se interpola linealmente el valor de μ .

En caso de que no exista obstáculos, el valor es de 1.

Coeficiente de corrección por efecto de la densidad del agua durante la creciente,
Yas

En épocas de creciente, el agua de la quebrada se presenta turbia debido al transporte de sedimentos tanto en suspensión como de fondo.

$$\text{Donde } Yas = 1.05 \text{ t/m}$$

CONSORCIO DISEÑO PUENTE
NIT: 901.884.162-6

$$\phi = 0.54 + 1.5143 \times 1.05 = 2.13$$

- Con el objeto de proceder al cálculo de la socavación general en la sección transversal del puente, la ecuación [6.2], debe aplicarse para varias verticales de la sección. Por tal razón, se recomienda elaborar un cuadro con el número apropiado de columnas para cada punto del perfil batimétrico levantado. En la medida en que se tenga una mayor cantidad de puntos se obtendrá un mejor detalle el perfil de socavación.

Este ejemplo aplica para material granular y la ecuación para calcular la profundidad de la socavación general medida en cada punto desde el nivel de aguas máximas extraordinarias corresponde a:

$$Y_s = \left(\frac{\alpha Y_o^{5/3}}{0.68 \beta \mu \phi d_m^{0.28}} \right)^{\frac{1}{1+Z}} \quad (6.2)$$

El valor **Z** se calcula como:

$$Z = 0.394557 - 0.413 \log(dm) - 0.00891 \log^2 dm = 0.406$$

La profundidad de socavación general se calcula como:

$$Sg = Y_s - Y_o$$

En la tabla 57 se presentan las variables obtenidas, en la Tabla 58 se determina los valores del perfil de socavación general y en la Figura 70 se presenta el perfil de socavación.

CONSORCIO DISEÑO PUENTE

NIT: 901.884.162-6

VARIABLES	
Tr =	100
Qd =	153.70
A =	68.925
B _e =	19.955
N.A.M.E. (m) =	276.830
Y _m (m) =	3.454
α =	0.047
β =	0.988
μ =	1
Y _{as} (T/m ³) =	1.050
φ =	2.130
V _m (m/s) =	2.230
d _i =	0.425
P _i =	50
d _m =	0.504
Log (dm)	-0.297
Log ² (dm)	-0.595
Z =	0.412

Tabla 57: tabla de variable.

PUENTE SOBRE LA QUEBRADA TOMIAL CON OBRAS - VÍA GUAMO-SUAREZ					
Determinación del perfil de socavación general - método de Lischtván Lebediev					
Nivel aguas maximas extraordinarias Tr 100 años = 153.70 m ³ /s					
P1 (1)	Cota P1 (msnm) (2)	Yo1 (m) (3)	Ys1 (m) (4)	Sg1 (m) (5)	Ps1 (msnm) (6)
0	278.203	0	0.00000	0.000	278.203
2.269	278.203	0	0.00000	0.000	278.203
3.355	278.25	0	0.00000	0.000	278.250
4.742	278.266	0	0.00000	0.000	278.266
5.385	278.258	0	0.00000	0.000	278.258
5.4	277.943	0	0.00000	0.000	277.943

CONSORCIO DISEÑO PUENTE
NIT: 901.884.162-6

5.535	275.103	1.727	0.14429	1.583	273.520
6.384	275.094	1.736	0.14809	1.588	273.506
6.448	274.094	2.736	1.43998	1.296	272.798
7.201	274.086	2.744	1.46115	1.283	272.803
7.955	273	3.830	7.74049	3.910	269.090
10.587	272.898	3.932	8.82759	4.896	268.002
11.025	272.895	3.935	8.86132	4.926	267.969
12.401	272.761	4.069	10.47643	6.407	266.354
17.537	272.742	4.088	10.72332	6.635	266.107
18.189	272.81	4.020	9.86064	5.841	266.969
19.404	272.812	4.018	9.83613	5.818	266.994
19.971	272.883	3.947	8.99726	5.050	267.833
21.857	273	3.830	7.74049	3.910	269.090
21.959	274	2.830	1.70493	1.125	272.875
22.956	274	2.83	1.70493	1.125	272.875
23.02	275.094	1.736	0.14809	1.588	273.506
24.055	275.094	1.736	0.14809	1.588	273.506
24.106	276.094	0.736	0.00203	0.734	275.360
25.114	276.088	0.742	0.00211	0.740	275.348
25.199	277.115	0	0.00000	0.000	277.115
25.2	277.115	0	0.00000	0.000	277.115
26.253	277.211	0	0.00000	0.000	277.211
28.453	277.297	0	0.00000	0.000	277.297
31.249	277.297	0	0.00000	0.000	277.297
34.102	277.406	0	0.00000	0.000	277.406

Tabla 58: tabla de datos Secciones con hec ras y valores del perfil de socavación general – sección RS 66.

Notas:

- (1) número del punto del perfil levantado
- (2) Cota topográfica del fondo del cauce
- (3) Valor de la diferencia entre el nivel de aguas máximas extraordinarias, NAME, y la columna 2

MZ 5. CASA 16 URB. CANTABRIA
TELEFONO 3187836823
guamoamarillo2024@gmail.com
Ibagué-Tolima

CONSORCIO DISEÑO PUENTE

NIT: 901.884.162-6

(4) Valor máximo de la profundidad del flujo desde la superficie del agua hasta el terreno socavado

(5) Cálculo de la profundidad de la socavación general (4) – (3)

(6) Cálculo del perfil de la socavación general (2) – (5)

Perfil de socavación sección Puente - sección RS 61.1 (Rs 61 al Rs 70)

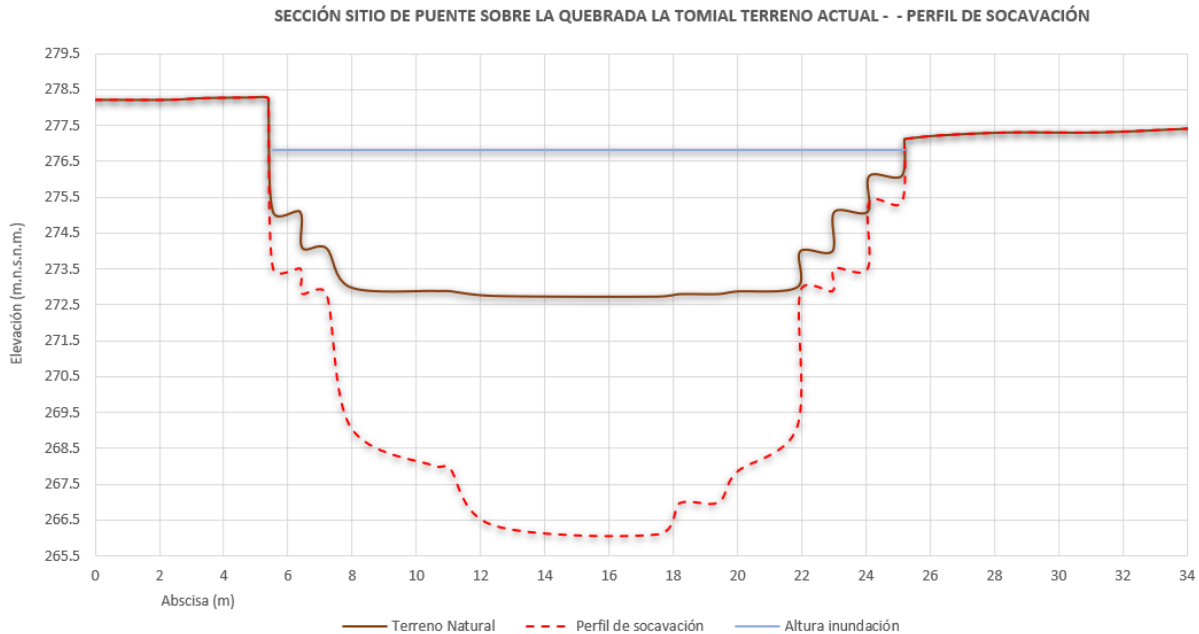


Figura 70: Perfil de socavación sección RS 6 Puente sobre la quebrada Tomial..

Cota del perfil de socavación es de 266.107 (m.n.s.n.m.) con una altura de 6.635 metros, fondo del cauce que es de 273 (m.n.s.n.m.)

8.4. DETERMINACIÓN DE LA PROFUNDIDAD DE DESPLANTE

Profundidad mínima por socavación

La cimentación debe ubicarse por debajo del nivel máximo de socavación para evitar fallas por erosión. Según los datos:

Profundidad de desplante ≤ 266.107 m.s.n.m.

CONSORCIO DISEÑO PUENTE

NIT: 901.884.162-6

Es fundamental tener presente que este estudio se concentra exclusivamente en la estimación de la socavación del material presente en el lecho de la quebrada el Tomial, sin extenderse al cálculo correspondiente a estratos diferentes a aquellos identificados durante la investigación. Este enfoque garantiza una evaluación precisa de la estabilidad del lecho de la Quebrada en la ubicación específica del Puente, aunque se advierte que el análisis no se extiende a condiciones geológicas más amplias que podrían existir en estratos no evaluados en este estudio particular.

8.5. SOCAVACIÓN DEBIDA A ESTRIBOS

En vista de que los estribos pilas no intervienen el cauce, estos no generan socavación.

CONSORCIO DISEÑO PUENTE

NIT: 901.884.162-6

9. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- Este estudio está basado en la información extraída de la estación **SUAREZ [21180160]** Geoportal del IDEAM.
- Las estaciones hidrográficas utilizadas principalmente fueron:
mostraremos las estaciones más cercanas del proyecto.

POLIGONO DE THIESSEN ESTACIONES CERCANAS A LA MICROCUENCA							
ID	CODIGO	NOMBRE	TIPO	CATEGORÍA	ESTADO	FGDA	CORRIENTE
1	21180160	SUAREZ [21180160]	CONVENCIONAL	PM	ACTIVADA	IDEAM	MAGDALENA
2	21185030	GUAMO [21185030]	CONVENCIONAL	CP	ACTIVADA	IDEAM	LUISA
ID	DEPARTAMENTO	MUNICIPIO	LATITUD	LONGITUD	ALTITUD	ÁREA KM ²	LONGITUD KM
1	TOLIMA	GUAMO	4.055944	-74.8415	319	17.41	5.316
2	TOLIMA	GUAMO	4.008833333	-74.9813889	332		12.129

La estación **SUAREZ [21180160]** es la estación que tiene un área mayor a las demás estaciones, además tiene una longitud de 5.3 km con respecto al área de estudio.

- Se calcularon los parámetros morfométricos de la Microcuenca hidrográfica de la quebrada las Pannels.

PARÁMETROS FISIOGRÁFICOS DE LA MICROCUENCA HIDROGRÁFICA				PARÁMETROS RED HIDROGRÁFICA DE LA MICROCUENCA						
PARÁMETROS			UNIDADES	MICROCUENCA HIDROGRÁFICA	PARÁMETROS		UNIDAD DE MEDIDA	Cuenca Hidrográfica		
Parámetros de forma de la microcuenca	Área total de la microcuenca		km ²	23.11	Parámetros de la red hidrográfica de la microcuenca	Tipo de corriente		-		
	Perímetro de la microcuenca		km	23.84		Número de orden de los drenajes	Orden 1	-	27	
	Longitud axial (La) de la microcuenca		km	10.37			Orden 2	-	17	
	Centroides	Este X	m	909268.33			Orden 3	-	9	
		Norte Y	m	940726.56			Orden 4	-		
	Ancho promedio de la microcuenca		km	2.23			Orden 5	-		
	Coeficiente de compacidad		-	1.40			N° Total de ríos		-	53
	Factor de forma		-	0.21		Grado de ramificación		-	3	
	Radio de Circularidad		km	0.51		Frecuencia de densidad de los drenajes (Dr)		Drenajes/km ²	2.29	
						Cotas del cauce principal		Altitud máxima (Hmax)	msnm	333.00
								Altitud mínima (Hmin)	msnm	305.45
						Longitud del drenaje Principal			Km	10.02

Parámetros de la red hidrográfica de la microcuenca	Pendiente media del drenaje Principal (Sm)		m/m	0.28
	Altura media del drenaje Principal (H)		msnm	13.77
	Tiempo de concentración (Tc)		horas	5.31
	Longitud total de los drenajes (Lt)		km	27.23
	Densidad de los drenajes (Dd)		km	1.18
	Extensión media del escurrimiento superficial (E)		km	0.849
	Lag time		minutos	191.00

CONSORCIO DISEÑO PUENTE

NIT: 901.884.162-6

- Se selecciona los datos de precipitación máxima anual de la estación - **SUAREZ [21180160]**

AÑOS	PRECIPITACIÓN
1995	101.00
1996	95.00
1997	72.00
1998	117.00
1999	117.00
2000	87.00
2001	92.00
2002	85.00
2003	130.00
2004	113.00
2005	85.00
2006	80.00
2007	80.00
2008	93.00
2009	130.00
2010	125.00
2011	132.00
2012	96.00
2013	114.00
2014	150.00
2015	95.00
2016	90.00
2017	75.00
2018	125.00
2019	99.00
2020	84.00
2021	105.00
2022	112.00
2023	83.00
NÚMERO DE DATOS	
29	
MEDIA	
102.138	
DESVIACIÓN TÍPICA	
20.01	
COEF. ASIMETRÍA	
0.54	
MAXIMO	
150.00	
MINIMO	
72.00	

Años seleccionados de precipitación máxima anual de la estación - SUAREZ [21180160].

Como se observa la media de los datos es de: **102.138**

Al aplicar la fórmula regionalizada de las curvas IDF para Colombia, se cambia sus parámetros para la región No. 1 se obtiene la siguiente ecuación:

$$I = \frac{0.94 * T^{0.18} * (102.138)^{0.83}}{\left(\frac{t}{60}\right)^{0.66}}$$

CONSORCIO DISEÑO PUENTE

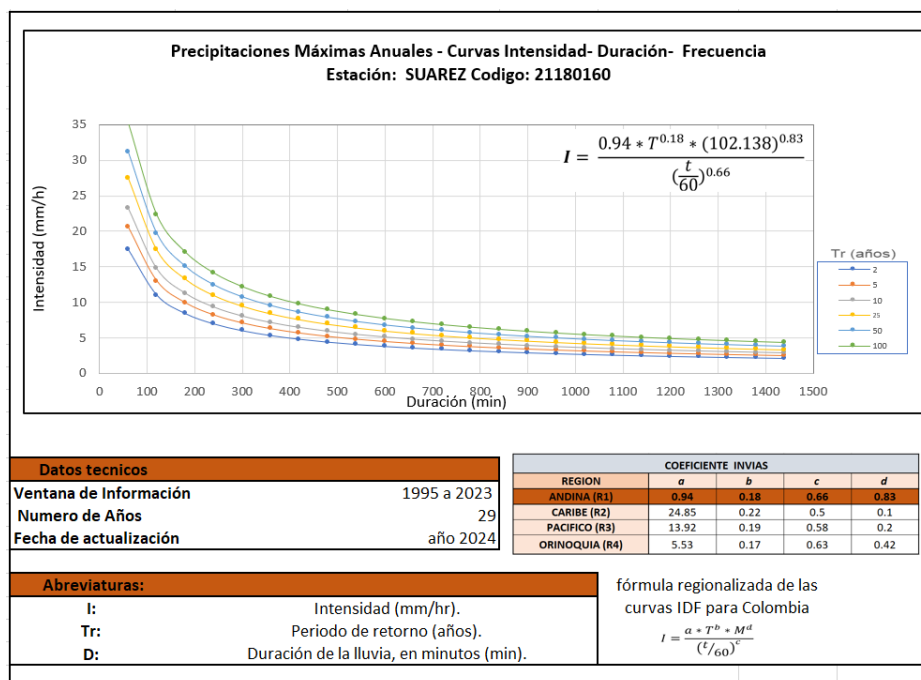
NIT: 901.884.162-6

Al reemplazar los valores del tiempo de retorno (T), y la duración (t) se obtiene la siguiente tabla:

ESTACIÓN SUAREZ [21180160] CURVAS INTENSIDAD - DURACIÓN - FRECUENCIA (valores en mm/h)						
DURACIÓN (min)	PERIODO DE RETORNO (AÑOS)					
	2	5	10	25	50	100
60	49.54	58.42	66.18	78.05	88.42	100.17
120	31.35	36.97	41.89	49.40	55.96	63.40
180	23.99	28.29	32.05	37.80	42.82	48.51
240	19.84	23.40	26.51	31.26	35.42	40.12
300	17.12	20.20	22.88	26.98	30.57	34.63
360	15.18	17.91	20.28	23.92	27.10	30.70
420	13.71	16.17	18.32	21.61	24.48	27.73
480	12.56	14.81	16.78	19.79	22.41	25.39
540	11.62	13.70	15.52	18.31	20.74	23.49
600	10.84	12.78	14.48	17.08	19.34	21.92
660	10.18	12.00	13.60	16.03	18.17	20.58
720	9.61	11.33	12.84	15.14	17.15	19.43
780	9.11	10.75	12.18	14.36	16.27	18.43
840	8.68	10.24	11.60	13.68	15.49	17.55
900	8.29	9.78	11.08	13.07	14.80	16.77
960	7.95	9.37	10.62	12.52	14.19	16.07
1020	7.64	9.00	10.20	12.03	13.63	15.44
1080	7.35	8.67	9.82	11.59	13.12	14.87
1140	7.10	8.37	9.48	11.18	12.66	14.35
1200	6.86	8.09	9.16	10.81	12.24	13.87
1260	6.64	7.83	8.87	10.46	11.86	13.43
1320	6.44	7.60	8.61	10.15	11.50	13.02
1380	6.25	7.38	8.36	9.85	11.16	12.65
1440	6.08	7.17	8.12	9.58	10.85	12.30

Datos de intensidad-duración y frecuencia de la estación SUAREZ [21180160].

se genera la gráfica para los datos intensidad-duración – frecuencia estación SUAREZ [21180160].



Curvas IDF estación SUAREZ [21180160].

MZ 5. CASA 16 URB. CANTABRIA
TELEFONO 3187836823
guamoamarillo2024@gmail.com
Ibagué-Tolima

CONSORCIO DISEÑO PUENTE

NIT: 901.884.162-6

- Se presentan los resultados obtenidos Hietogramas de precipitación Tr años para la modelación en Hec Hms

INCREMENTOS ARREGLADOS DE LLUVIA ESPACIAL DE LOS HIETOGRAMAS DE PRECIPITACIÓN -						
ÁREA DE INFLUENCIA (valores en mm)						
TIEMPO (MINUTOS)	PERIODO DE RETORNO (Años)					
	2	5	10	25	50	100
0-60	1.92	2.26	2.56	3.02	3.42	3.88
60-120	2.04	2.40	2.72	3.21	3.64	4.12
120-180	2.18	2.57	2.91	3.44	3.89	4.41
180-240	2.35	2.77	3.14	3.71	4.20	4.76
240-300	2.56	3.02	3.42	4.04	4.57	5.18
300-360	2.83	3.33	3.78	4.45	5.04	5.72
360-420	3.17	3.74	4.24	5.00	5.66	6.41
420-480	3.65	4.30	4.87	5.75	6.51	7.37
480-540	4.36	5.14	5.82	6.86	7.77	8.81
540-600	5.56	6.55	7.43	8.76	9.92	11.24
600-660	8.23	9.71	11.00	12.97	14.70	16.65
600-720	44.01	51.90	58.80	69.34	78.56	89.00
720-780	11.70	13.79	15.63	18.43	20.88	23.65
780-840	6.57	7.75	8.78	10.35	11.73	13.29
840-900	4.86	5.74	6.50	7.66	8.68	9.84
900-960	3.96	4.67	5.29	6.24	7.07	8.01
960-1020	3.39	4.00	4.53	5.34	6.05	6.85
1020-1080	2.99	3.52	3.99	4.71	5.33	6.04
1080-1140	2.69	3.17	3.59	4.23	4.79	5.43
1140-1200	2.45	2.89	3.28	3.86	4.38	4.96
1200-1260	2.26	2.67	3.02	3.57	4.04	4.58
1260-1320	2.11	2.48	2.82	3.32	3.76	4.26
1320-1380	1.98	2.33	2.64	3.11	3.53	3.99
1380-1440	1.86	2.20	2.49	2.94	3.33	3.77

Tabla de Hietogramas de precipitación Tr años para la modelación en Hec Hms.

- La información hidrológica fue tomada en base a los resultados con el software Hec-Hms. Se presenta el resumen de los resultados de los valores de caudal calculado para periodo de retorno de 50 años y 100 años por tres métodos de hidrograma Unitarios para la microcuenca hidrográfica.

CONSORCIO DISEÑO PUENTE

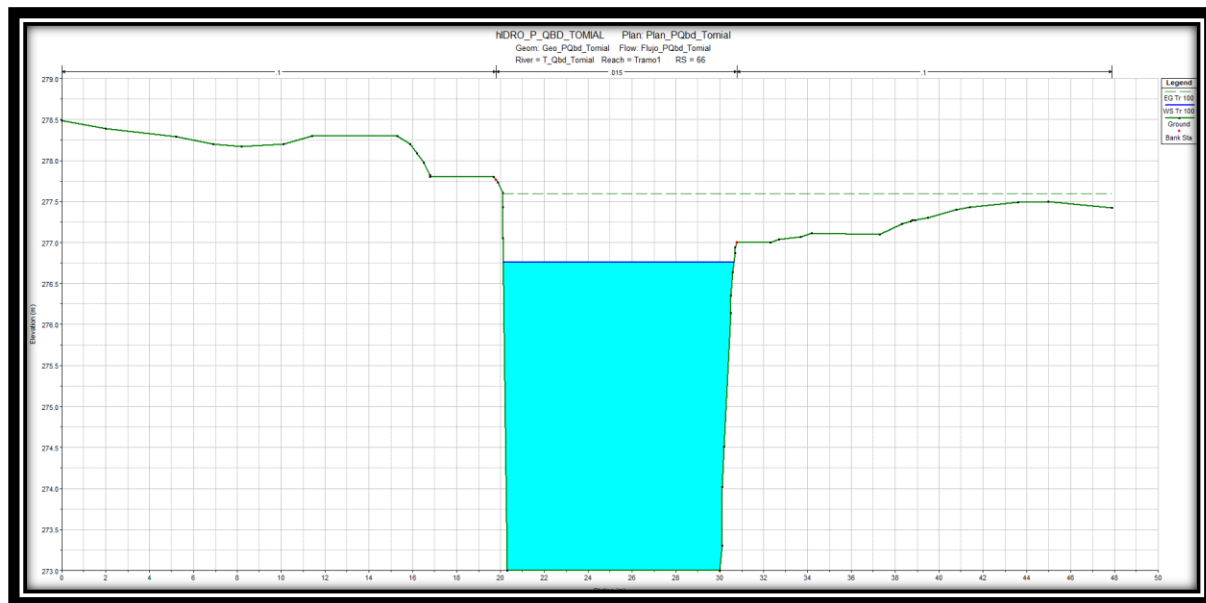
NIT: 901.884.162-6

CAUDALES PARA LA MICROCUENCA HIDROGRAFICA RÍO TOMIAL A 50 AÑOS Y 100 AÑOS POR LOS SIGUIENTES METODOS DE HIDROGRAMA UNITARIO SÍTÉTICO		
HUS SCS	HUS SNYDER	HUS CLARK
Tr 50 (M ³ /s)	Tr 50 (M ³ /s)	Tr 50 (M ³ /s)
141.3	145.8	108.7
PROMEDIO Tr 50 (M ³ /s)		
131.93		
HUS SCS	HUS SNYDER	HUS CLARK
Tr 100 (M ³ /s)	Tr 100 (M ³ /s)	Tr 100 (M ³ /s)
164.6	169.7	126.8
PROMEDIO Tr 100 (M ³ /s)		
153.70		

Resumen de los caudales para la microcuenca Hidrográfica como punto de aforo Puente sobre la quebrada Tomial- vía Guamo-Suarez, por diferentes métodos de hidrogramas unitarios

El caudal que llega hasta el punto de aforo a Tr 50 años es de **131.93 m³ /s** y Tr 100 años es de **153.70 m³ /s**.

- Sección de Inundación terreno natural- sección RS 66



Sección de la quebrada Tomial del Puente terreno natural con Inundación máxima periodo de retorno a 100 años.

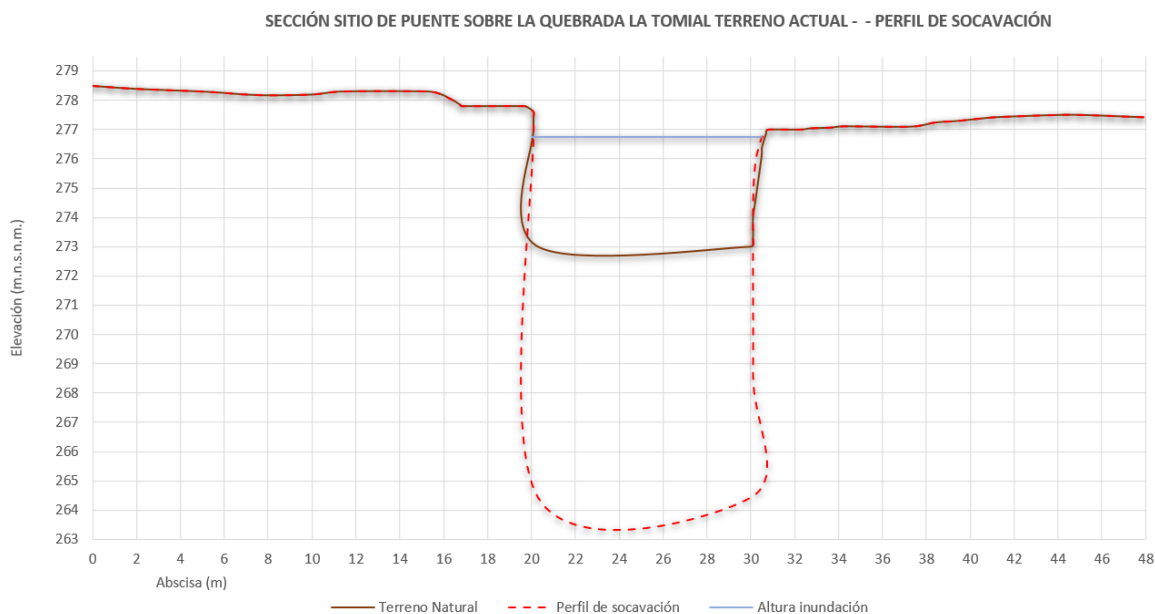
MZ 5. CASA 16 URB. CANTABRIA
TELEFONO 3187836823
guamoamarillo2024@gmail.com
Ibagué-Tolima

CONSORCIO DISEÑO PUENTE

NIT: 901.884.162-6

- A partir de los resultados de la simulación del cauce, específicamente en la ubicación designada para la construcción del Puente, se identifica un valor máximo de cota de 276.50 (m.n.s.n.m.) para niveles máximos de crecida Tr 50 años
- Cota de inundación máxima de 276.76 (m.n.s.n.m.), con una profundidad de 3.760 metros para un periodo de retorno de 100 años
- Cota del perfil de socavación es de 264.432 (m.n.s.n.m.) con una altura de 8.568 metros con respecto al fondo del cauce que es de 273 (m.n.s.n.m.).

Perfil de socavación sección Puente terreno natural - sección 66



Perfil de socavación sección RS 66 Puente terreno natural sobre la quebrada Tomial.

Condición con obras

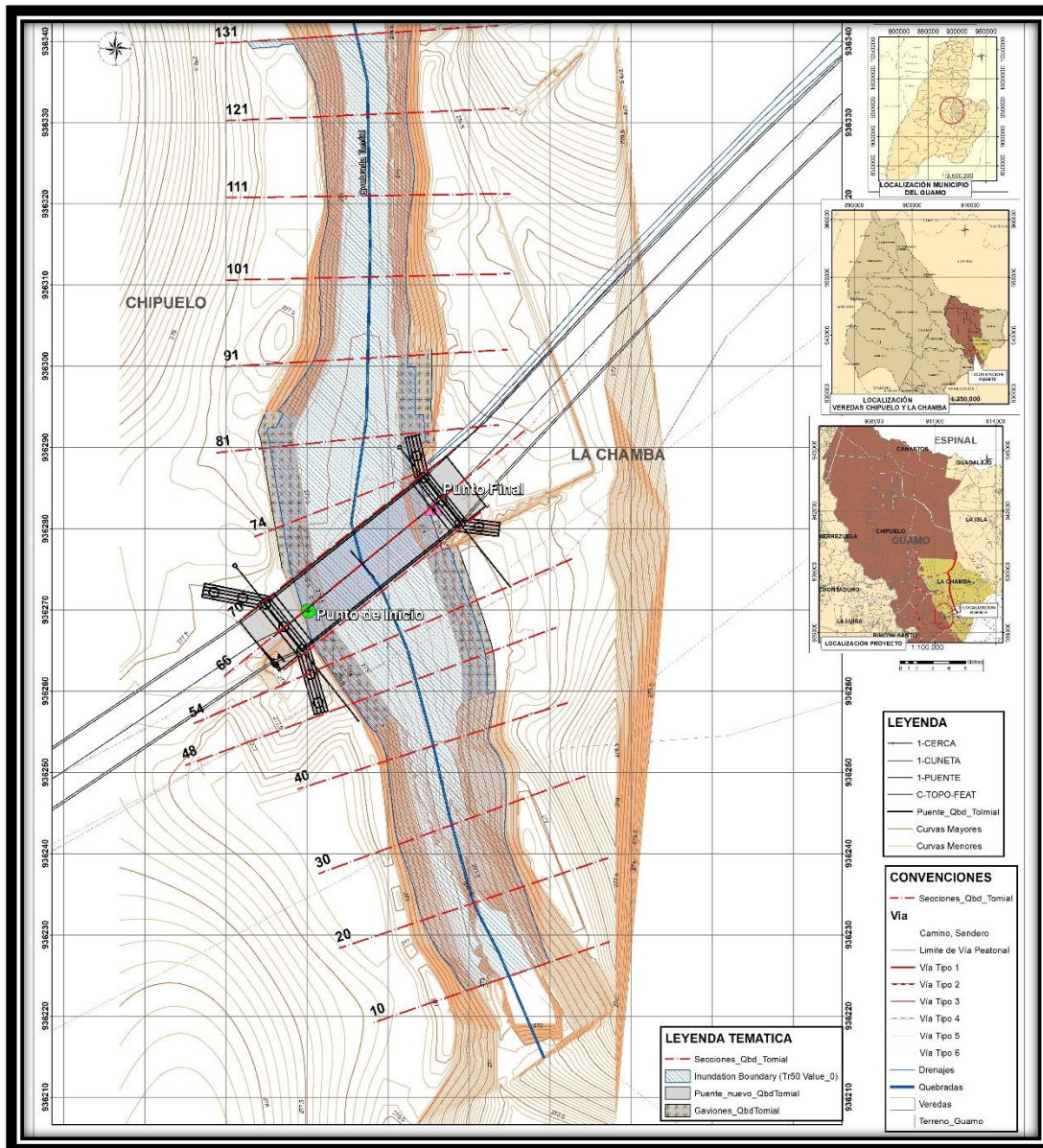
se presenta la condición con obras en área del proyecto, que comprende la instalación de gaviones en ambos márgenes de la quebrada con el objetivo de minimizar la erosión. Además, se ha

MZ 5. CASA 16 URB. CANTABRIA
TELEFONO 3187836823
guamoamarillo2024@gmail.com
Ibagué-Tolima

CONSORCIO DISEÑO PUENTE

NIT: 901.884.162-6

ampliado la sección hidráulica del sitio para optimizar el alineamiento del cauce de la quebrada.



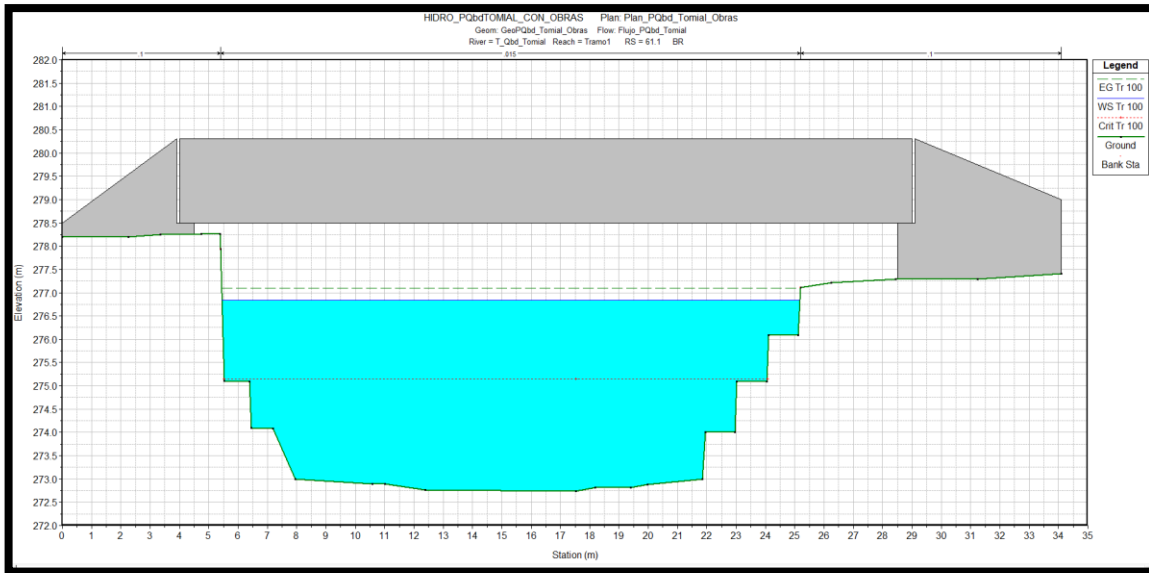
Localización de secciones y mancha de inundación para el Puente sobre la quebrada Tomial con obras.

MZ 5. CASA 16 URB. CANTABRIA
TELEFONO 3187836823
guamoamarillo2024@gmail.com
Ibagué-Tolima

CONSORCIO DISEÑO PUENTE

NIT: 901.884.162-6

- Sección de Inundación con obras - sección RS 61.1 (sección hidráulica del puente Rs 61 al Rs 70)



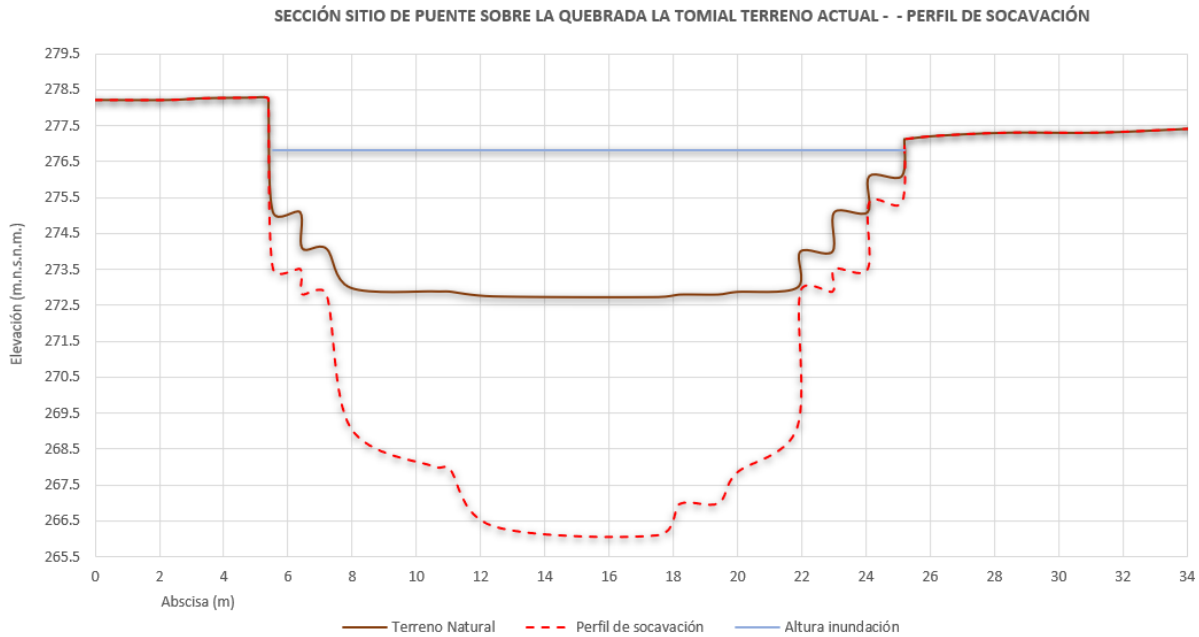
Sección de la quebrada Tomial del Puente con obras con Inundación máxima periodo de retorno a 100 años.

- A partir de los resultados de la simulación del cauce, específicamente en la ubicación designada para la construcción del Puente, se identifica un valor máximo de cota de 276.50 (m.n.s.n.m.) para niveles máximos de crecida Tr 50 años
- Cota de inundación máxima de 276.83 (m.n.s.n.m.), con una profundidad de 4.088 metros para un periodo de retorno de 100 años
- Cota del perfil de socavación es de 266.107 (m.n.s.n.m.) con una altura de 6.63 metros con respecto al fondo del cauce que es de 273 (m.n.s.n.m.).

CONSORCIO DISEÑO PUENTE

NIT: 901.884.162-6

Perfil de socavación sección Puente - sección 66



Perfil de socavación sección RS 66 Puente con obras sobre la quebrada Tomial.

Oscar A. Castaño
OSCAR ANDRES CASTAÑO TRUJILLO
INGENIERO CIVIL
ESPECIALISTA EN INGENIERÍA AMBIENTAL – ÁREA SANITARIA
T.P. 70202 - 211608 TLM

MZ 5. CASA 16 URB. CANTABRIA
TELEFONO 3187836823
guamoamarillo2024@gmail.com
Ibagué-Tolima

CONSORCIO DISEÑO PUENTE
NIT: 901.884.162-6

10. REFERENCIAS

Díaz-Granados, V. y. (Agosto 1998). Curvas Sintéticas regionalizadas de Intensidad-Duración- Frecuencia para Colombia. XIII Seminario Internacional de Hidráulica e Hidrología. Cali, Colombia.

Instituto Nacional de Vías, Ministerio de Transporte. (2009). Manual de Drenaje para Carreteras. Bogotá.

<https://www.asf.alaska.edu>. DEM-(AP_26462_FBS_F0120_RT1A)

AASHTO. (1988). Manual on Subsurface Investigations. Washington D.C.

Bell, C. F. (1969). Generalized rainfall-duration-frequency relationships. Journal of hydraulics division, Vol. 95. P. 311-327.

Bonnefoy-Claudet, S., Kohler, C., Cornou, C., Wathelet, M., & Bard, P. Y. (2008). Effects of Love waves on microtremor H/V ratio. Bulletin of the Seismological Society of America, 98, 288- 300.

Burns, S. M. (1996). Small- and high-strain measurements of in-situ soil properties using the seismic cone penetrometer. Transportation Research Record 1548, 81-88.

Carciente, J., Garcia, G., Serrano, Z. (1977). Drenaje de Carreteras, Manual de Estructuras Típicas. Venezuela: Ed. Vega.

FHWA. (1999). Geotechnical Engineering Circular No 4: Ground Anchor and Anchored Systems. Washington.

FHWA. (2002). Geotechnical Circular No 5: Evaluation of soil and rock properties. Washington: FHWA.

Haghshenas, E., Bard, P. Y., & Theodulilis, N. (2008). Empirical evaluation of microtremor H/V spectral ratio. Bulletin of Earthquake Engineering, 6, 75-108.

Hatanaka, M., & Uchida, A. (1996). Empirical Correlation Between Penetration Resistance and internal Friction Angle of Sandy Soils. Soils and Foundations, 1-9.

Helsel and R:M: Hirsch. (September 2002). Statistical Methods in Water Resources. En

CONSORCIO DISEÑO PUENTE
NIT: 901.884.162-6

Techniques of Water Resources Investigations Book 4 (pág. Chapter A3). USGS.

Idriss, I. M., & Boulanger, R. W. (2006). Semi-empirical procedures for evaluating liquefaction potential during earthquakes. *Soil Dynamics and Earthquake Engineering*, 115-130.

Kulhawy, F. H., & Jackson, C. S. (1989). Some observations on undrained side resistance of drilled shafts. *Foundation Engineering: current principles and practices Congress*, (págs. 1011-1025). Evanston, Illinois.

Lachet, C., & Bard, P. Y. (1994). Numerical and theoretical investigations on the possibilities and limitations of Nakamura's Technique. *Journal of Physics of the Earth*, 42, 377-397.

Lermo, J., & Chavez-Garcia, F. J. (1994). Are microtremors useful in site response evaluation? *Bulletin of the Seismological Society of America*, 84, 1350-1364.

Malischewsky, P. G., & Scherbaum, F. (2004). Loves's formula and H/V-Ratio (ellipticity) of Rayleigh waves. *Wave Motion*, 40, 57-67.

Malischewsky, P. G., Scherbaum, C., Lomnitz, T., Tran Thanh, T., Wuttke, F., & Shamir, G. (2008). The domain of existence of prograde Rayleigh-wave particle motion for simple models. *Wave Motion*, 45, 556-564.

Mayne, P. W., & Kemper, J. B. (1988). Profiling OCR in stiff clays by CPT and SPT. *Geotechnical Testing Journal*, 139-147.

Mejía Fernández, F. (2009). Estructuras de vertimiento de aguas en laderas de media a fuerte pendiente canal de pantallas deflectoras (CPD) y canal de rápidas con tapa y columpio (CRTC). Obtenido de Universidad Nacional de Colombia - Sede Manizales:

http://www.manizales.unal.edu.co/gestion_riesgos/descargas/ponencias/Manual_est_ructuras_vertimiento.pdf

Mery M., H. (2013). Hidráulica aplicada al diseño de obras. Santiago de Chile: RIL editores. Ministerio de Desarrollo Económico. (2000). (RAS 2000) Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico.

CONSORCIO DISEÑO PUENTE
NIT: 901.884.162-6

Nielsen Isla, L. A. (2014). Efecto de curvas en canales abiertos sobre el flujo de relaves.

Santiago de Chile: Universidad de Chile.

O'Neil, M. W., & Reese, L. C. (1999). Drilled Shafts: Construction Procedures and Design Methods. Washington D.C.: Publication No FHWA-IF-99-025.

Ven Te Chow. (1994). Hidráulica de Canales Abiertos. Bogotá, Colombia: McGraw-Hill.

Ven te Chow. (1994). Hidrología aplicada. Bogotá, Colombia: McGraw-Hill.

Posada, L. (1994). Transporte de Sedimentos. Medellín: Universidad Nacional de Colombia. Pulgarín Dávila, E. (2009). Fórmulas regionales para la estimación de curvas intensidad-frecuencia duración basadas en las propiedades de escala de lluvia (Región Andina Colombiana). Trabajo dirigido de grado presentado como requerimiento parcial para optar el título de Magíster en Aprovechamiento de Recursos Hidráulicos Director: I.C., Msc., Ph. D. Germán Poveda Jaramillo. Facultad de Minas: Universidad Nacional de Colombia - Sede Medellín.

Reese, L. C., & O'Neill, M. W. (1989). Foundation Engineering: Current Principles and Practice Vol 2. New York: Kulhawy Editor, ASCE.

Rosero Galvis, R., & Cotés Rivera, G. (1990). Regionalización de crecidas en Colombia y mapas de amenazas de inundación.

SESAME Project. (2004). Guidelines for the implementation of H/V spectral ratio technique on ambient vibrations. SESAME European Research Project WP12.

US Army Corps of Engineers. (2021). HEC-RAS River Analysis System, User's Manual Version 6.2.