CONTRATO DE CONSULTORIA N° 1089 DE 2021
CONSULTORIA TECNICA PARA LAS OBRAS NECESARIAS EN ATENCION DE LA CALAMIDAD PÚBLICA DECLARADA EN EL DECRETO N. 110 DEL 26 DE MARZO DE 2021

MUNICIPIO DE SABANETA

PUNTO CRITICO SECTOR LOS CONGOJOS VEREDA LAS LOMITAS

INFORME HIDROLOGICO Y MODELACION HIDRAULICA PARA LA SOLICITUD DE OCUPACION DE CAUCE DE LAS OBRAS DE ESTABILIZACION DE LA LADERA, SOBRE LA MARGEN DERECHA DEL CAÑO AFLUENTE A LA QUEBRADA DOÑA ANA EN EL SECTOR LOS CONGOJOS.



Elaborado por:
Cóncavas Ingenieros y Arquitectos

Medellín, Colombia.
Julio de 2021

CUADRO DE CONTROL

Versión Informe	Fecha emisión	Observaciones	Profesional Responsable
1	Julio 23 de 2021		Ing. Carlos Alberto Vasquez V. Mat: 05202-69097 ANT

TABLA DE CONTENIDO

CUADRO DE CONTROL 2
LISTA DE ANEXOS 6

INTRODUCCIÓN 7

1. GENERALIDADES. 10
1.1. Localizacion General. 10
1.2. Localización Área de Estudio. 11
1.3. Levantamiento topografico. 12
1.4. Clima. 13
1.5. Geología Regionla. 13
1.6. Localización de la cuenca. 16
1.7. Información Disponible 17

2. SITUACIÓN ACTUAL DE LA ZONA. 18
2.1. Descripción de las condiciones encontradas en el sitio critico, Los Congojos 18
2.2. Comentarios del registro fotográfico. 32

3. ESTUDIO HIDROLOGICO. 34
3.1. Cálculos de Caudales Máximos. 35
3.1.1. Método De Snyder. 35
3.1.2. Método Racional. 35
3.1.3. Método de Williams y Hann. 36
3.2. Parámetros Geomorfológicos. 37
3.2.1. Preliminares. 37
3.2.2. Área de la Cuenca (A). 38
3.2.3. Longitud del Cauce Principal (L). 38
3.2.4. Perímetro de la Cuenca (P). 38
3.2.5. Ancho de la Cuenca (W). 38
3.2.6. Coeficiente de Compacidad o de Gravelius (K). 38
3.2.7. Orden del Cauce Principal. 39
3.2.8. Densidad de Drenaje. 39
3.2.9. Longitud recta desde el punto de control hasta la divisoria de aguas. 39

3.2.10. Longitud a lo largo del cauce hasta el Centroide de la Cuenca. 39
3.2.11. Pendiente promedio de la cuenca. 39
3.2.12. Resultados. 41
3.3. Tiempo de Concentración. 42
3.3.1. Fórmulas para el Cálculo del Tiempo de Concentración. 42
3.3.2. Resultados. 45
3.4. Magnitud y Distribución Temporal de la Tormenta de Diseño. .. 47
3.5. Distribución temporal de la lluvia 50
3.6. Precipitación Efectiva 53
3.6.1. Capacidad de almacenamiento. 60
3.6.2. Infiltración inicial del suelo. 60
3.7. Coeficiente de escorrentía. 60
3.7.1. Formulas del Coeficiente de escorrentía. 63
3.8. Métodos para la determinación de crecientes de diseño. 65
3.9. Selección del caudal de diseño. 65
3.9.1. Resultados de caudales pico. 65
3.9.2. Selección del caudal para diseño hidráulico. 66

4. MODELACION HIDRÁULICA 68
4.1. Modelación Hidráulica Condiciones Actuales. 68
4.1.1. Condiciones de Frontera para Modelación Hidráulica. 69
4.1.2. Rugosidad de Manning (n). 70
4.1.3. Coeficientes de expansión y contracción. 71
4.1.4. Condiciones de frontera del modelamiento. 71
4.1.5. Análisis de resultados. 81
4.1.5.1. Comportamiento hidráulico Tramo aguas arriba del sitio de cruce. 81
4.1.5.2. Comportamiento hidráulico sitio de cruce. 82
4.1.5.3. Comportamiento hidráulico Tramo aguas abajo del sitio de cruce. 83
4.1.5.4. Conclusiones Etapa de Diagnóstico y obra proyectada. 92
4.1.5.5. Alternativas de solución 94
4.2. Modelación Condiciones con Obras Proyectadas 95
4.2.1. Consideraciones para el diseño. 96
4.2.2. Coeficientes de expasión y contracción. 99
4.2.3. Condiciones de frontera del modelamiento. 99
4.2.4. Resultados Arrojados por la Modelación Utilizando el Programa HEC-RAS. 100

4.2.5. Analisis de resultados. 110
4.3. Descripción de Obra Proyectadas 119

4.4. CONCLUSIONES. 120
5. BIBLIOGRAFÍA 123

6. ANEXOS
6.1. Anexo 1. Memorias hidrologia.
6.2. Anexo 2. Modelación Hidráulica.
6.3. Anexo 3. Planos.

LISTA DE ANEXOS

Anexo 1. Memorias hidrologia.
Anexo 2. Modelación Hidráulica.
Anexo 3. Planos.

Medellín - Colombia
C. 3146411306 – central@concavas.com
IG: @concavas
www.**concavas.**com

INTRODUCCIÓN

En la vereda Las Lomitas sector Los Congojos del municipio de Sabaneta desde hace varios años atrás, se ha venido presentando un movimiento de masa de la ladera, que viene generando un alto riesgo para varias familias asentadas en el costado sur del movimiento de masa, sobre el cual existen más de 8 edificaciones. El desplazamiento de la masa de suelo ha afectado, además, la vía de acceso en placa huella, senderos peatonales y las redes de alcantarillado, poniendo en alto riesgo las edificaciones existentes.

El intenso y largo periodo de lluvias presentado en los primeros meses de este año, acelero el movimiento de masa aumentando el alto riesgo en que se encuentran las edificaciones existentes, afectando además, la vía de acceso y la destrucción total de un tramo de alcantarillado de aproximadamente 100 m. El avance del desplazamiento de la masa de suelo se aproxima cada vez más a las edificaciones existentes, las cuales desde los años 2011, vienen siendo afectadas por este movimiento de masa. De acuerdo con lo observado en el sitio durante las visitas realizadas, se puede afirmar que las causas del problema tienen que ver con los llenos antrópicos que conforman el talud, la acción continua de la corriente de agua de un caño sobre la base del talud y la saturación de los suelos debido a las prolongadas lluvias durante los últimos meses. El fenómeno presentado es típico, se presenta el desplazamiento de la masa de suelo hacia el caño, estrechándolo y disminuyendo la capacidad hidráulica de este. Una vez se presentan las lluvias con intensidades importantes y condiciones antecedentes de humedad altos, los caudales del caño aumentan al igual que su capacidad de arrastre, haciendo que el suelo depositado en el cauce sea lavado y transportado aguas abajo. Una vez el suelo depositado en la base del talud es arrastrado por la corriente de agua, se activa nuevamente el desplazamiento de la masa de suelos en el talud, aumentando los desplazamientos en la vía de acceso y remontando cada vez más hacia la ladera del costado sur sobre la vía y poniendo en riesgo varias edificaciones existentes.

Si bien en épocas pasadas se han realizado algunas obras de contención de carácter provisional y temporal como gaviones y trinchos en madera plástica, para evitar que el desplazamiento de la masa de suelo afecte las edificaciones, el problema se ha intensificado generando la destrucción total de un tramo de vía, la red de alcantarillado de aguas residuales y la obra de paso de la corriente de agua del pequeño caño a través de la vía.

Teniendo en cuenta que para evitar la afectación de las edificaciones o destrucción de las mismas y garantizar la estabilización de la ladera, la vía de acceso y red de alcantarillado se proyecta la construcción de una estructura de contención conforma por una pantalla de pilas sobre la margen derecha de la vía cuando se ingresa al sector Los Congojos, se requiere además proyectar sobre la margen izquierda del caño y a lo

largo de la base del talud una obra de protección conformada por un muro de gaviones y una estructura de cruce conformada por un canal rectangular y una tubería de 900 mm que garantice el paso de la corriente de agua del caño a través de la vía de acceso.

En el presente informe, se presenta el estado actual de la zona con todas las afectaciones, el estudio hidrológico e hidráulico del caño, para estimar los diferentes caudales con diferentes periodos de retorno y determinación de la sección hidráulica mínima para la obra transversal en la vía de acceso.

Se pretende con este informe técnico solicitar a la Autoridad Ambiental el Permiso de Ocupación de Cauce para las obras que se deberán construir de forma inmediata sobre el caño afluente a la Doña Ana en el sector Los Congojos, de tal forma que valide su adecuado funcionamiento hidráulico, permitiendo además la estabilización del movimiento de masa y la mitigación del riesgo para las edificaciones que hoy se encuentran amenazadas.

Para los estudios se realizaron visitas de campo y recolección de toda la información, como un levantamiento de del caño afluente a la quebrada Doña Ana en el sector Los Congojos aguas arriba y abajo del sitio de cruce con la vía, planos IGAC, estudios anteriores y características geomorfológicas e hidráulicas del sector.

El estudio hidrológico partirá de la definición de todos los parámetros geomorfológicos para obtener caudales máximos por las diferentes metodologías de cálculo (Método Racional Chow, Racional en función del CN, Williams y Hann, Snyder AEI, Integral, CUHP 1 y CUHP 2). Con estos resultados de caudales de 2.33, 5, 10, 25, 50 y de 100 años servirán para realizar la modelación hidráulica del tramo de quebrada en estudio.

Para la modelación hidráulica se utilizará un programa muy conocido en el medio denominado el HEC–RAS. Este es un software del centro de Ingeniería Hidrológica del Cuerpo de Ingenieros de la armada de los Estados Unidos. Con los resultados del programa se definirán los niveles de máxima inundación para un periodo de retorno de 2.33, 5, 10, 25, 50 y 100 años.

Adicionalmente, se realizará un estudio Geotécnico, para tener un conocimiento de las características y aspectos geotécnicas del suelo, y unas recomendaciones para la fundación de la estructura proyectada en el sitio de estudio.

Se presenta en las páginas siguientes todos los trabajos realizados y que corresponden básicamente a los siguientes puntos.

- Se realizó un levantamiento del tramo de caño afectado.
- Registro fotográfico del sitio de estudio.
- Estudio de suelos.

- Estudio hidrológico para la determinación de los caudales máximos por las metodologías de Snyder, Racional y William y Hann
- Modelación hidráulica de las condiciones actuales y proyectadas con el programa HEC RAS.
- Diseño hidráulico de las obras proyectadas.
- Diseño Estructural de la obra o estructura hidráulica proyectada.

1. GENERALIDADES.

A continuación, se hace una breve descripción de la zona en estudio y las condiciones actuales en relación con su topografía, climatología, temas ambientales y recursos hídricos.

1.1. Localizacion General.

El Municipio de Sabaneta está situado al sur del Valle de Aburrá del Departamento de Antioquia, en la República de Colombia e integra el Área Metropolitana del Valle de Aburrá.
El municipio se encuentra localizado en la posición georeferenciada bajo las siguientes coordenadas: 6°, 9´ y 12", de Latitud Norte y 75°, 34´ y 08" de Longitud Oeste del Meridiano de Greenwich y 1°, 32´, 18" de Longitud Este, de acuerdo con el Meridiano de Bogotá. Su altura sobre el nivel del mar es de 1.570 metros en su parte urbana.
El Municipio está ubicado a 14 Km de Medellín con vías de acceso que lo comunican con esta ciudad como: La Avenida El Poblado, Las Vegas y la Regional. Su transporte más significativo es el Sistema Metro. Así mismo, lo bordea la Troncal Occidental, la cual le permite la comunicación con el sur del departamento y el país.
Es un territorio que posee grandes elevaciones, donde sobresalen alturas que superan los 2.500 msnm. Se destacan los altos de Piedra Blanca en la Romera (2.650 msnm), la Cuchilla de Santa Teresa (2.200 msnm.), Pan de Azúcar, la Siberia y el Ancón. Por su situación geográfica, el territorio pertenece al régimen de clima ecuatorial, con leves cambios de temperatura y períodos de lluvias. La precipitación promedio anual es de 2.277 mm y la humedad relativa es del 68%.



Figura N.° 1. *Ubicación del municipio de Sabaneta dentro del Departamento de Antioquia.*

1.2. Localización Área de Estudio.

El tramo del Caño afluente a la quebrada Doña Ana en estudio, se encuentran ubicada en la zona rural del municipio de Sabaneta, en sector Los Congojos de la vereda Las Lomitas.

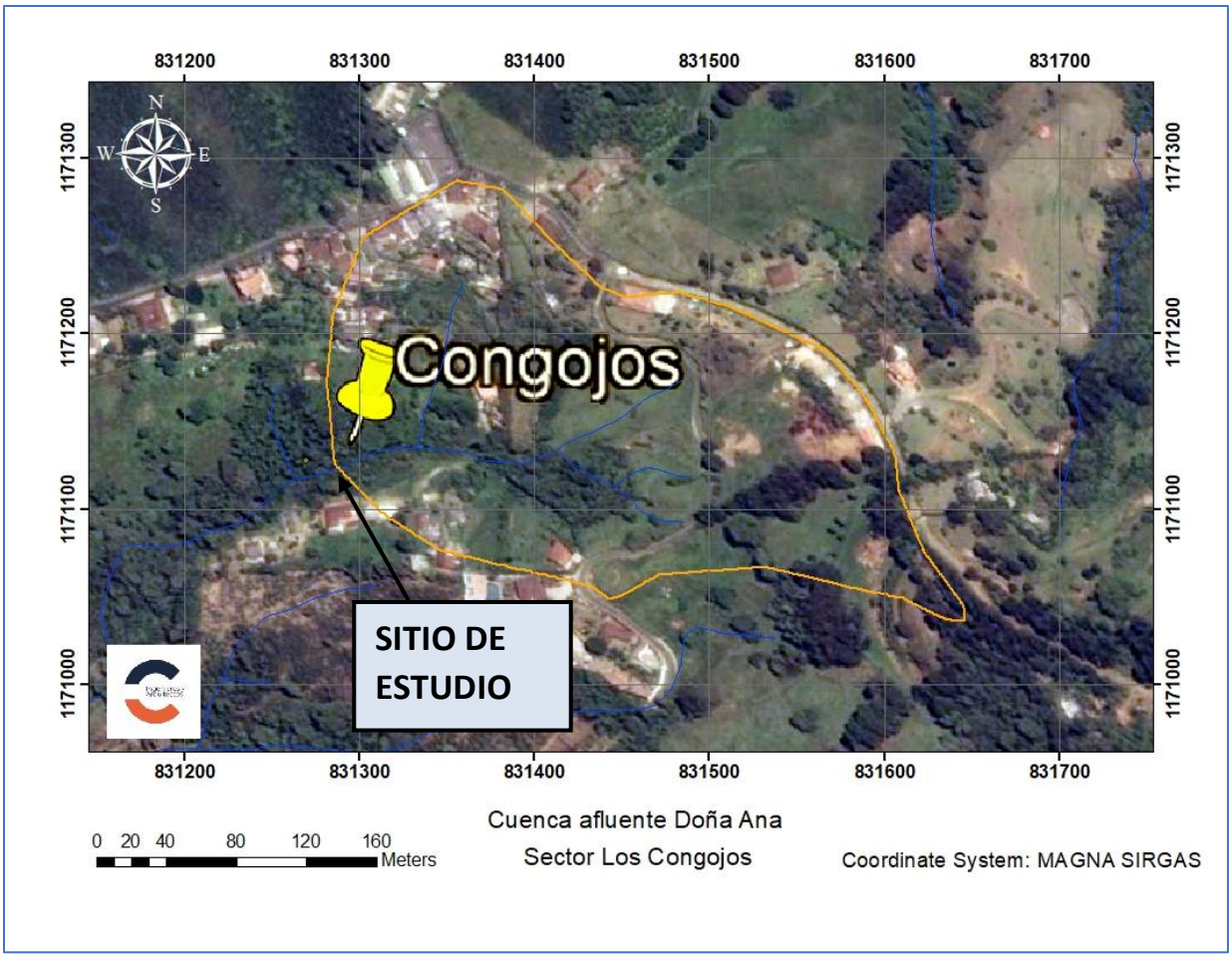


Figura N.° 2. *Localización del proyecto* ***(Imagen tomada del Gooale Earth)***

1.3. Levantamiento topografico.

Se realizó un levantamiento de un tramo de 216.86 m del caño afluente a la quebrada Doña Ana, ubicado en el sector Los Congojos vereda Las Lomitas. En este sitio es donde se deberán realizar los estudios para proponer una estructura de cruce en la quebrada y una estructura de protección en la margen izquierda de la quebrada, con el objeto de atender la Calamidad Pública y garantizar la estabilidad de los taludes y obra de cruce en la quebrada, de tal manera que no afecten la dinámica de la quebrada.

Estos estudios son necesarios para legalizar las obras y obtener los permisos de ocupación de cauce ante la Entidad Ambiental.

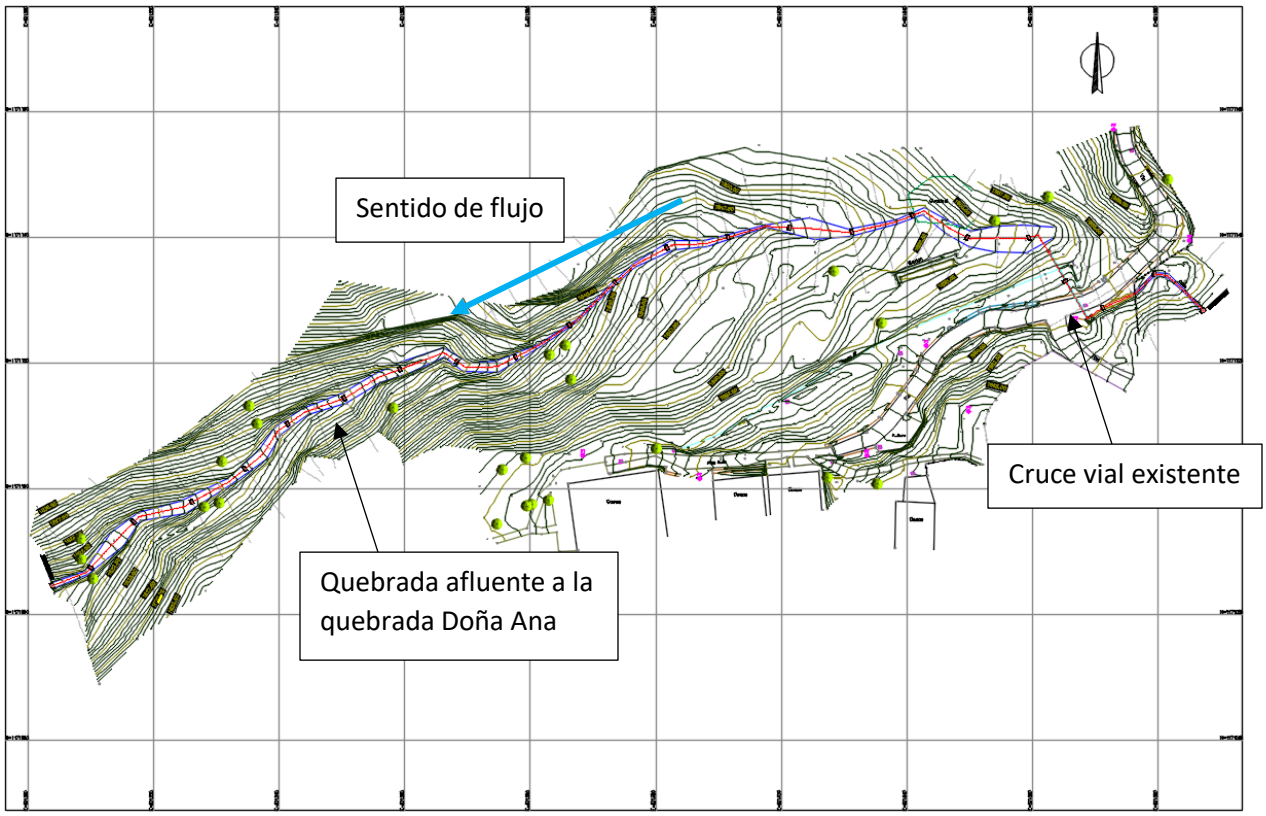


Figura N.° 3. *Esquema de la topografía levantada*

1.4. Clima.

La microcuenca del afluente a la quebrada Doña Ana está bajo la influencia del clima ecuatorial típico de montaña. Las precipitaciones promedias mensuales en la estación pluviográfica predominante en el sector (Estación Planta de Tratamiento Ayurá) se puede apreciar en la Tabla 1.

Tabla 1. Precipitación promedia mensual. Estación Planta de Tratamiento Ayurá.

MES	PRECIPITACIÓN PROMEDIA MENSUAL (mm)
Enero	75.6
Febrero	75.7
Marzo	125.2
Abril	183.1
Mayo	218.2
Junio	145.7
Julio	118.1
Agosto	138.0
Septiembre	196.7
Octubre	227.6
Noviembre	171.0
Diciembre	121.9
Anual	**1796.8**

De acuerdo con la tabla anterior, se pueden apreciar períodos secos y lluviosos marcados. Un valle muy pronunciado en la época seca entre los meses de enero y febrero y uno no tan marcado entre los meses de junio, julio y agosto, siendo el mes de julio el más seco de estos últimos. Los dos períodos lluviosos comprenden los meses de abril-mayo y septiembre-octubre, siendo mayor la cantidad de las lluvias en mayo y octubre, casi el triple que el mes más seco.

1.5. Geología Regional.

1.5.1. Unidades Litológicas[1].

En el Municipio de Sabaneta afloran tres unidades litológicas pertenecientes al Complejo Polimetamórfico de La Cordillera Central, y varios depósitos cuaternarios de origen aluvial y coluvial.

[1] *Tomada de Zonificación del Área Metropolitana y caracterización de zonas de amenaza geológica del área rural del Municipio de Sabaneta (Universidad Nacional. 1.994).*

- Esquistos Cuarzo-sericíticos (Pzes): Conformada principalmente por esquistos cuarzo sericíticos con grafito, algunas cuarcitas y cuerpos de anfibolitas sin granates y dispuesta en forma alargada con dirección NW, atravesando de extremo a extremo el municipio y abarcando un área de 5.8 Km2 comprendida entre los límites municipales con Envigado e Itagüí al SE y la falla La Doctora (al Oeste) que marca el contacto entre esta unidad y los cuerpos de diorita y anfibolita que afloran al oeste y suroeste del municipio, en límites con Caldas, Itagüí y La Estrella.
- Esquistos cuarzo-biotíticos y neises migmatiticos (Penm y Pees): Esta unidad está delimitada por la falla La Doctora, el cuerpo de las anfibolitas de Medellín y la Cuchilla de El Muñeco. Esta unidad abarca una extensión aproximada de 2.8 Km2. Su composición incluye esquistos biotíticos compuestos por silimanita y andalucita, así mismo, neises migmatíticos y cuerpos pegmatíticos. Los neises y las pegmatitas presentan una notable diferencia composicional con respecto a los esquistos, mostrando minerales con mayor temperatura de formación como silimanita, ausencia de grafito y abundante biotita.
- Anfibolitas de Medellín (Pea): Este cuerpo está limitado al norte y al occidente por depósitos cuaternarios (Qa) y al sur por los esquistos biotíticos (Penm). Dentro de la zona de estudio comprende un área de 2.9 Km2. Dadas sus características petrográficas, estas rocas han sido correlacionadas con la Anfibolita de Medellín.

1.5.2. Depósitos superficiales.

Localmente, los depósitos superficiales de la zona están cubiertos por cenizas volcánicas, alcanzando espesores promedios de 1.00 m. Se caracterizan por presentar coloraciones claras compuestas por partículas de tamaño limo, sobre las cuales se desarrolla un nivel orgánico que alcanza espesores promedios de 0.70 m.

- Depósitos de vertiente sobre anfibolita (Qdv): Localizados al nordeste del municipio, al norte del cuerpo anfibolítico y extendiéndose hasta los depósitos aluviales del Río Medellín y la Quebrada La Doctora.
- Depósitos de vertiente sobre esquistos (Qdv): Localizados al nordeste del municipio, cubren la parte media y media baja de las cuencas objeto de estudio, y se extienden hasta empalmarse con los depósitos aluviales de la Quebrada La Doctora.
- Abanico aluvial de la Quebrada La Doctora (Qal): El carácter torrencial de la Quebrada La Doctora dio origen a un abanico aluvial sobre el que se ubica la parte céntrica del área urbana del Municipio de Sabaneta, y que se inicia en cercanías a la Urbanización Las Playas, conformando un depósito extenso caracterizado por presentar pendientes medias a bajas.
- Abanico aluvial de la Quebrada Grande (Qal): Este abanico está situado al noroeste de la cabecera municipal, se prolonga en sentido oeste – este desde

Ancón en frente del lugar donde desemboca la Quebrada Grande al Río Medellín.

- Terrazas aluviales del Río Medellín (Qt): La trayectoria del Río Medellín en la zona de estudio ha configurado dos niveles de terrazas ubicadas en la parte noreste del municipio formando franjas alargadas en dirección al este.

Depósitos aluviales de las Quebradas La Doctora y la Sabaneta (Qal): Se ubican en el costado oeste del municipio y corresponden a depósitos más recientes que los anteriormente descritos, a los cuales probablemente los cauces que le dieron origen retrabajaron y separaron.

1.5.3. Rasgos estructurales.

Dos fallas atraviesan las rocas dentro del área de estudio, la falla Ancón y la falla La Doctora.

La falla de Ancón recorre la zona con una dirección N50°W, cartografiada desde la cabecera de la Quebrada La Romera hasta Ancón Sur y evidenciada dentro de la zona de estudio por cambios fuertes de pendientes y silletas alineadas.

La falla La Doctora que controla la quebrada del mismo nombre, tiene una dirección N45°W, paralela a la falla Ancón, tiene un recorrido aproximadamente recto de 2.5 Km desde aguas abajo de la confluencia de dicha quebrada con la Quebrada Buenavista. En este tramo los afluentes del lado norte se encuentran notablemente distorsionados

1.5.4. Procesos geomorfológicos.

- Procesos erosivos naturales: Los principales procesos erosivos son: Erosión fluvial, erosión lineal o profundización del cauce, socavación lateral (producida en las orillas de ríos, quebradas y drenajes secundarios por el desgaste lateral de los cauces de agua), erosión por escorrentía, erosión concentrada (surcos y cárcavas), movimientos de masa (reptación y deslizamientos).
- Procesos erosivos antrópicos: Erosión acelerada localizada por sobrepastoreo, reptación, aumento de la escorrentía por la deforestación, eliminación de desechos aguas residuales y basuras y por el impacto de obras civiles y urbanización. Dichos problemas originan o aceleran procesos como terraceo por el sobrepastoreo, formación de surcos y cárcavas, deslizamientos puntuales, entre otros.

1.6. Localización de la cuenca.

La microcuenca del caño afluente a la quebrada Doña Ana, este cauce nace en predios de la vereda Las Lomitas y desemboca sobre la margen derecha de la quebrada Doña Ana que a su vez desemboca en sobre la margen derecha de la quebrada La Doctora quebrada

El Caño en estudio está localizada en la zona rural del municipio de Sabaneta, en el sector Los Congojos vereda Las Lomitas.

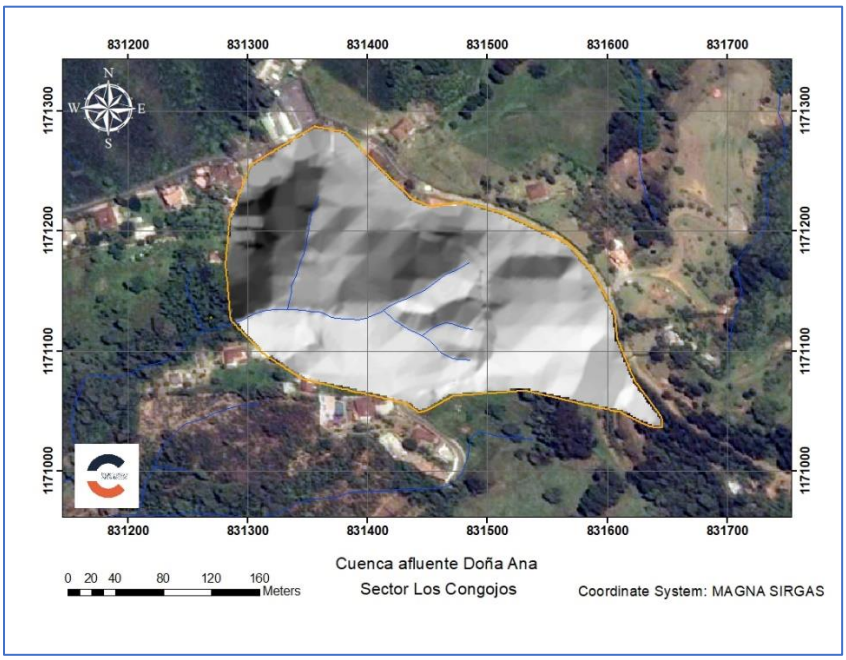


Figura N.° 4. *Cuenca Hidrográfica de la quebrada afluente a la Doña Ana*

1.7. Información Disponible

Los planos consultados y trabajados para el estudio corresponden a la plancha 311, en escala 1:2000., correspondiente a la información cartográfica existente en el IGAC y en Planeación Municipal

Igualmente se realizó visitas para recopilar toda la información necesaria para realizar los estudios pertinentes.

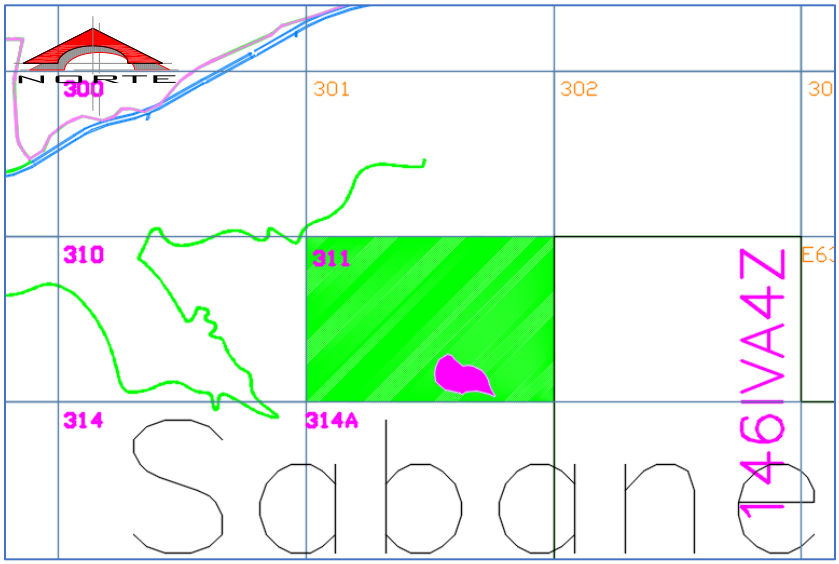


Figura N.° 5. *Planchas de la base de datos SIGMA utilizadas en la zona.*

2. SITUACIÓN ACTUAL DE LA ZONA.

2.1. Descripción de las condiciones encontradas en el sitio critico, caño afluente a la quebrada Doña Ana Sector Los Congojos vereda Las Lomitas.

En las páginas siguientes se presenta un registro fotográfico donde se observan las condiciones actuales del cauce del caño afluente a la quebrada Doña Ana en el sector Los Congojos del municipio de Sabaneta, desde hace varios años atrás, se ha venido presentando un movimiento de masa de la ladera que ha afectado la vía terciaria en placa huella, senderos peatonales y las redes de alcantarillado.

A continuación, se mostrará la localización del sitio a intervenir, así como un registro fotográfico con las condiciones del sitio antes de las intervenciones realizadas.



Fotografía N° 1. Detalle de la afectación de vía terciaria acceso a vereda Las Lomitas, donde viene presentándose un movimiento de masa de la ladera.



Fotografía N° 2. Este movimiento de masa ha afectado además de la vía los taludes, placas huellas que conforman la vía, senderos peatonales y red de alcantarillado



Fotografía N° 3. Detalle general de la afectación del talud aguas abajo de la vía y afectación de la red de Alcantarillado residual.



Fotografía N° 4.. El intenso y largo periodo de lluvias presentado en los primeros meses de este año, el movimiento de masa se aceleró aumentando los daños en la vía de acceso y la destrucción total de un tramo de alcantarillado de aproximadamente 100 m.



Fotografía N° 5. Una vez se presentan las lluvias con intensidades importantes se presenta el desplazamiento de la masa de suelo hacia el caño, estrechándolo y disminuyendo la capacidad hidráulica de este.



Fotografía N° 6. las causas del problema tienen que ver con los llenos antrópicos que conforman el talud, la acción continua de un caño sobre la base del talud y la saturación de los suelos debido a las prolongadas lluvias durante los últimos meses.



Fotografía N° 7. Se observa el desplazamiento de la masa de suelo, ocasionado por la presencia de llanos antrópicos, las causas del problema tienen que ver con los llenos antrópicos que conforman el talud, la acción continua de un caño sobre la base del talud y la saturación de los suelos debido a las prolongadas lluvias durante los últimos meses.



Fotografía N° 8. Vista general de la afectación de la placa huella que conforman la vía. Este movimiento en masa ha afectado casi la totalidad del tramo de estudio.



Fotografía N° 9. Vista general del cauce del caño aguas arriba del sitio de cruce actual una caja con dos tuberías mellizas de 300 mm.



Fotografía N° 10. Detalle del cauce de la quebrada antes de entrar a la obra de cruce existente. Nótese como la mayoría de la vegetación que conforma el retiro del pequeño Caño son en general pastos y malezas.



Fotografía N° 11. Nótese como sobre las márgenes y retiros de la quebrada se observan vegetación como guaduas, pero no se nota un cauce definido del caño.



Fotografía N° 12. Vista general del sitio de cruce del caño con la vía terciaria que permite el acceso a parte del sector Los Congojos vereda Las Lomitas.



Fotografía N° 13. Vista del cauce aguas arriba de la obra de cruce, no se observa un caudal importante ene l caño.



Fotografía N° 14. El cauce pasa por unas guaduas, sin observarse un cauce bien definido.



Fotografía N° 15. El agua del caño antes de llegar al cruce sobre la vía es recogido por la cuneta que hace parte de la vía terciaria debido a la falta de una obra hidráulica bien definida con unas obras de entrada y salida.



Fotografía N° 16. Nótese como paralelo a la vía terciaria se conforma un cauce para posibilitar el ingreso a este una caja que luego continua con dos tuberías de 300 mm mellizas que permiten el cruce del a corriente en lapso en la vía.



Fotografía N° 17. Detalle de la vía terciaria donde desde hace varios años se viene presentando un movimiento de masa de la ladera que ha afectado esta vía, senderos



Fotografía N° 18. Detalle del sitio de cruce sobre la placa huela que conforma la vía terciaria. El intenso y largo periodo de lluvias presentado en los primeros meses de este año, aceleró el movimiento de masa, aumentando los daños en la vía de acceso.



Fotografía N° 19. Detalle de la obra de cruce, nótese como las aguas son recogidas en parte por la cuneta de la vía ante la falta de una obra adecuada de cruce. Una vez se presentan las lluvias con intensidades importantes, los caudales del caño aumentan al igual que su capacidad de arrastre, haciendo que el suelo depositado en el cauce sea lavado y transportado hacia el talud aguas abajo, activando más el desplazamiento de la vía



Fotografía N° 20. Detalle de la poceta que recoge las del caño y de la vía y las lleva hacia las tuberías mellizas que permiten el cruce de la corriente de agua.



Fotografía N° 21. Detalle de la poceta y de las dos tuberías de 300 mm que permiten el cruce de la corriente de agua.



Fotografía N° 22. Detalle del cauce del caño, una vez la corriente cruza por la obra de paso. una vez se presentan las lluvias con intensidades importantes, los caudales del caño aumentan al igual que su capacidad de arrastre, haciendo que el suelo depositado en el cauce sea lavado y transportado aguas abajo.



Fotografía N° 23. Detalle del canal natural de la quebrada aguas abajo del sitio de cruce



Fotografía N° 24. Cauce del caño aguas abajo del sitio de cruce, se observa una cobertura en su mayoría compuesta por pastos.



Fotografía N° 25. Detalle del cauce del caño, nótese lo pequeño. Hacia aguas abajo presenta buenos retiros además de una cobertura compuesta en su mayoría de pastos.



Fotografía N° 26. Aguas bajo del sitio de cruce se puede observar los taludes de la margen izquierda con desplazamiento de la masa de suelos, que aumentan los desplazamientos en la vía de acceso y remontando cada vez más hacia la ladera y poniendo en riesgo varias edificaciones existentes.



Fotografía N° 27. Detalle del canal existente aguas abajo del sitio o tramo de estudio presenta unos buenos retiros y buena cobertura vegetal.

2.2. Comentarios del registro fotográfico.

- El intenso y largo periodo de lluvias presentado en los primeros meses de este año, el movimiento de masa se aceleró aumentando los daños en la vía de acceso y la destrucción total de un tramo de alcantarillado de aproximadamente 100 m. De acuerdo con lo observado en el sitio durante las visitas realizadas, se puede afirmar que las causas del problema tienen que ver con los llenos antrópicos que conforman el talud, la acción continua de un caño sobre la base del talud y la saturación de los suelos debido a las prolongadas lluvias durante los últimos meses. El fenómeno presentado es típico, se presenta el desplazamiento de la masa de suelo hacia el caño, estrechándolo y disminuyendo la capacidad hidráulica de este, una vez se presentan las lluvias con intensidades importantes, los caudales del caño aumentan al igual que su capacidad de arrastre, haciendo que el suelo depositado en el cauce sea lavado y transportado aguas abajo. Una vez el suelo depositado en la base del talud es arrastrado por la corriente de agua, se activa nuevamente el desplazamiento de la masa de suelos en el talud, aumentando los desplazamientos en la vía de acceso y remontando cada vez más hacia la ladera sobre la vía y poniendo en riesgo varias edificaciones existentes.
- Si bien en épocas pasadas se han realizado algunas obras de contención de carácter provisional y temporal como gaviones y trinchos en madera plástica, el problema se ha intensificado generando la destrucción total de un tramo de vía, la red de alcantarillado de aguas residuales y la obra de paso de la corriente de agua del pequeño caño a través de la vía.

- Como se pudo observar en las fotografías anteriores, el caucel del Caño afluente a la quebrada Doña Ana en la zona de estudio, presenta una incapacidad de la estructura existente conformada por unas tuberías mellizas de 300 mm, lo que hace que el agua pase por encima. Esta quebrada es un cauce con una corriente de agua, con una capacidad de arrastre de material sólido del fondo del caño y taludes debido a que están conformados por llenos antrópicos, como se evidencia en el material que se observa en los taludes.
- Para la estabilización de la ladera y principalmente de la vía de acceso y red de alcantarillado se proyecta la construcción de una estructura de contención conforma por una pantalla de pilas sobre la margen derecha de la vía cuando se ingresa al sector Los Congojos, se requiere además proyectar sobre la margen izquierda del caño y a lo largo de la base del talud una obra de protección conformada por un muro de gaviones

- Los continuos cambios de usos del suelo, la construcción improvisada de estructuras hidráulicas como las existentes, hacen que en épocas de invierno se aumente la amenaza de desbordamiento e inundación por parte de la quebrada a todo lo largo del tramo de estudio

- Este estudio es realizado básicamente para solicitar la ocupación de cauce de una estructura hidráulica que servirá para garantizar el transito normal de la quebrada en el tramo de estudio, ubicado en el sector Los Henao del municipio de Sabaneta. Se presenta a continuación el estudio hidrológico e hidráulico que permitirá determinar la cota de máxima inundación de la quebrada y la ubicación de la obra.

3. ESTUDIO HIDROLOGICO.

Este estudio es fundamental para obtener la creciente de diseño de una corriente superficial, teniendo en cuenta las características físicas o morfológicas de una hoya hidrográfica, la precipitación de la zona, la infiltración y el uso de algunos métodos hidrológicos que sirven para determinar la escorrentía superficial ó la creciente de diseño que transita por un cauce de una quebrada o río, teniendo en cuenta paralelamente la intensidad, frecuencia y duración de la lluvia.

El diseño hidrológico para el control de aguas está relacionado con la mitigación de los efectos adversos causados por caudales altos o crecientes. Se considera que una creciente es cualquier caudal alto que desborde los terraplenes ya sean artificiales o naturales a lo largo de la corriente. Las magnitudes de las crecientes están descritas por sus caudales, sus elevaciones y sus volúmenes, cada uno de estos factores son importantes en el diseño hidrológico de diferentes tipos de estructuras para el control de flujo. En este caso el diseño corresponde a una evaluación de un tramo de cauce del caño afluente a la quebrada Doña Ana en el sector Los Congojos en el municipio de Sabaneta, cuyo principal objetivo es proyectar una obra para posibilitar el paso de estas aguas, y unas obras de protección del talud que conforma el cauce sobre la margen izquierda, estas obras se deben construir de forma inmediata, de tal forma que valide su adecuado funcionamiento hidráulico y de estabilidad.

Para el cálculo de diseño en este tipo de obras es usual considerar periodos de retorno entre 50 a 100 años, obteniéndose caudales altos que requieren estructuras con secciones hidráulicas considerables que impliquen mayores costos de construcción, pero que minimicen las pérdidas humanas y materiales sustancialmente. Otro criterio para considerar es el criterio de riesgo, que consiste en el riesgo que se desea asumir en el caso de que la obra llegase a fallar dentro de su tiempo de vida útil de la obra, el cual se considera en este caso debido a la importancia de este tipo de obras de 50 años.

Luego la probabilidad de ocurrencia K dentro de n años la vida útil de la obra o riesgo permisible para un periodo de retorno de T esta dado por:

- K= 1-(1-1/T)n para n=50 años y T= 100 años

- K= 0.395 =39.5%

Esto significa que la posibilidad de excedencia de que el caudal determinado sea superado durante la vida útil de la estructura (50 años) es del 39.5%. Probabilidades menores originan obras más costosas que usualmente son difíciles de construir.

Se describe a continuación, algunas metodologías usadas en el presente estudio para la determinación de la creciente de diseño.

3.1. Cálculos de Caudales Máximos.

Se describe a continuación, algunas metodologías usadas en el presente estudio para la determinación de la creciente de diseño.

3.1.1. Método De Snyder.

Este método fue desarrollado en los Estados Unidos en cuencas localizadas en la región montañosa de los Apalaches y con áreas de drenaje entre 10 y 10000 millas cuadradas. Fue utilizado en el "Estudio Hidrológico del Valle de Aburrá" calibrando algunos de sus coeficientes básicos (Cp y Ct), con base en crecientes registradas en el Río Pantanillo y la Quebrada Las Palmas. Sin embargo, las ecuaciones fundamentales en las que se basa el método son el resultado de generalizaciones hidrológicas en otras latitudes.
Una componente muy importante para la determinación del caudal pico, es la determinación de la retención superficial del suelo, la cual afecta el cálculo del volumen de escorrentía directa resultante de la tormenta, y por lo tanto afecta el valor del caudal pico resultante.

3.1.2. Método Racional.

En este método los efectos de la lluvia y del tamaño de la cuenca son considerados en la expresión explícitamente y otros procesos son considerados implícitamente en el tiempo de concentración y el coeficiente de escorrentía. El almacenamiento temporal y las variaciones espacio-temporales de la lluvia no son tenidos en cuenta, concluyéndose debido a ésto que el método debe dar buenos resultados sólo en cuencas pequeñas no mayores de 2.5 Km^2, aunque en algunos textos se habla de áreas menores o iguales a 50 Km^2. La intensidad es obtenida de las curvas I-F-D para una lluvia con una duración igual al tiempo de concentración Tc.

De acuerdo al libro de hidrología de Antioquia, debido a que el almacenamiento temporal y las variaciones espacio-temporales de la lluvia no son tenidos en cuenta en los cálculos, se concluye que el método debe dar resultados solo en cuencas pequeñas no mayores de 50 km^2, es así como en este libro se han calculado por esta metodología en varias regiones de Antioquia. *Ver páginas 73 a 79 del libro de hidrología de Antioquia.*

De acuerdo con el Manual de Drenaje para carreteras del Instituto Nacional de Vías, este método Racional se debe aplicar cuando se analicen obras de drenaje cuyas áreas de drenaje sean menores o iguales a 2.5 km^2.

Así mismo, en el Manual de Drenaje para Carreteras, se describe el método racional y se aclara que existen discrepancias entre los diferentes autores sobre el rango de aplicabilidad del método en relación con el área de drenaje de las Hoyas hidrográficas; es así como valores entre 0.65 y 12.5 km^2 han sido citados en la literatura técnica.

Mc Pherson señaló las limitaciones más importantes que tiene esta metodología:

- El método proporciona solamente un caudal pico, no el hidrograma de creciente.
- El método racional asume que la escorrentía es directamente proporcional a la precipitación (sí duplica la precipitación, la escorrentía se duplica también). En la realidad esto no es cierto, pues la escorrentía depende también de muchos otros factores tales como precipitaciones antecedentes, condiciones de humedad del suelo, etc.
- El método asume que el período de retorno de la precipitación y el de la escorrentía son los mismos, lo que no es cierto. La precipitación es filtrada por la cuenca para producir escorrentía y ese filtro no es lineal. La transformación de precipitación en escorrentía se ve afectada por las características de la cuenca, el estado de la cuenca al momento de la lluvia y otros factores. Por ejemplo, precipitaciones con períodos de retorno pequeños pueden producir caudales con períodos de retorno mayores, debido a las condiciones de humedad de la cuenca en el momento en que ocurra la tormenta.
- El coeficiente de escorrentía depende en gran medida de las condiciones de humedad antecedente de la cuenca, que a su vez dependen de las tormentas que hayan ocurrido antes.

3.1.3. Método de Williams y Hann.

El modelo de Williams y Hann es un método de simulación de fenómenos hidrológicos que tiene como objetivo reproducir lo más fielmente posible los procesos físicos que ocurren en una cuenca mediante expresiones matemáticas que representan las relaciones existentes entre estos fenómenos y las respuestas de la cuenca.

Este modelo proporciona la hidrógrafa unitaria instantánea, lo que implica que la duración de la lluvia asociada con ella es muy corta, por lo que se recomienda asumir lluvias de duración pequeñas, comparadas con el tiempo al pico. Para construir la hidrógrafa unitaria se requiere conocer los dos parámetros de la cuenca: tp y k, que son incluidos en las ecuaciones que dan la forma de la hidrógrafa. El parámetro tp representa el tiempo al pico desde el inicio de la lluvia y k es la constante de recesión de la cuenca. En este método, los tiempos al pico son pequeños en magnitud, como es de esperarse en cuencas montañosas, por ser de tiempos de concentración cortos.
Las ecuaciones de k y tp son de la forma que intuitivamente deben tener:

- Aumentan con el área.
- Disminuyen con la pendiente.
- Aumentan con la relación largo-ancho.

3.2. Parámetros Geomorfológicos.

3.2.1. Preliminares.

Los parámetros Geomorfológicos del caño Afluente a la quebrada Doña Ana en el sector Los Congojos son considerados hasta el punto de control. La información fue extraída de los planos del IGAC (Plancha 311 en escala 1:2000) imágenes satelitales, después de haber definido la línea divisoria de aguas. (Ver figura y plano anexo).

La delimitación de una Cuenca Hidrográfica se realiza a partir de restituciones cartográficas y fotogramétricas, y para ello se deben seguir las reglas básicas que se mencionan a continuación:

- La divisoria de aguas pasa por los puntos más altos de las cordilleras, cruzando los valles que estas delimitan.
- Su delimitación comienza en el punto de concentración y se continúa a cada lado de este punto con líneas siempre perpendiculares a las curvas de nivel.
- La divisoria de aguas nunca debe interceptar los cauces naturales.
- Imagine una gota de agua cayendo sobre el mapa, sí la gota llegara al punto de concentración, esta área debe pertenecer a la Cuenca.

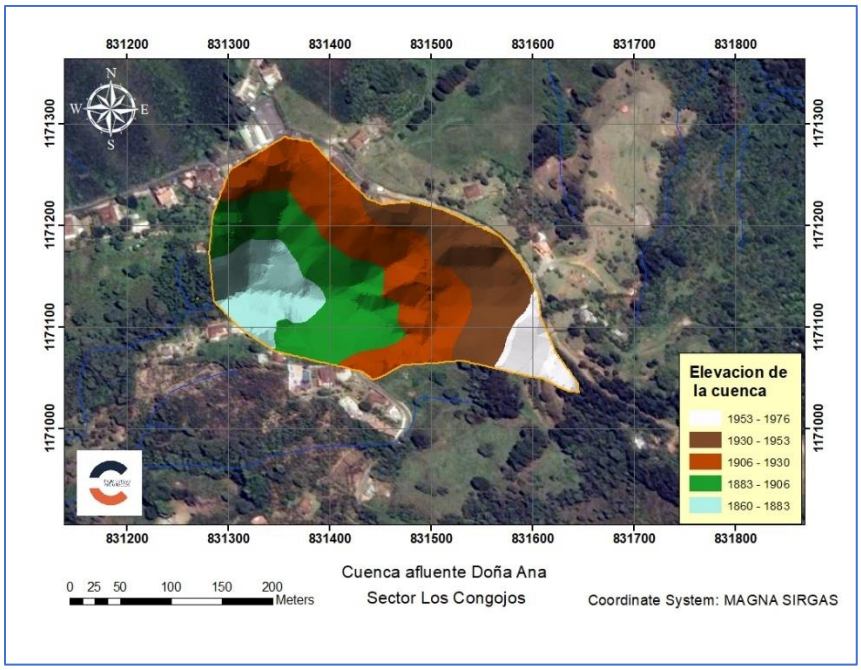


Figura N.° 6. Calculo área cuenca de la cuenca hasta el punto de control

3.2.2. Área de la Cuenca (A).

Superficie total de drenaje definida por la divisoria de aguas. De gran importancia porque existe una relación directamente proporcional entre este parámetro y la magnitud del caudal de respuesta de la cuenca.

3.2.3. Longitud del Cauce Principal (L).

Distancia horizontal entre el nacimiento del cauce principal y un punto sobre el cauce en la salida de la cuenca.

3.2.4. Perímetro de la Cuenca (P).

Longitud total de la línea de divisoria de guas que define la cuenca.

3.2.5. Ancho de la Cuenca (W).

Definida como la relación entre el área de la cuenca y su longitud.

Donde: W: Ancho de la cuenca
A: Área de la cuenca (Km^2)
L: Longitud del cauce principal (Km)

3.2.6. Coeficiente de Compacidad o de Gravelius (K).

Definido como la relación entre el perímetro de la cuenca y el perímetro de un círculo de igual área a la de la cuenca.

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

donde: P: Perímetro de la Cuenca (Km)
A: Área de la cuenca (Km2)

Luego se tiene:

El coeficiente de Gravelius define la forma de la cuenca. Estas formas, están estandarizadas según convenio COL 88/010 de la forma como se relacionan en la Tabla 1.

***Tabla 2:** Rangos para el Índice de Compacidad o de Gravelius.*

RANGO		FORMA
De	A	
	< 1	Redonda
1	1.24	Oval-redonda
1.25	1.50	Oval-oblonga
1.50	1.75	Rectangular-oblonga
> 1.76		Alargada

Según esta definición, la cuenca es Oval- redonda, ya que el valor del coeficiente de compacidad es 1.22 para el área en estudio.

3.2.7. Orden del Cauce Principal.

Para la determinación de este parámetro se siguió la definición de Horton de orden de cauce, que dice que los canales de primer orden son aquellos que no poseen tributarios. Cuando se unen canales de igual orden, forman un canal de orden inmediatamente superior. Según esta definición el orden de la cuenca hasta el punto de control es 2.

3.2.8. Densidad de Drenaje.

Definida como la relación entre la longitud total de los cauces de la cuenca y la superficie total de drenaje. Se puede expresar como:

Donde:

$$D_{\Omega} = \frac{\sum L_i}{A}$$

DΩ: Densidad de drenaje (Km/Km2)
Li: Longitud de los cauces de cada orden (Km)
A: Área de la cuenca (Km2)

Valores bajos de DΩ generalmente están asociados con regiones de alta resistencia a la erosión, muy permeables y de bajo relieve. Valores altos fundamentalmente son encontrados en regiones de suelos impermeables con poca vegetación y de relieve montañoso.

3.2.9. Longitud recta desde el punto de control hasta la divisoria de aguas.

Esta longitud es la medida en línea recta desde el punto de control hasta la divisoria de aguas de la cuenca.

3.2.10. Longitud a lo largo del cauce desde el punto de control hasta el Centroide de la Cuenca.

Esta longitud es la medida desde el punto de control hasta el centroide de masa (proyección plana) de la cuenca, tomada a lo largo del cauce principal.

3.2.11. Pendiente promedio de la cuenca.

Para el cálculo de la pendiente promedio de la cuenca se obtiene a partir de las pendientes de la cuenca en estudio, según mapa realizado con el programa ARCGIS, donde se pudo se observar diferentes rangos de valores. La pendiente promedia es de 43.16 % para la quebrada hasta el punto de control.

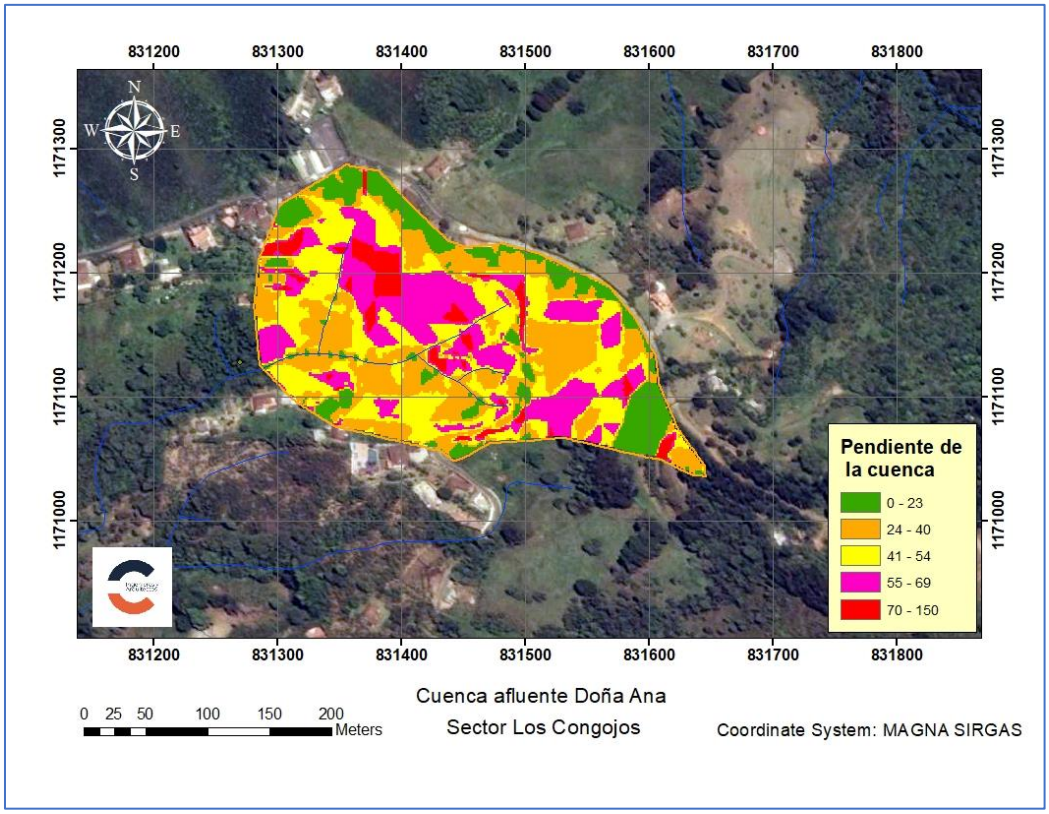


Figura N.° 7. Calculo pendiente de la cuenca hasta el punto de control

3.2.12. Resultados.

En la Tabla 2, se puede apreciar un resumen general de todos los parámetros geomorfométricos de la cuenca hasta el punto de control.

Tabla 3: *Parámetros morfométricos de la cuenca hasta el punto de control.*

DESCRIPCIÓN	VALOR	UNID.
Área	0.053516	km²
	0.02066	mi²
Perímetro de la cuenca	1.0060	km
	0.625	mi
Ancho de la Cuenca	0.124	km
	0.148	mi
Longitud de la Cuenca	0.4330	km
	0.269	mi
Longitud del Cauce Principal (L)	0.2240	km
	0.1392	mi
Longitud al Centroíde	0.1730	km
	0.1075	mi
Longitud recta desde punto de control a sitio más alejado de la cuenca	0.3700	km
	0.230	mi
Longitud total de los cauces	0.4520	km
	0.281	mi
Cota nacimiento Cauce	1922.00	msnm
	6305.77	pies
Cota inferior Cauce o punto de control	1843.00	msnm
	6046.59	pies
Cota Superior Cuenca	1977.00	msnm
	6486.22	pies
Cota Inferior Cuenca	1843.00	msnm
	6046.59	pies
Gradiente promedio del Cauce	79.00	m
	259.19	pies
Gradiente promedio de la Cuenca	134.00	m
	439.63	pies
Pendiente promedia del Cauce Principal	35.27%	-
Pendiente media de la Cuenca	43.16%	
Coeficiente de Compacidad o de Gravelius (K)	1.2267	-
Orden del Cauce Principal	2	
Densidad de Drenaje	8.4461	km/km²

Las características físicas de una cuenca son elementos de gran importancia en el comportamiento y la respuesta hidrológica de la misma, de ahí que la determinación de ellas sea de gran utilidad práctica. Generalmente los caudales crecen en proporción al área de la cuenca hasta cierto rango; sin embargo, existen otros factores que condicionan la respuesta hidrológica y que pueden hacer variar esa condición. La pendiente del cauce y de la cuenca son parámetros muy importantes que influyen directamente en la velocidad del flujo y esta a su vez en la capacidad de arrastre de sedimento y erodabilidad de las márgenes.

En general, la forma de la cuenca tiene una clara incidencia en la ocurrencia de avenidas y en el régimen hidráulico del cauce; cuencas de forma redonda ofrecen mayor riesgo de inundación, en tanto que en cuencas alargadas el agua fluye gradualmente hacia el cauce principal, disminuyendo los riesgos de inundación.

3.3. Tiempo de Concentración.

Es el tiempo para el cual toda la cuenca empieza a contribuir. Desde el punto de vista físico se entiende el tiempo de concentración como el que tarda una gota de agua en llegar de las partes más alejadas de la cuenca al sitio de interés. Es clara entonces la dependencia de este parámetro con variables morfométricas, tales como el área, pendiente de la cuenca, longitud del cauce principal, etc. Por esto no se han considerado métodos para su cálculo que no involucren dentro de los parámetros para su estimación ninguno de éstos.

El tiempo de concentración (tc) es uno de los parámetros más importantes en los modelos Precipitación – Escorrentía, pues la duración de la tormenta de diseño se define con base en él. La duración crítica de la lluvia debe asumirse igual al tiempo de concentración, pues para duraciones menores que tc, no toda el área de la cuenca contribuye y para duraciones más grandes que tc no hay incremento en el área contribuyente y en cambio la intensidad de la lluvia de una frecuencia dada disminuye. Se asume que para duraciones menores que el tiempo de concentración, el efecto de la reducción en el área contribuyente es mayor que el del incremento en la intensidad de la lluvia.

3.3.1. Fórmulas para el Cálculo del Tiempo de Concentración.

- ***Williams (1922).***

$$T_C = \frac{L\,A^{0.4}}{D\,S^{0.2}}$$

Donde: TC: Tiempo de concentración (hr)
S: Diferencia en cotas sobre la longitud del cauce (%)

L: Distancia en línea recta desde el punto de control hasta el punto más alto de la cuenca (mi)
D: Diámetro de una cuenca circular cuya área sea igual al área de drenaje de la cuenca (mi)
A: Área de drenaje de la cuenca (mi2)

- ***Kirpich (1940).***

$$T_C = \frac{13*10^{-5}\, L^{0.77}}{S^{0.5}}$$

$$T_C = \frac{21.67*10^{-5}\, L^{0.77}}{S^{0.5}}$$

La primera relación fue obtenida para las cuencas de Pennsylvania y la segunda para las cuencas de Tennessee (Estados Unidos).

Donde TC: Tiempo de concentración (hr)
L: Distancia en línea recta desde el punto de control hasta el punto más alejado de la cuenca (mi)
S: Diferencia en cotas sobre la longitud del cauce (%)

- ***Kirpich (1940, 7 Cuencas).***

$$T_C = 0.066\left(\frac{L}{S^{0.5}}\right)^{0.77}$$

Donde: Tc: Tiempo de concentración (horas).
L: Longitud del cauce principal en Km.
S: Pendiente promedia del cauce principal en %.

- ***Giandiotti (2).***

$$T_C = \frac{4\sqrt{A} + 1.5L}{\sqrt{H}}$$

Donde: Tc: Tiempo de concentración (hr)
A: Área de la cuenca (Km2)
L: Longitud del cauce principal (Km)
H: Diferencia de cotas (m)

- ***Linsley.***

$$T_C = C_t \left[\frac{L \bar{L}}{\sqrt{S}} \right]^{0.35}$$

Donde:
- Tc: Tiempo de concentración (hr).
- Ct: Factor de zona (1,2 área montañosa; 0,72 zona en pie de ladera; 0,35 zona en valle).
- L: Longitud de la cuenca (mi)
- $\bar{L}$: Longitud del punto de control al centro de gravedad de la cuenca (mi)
- S: Diferencia en cotas dividida por la longitud (%)

- ***Snyder.***

$$T_C = C_t \left(L \bar{L} \right)^{0.3}$$

Donde:
- Tc: Tiempo de concentración (hr).
- Ct: Factor de zona (1,2 área montañosa; 0,72 zona en pie de ladera; 0,35 zona en valle). Se usa 0.72
- L: Longitud de la cuenca (mi)
- $\bar{L}$: Longitud del punto de control al centro de gravedad de la cuenca (mi)
- S: Diferencia en cotas dividida por la longitud (%)

- ***Temez (1978).***

$$T_C = 0.3 \left[\frac{L}{S^{0.25}} \right]^{0.75}$$

Donde:
- Tc: Tiempo de concentración (hr)
- L: Longitud del cauce principal (km)
- S: Diferencia de cotas sobre la longitud (%)

Es importante anotar, que si bien el utilizar tiempos de concentración bajos generan intensidades mayores y por ende también caudales altos sí se considera toda el área contribuyendo, ésto puede conllevar a obras sobredimensionadas y muy costosas, que en algunos casos hacen que los proyectos sean inviables.

Para la selección del tiempo de concentración "adecuado", lo que realmente es muy difícil de determinar, debe el evaluador o revisor tener en cuenta que porcentaje de Área se puso a contribuir y que factores de mayoración del caudal fueron considerados. Factores de mayoración que involucran o tienen en cuenta el aumento de caudal por arrastre de sólidos, empalizadas, etc. Adicionalmente, cuando se determina la intensidad de la lluvia con el tc considerado, se está aceptando que durante el tiempo de concentración la intensidad es constante, situación que no es cierta, debido a que ésta es variable y menor antes y/o después de alcanzar la intensidad de lluvia calculada para el periodo de retorno considerado.
Adicionalmente, en la mayoría de las ecuaciones que se utilizan para evaluar el Tiempo de Concentración, no se considera el tipo de vegetación o cobertura vegetal de la cuenca, factor que tiene que ver con la respuesta hidrológica de la cuenca. Una cuenca con buena cobertura vegetal tendrá una menor respuesta hidrológica; es decir, se tendrán crecientes menores que una cuenca con escasa cobertura vegetal, ya que el proceso de interceptación de la lluvia depende del tipo y tamaño de la cobertura vegetal (baja, media y alta). Por otro lado y como factor de seguridad para determinar la sección hidráulica adecuada, el diseñador podrá considerar simultáneamente a los parámetros anteriores un borde libre suficiente que podrá depender entre otros factores del tipo de flujo que se presenta durante la avenida o creciente.

3.3.2. Resultados.

En la tabla siguiente se presentan los tiempos de concentración obtenidos por cada uno de estos métodos para la cuenca en el sitio de los estudios.

Tabla 4: *Valores del tiempo de Concentración por diferentes métodos.*

MÉTODO	Tc (hr)	Tc (min)
Kirpich (1940)	0.0289	1.74
Temez (1978)	0.0501	3.00
Williams (1922)	0.1473	8.84
Kirpich (1990)	0.0517	3.10
Giandiotti (1990)	0.1774	10.64
Linsley	0.1117	6.70
Snyder	0.2487	14.92

Para la estimación del tiempo de concentración se considera el promedio de los tiempos obtenidos por las metodologías de Linsley, y Snyder obteniéndose

Número de Datos: 4
Media Aritmética: $\bar{x}$ = 7.32 minutos
Desviación Estándar: G = 3.23 minutos

Intervalo de Confianza: 4.08 minutos $\leq \bar{x} \leq$ 10.56 minutos

El tiempo de concentración seleccionado **7.32 min**, el cual se encuentra dentro del intervalo de confianza.

3.4. Magnitud y Distribución Temporal de la Tormenta de Diseño.

Elaborando los Polígonos de Thiessen para la cuenca del caño afluente a la quebrada Doña Ana y al tomar las estaciones pluviográficas, se puede concluir que el 100 % del área en estudio está abarcada por La Estación Pluviográfica de Planta de Tratamiento La Ayurá. (Ver plano anexo).

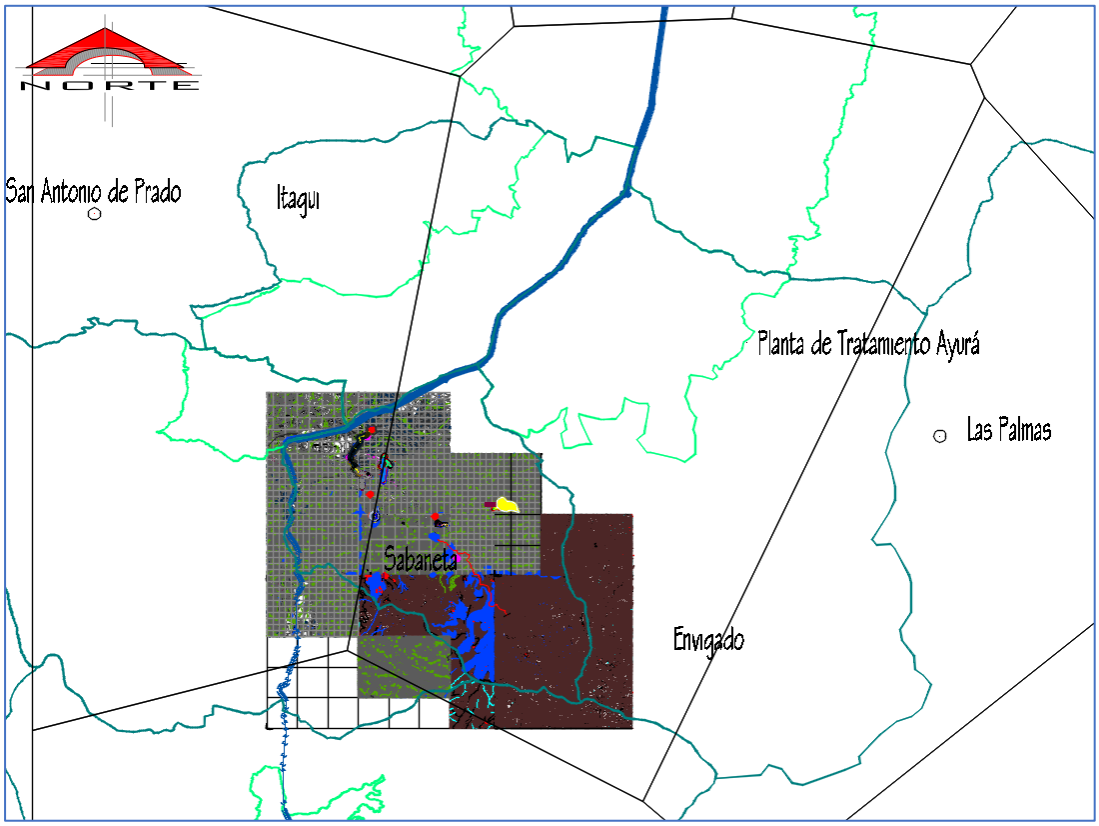


Figura N.° 8. Estación Pluviográfica Seleccionada.

Para la duración de la lluvia de diseño y un período de retorno del evento dado, es posible asociar un valor para la intensidad de precipitación en cada una de las estaciones, esto se hace mediante las curvas de intensidad, frecuencia, duración (IDF) desarrolladas para cada estación. Los períodos de retorno responden al nivel de riesgo en que se está dispuesto a incurrir en función de la probabilidad de ocurrencia de un evento que puede generar pérdida de vidas humanas, daños materiales, entre otros aspectos.

Los períodos de retorno considerados para el análisis fueron de 2.33, 5, 10, 25, 50 y 100 años, esto con el fin no sólo de tener los caudales pico, sino también de evaluar los

posibles fenómenos que pueden ocurrir en el cauce principal para los caudales menores.

Los parámetros de las intensidades obtenidas para esta estación se pueden apreciar en la Tabla 4.

Tabla 5: Parámetros de las curvas de Intensidad – Frecuencia – Duración para diferentes Períodos de Retorno, Estación Planta de Tratamiento La Ayurá[2].

PERÍODO DE RETORNO (años)	C	h	m
2.33	1595.6	16.7	-0.881
5	2467.6	16.9	-0.926
10	3244.9	17	-0.953
25	4314.7	17.2	-0.979
50	5119.3	17.2	-0.993
100	5940.6	17.2	-1.005

Estos parámetros obedecen a la ecuación:

$$\mathrm{i} = \mathrm{C} \times (\mathrm{h} + \mathrm{Tc})^{\mathrm{m}}$$

$i = intensidad\ en\ mm/hr$
$Tc = Duración\ de\ la\ precipitación\ en\ minutos$
$c, h\ y\ m = Parámetros\ obtenidos\ de\ las\ curvas\ IDF$

Como se puede apreciar, las intensidades (i) dependen de los parámetros antes mencionados y del Tiempo de Concentración. Para el estudio presente la duración de la lluvia se considera igual a este tiempo. Estas duraciones de la lluvia seleccionada, así como las intensidades obtenidas se pueden apreciar en la Tabla 5.

[2] Curvas actualizadas según "Estudio de las precipitaciones máximas en el Valle de Aburrá", desarrollado por Héctor Pizarro, Santiago Wilches y Catalina Jaramillo y publicado por EPM en el año 2014.".

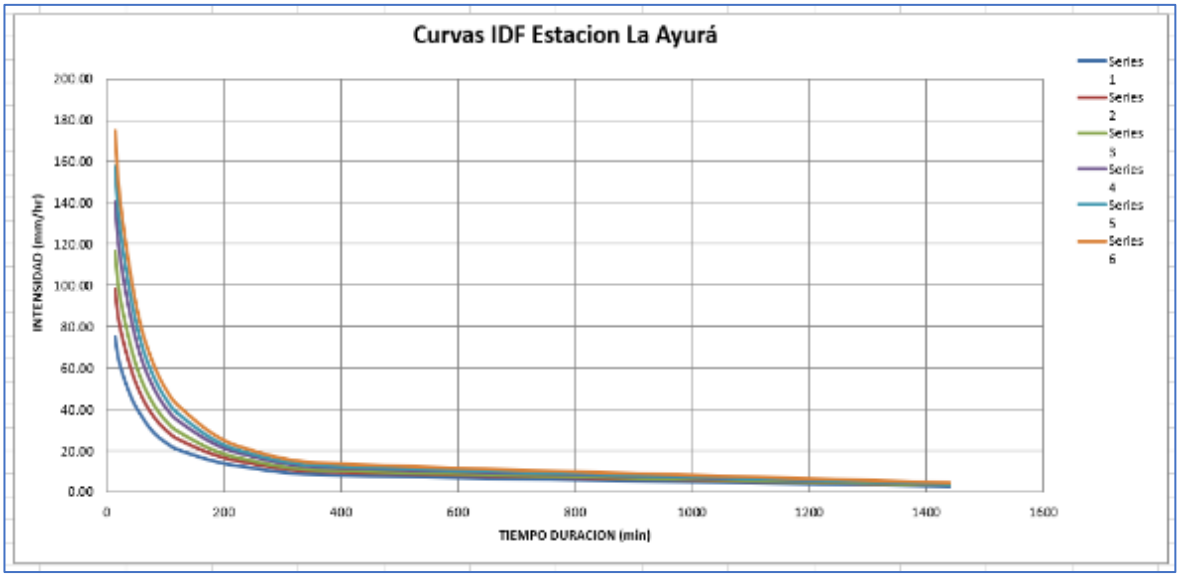


Figura N.° 9. Curvas Intensidad Duración Frecuencia estación Planta de Tratamiento La Ayurá (código 27010936).

Tabla 6: Intensidades según la duración seleccionada y para diferentes períodos de retorno para la ponderación de las estaciones seleccionadas (Ver memorias en anexo).

Intensidades de la Estación (mm/hr)	
Duraciones TR (años)	Tc (minutos)
	7.32
2.33	96.97
5	128.98
10	155.01
25	188.19
50	213.50
100	238.42

3.5. Distribución temporal de la lluvia

La distribución espacial de la lluvia y la distribución de la lluvia en el tiempo afectan significativamente el hidrograma de respuesta de la cuenca, tanto en la forma de éste como en los valores picos de caudal resultante.

Existen varios procedimientos para la distribución de la lluvia en el tiempo, uno de ellos desarrollado por F.A. Huff para cuencas pequeñas en la USA (referencia (Huff F.A TIME Distribución Characteristics of rainfall rates: Water Res Vol 1 1970): Huff clasifica las lluvias en cuatro grupos o cuartiles de intensidades decreciente).

Después de clasificar las lluvias, se estudia la distribución porcentual del volumen (profundidad) de la lluvia a lo largo del tiempo (duración) y se generalizan sus resultados mediante curvas que representan el porcentaje acumulado de profundidad de la lluvia en función del porcentaje acumulado de tiempo. Para el diseño se acostumbra a tomar los dos primeros cuartiles, utilizar la curva del 50% (mediana) y escoger la distribución que produzca el máximo valor.

En el “estudio de precipitaciones máximas en el Valle de Aburrá”, publicado por EPM en el año 2014, se construyeron las curvas de distribución temporal con información recopilada a nivel local, siguiendo la metodología propuesta por Huff (1967). Las curvas de distribución temporal son presentadas de la misma manera que las presentó Huff, es decir, en las abscisas se presenta el % de tiempo con respecto al total de duración de la tormenta y en las ordenadas él % de la precipitación con respecto al total de la precipitación al final de la duración.

Dentro del “estudio de precipitaciones máximas en el Valle de Aburra” esta curva de distribución temporal para el cuartil 2 con duración inferior a 60 minutos, se observa en la siguiente tabla que la región comprendida entre 10% y 90% de probabilidad es relativamente estrecha, lo que garantiza que con esta gráfica se tiene muy buena representación del comportamiento de la distribución de las precipitaciones máximas en el Valle de Aburrá y el Oriente cercano, por tanto pueden ser utilizadas para la construcción de los hietogramas para la distribución de las precipitaciones.

Tabla 7. Porcentaje del total de las tormentas que predominan en cada cuartil para las duraciones inferiores a 60 minutos (tomada del "estudio de precipitaciones máximas en el Valle de Aburrá").

Duración (min)	Cuartil 1	Cuartil 2	Cuartil 3	Cuartil 4
20	19%	40%	33%	8%
30	17%	45%	32%	6%
45	32%	44%	19%	5%
60	28%	47%	17%	8%

En el presente estudio se utilizará un primer grupo con duraciones inferiores a 60 minutos para tormentas cortas, donde predomina el segundo Cuartil.

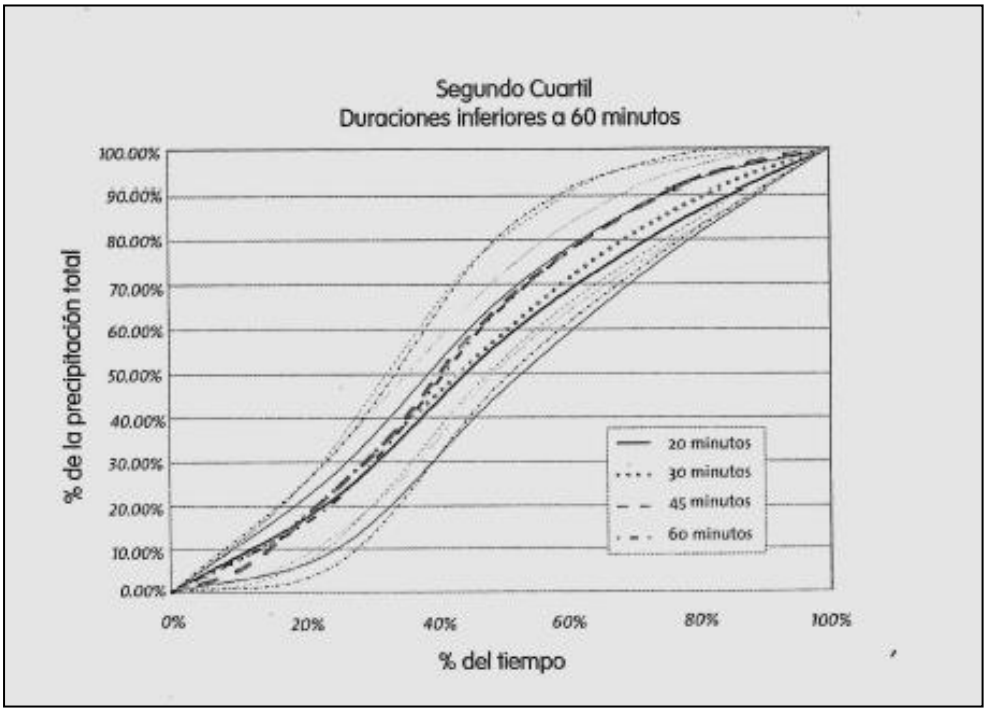


Figura 10. Curvas de distribución de lluvias segundo cuartil duración inferior a 60 minutos (tomada del "estudio de precipitaciones máximas en el Valle de Aburra").

Para la elaboración del hietograma o sea la distribución de la profundidad de la lluvia en función del tiempo, se parte de la curva de intensidad- frecuencia y duración más cercana, para nuestro caso.

Se construye el hietograma para cada una de las lluvias, distribuyendo su profundidad total en el tiempo mediante los porcentajes de distribución que se obtienen de las Curvas de distribución de lluvias segundo cuartil duración inferior a 60 minutos. Ver la siguiente tabla (tabla Extraída del "estudio de precipitaciones máximas en el Valle de Aburrá, desarrollado por Héctor Pizarro, Santiago Wilches y Catalina Jaramillo y publicado por EPM en el año 2014.")

Tabla 8. Porcentaje de lluvia con respecto al tiempo quebrada afluente a la Doctora.

Lluvia de 6.41 min = (0.92 min / 6.41 min)*100% =		14%
% Tiempo	% Lluvia	
14%	12	
29%	30	
43%	47	
57%	64	
71%	79	
86%	92	
100%	100	
Lluvia de 7.08 min = (0.92 min / 7.08 min)*100% =		13%
% Tiempo	% Lluvia	
13%	17	
26%	24	
39%	42	
52%	59	
65%	73	
78%	84	
100%	100	
Lluvia de 7.32 min = (0.92 min / 7.32 min)*100% =		13%
% Tiempo	% Lluvia	
13%	17	
25%	23	
38%	41	
50%	58	
63%	71	
75%	81	
88%	93	
100%	100	
Lluvia de 8.24 min = (0.92 min / 14.03 min)*100% =		11%
% Tiempo	% Lluvia	
11%	10	
22%	18	
33%	34	
44%	50	
56%	62	
67%	77	
78%	84	
89%	93	
100%	100	

Para más detalle se puede consultar el anexo de memorias hidrológicas.

3.6. Precipitación Efectiva.

La precipitación efectiva es la parte de la precipitación que produce escorrentía superficial directa. Existen varios métodos para determinar la parte de la precipitación total que se descuenta debido a la infiltración, evapotranspiración, etc. En este caso se empleará la metodología del SCS (Servicio de Conservación del Suelo ó Soil Conservation Service).

La capacidad de infiltración del suelo depende de varios factores, tales como:

- Uso del suelo
- Tratamiento superficial a que ha sido sometido el suelo.
- Condición hidrológica del suelo: pobre sí los suelos están erosionados, buena sí los suelos están protegidos con cobertura vegetal.

Grupo hidrológico del suelo:

A	: Muy permeable
B	: Permeable
C	: Impermeable
D	: Muy impermeable

Humedad antecedente: relacionada con la cantidad de lluvia caída en la cuenca durante los 5 días precedentes. Se definen 3 grupos:

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

La precipitación efectiva se calcula por medio de las siguientes expresiones:

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

$$S = \left(\frac{1000}{CN} - 10 \right)$$

Ia = 0.2 x S

Donde:

Pe:	Precipitación efectiva (pulgadas)
P:	Precipitación media sobre la cuenca (pulgadas)
S:	Capacidad de almacenamiento del suelo (pulgadas)
I_a:	Infiltración inicial del suelo (pulgadas)

CN: Número de curva que depende de todos los factores mencionados y se obtiene de valores tabulados como los que se presentan en la Tabla 9, 10 y 11; a estos valores obtenidos se les realiza un correctivo de acuerdo con la humedad antecedente del suelo según la Tabla12.

Las tablas fueron tomadas del libro del Manual de Drenajes para Carreteras y cuyos valores fueron adaptadas por la SCS, Soil Conservation Service de estados Unidos.

Tabla 9: *Valores CN.*

Tabla 2.14. - Número de curva de escorrentía para áreas urbanas para una condición de humedad antecedente promedio AMCII e Ia=0.2S

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

Referencia: Monsalve S. Germán, "Hidrología en la Ingeniería", Editorial Escuela Colombiana de Ingeniería, Bogotá D.C., Colombia, Segunda Edición, 1999.

[1]El porcentaje promedio de área impermeable muestreada fue empleado para desarrollar el conjunto de valores de CN. Otras suposiciones son las siguientes: áreas impermeables están directamente conectadas con el sistema de drenaje, áreas impermeables tienen un CN=98; y áreas permeables son consideradas equivalentes a espacios abiertos con una condición hidrológica buena.

[2]CNs mostrados son equivalentes a aquéllos de pastos. Se pueden calcular valores de CN compuestos para otras combinaciones de tipo de cobertura de espacios abiertos.

[3]Los valores de CN de áreas permeables se suponen equivalentes a arbustos de desierto con un condición hidrológica pobre.

Tabla 10: *Valores CN.*

Tabla 2.15.- Número de curva de escorrentía para tierras agrícolas cultivadas para una condición de humedad antecedente promedio AMCII e Ia=0.2S

COBERTURA		CONDICIÓN HIDROLÓGICA	GRUPO DE SUELOS			
USO DE LA TIERRA	TRATAMIENTO O PRÁCTICA		A	B	C	D
			NÚMERO DE CURVA			
Rastrojo	Hileras Rectas	---	77	86	91	94
Cultivos en hileras	Hileras Rectas	Mala	72	81	88	91
		Buena	67	78	85	89
	Curvas de nivel	Mala	70	79	84	88
		Buena	65	75	82	86
	Curvas de nivel y terrazas	Mala	66	74	80	82
		Buena	62	71	78	81
Cultivos en hileras estrechas	Hileras rectas	Mala	65	76	84	88
		Buena	63	75	83	87
	Curvas de nivel	Mala	63	74	82	85
		Buena	61	73	81	84
	Curvas de nivel y terrazas	Mala	61	72	79	82
		Buena	59	70	78	81
Leguminosas en[1] hileras estrechas o forraje en rotación	Hileras rectas	Mala	66	77	85	89
		Buena	58	72	81	85
	Curvas de nivel	Mala	64	75	83	85
		Buena	55	69	78	83
	Curvas de nivel y terrazas	Mala	63	73	80	83
		Buena	51	67	76	80

Referencia: Monsalve S. Germán, "Hidrología en la Ingeniería", Editorial Escuela Colombiana de Ingeniería, Bogotá D.C., Colombia, Segunda Edición, 1999.

[1] Siembra tupida o al voleo.

Tabla 11: *Valores CN.*

Tabla 2.16. - Número de curva de escorrentía de otras tierras agrícolas para una condición de humedad antecedente promedio AMCII e Ia=0.2S

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

Referencia: Monsalve S. Germán, "Hidrología en la ingeniería", Editorial Escuela Colombiana de Ingeniería, Bogotá D.C., Colombia, Segunda Edición, 1999.

[1]Mala: Menos de 50% del suelo cubierto con pastoreo intensivo sin maleza
Regular: 50 a 75% del suelo cubierto y un pastoreo no muy intensivo.
Buena: más del 75% del suelo cubierto y un pastoreo ocasional a ligero.

[2]Mala: Menos del 50% del suelo cubierto.
Regular: 50 a 75% del suelo cubierto.
Buena: más del 75% del suelo cubierto.

[3]Número de curva actual menor a 30. Emplear CN=30 para cálculos de escorrentía.

[4]Los valores de CN mostrados se calcularon para áreas con 50% bosques y 50% cubiertas con pastos. Se pueden calcular otras combinaciones de CN para bosques y pastos.

[5]Mala: Humus vegetal, pequeños árboles y maleza destruida por pastoreo intensivo, y quemas regulares.
Regular: Bosques con pastoreo pero no quemados, suelo cubierto por humus vegetal.
Buena: Bosques protegidos del pastoreo, y el suelo cubierto adecuadamente por humus vegetal.

Tabla 12: *Corrección del número índice CN para condiciones de humedad AMC I y AMC II.*

CN para AMC II	CN para AMC I	CN para AMC III		CN para AMC II	CN para AMC I	CN para AMC III
100	**100**	**100**		63	**43**	80
99	**97**	**100**		62	**42**	**79**
98	**94**	**99**		61	**41**	**78**
97	**94**	**99**		60	**40**	**78**
96	**89**	**99**		59	**39**	77
95	**87**	**98**		58	**38**	**76**
94	**85**	**98**		57	**37**	75
93	**83**	**98**		56	**36**	**75**
92	**81**	**97**		55	**35**	**74**
91	**80**	**97**		54	**34**	**73**
90	78	**96**		53	**33**	**72**
89	**76**	**96**		52	**32**	**71**
88	**75**	**95**		51	**31**	**70**
87	**73**	**95**		50	**31**	**70**
86	**72**	94		49	**30**	**69**
85	**70**	**94**		48	**29**	**68**
84	**68**	**93**		47	**28**	**67**
83	**67**	**93**		46	**27**	**66**
82	**66**	**92**		45	**26**	**65**
81	**64**	92		44	**25**	**64**
80	**63**	**91**		43	**25**	**63**
79	**62**	91		42	**24**	**62**
78	**60**	90		41	**23**	**61**
77	**59**	**89**		40	**22**	**60**
76	**58**	89		39	**21**	**59**
75	**57**	**88**		38	**21**	**58**
74	**55**	**88**		37	**20**	**57**
73	**54**	87		36	**19**	**56**
72	**53**	**86**		35	**18**	**55**
71	**52**	**86**		34	**18**	**54**
70	**51**	85		33	**17**	**53**
69	**50**	84		32	**16**	**52**
68	**48**	**84**		31	**16**	**51**
67	**47**	83		30	**15**	**50**
66	**46**	82		25	**12**	**43**
65	**45**	82		20	**9**	**37**
64	**44**	81		**15**	**6**	**30**

El CN se determinó con las anteriores tablas, clasificando el uso del suelo de acuerdo con las visitas realizadas al sitio, a registros fotográficos, a las figuras satelitales y del Google Earth, y áreas predominantes de la cuenca analizada; además se tiene en cuenta la clasificación del suelo realizada de acuerdo con el Uso actual del suelo y cobertura vegetal del municipio de Sabaneta.

Para el caso de la cuenca afluente a la quebrada Doña Ana se clasificaron los usos del suelo de la siguiente forma:

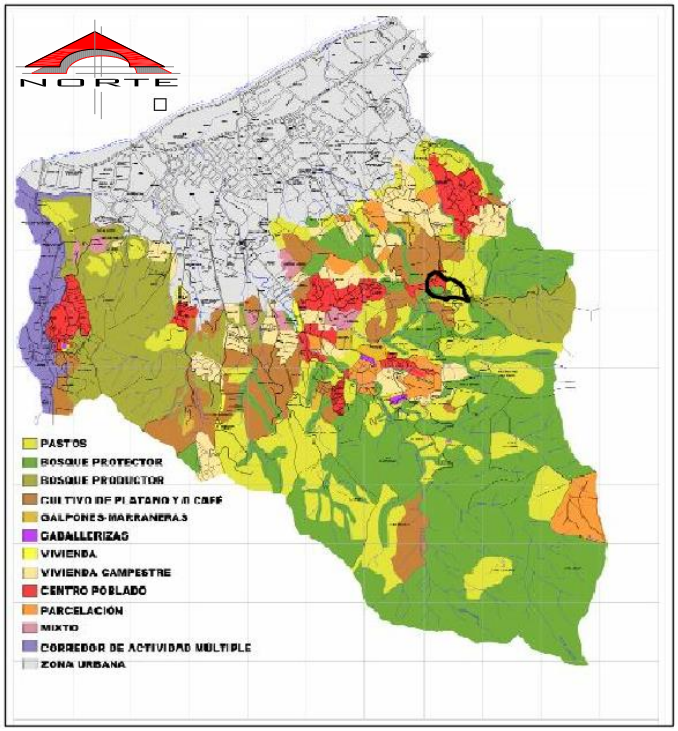


Figura N.° 11. Mapa de Usos del Suelo de la Zona de Estudio

Bosques naturales fragmentado y plantados	**25.06%**
Cultivos	**7.45%**
Pastos,	**42.21%**
Viviendas campestres o parcelación	**25.28%**

Con esto se tiene:

Bosques naturales fragmentados y plantados	**CN: 55**
Cultivos	**CN: 75**
Pastos,	**CN: 61**
Viviendas campestres	**CN: 74**

Luego, ponderando de acuerdo con el porcentaje de área que se tiene:

CN= (0.2506x 55) + (0.0745x 75) + (0.4221 x 61) + (0.2528x 74) = **63.82**

Con lo que se obtiene un CN ponderado de **64** para la condición de humedad antecedente II, que al realizar la corrección por el estado de humedad antecedente III, de acuerdo con la ***Tabla 12***, se obtiene un **CN de 81**.

3.6.1. Capacidad de almacenamiento.

$$S = \left(\frac{1000}{CN} - 10 \right)$$

S = 2.34 pulg. = 59.58 mm

3.6.2. Infiltración inicial del suelo.

$$I_a = 0.2 \times S$$

Ia = 0.2 x 2.34 pulg. = 0.469 pulg.
= 11.92 mm.

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

Con lo que la precipitación efectiva queda:

Donde: Pe(i): Precipitación efectiva acumulada hasta el período i (mm).
P(i): Precipitación total acumulada hasta el período i (mm).

Sí para algún período, Ia es mayor que P(i), entonces en ese período Pe(i) = 0
La precipitación total se obtiene como: $P(i) = Pe(i) - Pe(i-1)$

3.7. Coeficiente de escorrentía.

Del agua de lluvia que cae sobre la superficie de un terreno, una parte se evapora, otra discurre por la superficie (escorrentía) y otra penetra en el terreno (infiltración). Se define como coeficiente de escorrentía C, de una superficie S, al cociente del caudal que discurre por dicha superficie, en relación con el caudal total precipitado. El coeficiente de escorrentía varía a lo largo del tiempo y es función de las características del terreno (naturaleza, vegetación, permeabilidad, inclinación, humedad inicial del suelo) y de la zona (temperatura, intensidad y duración de la precipitación, humedad relativa, velocidad del viento, horas de soleamiento, dimensiones de la cuenca vertiente).

Para períodos de retorno elevados, el valor obtenido del coeficiente de escorrentía se suele incrementar en un 10% o en un 20%, según se trate respectivamente de períodos de retorno iguales a 25 ó 50 años. Este incremento nunca provocará que el coeficiente de escorrentía supere el valor de la unidad.

Se puede considerar el área total o dividir la misma en diferentes subcuencas con diferentes características. En cualquier caso, cuando se trata de una zona uniforme (sea el área total o la de una subcuenca) será necesario determinar un valor del coeficiente de escorrentía medio para la misma. Dado que puede estar formado por terrenos de diferente tipo, diferentes densidades de edificación, etc. Se calcula el coeficiente de escorrentía medio, realizando una media ponderada de los diferentes coeficientes de escorrentía de cada una de las subzonas en las que se puede dividir el área considerada. De esta forma se llega a la expresión del coeficiente de escorrentía medio C para una zona formada por diferentes subáreas Ai con diferentes coeficientes de escorrentía Ci.

Tabla 13: *Coeficientes de escorrentía – Método Racional*

BLA 15.1.1
eficientes de escorrentía para ser usados en el método racional

acterística de la superficie	Periodo de retorno (años) 2	5	10	25	50	100	500
as 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
as 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

: Los valores de la tabla son los estándares utilizados en la ciudad de Austin, Texas. Utilizada autorización.

Se asume que el área de la cuenca está distribuida con los coeficientes de escorrentía de acuerdo con la tabla de Ven te Chow15.1.1, que se anexa de la siguiente manera:

Tabla 14: *Coeficientes de escorrentía ponderados.*

Periodo de retorno		2.33	5	10	25	50	100
Características de la superficie	% A						
Bosques con pendiente superior a 7%	25.06%	0.35	0.39	0.41	0.45	0.48	0.52
Pastos, condición buena	42.21%	0.34	0.37	0.40	0.44	0.47	0.51
Cultivos	7.45%	0.39	0.42	0.44	0.48	0.51	0.54
Viviendas campestres	25.28%	0.37	0.40	0.42	0.46	0.49	0.53
C Ponderado		0.35	0.39	0.41	0.45	0.48	0.52

Sí bien con la metodología anterior se pueden definir unos coeficientes de escorrentía, una forma de obtener éste basado en el valor obtenido del número de Curva CN es teniendo en cuenta que el coeficiente de escorrentía C es igual a:

$C = \frac{(P-Ia)^2}{P^2-4P.Ia}$, donde

$$Ia = 0.20\ x\ S$$

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

donde: P= tiempo x intensidad ∴ P en mm

Esto se obtiene de:
La fórmula racional que tiene la siguiente expresión:

$$Q = \frac{C \cdot I \cdot A}{3.6}$$

C: Coeficiente de escorrentía.
i: Intensidad mm/h.
A: Área de la cuenca (km2).

La fórmula racional fue desarrollada para pequeñas áreas de drenaje, pero en los últimos años se ha venido empleando en cuencas de mediano tamaño. Se plantea que esto es posible sí se pueden obtener unos adecuados coeficientes de escorrentía.

3.7.1. Formulas del Coeficiente de escorrentía.

La escorrentía superficial provocada por un aguacero (Es) puede compararse con la precipitación caída (P). Al cociente entre ambos se le denomina coeficiente de escorrentía (C).

$$C = \frac{Es}{P}$$

El coeficiente de escorrentía depende de numerosos factores: del tipo de precipitación (lluvia, granizo o nieve), de su cantidad, de su intensidad, de la distribución en el tiempo, de la humedad inicial del suelo, del tipo de terreno (granulometría, textura, estructura, materia orgánica, pendiente, microrelieve, rugosidad), del tipo de vegetación existente, etc. El coeficiente de escorrentía se encuentra entre 0 y 1.

Las tablas habituales para estimar el coeficiente de escorrentía hacen depender su valor únicamente del tipo de terreno y de su cobertura. En algunos casos también lo hacen depender de la pendiente y del periodo de retorno, pero casi todas se olvidan de la humedad antecedente del suelo. Una forma de tener en cuenta este factor es estableciendo una relación entre el número de curva y el coeficiente de escorrentía: Por definición el coeficiente de escorrentía es:

$$C = \frac{E_S}{P} \therefore \quad E_S = Escorrentia \qquad P = \text{Precipitacion}$$

La escorrentía superficial (Es) que genera cualquier aguacero (P), se puede cuantificar mediante el método del número de curva. Admitiendo la relación habitual Ia = 0.2 x S (Infiltración inicial). Se tiene que:

$$E_S = \frac{(P - I_a)^2}{P + 4 \cdot I_a} \rightarrow C = \frac{E_S}{P} = \frac{(P - I_a)^2}{P^2 + 4 \cdot P \cdot I_a}$$

Así determinando un valor adecuado para el número de curva, podemos obtener valores del coeficiente de escorrentía para cada periodo de retorno y para la precipitación correspondiente al tiempo de concentración.

De donde:

Tabla 15. Valores Capacidad de Almacenamiento e Infiltración inicial del suelo.

Capacidad de Almacenamiento		
S =	2.345	pulg
	59.58	mm
Infiltración Inicial del Suelo		
Ia =	0.4691	pulg
	11.916	mm

Realizando los cálculos para los distintos periodos de retorno se tiene.

***Tabla 16.** Valores de C para diferentes periodos de retorno considerados*

Tr	tiempo	I(mm/h)	P(mm)	C
2.33	7.32	96.97	11.83	1.05278E-05
5	7.32	128.98	15.74	0.014621192
10	7.32	155.01	18.91	0.038866047
25	7.32	188.19	22.96	0.075209023
50	7.32	213.50	26.05	0.104005313
100	7.32	238.42	29.09	0.132073622

Es de anotar que la aplicación del método Racional se hará de forma directa, debido a que el coeficiente obtenido viene de un número de curva ponderado.

3.8. Métodos para la determinación de crecientes de diseño.

Los métodos utilizados para determinar las crecientes de diseño fueron los siguientes:

- MÉTODO DE SNYDER – CALIBRACIÓN INTEGRAL
- MÉTODO DE SNYDER – CALIBRACIÓN AEI
- MÉTODO DE SNYDER – CALIBRACIÓN CUHP1
- MÉTODO DE SNYDER – CALIBRACIÓN CUHP2
- METODO RACIONAL C EN FUNCTION DE CN
- METODO RACIONAL AUSTIN TEXAS
- WILLIAM Y HANN

Ver los resultados obtenidos para cada uno de los métodos utilizados en los anexos la final del informe.

3.9. Selección del caudal de diseño.

3.9.1. Resultados de caudales pico.

En la siguiente Tabla se presenta un resumen de los caudales pico obtenidos por las diferentes metodologías empleadas.

Tabla 17: *Caudales picos obtenidos por diferentes metodologías.*

MÉTODO	CAUDAL (m^3/s)						
	Tr(años)	2.33	5	10	25	50	100
Snyder - integral		0.000002	0.004	0.01	0.03	0.04	0.06
Snyder AEI		0.00001	0.01	0.04	0.09	0.14	0.19
Snyder CUHP 1		0.00001	0.02	0.05	0.12	0.20	0.28
Snyder CUHP 2		0.00001	0.01	0.03	0.08	0.12	0.18
Racional en función de CN		0.00002	0.03	0.09	0.21	0.33	0.47
Racional Austin Texas		0.51	0.74	0.95	1.26	1.53	1.84
Williams y Han		0.23	0.32	0.41	0.55	0.81	1.08
Caudal de Diseño		**0.51**	**0.74**	**0.95**	**1.26**	**1.53**	**1.84**

3.9.2. Selección del caudal para diseño hidráulico.

De acuerdo con las observaciones hechas en el numeral anterior, podemos decir que:

- Se concluye que el método da buenos resultados es el método Racional, tanto Texas Austin, así como C en función de CN, lo que corrobora lo descrito Manual de Drenaje para Carreteras del Instituto Nacional de Vías, que este método se debe aplicar cuando se analicen obras de drenaje cuyas áreas de drenaje sean menores o iguales a 2.5 km^2. Se puede observar que para áreas de cuencas menores a 2.5 km^2 los valores de caudal dependen básicamente del área de drenaje y la intensidad de la lluvia, haciendo el método Racional presente los mejores resultados para el cálculo de caudales de diseño, para este tamaño de cuencas.
- Para valores de tiempo de concentración menores o cercanos a 5 min, las fórmulas para el cálculo por el método de Snyder producen errores y se observan caudales muy bajos, para áreas muy bajas. De igual manera, se observa que los caudales por el método de Williams y Hann son bajos para áreas muy pequeñas. Los métodos de Snyder y Williams y Hann no son confiables en nuestro caso ya que subestiman el caudal de diseño.
- Teniendo en cuenta las anteriores notas y que los mayores valores de caudales se obtienen por el método Racional Texas Austin para un área de la cuenca de 0.053516 Km^2 obtenido en este estudio, tales valores se usaran para la modelación hidráulica en el sector donde las obras de cruce y muro de gaviones el caño afluente a la quebrada Doña Ana.

Una vez analizada la información consultada y los cálculos realizados por los distintos métodos, se determinó que para la modelación hidráulica en el punto de cruce en el tramo de estudio, se tomara los caudales estimados dentro de este informe por el método de Racional Austin Texas, en donde se ha obtenido los siguientes caudales.

Periodo de retorno	2.33	5	10	25	50	100
Caudal de Diseño	0.51	0.74	0.95	1.26	1.53	1.84

Estos valores presentan un caudal más conservador, lo que servirá para la proyección de obra más segura.

4. MODELACION HIDRÁULICA.

4.1. Modelación Hidráulica Condiciones Actuales.

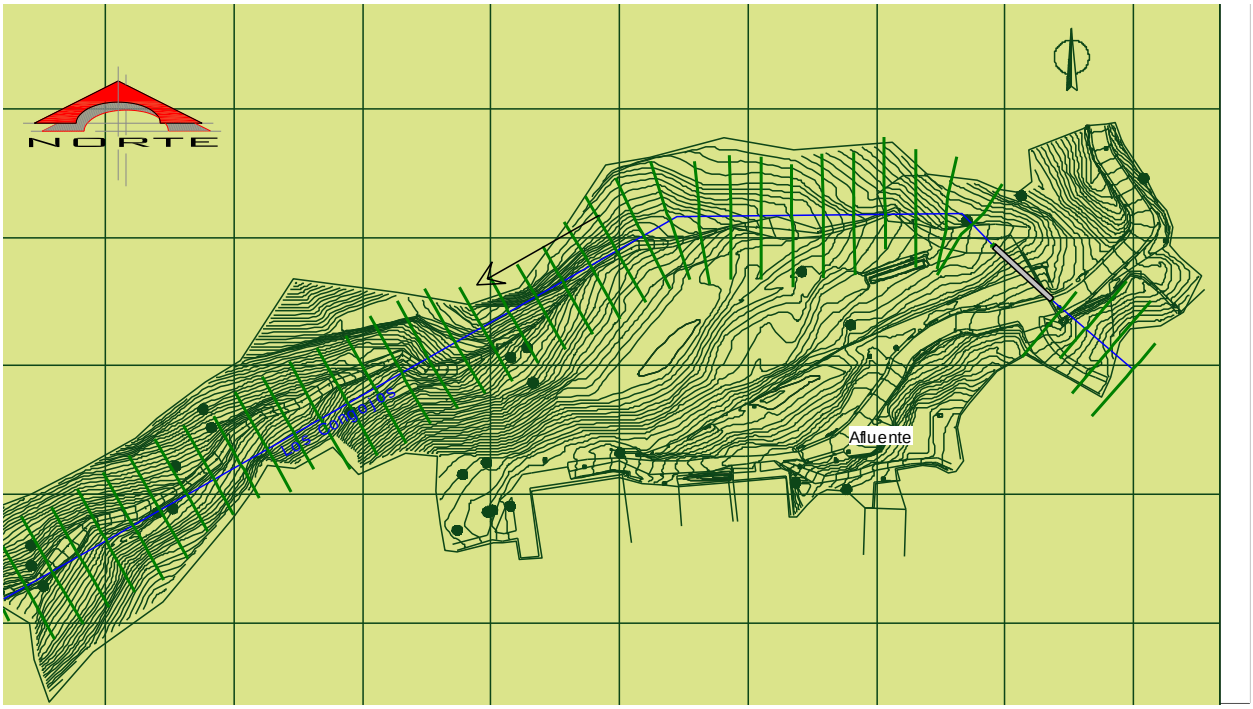


Figura N.° 12. *Planta del tramo de estudio del caño afluente a la Doña Ana*
(Imagen extraída de la Modelación hidráulica mediante el software HEC-RAS)

Este estudio es realizado básicamente para solicitar el inicio de los trámites de ocupación de cauce de unas obras en un caño afluente a la quebrada Doña Ana en el sector Los Congojos vereda Las Lomitas del municipio de Sabaneta, donde se presentaron problemas de destrucción de la vía pública y redes de alcantarillado, así como la afectación de la obra de cruce del pequeño Caño.

Se realizará una modelación para el tramo de la quebrada considerando unas crecientes con un periodo de retorno de 2.33, 5, 10, 25 50, de 100 años y 100 años mayorado. Con la modelación se pretende determinar los niveles máximos del agua en el canal natural y en la estructura existente, verificando el comportamiento hidráulico de la quebrada.

Se modelará el cauce con la topografía real (actual) del cauce aguas arriba y abajo del sitio de estudio sobre la quebrada. Para la modelación hidráulica se empleará el programa HEC RAS, programa sencillo y de fácil manejo que permite visualizar el comportamiento del flujo para el evento y condiciones de flujo considerado.

4.1.1. Condiciones de Frontera para Modelación Hidráulica.

Los cálculos hidráulicos se realizarán con el programa conocido en el medio denominado el HEC–RAS, éste es un software del centro de Ingeniería Hidrológica del Cuerpo de Ingenieros de la Armada de los Estados Unidos, que urge como evolución del conocido y ampliamente utilizado HEC 2, con varias mejoras con respecto a éste, entre las que se destaca la interfase gráfica de usuario que facilita las labores del proceso y postproceso.

El modelo numérico incluido en este programa permite realizar análisis del flujo permanente unidimensional gradualmente variado en lámina libre. El procedimiento de cómputo básico está basado en la solución de la ecuación de energía unidimensional, las pérdidas de energía son valoradas por la fricción, la contracción y la expansión. La ecuación de velocidad es usada en situaciones donde los perfiles de agua superficiales varían rápidamente.

Los caudales para la modelación del tramo serán los que se presentan en la tabla siguiente:

Tabla 18: *Caudales seleccionados para la Modelación – Condiciones Actuales.*

Periodo de Retorno (años)	*Caudal (m^3/s)*
2.33	0.51
5	0.74
10	0.95
25	1.26
50	1.53
100 años mayorado por 1.4	2.58

4.1.2. Rugosidad de Manning (n).

Para determinar el coeficiente de Manning, es usado el método de Comparación con cauces similares a los que ya se les definió el coeficiente de Manning. En la literatura o algunos textos como el de "Hidrología de Antioquia" del Departamento de Antioquia y el de "Hidráulica de Canales Abiertos" de Ven Te Chow, se encuentran los valores de coeficientes de Manning. Sin embargo, de acuerdo con esta metodología de comparación para el tramo del cauce que se tiene correspondiente a corrientes montañosas con cantos rodados y con rocas en el fondo, se puede considerar un coeficiente de Manning entre 0.030 y 0.050 (ver tabla 5.6 del Libro de Ven Te Chow).

Tabla 19: *Valores del Coeficiente de Rugosidad* ***(tomado de la tabla 5.6 del Libro de Hidráulica de Canales Abiertos de Ven Te Chow).***



ROLLO DEL FLUJO UNIFORME Y DE SUS ECUACIONES 111

Tabla 5-6. Valores del coeficiente de rugosidad *n* (*continuación*)
(las cifras en **negrillas** son los valores generalmente recomendados para el diseño)

Tipo de canal y descripción	Mínimo	Normal	Máximo
b. Corrientes montañosas, sin vegetación en el canal, bancas usualmente empinadas, árboles y matorrales a lo largo de las bancas sumergidas en niveles altos			
1. Fondo: gravas, cantos rodados y algunas rocas	0.030	0.040	0.050
2. Fondo: cantos rodados con rocas grandes	0.040	0.050	0.070
-2. Planicies de inundación			
a. Pastizales, sin matorrales			
1. Pasto corto	0.025	0.030	0.035
2. Pasto alto	0.030	0.035	0.050
b. Áreas cultivadas			
1. Sin cultivo	0.020	0.030	0.040
2. Cultivos en línea maduros	0.025	0.035	0.045
3. Campos de cultivo maduros	0.030	0.040	0.050
c. Matorrales			
1. Matorrales dispersos, mucha maleza	0.035	0.050	0.070
2. Pocos matorrales y árboles, en invierno	0.035	0.050	0.060
3. Pocos matorrales y árboles, en verano	0.040	0.060	0.080
4. Matorrales medios a densos, en invierno	0.045	0.070	0.110
5. Matorrales medios a densos, en verano	0.070	0.100	0.160
d. Árboles			
1. Sauces densos, rectos y en verano	0.110	0.150	0.200
2. Terreno limpio, con troncos sin retoños	0.030	0.040	0.050
3. Igual que el anterior, pero con una gran cantidad de retoños	0.050	0.060	0.080
4. Gran cantidad de árboles, algunos troncos caídos, con poco crecimiento de matorrales, nivel del agua por debajo de las ramas	0.080	0.100	0.120
5. Igual al anterior, pero con nivel de creciente por encima de las ramas	0.100	0.120	0.160
-3. Corrientes mayores (ancho superficial en nivel de creciente > 100 pies). El valor de *n* es menor que el correspondiente a corrientes menores con descripción similar, debido a que las bancas ofrecen resistencia menos efectiva.			
a. Sección regular, sin cantos rodados ni matorrales	0.025	.....	0.060
b. Sección irregular y rugosa	0.035	.....	0.100

Una vez analizada la información de ambos textos, el de "Hidrología de Antioquia" del Departamento de Antioquia y el de "Hidráulica de Canales Abiertos" de Ven Te Chow, se encuentran que el *Manning a utilizar para el fondo de la quebrada será de 0.033* y para las *llanuras de inundación constituida con pastos será de 0.03*, valores tomados del libro de "Hidráulica de Canales Abiertos" de Ven Te Chow.

4.1.3. Coeficientes de expansión y contracción.

Para efectos del presente estudio se considera coeficientes de expansión y contracción de 0.10 y 0.30 respectivamente para el canal natural, coeficientes sugeridos por el programa.

4.1.4. Condiciones de frontera del modelamiento.

El modelamiento se realizó considerando las siguientes condiciones:

- Se considerará la condición de borde correspondiente a la profundidad normal en el tramo analizado, realizando simulación con régimen Mixto.
- Rugosidades 0.030 en las márgenes, 0.033 en el fondo del lecho.
- Coeficientes de expansión y contracción 0.10 y 0.30, respectivamente en el canal natural.
- Perfiles de flujo estimados para la condición existente. El análisis se contó con 43 secciones aguas arriba y aguas abajo del sitio cruce existente con la vía, lo cual represento las condiciones topográficas en una longitud de la quebrada analizada.

Ver los resultados de la modelación en las páginas siguientes.

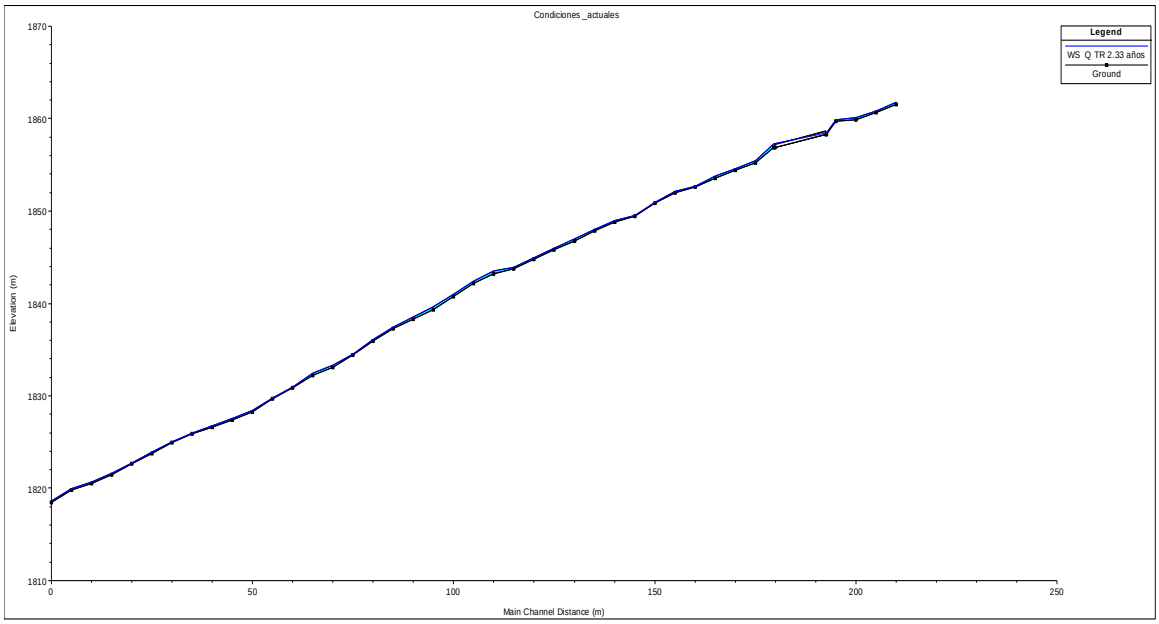


Figura N.° 13. *Perfil Condiciones actuales, Tr 2.33 años.*

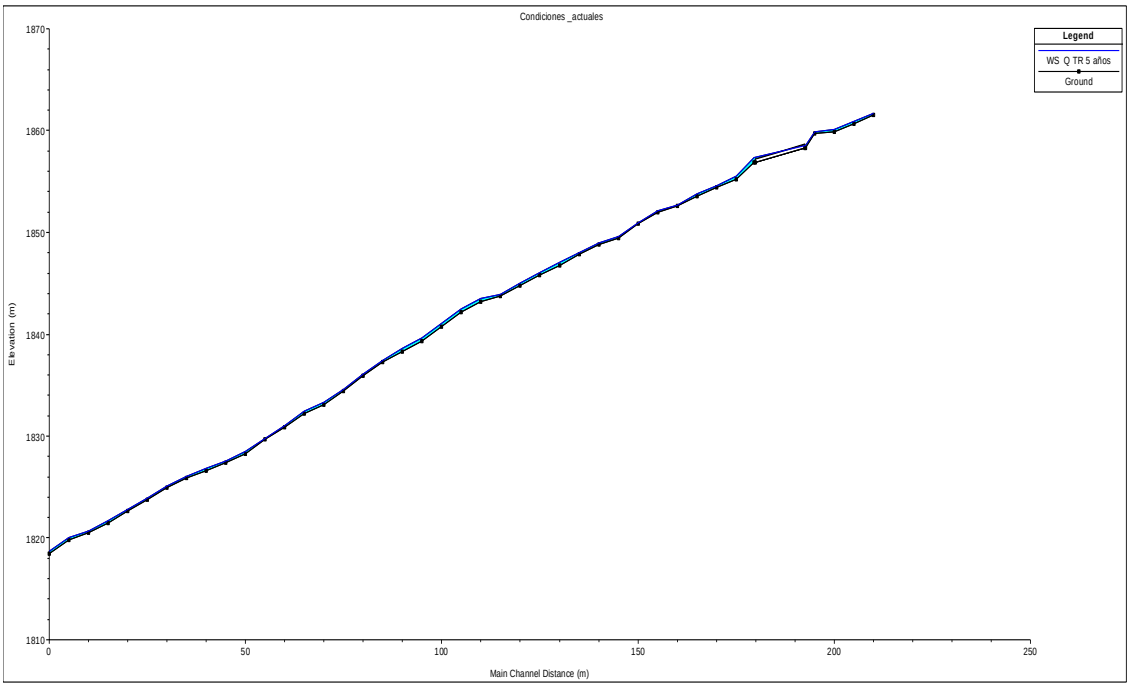


Figura N.° 14. *Perfil Condiciones actuales, Tr 5 años.*

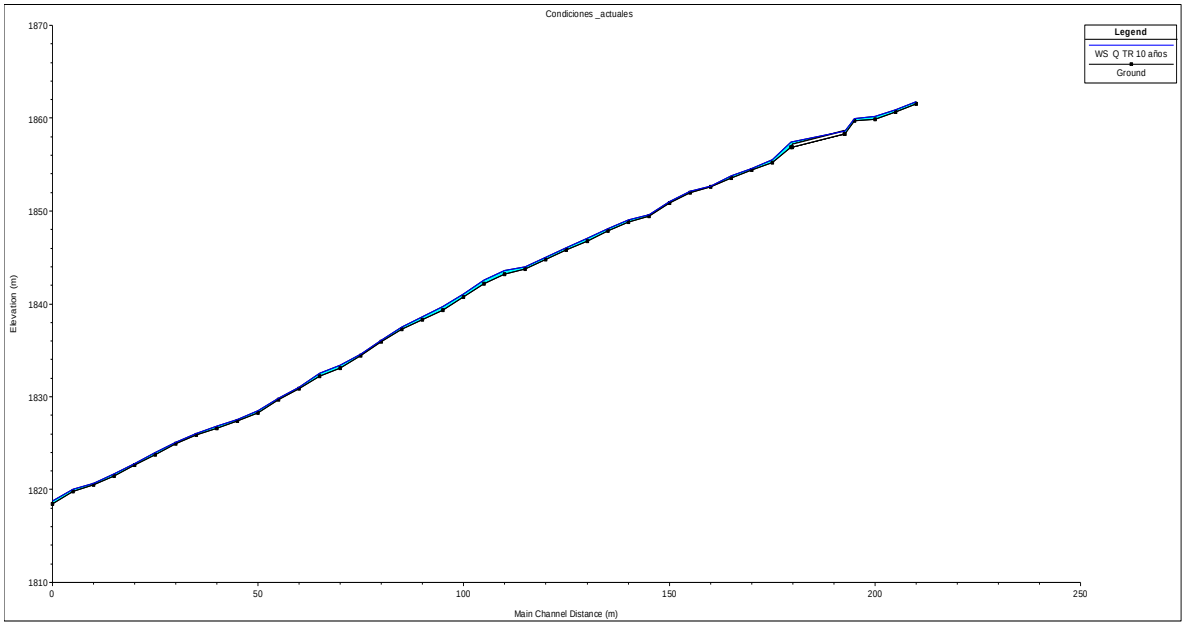


Figura N.° 15. *Perfil Condiciones actuales, 10 años.*

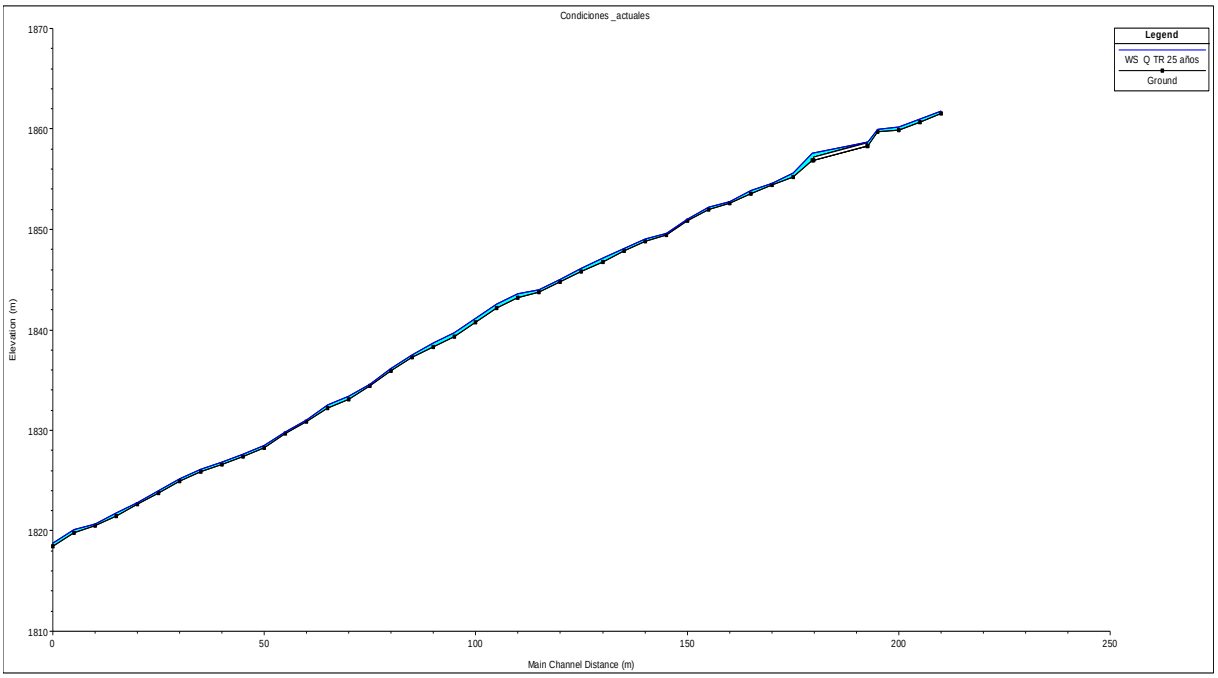


Figura N.° 16. *Perfil Condiciones actuales, Tr 25 años.*

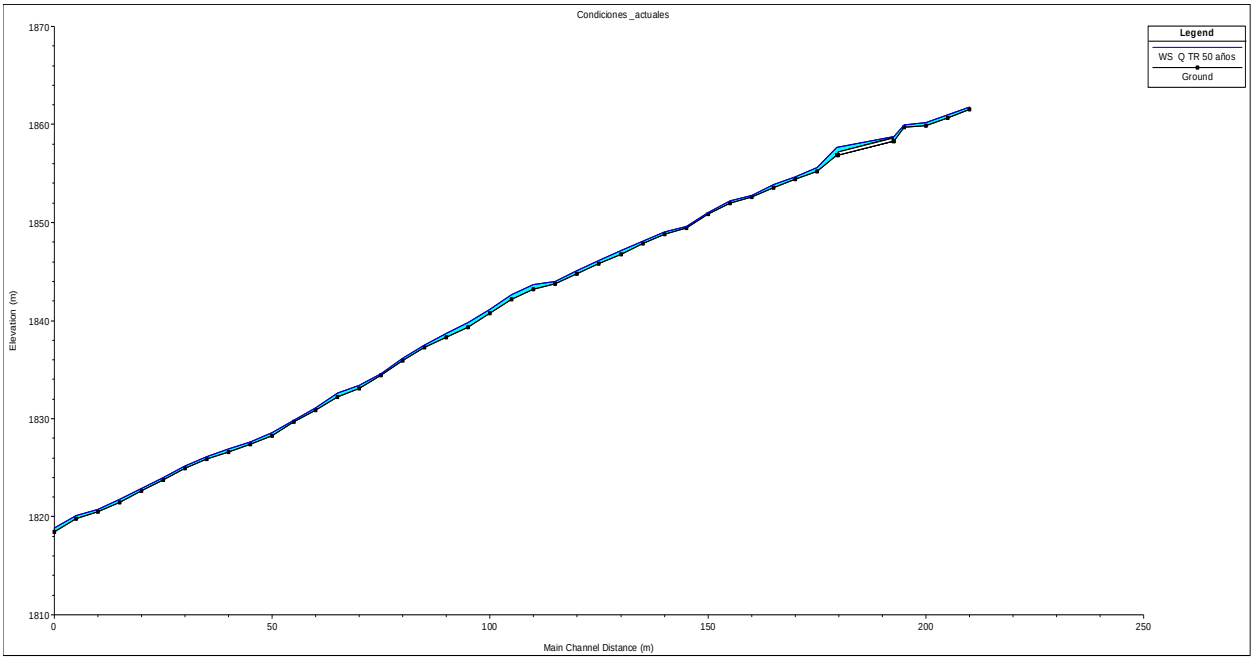


Figura N.° 17. *Perfil Condiciones actuales, Tr 50 años.*

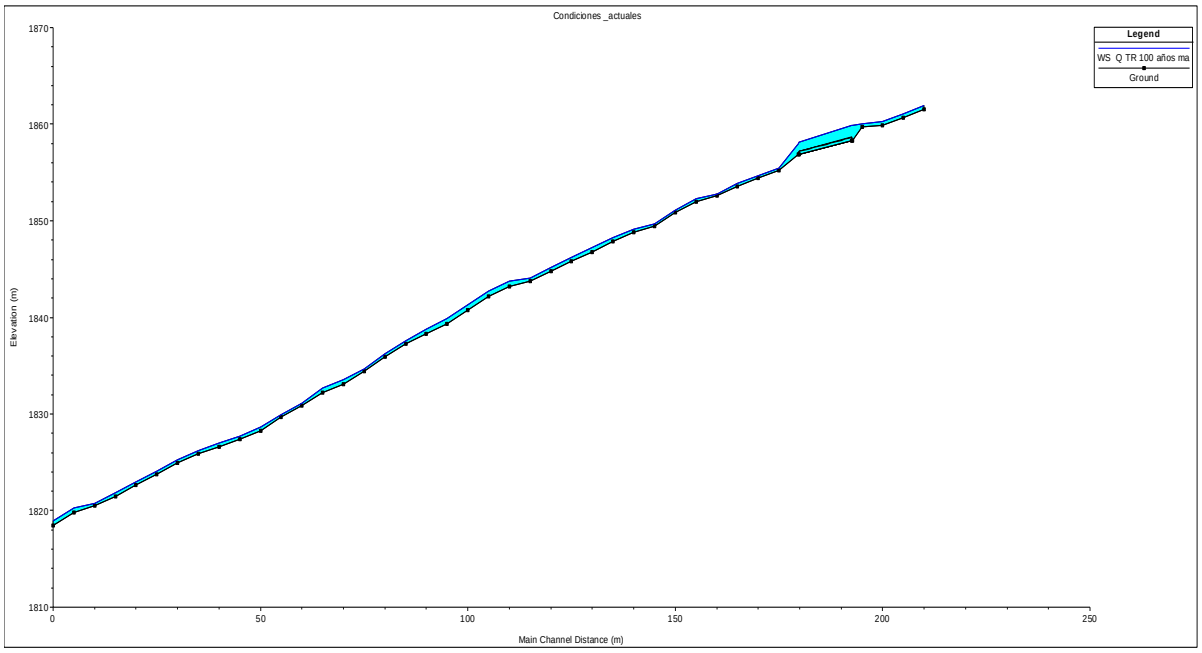


Figura N.° 18. *Perfil Condiciones actuales, Tr 100 años*

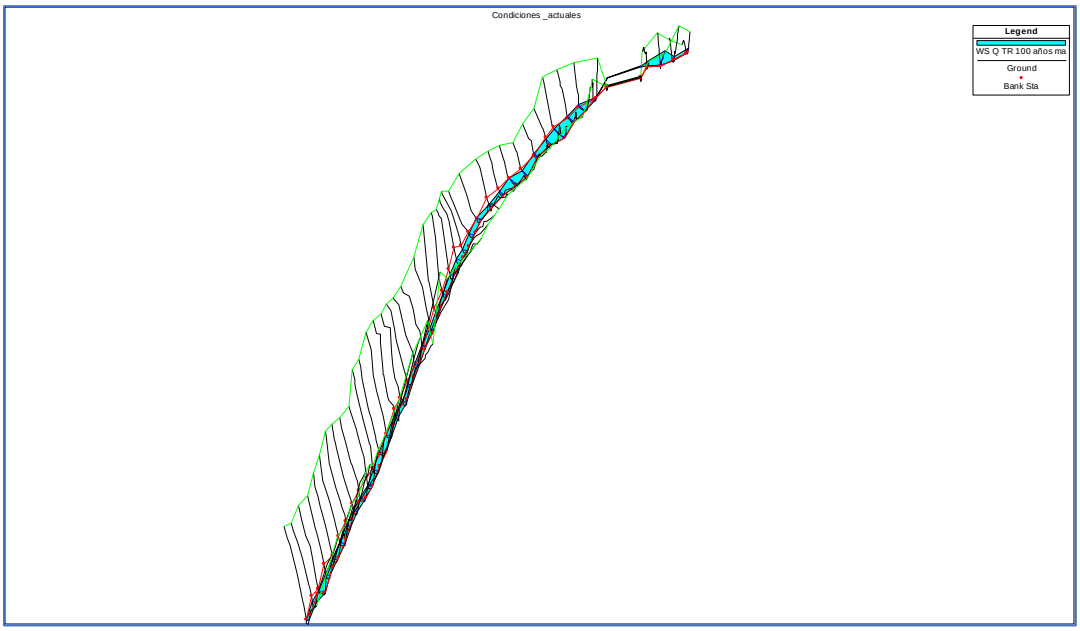


Figura N.° 19. *Perfil Condiciones actuales, 3D.*

***Tabla 20.** Resultados Condiciones Actuales.*

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)	
Afluente	43	Q TR 2.33 años	0.5100	1861.51	1861.81	1861.81	1861.89	0.018926	1.34	0.41	2.43	0.94
Afluente	43	Q TR 5 años	0.7400	1861.51	1861.73	1861.87	1862.25	0.168113	3.27	0.24	1.88	2.67
Afluente	43	Q TR 10 años	0.9500	1861.51	1861.76	1861.91	1862.34	0.167890	3.51	0.29	2.05	2.71
Afluente	43	Q TR 25 años	1.2600	1861.51	1861.79	1861.95	1862.47	0.168029	3.79	0.35	2.27	2.76
Afluente	43	Q TR 50 años	1.5300	1861.51	1861.81	1861.98	1862.56	0.168314	4.00	0.41	2.43	2.80
Afluente	43	Q TR 100 años ma	2.5800	1861.51	1861.90	1862.07	1862.63	0.168264	3.79	0.68	3.83	2.77
Afluente	42	Q TR 2.33 años	0.5100	1860.67	1860.83	1860.99	1861.58	0.345188	3.84	0.13	1.12	3.56
Afluente	42	Q TR 5 años	0.7400	1860.67	1860.90	1861.07	1861.44	0.153391	3.26	0.23	1.43	2.52
Afluente	42	Q TR 10 años	0.9500	1860.67	1860.94	1861.11	1861.55	0.150360	3.49	0.28	1.54	2.54
Afluente	42	Q TR 25 años	1.2600	1860.67	1860.98	1861.16	1861.68	0.145476	3.75	0.34	1.73	2.56
Afluente	42	Q TR 50 años	1.5300	1860.67	1861.01	1861.19	1861.79	0.138574	3.98	0.40	2.30	2.55
Afluente	42	Q TR 100 años ma	2.5800	1860.67	1861.10	1861.30	1861.95	0.107970	4.33	0.69	3.56	2.37
Afluente	41	Q TR 2.33 años	0.5100	1859.86	1860.13	1860.23	1860.45	0.130429	2.83	0.21	2.10	2.05
Afluente	41	Q TR 5 años	0.7400	1859.86	1860.15	1860.26	1860.61	0.172805	3.41	0.26	2.36	2.37
Afluente	41	Q TR 10 años	0.9500	1859.86	1860.17	1860.28	1860.70	0.182302	3.72	0.31	2.61	2.47
Afluente	41	Q TR 25 años	1.2600	1859.86	1860.19	1860.31	1860.82	0.194974	4.10	0.38	3.14	2.60
Afluente	41	Q TR 50 años	1.5300	1859.86	1860.21	1860.32	1860.92	0.211607	4.47	0.43	4.50	2.73
Afluente	41	Q TR 100 años ma	2.5800	1859.86	1860.24	1860.40	1861.15	0.260313	5.39	0.67	7.16	3.10
Afluente	40	Q TR 2.33 años	0.5100	1859.69	1859.89	1859.92	1859.99	0.051511	1.60	0.36	4.06	1.35
Afluente	40	Q TR 5 años	0.7400	1859.69	1859.91	1859.95	1860.05	0.056538	1.82	0.45	4.08	1.44
Afluente	40	Q TR 10 años	0.9500	1859.69	1859.93	1859.98	1860.11	0.061119	2.01	0.51	4.09	1.52
Afluente	40	Q TR 25 años	1.2600	1859.69	1859.95	1860.01	1860.18	0.065131	2.24	0.59	4.10	1.60
Afluente	40	Q TR 50 años	1.5300	1859.69	1859.96	1860.04	1860.24	0.067505	2.40	0.66	4.11	1.65
Afluente	40	Q TR 100 años ma	2.5800	1859.69	1860.03	1860.14	1860.42	0.063672	2.78	0.93	4.14	1.67
Afluente	39	Q TR 2.33 años	0.5100	1858.31	1858.46	1858.69	1859.62	0.548770	4.76	0.11	0.70	3.88
Afluente	39	Q TR 5 años	0.7400	1858.31	1858.53	1858.80	1859.68	0.395864	4.75	0.16	0.70	3.22
Afluente	39	Q TR 10 años	0.9500	1858.31	1858.60	1858.88	1859.74	0.324304	4.74	0.20	0.70	2.83
Afluente	39	Q TR 25 años	1.2600	1858.31	1858.69	1859.00	1859.84	0.234339	4.77	0.27	0.80	2.48
Afluente	39	Q TR 50 años	1.5300	1858.31	1858.76	1859.09	1859.92	0.185755	4.79	0.33	0.80	2.28
Afluente	39	Q TR 100 años ma	2.5800	1858.31	1859.84	1859.40	1860.12	0.008792	2.36	1.19	0.80	0.61
Afluente	38		Culvert									
Afluente	37	Q TR 2.33 años	0.5100	1856.88	1857.26	1857.26	1857.44	0.035944	1.89	0.27	0.80	0.98
Afluente	37	Q TR 5 años	0.7400	1856.88	1857.37	1857.37	1857.60	0.033191	2.13	0.36	0.80	0.98
Afluente	37	Q TR 10 años	0.9500	1856.88	1857.45	1857.45	1857.72	0.032077	2.33	0.42	0.80	0.98
Afluente	37	Q TR 25 años	1.2600	1856.88	1857.57	1857.57	1857.90	0.030470	2.57	0.52	0.80	0.99
Afluente	37	Q TR 50 años	1.5300	1856.88	1857.66	1857.66	1858.04	0.029273	2.74	0.59	0.80	0.99
Afluente	37	Q TR 100 años ma	2.5800	1856.88	1857.97	1857.97	1858.52	0.027010	3.30	0.84	0.80	1.01
Afluente	36	Q TR 2.33 años	0.5100	1855.22	1855.46	1855.46	1855.53	0.024263	1.19	0.43	3.16	1.01
Afluente	36	Q TR 5 años	0.7400	1855.22	1855.50	1855.50	1855.59	0.022512	1.30	0.57	3.48	1.01
Afluente	36	Q TR 10 años	0.9500	1855.22	1855.54	1855.54	1855.63	0.020969	1.37	0.70	3.75	0.99
Afluente	36	Q TR 25 años	1.2600	1855.22	1855.58	1855.58	1855.69	0.020333	1.47	0.87	4.06	1.00
Afluente	36	Q TR 50 años	1.5300	1855.22	1855.61	1855.61	1855.73	0.019366	1.53	1.01	4.33	0.99
Afluente	36	Q TR 100 años ma	2.5800	1855.22	1855.44	1855.72	1857.95	0.996184	7.03	0.37	3.00	6.35
Afluente	35	Q TR 2.33 años	0.5100	1854.47	1854.57	1854.65	1855.13	0.763343	3.34	0.15	3.13	4.82
Afluente	35	Q TR 5 años	0.7400	1854.47	1854.58	1854.68	1855.20	0.820905	3.49	0.21	4.27	5.01
Afluente	35	Q TR 10 años	0.9500	1854.47	1854.60	1854.70	1855.27	0.703640	3.64	0.26	4.41	4.78
Afluente	35	Q TR 25 años	1.2600	1854.47	1854.61	1854.74	1855.34	0.570046	3.79	0.33	4.54	4.46
Afluente	35	Q TR 50 años	1.5300	1854.47	1854.63	1854.76	1855.39	0.499637	3.90	0.39	4.65	4.27
Afluente	35	Q TR 100 años ma	2.5800	1854.47	1854.69	1854.84	1855.35	0.222062	3.61	0.72	5.21	3.09

Tabla 21.*Continuación Resultados Condiciones Actuales.*

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 # C
			(m3/s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/m)	(m/s)	(m2)	(m)	
Afluente	34	Q TR 2.33 años	0.5100	1853.56	1853.80	1853.83	1853.92	0.099929	1.56	0.33	4.44	1.8
Afluente	34	Q TR 5 años	0.7400	1853.56	1853.82	1853.87	1853.98	0.098420	1.78	0.42	4.63	1.8
Afluente	34	Q TR 10 años	0.9500	1853.56	1853.83	1853.89	1854.03	0.105107	2.00	0.48	4.69	1.9
Afluente	34	Q TR 25 años	1.2600	1853.56	1853.85	1853.92	1854.11	0.113833	2.28	0.56	4.76	2.1
Afluente	34	Q TR 50 años	1.5300	1853.56	1853.86	1853.95	1854.18	0.120499	2.50	0.62	4.78	2.2
Afluente	34	Q TR 100 años ma	2.5800	1853.56	1853.90	1854.04	1854.43	0.143388	3.25	0.80	4.86	2.5
Afluente	33	Q TR 2.33 años	0.5100	1852.65	1852.70	1852.75	1852.96	0.498021	2.25	0.23	6.05	3.7
Afluente	33	Q TR 5 años	0.7400	1852.65	1852.71	1852.77	1853.03	0.472525	2.53	0.29	6.32	3.7
Afluente	33	Q TR 10 años	0.9500	1852.65	1852.72	1852.79	1853.08	0.423354	2.66	0.36	6.58	3.6
Afluente	33	Q TR 25 años	1.2600	1852.65	1852.73	1852.81	1853.14	0.382050	2.84	0.44	6.89	3.5
Afluente	33	Q TR 50 años	1.5300	1852.65	1852.74	1852.83	1853.19	0.361060	2.98	0.51	7.10	3.5
Afluente	33	Q TR 100 años ma	2.5800	1852.65	1852.77	1852.90	1853.38	0.330626	3.46	0.75	7.72	3.5
Afluente	32	Q TR 2.33 años	0.5100	1851.95	1852.11	1852.16	1852.27	0.059583	1.75	0.30	2.58	1.5
Afluente	32	Q TR 5 años	0.7400	1851.95	1852.14	1852.21	1852.34	0.059679	1.99	0.38	2.82	1.6
Afluente	32	Q TR 10 años	0.9500	1851.95	1852.17	1852.24	1852.40	0.060294	2.18	0.45	3.01	1.6
Afluente	32	Q TR 25 años	1.2600	1851.95	1852.20	1852.29	1852.48	0.060625	2.39	0.55	3.25	1.6
Afluente	32	Q TR 50 años	1.5300	1851.95	1852.22	1852.32	1852.54	0.060822	2.55	0.63	3.44	1.7
Afluente	32	Q TR 100 años ma	2.5800	1851.95	1852.30	1852.43	1852.72	0.061193	3.00	0.92	4.03	1.7
Afluente	31	Q TR 2.33 años	0.5100	1850.85	1850.95	1851.06	1851.56	0.514962	3.44	0.15	2.15	4.1
Afluente	31	Q TR 5 años	0.7400	1850.85	1850.98	1851.11	1851.67	0.406122	3.68	0.20	2.23	3.8
Afluente	31	Q TR 10 años	0.9500	1850.85	1851.00	1851.16	1851.75	0.346570	3.84	0.25	2.31	3.6
Afluente	31	Q TR 25 años	1.2600	1850.85	1851.03	1851.21	1851.85	0.292619	4.04	0.31	2.41	3.5
Afluente	31	Q TR 50 años	1.5300	1850.85	1851.05	1851.25	1851.93	0.260849	4.17	0.37	2.49	3.3
Afluente	31	Q TR 100 años ma	2.5800	1850.85	1851.13	1851.37	1852.17	0.185303	4.57	0.58	3.01	3.0
Afluente	30	Q TR 2.33 años	0.5100	1849.44	1849.55	1849.63	1849.86	0.220465	2.46	0.21	2.74	2.8
Afluente	30	Q TR 5 años	0.7400	1849.44	1849.57	1849.67	1849.99	0.258226	2.88	0.26	3.00	3.0
Afluente	30	Q TR 10 años	0.9500	1849.44	1849.58	1849.70	1850.10	0.289045	3.21	0.30	3.19	3.3
Afluente	30	Q TR 25 años	1.2600	1849.44	1849.60	1849.73	1850.26	0.326903	3.63	0.35	3.42	3.5
Afluente	30	Q TR 50 años	1.5300	1849.44	1849.61	1849.76	1850.39	0.354172	3.93	0.39	3.60	3.7
Afluente	30	Q TR 100 años ma	2.5800	1849.44	1849.65	1849.84	1850.81	0.421066	4.81	0.54	4.17	4.2
Afluente	29	Q TR 2.33 años	0.5100	1848.83	1848.98	1849.03	1849.13	0.092699	1.68	0.30	3.51	1.8
Afluente	29	Q TR 5 años	0.7400	1848.83	1849.01	1849.07	1849.19	0.093569	1.89	0.39	3.83	1.8
Afluente	29	Q TR 10 años	0.9500	1848.83	1849.02	1849.09	1849.24	0.095844	2.06	0.46	4.16	1.9
Afluente	29	Q TR 25 años	1.2600	1848.83	1849.05	1849.13	1849.31	0.100421	2.28	0.56	4.72	2.0
Afluente	29	Q TR 50 años	1.5300	1848.83	1849.06	1849.15	1849.37	0.105355	2.45	0.63	5.12	2.1
Afluente	29	Q TR 100 años ma	2.5800	1848.83	1849.10	1849.23	1849.56	0.124087	3.02	0.88	6.27	2.3
Afluente	28	Q TR 2.33 años	0.5100	1847.84	1848.01	1848.11	1848.39	0.242754	2.73	0.19	2.08	2.9
Afluente	28	Q TR 5 años	0.7400	1847.84	1848.04	1848.16	1848.49	0.206374	2.97	0.25	2.14	2.7
Afluente	28	Q TR 10 años	0.9500	1847.84	1848.07	1848.20	1848.56	0.182193	3.12	0.30	2.20	2.6
Afluente	28	Q TR 25 años	1.2600	1847.84	1848.10	1848.26	1848.66	0.158492	3.29	0.38	2.27	2.5
Afluente	28	Q TR 50 años	1.5300	1847.84	1848.13	1848.30	1848.73	0.142152	3.42	0.45	2.38	2.4
Afluente	28	Q TR 100 años ma	2.5800	1847.84	1848.23	1848.43	1848.94	0.111312	3.77	0.69	2.79	2.3
Afluente	27	Q TR 2.33 años	0.5100	1846.76	1847.00	1847.13	1847.45	0.149182	2.97	0.17	1.08	2.3
Afluente	27	Q TR 5 años	0.7400	1846.76	1847.04	1847.20	1847.60	0.152319	3.30	0.22	1.20	2.4
Afluente	27	Q TR 10 años	0.9500	1846.76	1847.08	1847.26	1847.72	0.152962	3.53	0.27	1.30	2.4
Afluente	27	Q TR 25 años	1.2600	1846.76	1847.13	1847.33	1847.84	0.161832	3.73	0.34	1.58	2.5
Afluente	27	Q TR 50 años	1.5300	1846.76	1847.16	1847.38	1847.95	0.162758	3.93	0.39	1.69	2.6
Afluente	27	Q TR 100 años ma	2.5800	1846.76	1847.26	1847.53	1848.26	0.154697	4.43	0.58	2.09	2.6

Tabla 22.*Continuación Resultados Condiciones Actuales.*

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)	
Afluente	26	Q TR 2.33 años	0.5100	1845.79	1845.98	1846.12	1846.52	0.228497	3.26	0.16	1.24	2.93
Afluente	26	Q TR 5 años	0.7400	1845.79	1846.02	1846.19	1846.68	0.218631	3.61	0.21	1.33	2.93
Afluente	26	Q TR 10 años	0.9500	1845.79	1846.05	1846.25	1846.81	0.212602	3.85	0.25	1.40	2.94
Afluente	26	Q TR 25 años	1.2600	1845.79	1846.09	1846.32	1846.94	0.192693	4.09	0.31	1.55	2.86
Afluente	26	Q TR 50 años	1.5300	1845.79	1846.12	1846.37	1847.06	0.185517	4.30	0.36	1.67	2.86
Afluente	26	Q TR 100 años ma	2.5800	1845.79	1846.22	1846.51	1847.45	0.164241	4.96	0.54	2.27	2.82
Afluente	25	Q TR 2.33 años	0.5100	1844.82	1844.97	1845.08	1845.41	0.205192	2.96	0.17	1.49	2.78
Afluente	25	Q TR 5 años	0.7400	1844.82	1845.00	1845.14	1845.58	0.213536	3.39	0.22	1.58	2.91
Afluente	25	Q TR 10 años	0.9500	1844.82	1845.02	1845.19	1845.72	0.217644	3.70	0.26	1.64	2.99
Afluente	25	Q TR 25 años	1.2600	1844.82	1845.05	1845.25	1845.90	0.225766	4.09	0.31	1.73	3.09
Afluente	25	Q TR 50 años	1.5300	1844.82	1845.07	1845.30	1846.04	0.227755	4.35	0.35	1.80	3.14
Afluente	25	Q TR 100 años ma	2.5800	1844.82	1845.16	1845.46	1846.47	0.232758	5.07	0.51	2.09	3.28
Afluente	24	Q TR 2.33 años	0.5100	1843.75	1843.91	1844.02	1844.34	0.223339	2.88	0.18	1.72	2.87
Afluente	24	Q TR 5 años	0.7400	1843.75	1843.94	1844.08	1844.48	0.220766	3.27	0.23	1.80	2.94
Afluente	24	Q TR 10 años	0.9500	1843.75	1843.96	1844.12	1844.60	0.220099	3.55	0.27	1.86	2.99
Afluente	24	Q TR 25 años	1.2600	1843.75	1843.99	1844.18	1844.76	0.219634	3.89	0.32	1.94	3.04
Afluente	24	Q TR 50 años	1.5300	1843.75	1844.02	1844.22	1844.89	0.220027	4.15	0.37	2.01	3.09
Afluente	24	Q TR 100 años ma	2.5800	1843.75	1844.09	1844.37	1845.30	0.220061	4.88	0.53	2.22	3.19
Afluente	23	Q TR 2.33 años	0.5100	1843.22	1843.50	1843.57	1843.73	0.064997	2.11	0.24	1.40	1.62
Afluente	23	Q TR 5 años	0.7400	1843.22	1843.55	1843.64	1843.84	0.069218	2.39	0.31	1.55	1.70
Afluente	23	Q TR 10 años	0.9500	1843.22	1843.58	1843.69	1843.93	0.072889	2.60	0.36	1.65	1.77
Afluente	23	Q TR 25 años	1.2600	1843.22	1843.63	1843.76	1844.05	0.077855	2.88	0.44	1.79	1.85
Afluente	23	Q TR 50 años	1.5300	1843.22	1843.66	1843.81	1844.14	0.081915	3.09	0.50	1.88	1.92
Afluente	23	Q TR 100 años ma	2.5800	1843.22	1843.75	1843.97	1844.46	0.094748	3.73	0.69	2.18	2.12
Afluente	22	Q TR 2.33 años	0.5100	1842.19	1842.45	1842.60	1843.10	0.275921	3.57	0.14	1.05	3.09
Afluente	22	Q TR 5 años	0.7400	1842.19	1842.50	1842.68	1843.22	0.229861	3.76	0.20	1.14	2.90
Afluente	22	Q TR 10 años	0.9500	1842.19	1842.54	1842.74	1843.31	0.206704	3.90	0.24	1.22	2.79
Afluente	22	Q TR 25 años	1.2600	1842.19	1842.59	1842.82	1843.43	0.185295	4.07	0.31	1.33	2.69
Afluente	22	Q TR 50 años	1.5300	1842.19	1842.63	1842.87	1843.53	0.173478	4.20	0.36	1.40	2.63
Afluente	22	Q TR 100 años ma	2.5800	1842.19	1842.76	1843.05	1843.83	0.154257	4.60	0.56	1.71	2.56
Afluente	21	Q TR 2.33 años	0.5100	1840.75	1841.00	1841.17	1841.73	0.270354	3.78	0.13	0.89	3.10
Afluente	21	Q TR 5 años	0.7400	1840.75	1841.04	1841.25	1841.95	0.275010	4.21	0.18	0.98	3.18
Afluente	21	Q TR 10 años	0.9500	1840.75	1841.08	1841.31	1842.11	0.272902	4.49	0.21	1.05	3.21
Afluente	21	Q TR 25 años	1.2600	1840.75	1841.12	1841.39	1842.30	0.266999	4.80	0.26	1.15	3.21
Afluente	21	Q TR 50 años	1.5300	1840.75	1841.16	1841.45	1842.44	0.260212	5.01	0.31	1.23	3.20
Afluente	21	Q TR 100 años ma	2.5800	1840.75	1841.28	1841.63	1842.83	0.239511	5.53	0.47	1.50	3.16
Afluente	20	Q TR 2.33 años	0.5100	1839.35	1839.62	1839.80	1840.37	0.270363	3.85	0.13	0.82	3.05
Afluente	20	Q TR 5 años	0.7400	1839.35	1839.66	1839.88	1840.58	0.272060	4.24	0.17	0.93	3.12
Afluente	20	Q TR 10 años	0.9500	1839.35	1839.70	1839.94	1840.74	0.272977	4.52	0.21	1.01	3.16
Afluente	20	Q TR 25 años	1.2600	1839.35	1839.75	1840.02	1840.95	0.273242	4.85	0.26	1.11	3.21
Afluente	20	Q TR 50 años	1.5300	1839.35	1839.78	1840.09	1841.10	0.272109	5.09	0.30	1.19	3.23
Afluente	20	Q TR 100 años ma	2.5800	1839.35	1839.90	1840.27	1841.57	0.263875	5.73	0.45	1.45	3.27
Afluente	19	Q TR 2.33 años	0.5100	1838.27	1838.54	1838.70	1839.14	0.208018	3.42	0.15	0.94	2.73
Afluente	19	Q TR 5 años	0.7400	1838.27	1838.59	1838.78	1839.35	0.208942	3.87	0.19	1.05	2.82
Afluente	19	Q TR 10 años	0.9500	1838.27	1838.62	1838.84	1839.51	0.208804	4.18	0.23	1.14	2.87
Afluente	19	Q TR 25 años	1.2600	1838.27	1838.66	1838.92	1839.71	0.209493	4.56	0.28	1.25	2.94
Afluente	19	Q TR 50 años	1.5300	1838.27	1838.70	1838.98	1839.87	0.210000	4.83	0.32	1.34	2.98
Afluente	19	Q TR 100 años ma	2.5800	1838.27	1838.80	1839.15	1840.35	0.211400	5.61	0.48	1.61	3.10

Tabla 23.*Continuación Resultados Condiciones Actuales.*

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)	
Afluente	18	Q TR 2.33 años	0.5100	1837.24	1837.42	1837.55	1837.97	0.260171	3.32	0.16	1.40	3.14
Afluente	18	Q TR 5 años	0.7400	1837.24	1837.45	1837.61	1838.17	0.262507	3.80	0.20	1.46	3.25
Afluente	18	Q TR 10 años	0.9500	1837.24	1837.47	1837.66	1838.33	0.263269	4.16	0.23	1.50	3.32
Afluente	18	Q TR 25 años	1.2600	1837.24	1837.50	1837.73	1838.55	0.260032	4.59	0.28	1.54	3.37
Afluente	18	Q TR 50 años	1.5300	1837.24	1837.53	1837.79	1838.71	0.255432	4.89	0.32	1.57	3.39
Afluente	18	Q TR 100 años ma	2.5800	1837.24	1837.62	1837.97	1839.23	0.236102	5.71	0.47	1.69	3.39
Afluente	17	Q TR 2.33 años	0.5100	1835.94	1836.06	1836.17	1836.58	0.291727	3.23	0.16	1.67	3.32
Afluente	17	Q TR 5 años	0.7400	1835.94	1836.08	1836.23	1836.78	0.291898	3.72	0.20	1.71	3.42
Afluente	17	Q TR 10 años	0.9500	1835.94	1836.10	1836.28	1836.94	0.292797	4.09	0.24	1.74	3.50
Afluente	17	Q TR 25 años	1.2600	1835.94	1836.13	1836.34	1837.16	0.294140	4.54	0.28	1.78	3.59
Afluente	17	Q TR 50 años	1.5300	1835.94	1836.15	1836.39	1837.34	0.295027	4.87	0.32	1.81	3.65
Afluente	17	Q TR 100 años ma	2.5800	1835.94	1836.22	1836.56	1837.92	0.288721	5.83	0.45	1.91	3.75
Afluente	16	Q TR 2.33 años	0.5100	1834.41	1834.53	1834.65	1835.07	0.315526	3.26	0.16	1.60	3.32
Afluente	16	Q TR 5 años	0.7400	1834.41	1834.55	1834.71	1835.26	0.315875	3.73	0.20	1.63	3.41
Afluente	16	Q TR 10 años	0.9500	1834.41	1834.57	1834.76	1835.42	0.316838	4.07	0.23	1.66	3.47
Afluente	16	Q TR 25 años	1.2600	1834.41	1834.60	1834.82	1835.63	0.318984	4.50	0.28	1.70	3.55
Afluente	16	Q TR 50 años	1.5300	1834.41	1834.62	1834.87	1835.80	0.319961	4.81	0.32	1.74	3.59
Afluente	16	Q TR 100 años ma	2.5800	1834.41	1834.70	1835.04	1836.38	0.325410	5.75	0.45	1.84	3.72
Afluente	15	Q TR 2.33 años	0.5100	1833.09	1833.32	1833.44	1833.80	0.203662	3.07	0.17	1.34	2.78
Afluente	15	Q TR 5 años	0.7400	1833.09	1833.35	1833.50	1833.97	0.208387	3.47	0.21	1.43	2.87
Afluente	15	Q TR 10 años	0.9500	1833.09	1833.38	1833.56	1834.11	0.210382	3.79	0.25	1.46	2.92
Afluente	15	Q TR 25 años	1.2600	1833.09	1833.41	1833.63	1834.30	0.213390	4.18	0.30	1.50	2.98
Afluente	15	Q TR 50 años	1.5300	1833.09	1833.44	1833.70	1834.45	0.215956	4.47	0.34	1.53	3.02
Afluente	15	Q TR 100 años ma	2.5800	1833.09	1833.53	1833.88	1834.97	0.225050	5.32	0.48	1.64	3.13
Afluente	14	Q TR 2.33 años	0.5100	1832.20	1832.43	1832.55	1832.87	0.165204	2.94	0.17	1.17	2.43
Afluente	14	Q TR 5 años	0.7400	1832.20	1832.48	1832.62	1833.01	0.167319	3.24	0.23	1.33	2.50
Afluente	14	Q TR 10 años	0.9500	1832.20	1832.51	1832.67	1833.13	0.171550	3.49	0.27	1.43	2.56
Afluente	14	Q TR 25 años	1.2600	1832.20	1832.55	1832.75	1833.30	0.173934	3.85	0.33	1.48	2.61
Afluente	14	Q TR 50 años	1.5300	1832.20	1832.58	1832.80	1833.44	0.176240	4.11	0.37	1.51	2.65
Afluente	14	Q TR 100 años ma	2.5800	1832.20	1832.67	1832.99	1833.89	0.183297	4.89	0.53	1.63	2.74
Afluente	13	Q TR 2.33 años	0.5100	1830.88	1830.98	1831.10	1831.58	0.447171	3.42	0.15	1.92	3.91
Afluente	13	Q TR 5 años	0.7400	1830.88	1831.01	1831.15	1831.75	0.407512	3.81	0.19	1.95	3.86
Afluente	13	Q TR 10 años	0.9500	1830.88	1831.03	1831.19	1831.88	0.381909	4.09	0.23	1.98	3.82
Afluente	13	Q TR 25 años	1.2600	1830.88	1831.05	1831.25	1832.06	0.361446	4.45	0.28	2.02	3.80
Afluente	13	Q TR 50 años	1.5300	1830.88	1831.07	1831.29	1832.20	0.348758	4.71	0.32	2.05	3.78
Afluente	13	Q TR 100 años ma	2.5800	1830.88	1831.14	1831.45	1832.67	0.319042	5.48	0.47	2.16	3.75
Afluente	12	Q TR 2.33 años	0.5100	1829.66	1829.77	1829.86	1830.12	0.188425	2.61	0.20	2.07	2.67
Afluente	12	Q TR 5 años	0.7400	1829.66	1829.80	1829.92	1830.27	0.204582	3.06	0.24	2.16	2.86
Afluente	12	Q TR 10 años	0.9500	1829.66	1829.81	1829.95	1830.39	0.215052	3.40	0.28	2.22	2.99
Afluente	12	Q TR 25 años	1.2600	1829.66	1829.84	1830.01	1830.57	0.227324	3.82	0.34	2.30	3.14
Afluente	12	Q TR 50 años	1.5300	1829.66	1829.85	1830.05	1830.70	0.234251	4.12	0.38	2.37	3.24
Afluente	12	Q TR 100 años ma	2.5800	1829.66	1829.91	1830.17	1831.17	0.253116	5.04	0.52	2.58	3.50
Afluente	11	Q TR 2.33 años	0.5100	1828.23	1828.44	1828.55	1828.95	0.289475	3.17	0.16	1.59	3.18
Afluente	11	Q TR 5 años	0.7400	1828.23	1828.47	1828.61	1829.09	0.264235	3.51	0.21	1.65	3.13
Afluente	11	Q TR 10 años	0.9500	1828.23	1828.49	1828.66	1829.21	0.253137	3.77	0.25	1.70	3.12
Afluente	11	Q TR 25 años	1.2600	1828.23	1828.52	1828.72	1829.38	0.244627	4.10	0.31	1.77	3.13
Afluente	11	Q TR 50 años	1.5300	1828.23	1828.55	1828.77	1829.51	0.239900	4.34	0.35	1.82	3.14
Afluente	11	Q TR 100 años ma	2.5800	1828.23	1828.63	1828.93	1829.95	0.235055	5.09	0.51	1.99	3.22

Tabla 24.*Continuación Resultados Condiciones Actuales.*

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)	
Afluente	10	Q TR 2.33 años	0.5100	1827.35	1827.51	1827.61	1827.86	0.154944	2.62	0.19	1.59	2.39
Afluente	10	Q TR 5 años	0.7400	1827.35	1827.54	1827.67	1828.02	0.165303	3.05	0.24	1.64	2.53
Afluente	10	Q TR 10 años	0.9500	1827.35	1827.57	1827.72	1828.14	0.170625	3.35	0.28	1.68	2.61
Afluente	10	Q TR 25 años	1.2600	1827.35	1827.60	1827.78	1828.30	0.175190	3.72	0.34	1.74	2.69
Afluente	10	Q TR 50 años	1.5300	1827.35	1827.63	1827.84	1828.43	0.177638	3.98	0.38	1.78	2.73
Afluente	10	Q TR 100 años ma	2.5800	1827.35	1827.71	1828.00	1828.86	0.184213	4.75	0.54	1.93	2.86
Afluente	9	Q TR 2.33 años	0.5100	1826.60	1826.78	1826.87	1827.09	0.150262	2.44	0.21	1.91	2.35
Afluente	9	Q TR 5 años	0.7400	1826.60	1826.81	1826.92	1827.21	0.149733	2.78	0.27	1.96	2.41
Afluente	9	Q TR 10 años	0.9500	1826.60	1826.84	1826.97	1827.31	0.150783	3.05	0.31	2.00	2.46
Afluente	9	Q TR 25 años	1.2600	1826.60	1826.87	1827.02	1827.45	0.153576	3.38	0.37	2.06	2.53
Afluente	9	Q TR 50 años	1.5300	1826.60	1826.89	1827.07	1827.56	0.155901	3.63	0.42	2.10	2.58
Afluente	9	Q TR 100 años ma	2.5800	1826.60	1826.97	1827.22	1827.94	0.162822	4.37	0.59	2.24	2.72
Afluente	8	Q TR 2.33 años	0.5100	1825.86	1826.00	1826.09	1826.33	0.150146	2.55	0.20	1.61	2.31
Afluente	8	Q TR 5 años	0.7400	1825.86	1826.03	1826.15	1826.46	0.147677	2.90	0.26	1.63	2.34
Afluente	8	Q TR 10 años	0.9500	1825.86	1826.06	1826.20	1826.56	0.144650	3.14	0.30	1.65	2.34
Afluente	8	Q TR 25 años	1.2600	1825.86	1826.10	1826.27	1826.70	0.143113	3.45	0.37	1.67	2.35
Afluente	8	Q TR 50 años	1.5300	1825.86	1826.13	1826.32	1826.81	0.141348	3.66	0.42	1.69	2.35
Afluente	8	Q TR 100 años ma	2.5800	1825.86	1826.24	1826.51	1827.18	0.139211	4.31	0.60	1.76	2.36
Afluente	7	Q TR 2.33 años	0.5100	1824.90	1825.05	1825.16	1825.47	0.195018	2.87	0.18	1.53	2.69
Afluente	7	Q TR 5 años	0.7400	1824.90	1825.08	1825.22	1825.62	0.190347	3.25	0.23	1.58	2.72
Afluente	7	Q TR 10 años	0.9500	1824.90	1825.11	1825.27	1825.73	0.186796	3.51	0.27	1.62	2.74
Afluente	7	Q TR 25 años	1.2600	1824.90	1825.14	1825.34	1825.89	0.181897	3.82	0.33	1.68	2.75
Afluente	7	Q TR 50 años	1.5300	1824.90	1825.17	1825.39	1826.01	0.178928	4.05	0.38	1.72	2.76
Afluente	7	Q TR 100 años ma	2.5800	1824.90	1825.27	1825.56	1826.39	0.171963	4.70	0.55	1.87	2.77
Afluente	6	Q TR 2.33 años	0.5100	1823.77	1823.92	1824.01	1824.33	0.269016	2.86	0.18	2.04	3.08
Afluente	6	Q TR 5 años	0.7400	1823.77	1823.94	1824.07	1824.49	0.270369	3.28	0.23	2.07	3.18
Afluente	6	Q TR 10 años	0.9500	1823.77	1823.96	1824.11	1824.62	0.269983	3.60	0.26	2.10	3.24
Afluente	6	Q TR 25 años	1.2600	1823.77	1823.98	1824.16	1824.79	0.268014	3.97	0.32	2.14	3.29
Afluente	6	Q TR 50 años	1.5300	1823.77	1824.00	1824.21	1824.92	0.264894	4.24	0.36	2.18	3.32
Afluente	6	Q TR 100 años ma	2.5800	1823.77	1824.07	1824.35	1825.34	0.252112	5.00	0.52	2.29	3.36
Afluente	5	Q TR 2.33 años	0.5100	1822.65	1822.77	1822.86	1823.15	0.206557	2.73	0.19	1.83	2.73
Afluente	5	Q TR 5 años	0.7400	1822.65	1822.79	1822.92	1823.29	0.208055	3.13	0.24	1.87	2.82
Afluente	5	Q TR 10 años	0.9500	1822.65	1822.81	1822.96	1823.41	0.209374	3.43	0.28	1.90	2.87
Afluente	5	Q TR 25 años	1.2600	1822.65	1822.84	1823.02	1823.58	0.212139	3.80	0.33	1.95	2.94
Afluente	5	Q TR 50 años	1.5300	1822.65	1822.86	1823.07	1823.71	0.213673	4.08	0.38	1.98	2.99
Afluente	5	Q TR 100 años ma	2.5800	1822.65	1822.94	1823.23	1824.16	0.218788	4.89	0.53	2.10	3.11
Afluente	4	Q TR 2.33 años	0.5100	1821.49	1821.66	1821.76	1822.07	0.222431	2.86	0.18	1.67	2.80
Afluente	4	Q TR 5 años	0.7400	1821.49	1821.69	1821.82	1822.22	0.218030	3.25	0.23	1.71	2.84
Afluente	4	Q TR 10 años	0.9500	1821.49	1821.71	1821.87	1822.35	0.215781	3.54	0.27	1.73	2.87
Afluente	4	Q TR 25 años	1.2600	1821.49	1821.74	1821.93	1822.51	0.213090	3.89	0.32	1.77	2.90
Afluente	4	Q TR 50 años	1.5300	1821.49	1821.77	1821.98	1822.64	0.211769	4.15	0.37	1.80	2.93
Afluente	4	Q TR 100 años ma	2.5800	1821.49	1821.85	1822.15	1823.08	0.210325	4.92	0.52	1.90	2.99
Afluente	3	Q TR 2.33 años	0.5100	1820.53	1820.65	1820.72	1820.94	0.215715	2.39	0.21	2.70	2.71
Afluente	3	Q TR 5 años	0.7400	1820.53	1820.67	1820.77	1821.07	0.227488	2.80	0.26	2.72	2.87
Afluente	3	Q TR 10 años	0.9500	1820.53	1820.68	1820.80	1821.18	0.235573	3.11	0.31	2.73	2.98
Afluente	3	Q TR 25 años	1.2600	1820.53	1820.70	1820.85	1821.33	0.244134	3.50	0.36	2.76	3.09
Afluente	3	Q TR 50 años	1.5300	1820.53	1820.72	1820.89	1821.45	0.249907	3.79	0.40	2.77	3.17
Afluente	3	Q TR 100 años ma	2.5800	1820.53	1820.77	1821.01	1821.88	0.261324	4.66	0.55	2.83	3.36

***Tabla 25.** Continuación Resultados Condiciones Actuales.*

Afluente	2	Q TR 2.33 años	0.5100	1819.80	1819.98	1820.06	1820.26	0.093235	2.37	0.22	1.32	1.87
Afluente	2	Q TR 5 años	0.7400	1819.80	1820.03	1820.13	1820.38	0.089433	2.64	0.28	1.37	1.86
Afluente	2	Q TR 10 años	0.9500	1819.80	1820.06	1820.19	1820.48	0.088042	2.84	0.33	1.41	1.86
Afluente	2	Q TR 25 años	1.2600	1819.80	1820.11	1820.26	1820.60	0.087793	3.10	0.41	1.47	1.88
Afluente	2	Q TR 50 años	1.5300	1819.80	1820.15	1820.32	1820.71	0.088395	3.29	0.46	1.51	1.89
Afluente	2	Q TR 100 años ma	2.5800	1819.80	1820.28	1820.52	1821.05	0.092985	3.90	0.66	1.64	1.96
Afluente	1	Q TR 2.33 años	0.5100	1818.47	1818.65	1818.82	1819.42	0.337717	3.87	0.13	1.00	3.39
Afluente	1	Q TR 5 años	0.7400	1818.47	1818.70	1818.90	1819.58	0.294849	4.17	0.18	1.04	3.22
Afluente	1	Q TR 10 años	0.9500	1818.47	1818.74	1818.96	1819.71	0.268630	4.37	0.22	1.08	3.10
Afluente	1	Q TR 25 años	1.2600	1818.47	1818.79	1819.05	1819.86	0.242713	4.59	0.27	1.13	2.98
Afluente	1	Q TR 50 años	1.5300	1818.47	1818.83	1819.11	1819.98	0.227175	4.74	0.32	1.18	2.89
Afluente	1	Q TR 100 años ma	2.5800	1818.47	1818.97	1819.34	1820.34	0.194508	5.19	0.50	1.32	2.70

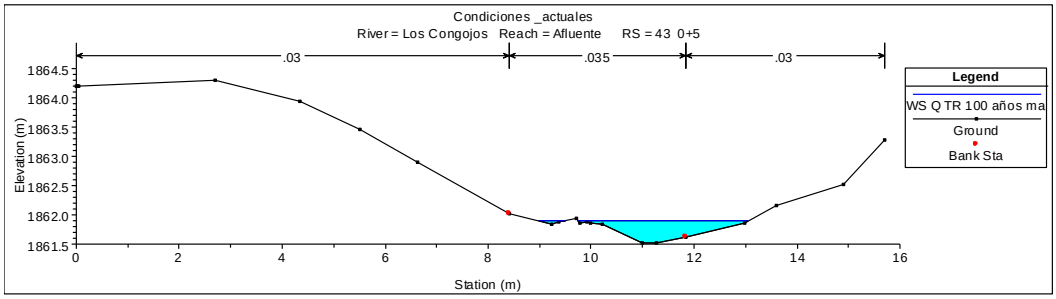
Las tablas anteriores muestran que en casi todo el tramo analizado aguas arriba y abajo del sitio de estudio, el *flujo de la corriente se caracteriza por ser supercrítico.*

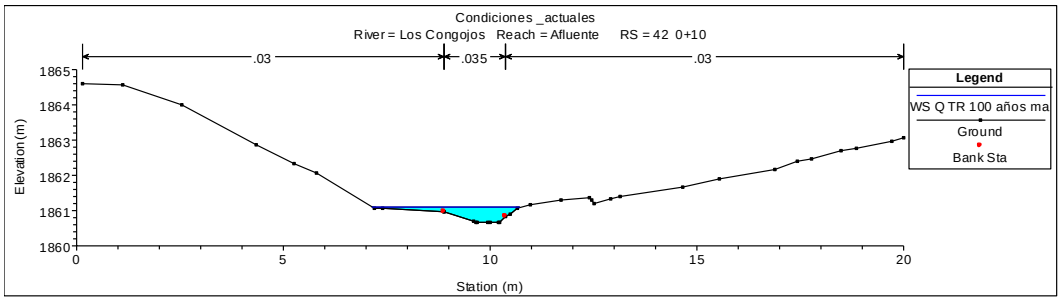
4.1.5. Análisis de resultados.

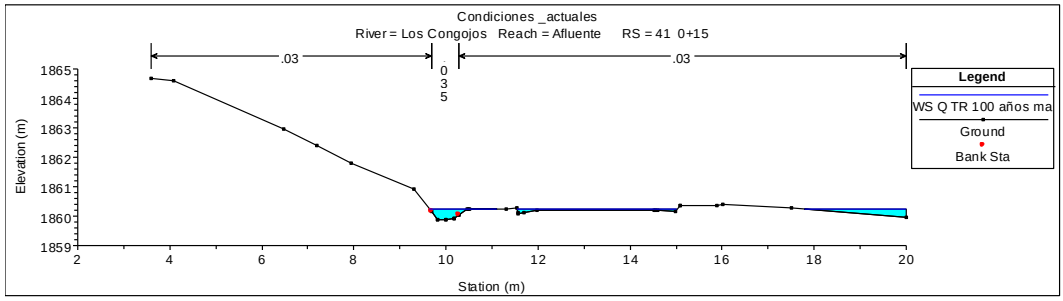
En los resultados arrojados en la modelación utilizando el programa HEC- RAS, se puede apreciar:

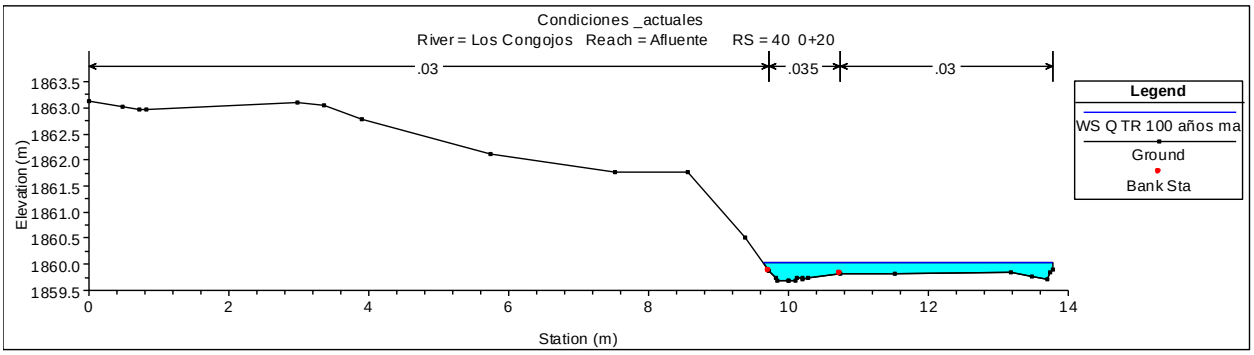
4.1.5.1. <u>Comportamiento hidráulico Tramo aguas arriba del sitio de cruce.</u>

- Para las condiciones extremas, es decir cuando se presenta la avenida de los 100 años con un caudal de 2.58 m^3/s, la mayoría de las secciones del tramo están en capacidad hidráulica para evacuar el caudal de diseño. Solo se presenta un derrame del flujo sobre la vía, debido a que aguas arriba de la vía no existe una sección hidráulica de la quebrada y las aguas son recogidas por la cuneta de la vía y llevadas hasta una caja que permite el ingreso a una tubería en el sitio de cruce. Estos resultados se pueden apreciar en las siguientes secciones:



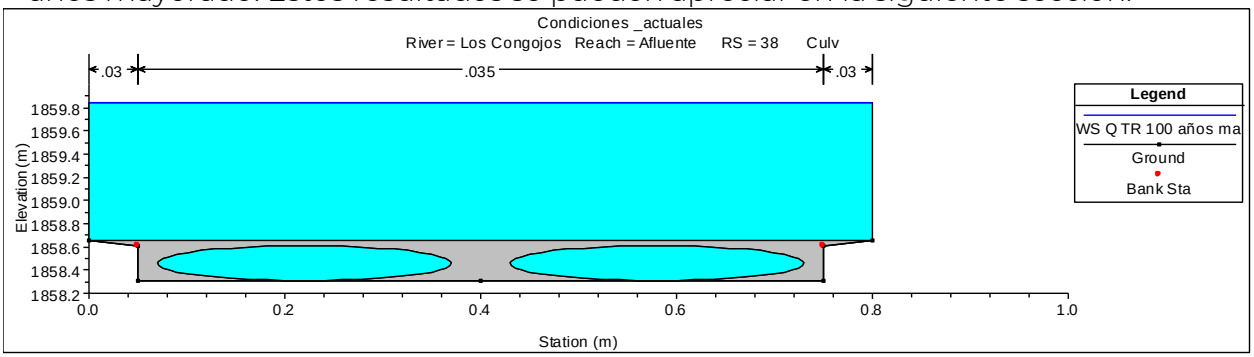






4.1.5.2. Comportamiento hidráulico sitio de cruce.

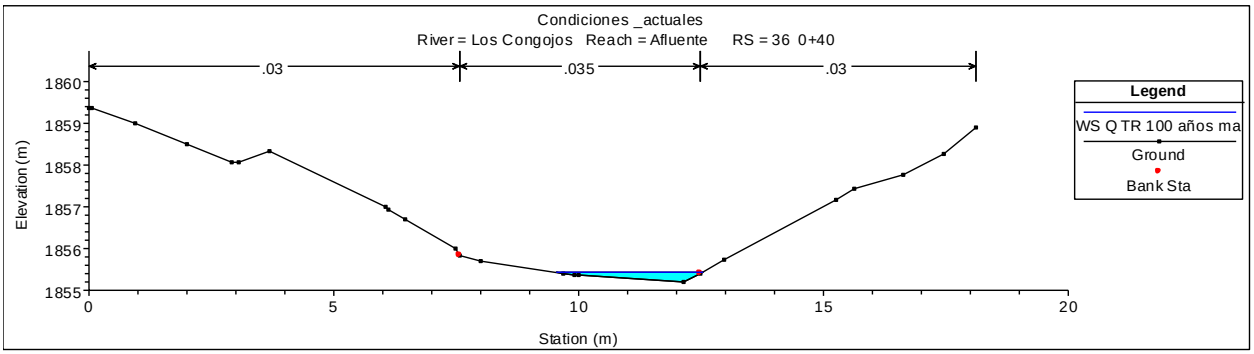
- Que para las condiciones extremas, es decir cuando se presenta la avenida, la estructura de cruce conformada por dos tuberías mellizas de 300 mm y que permite conducir el caudal en el sitio de cruce, no está en capacidad hidráulica para evacuar el caudal de diseño de 2.58 m^3/s correspondiente a un periodo de retorno de los 100 años mayorado. Estos resultados se pueden apreciar en la siguiente sección:

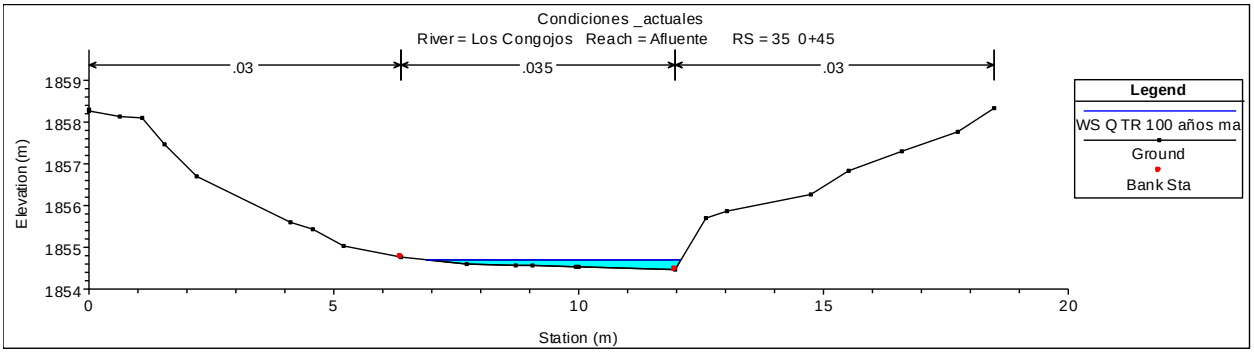


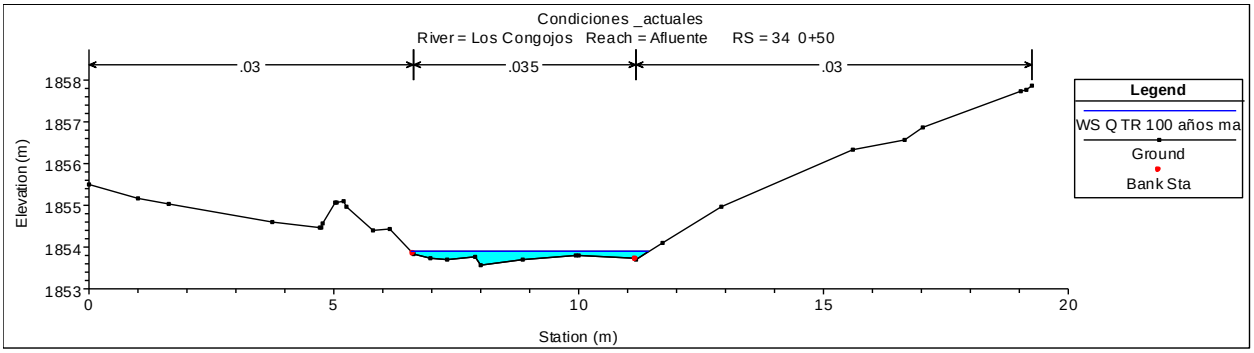
El agua de la creciente para por encima de la cobertura ocasionando que el paso por la vía quede restringido tanto para peatones como para los vehículos, así como la falta de una adecuada obra de entrada a la tubería, han ocasionado que se haya destruido parte de la vía publica y de las redes de alcantarillado, así como afectación de los taludes hacia aguas abajo del sitio de cruce

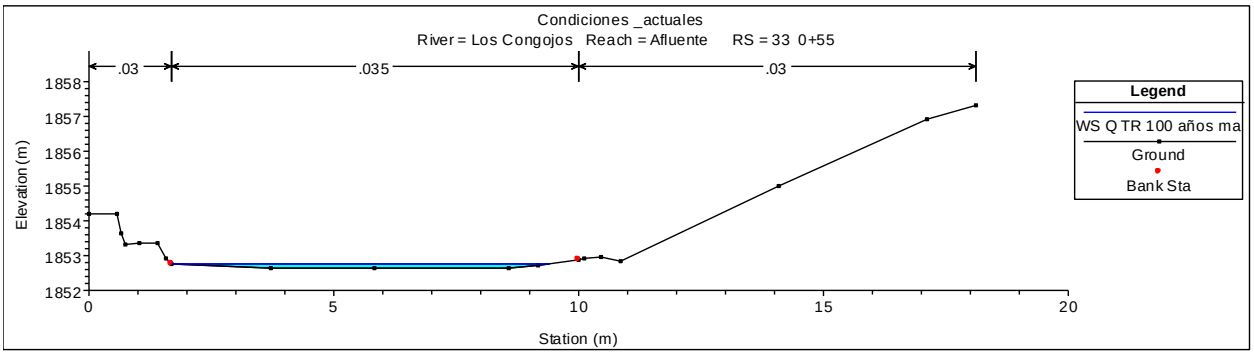
4.1.5.3. Comportamiento hidráulico Tramo aguas abajo del sitio de cruce.

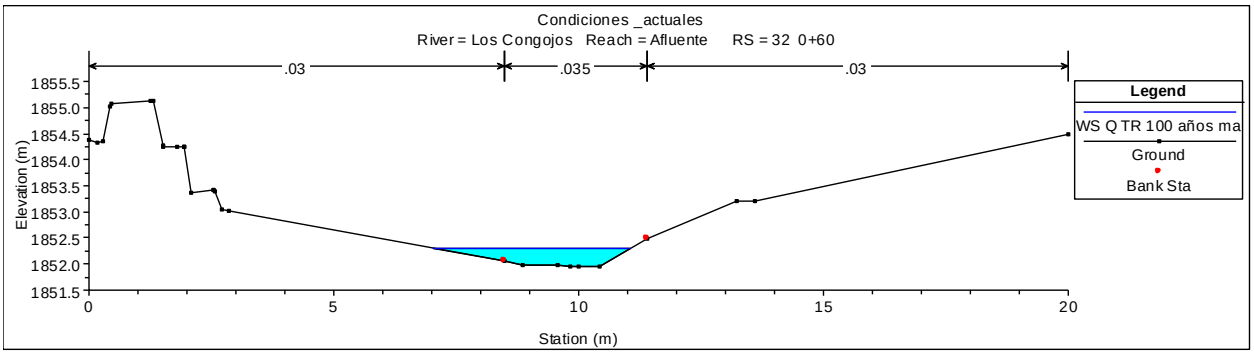
- Para las condiciones extremas, es decir cuando se presenta la avenida de los 100 años con un caudal de 2.58 m^3/s, las secciones del tramo analizado están en capacidad hidráulica para evacuar el caudal de diseño. A pesar de esto los taludes en un tramo sobre la margen derecha presenta problemas de inestabilidad debido a la conformación de los suelos por llenos antrópicos. Estos resultados se pueden apreciar en las siguientes secciones:

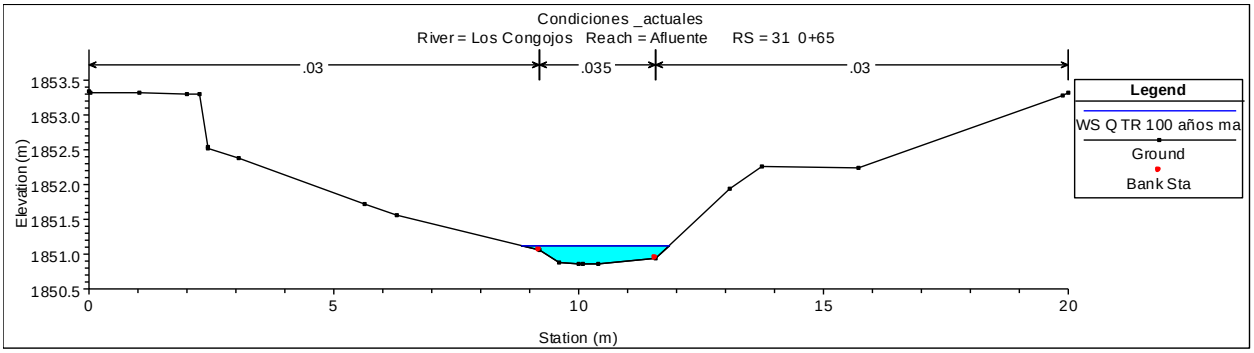


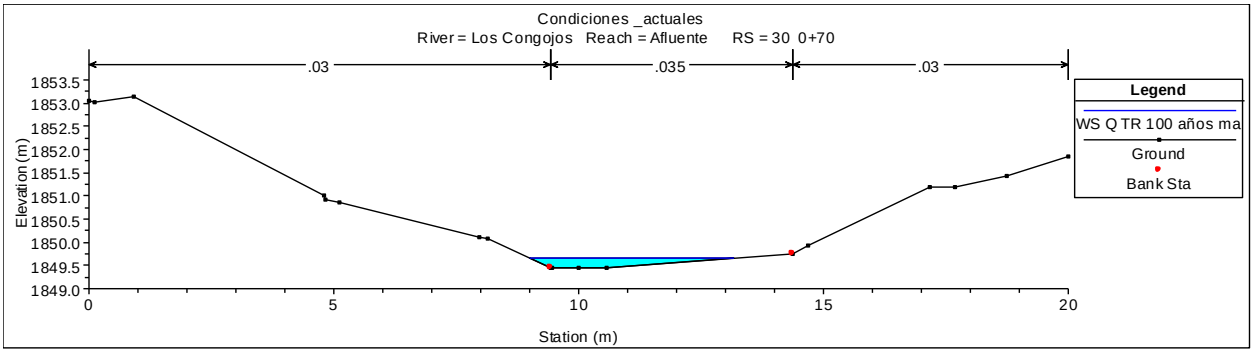


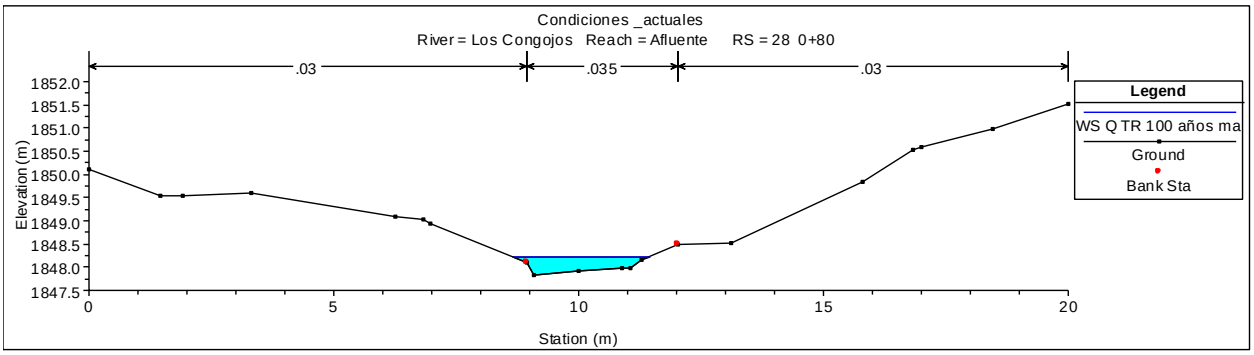


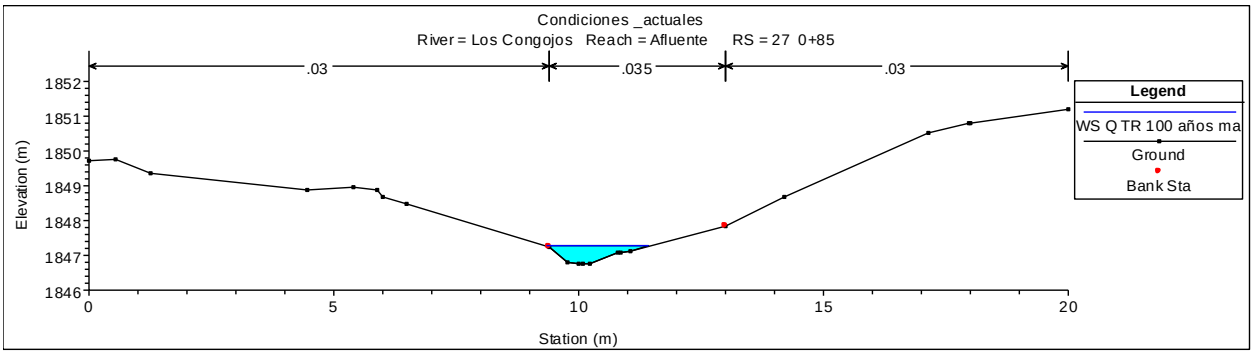

Condiciones _actuales
River = Los Congojos Reach = Afluente RS = 33 0+55
.03
.035
.03
Elevation (m)
Station (m)
Legend
WS Q TR 100 años ma
Ground
Bank Sta

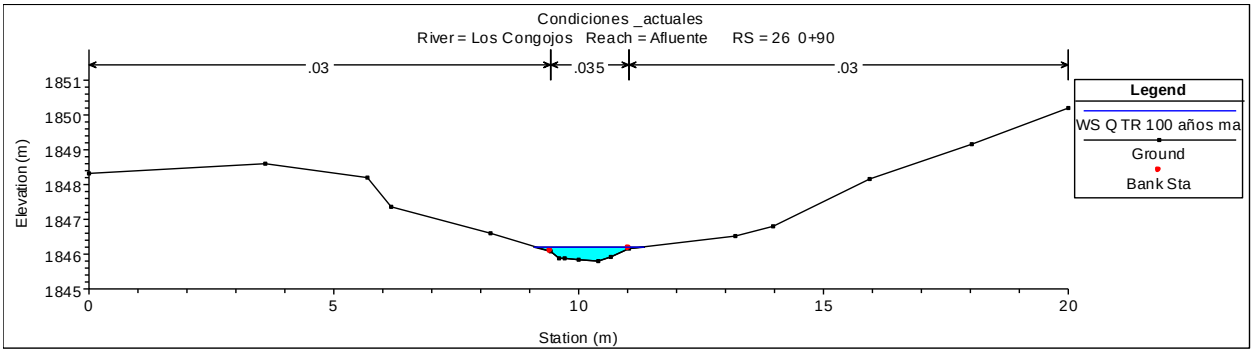

Condiciones _actuales
River = Los Congojos Reach = Afluente RS = 32 0+60
.03
.035
.03
Elevation (m)
Station (m)
Legend
WS Q TR 100 años ma
Ground
Bank Sta

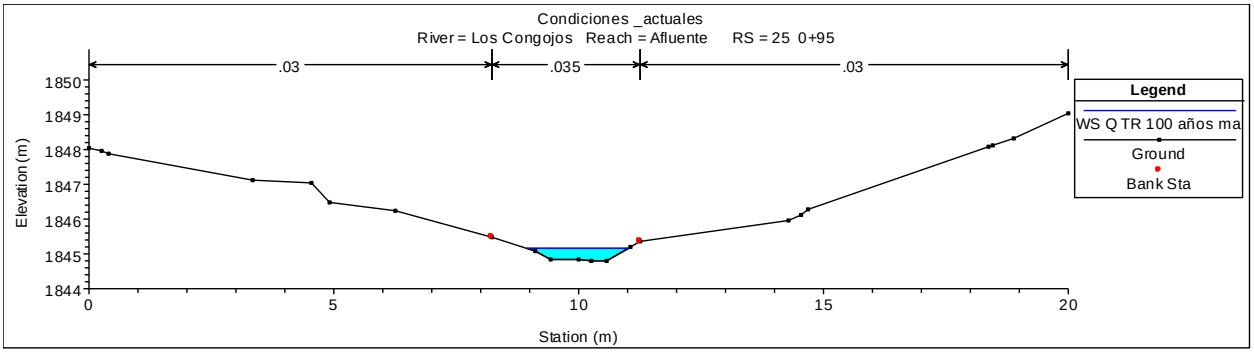

Condiciones _actuales
River = Los Congojos Reach = Afluente RS = 31 0+65
.03
.035
.03
Elevation (m)
Station (m)
Legend
WS Q TR 100 años ma
Ground
Bank Sta

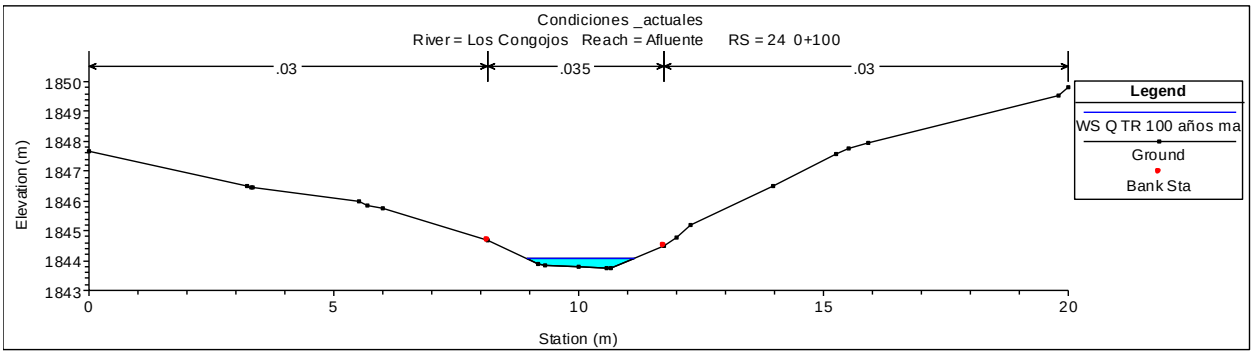

Condiciones _actuales
River = Los Congojos Reach = Afluente RS = 30 0+70
.03
.035
.03
Elevation (m)
Station (m)
Legend
WS Q TR 100 años ma
Ground
Bank Sta

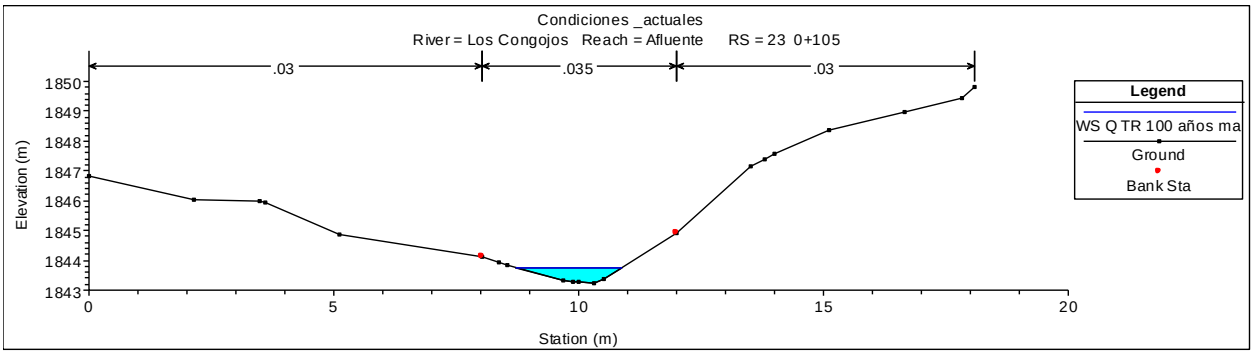

Condiciones _actuales
River = Los Congojos Reach = Afluente RS = 28 0+80
.03
.035
.03
Elevation (m)
Station (m)
Legend
WS Q TR 100 años ma
Ground
Bank Sta

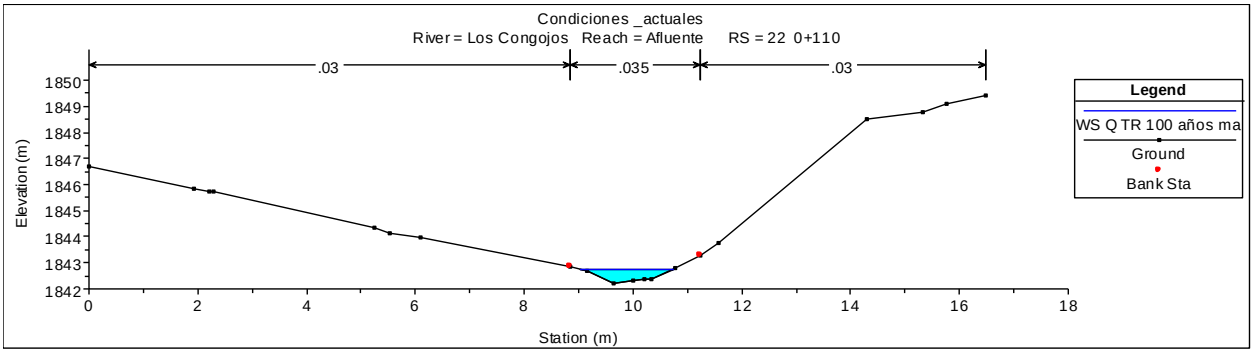

Condiciones _actuales
River = Los Congojos Reach = Afluente RS = 27 0+85
.03
.035
.03
Elevation (m)
Station (m)
Legend
WS Q TR 100 años ma
Ground
Bank Sta

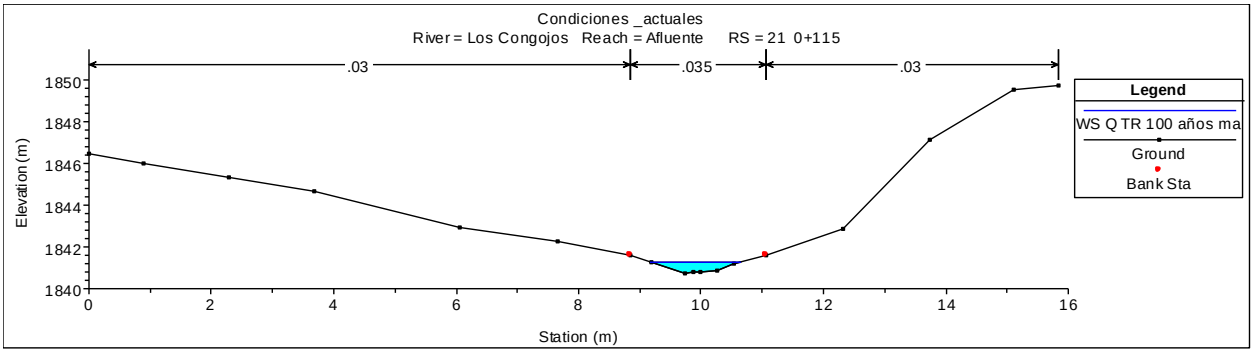

Condiciones _actuales
River = Los Congojos Reach = Afluente RS = 26 0+90
.03
.035
.03
Elevation (m)
Station (m)
Legend
WS Q TR 100 años ma
Ground
Bank Sta

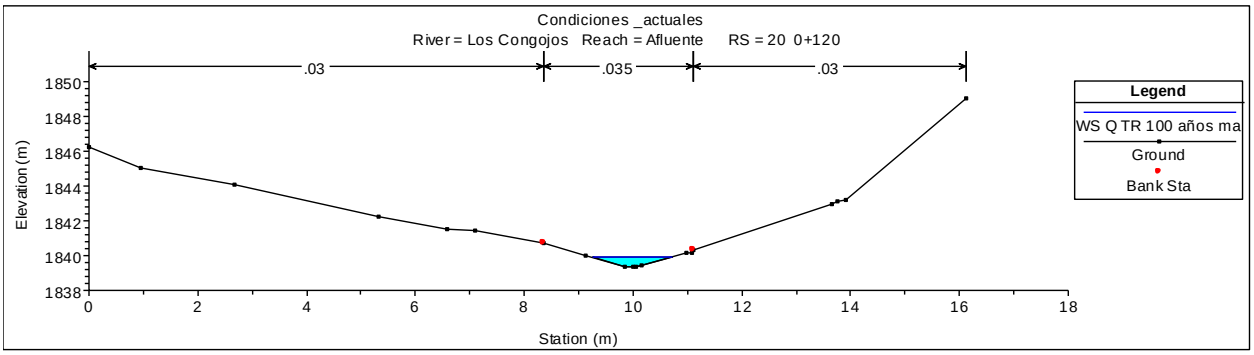

Condiciones _actuales
River = Los Congojos Reach = Afluente RS = 25 0+95
.03
.035
.03
Elevation (m)
Station (m)
Legend
WS Q TR 100 años ma
Ground
Bank Sta

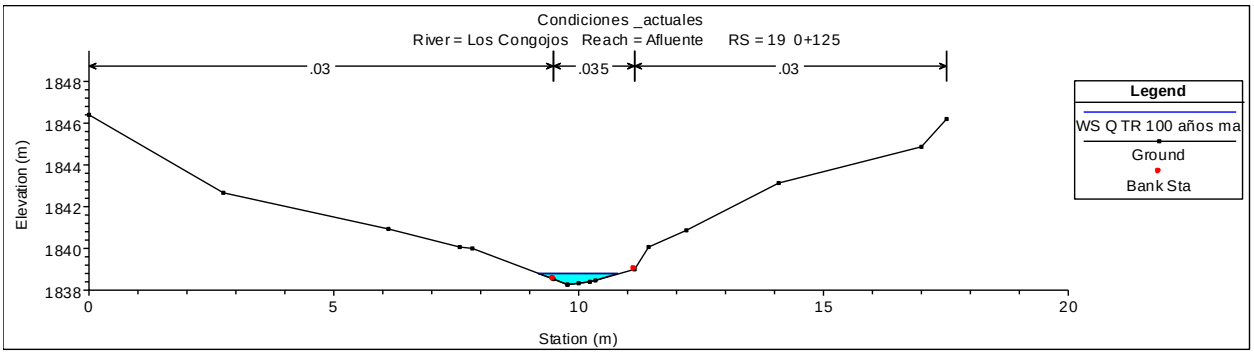

Condiciones _actuales
River = Los Congojos Reach = Afluente RS = 24 0+100
.03
.035
.03
Elevation (m)
Station (m)
Legend
WS Q TR 100 años ma
Ground
Bank Sta

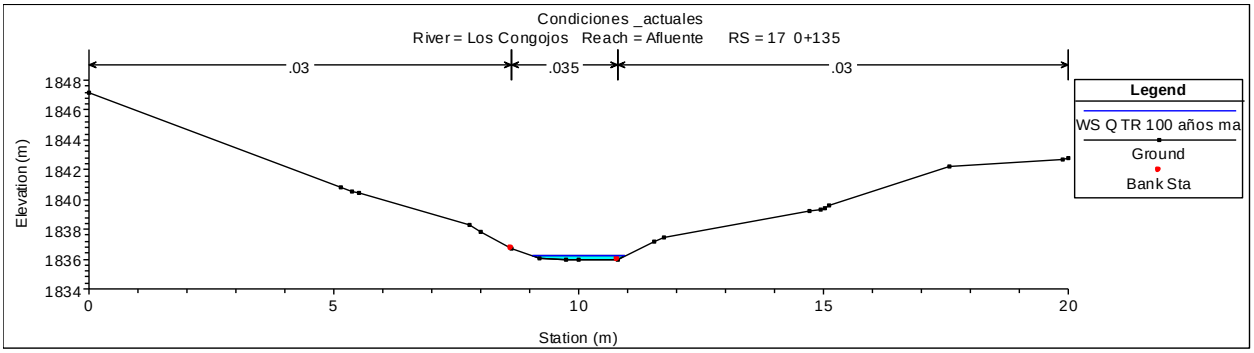

Condiciones _actuales
River = Los Congojos Reach = Afluente RS = 23 0+105
.03
.035
.03
Elevation (m)
Station (m)
Legend
WS Q TR 100 años ma
Ground
Bank Sta

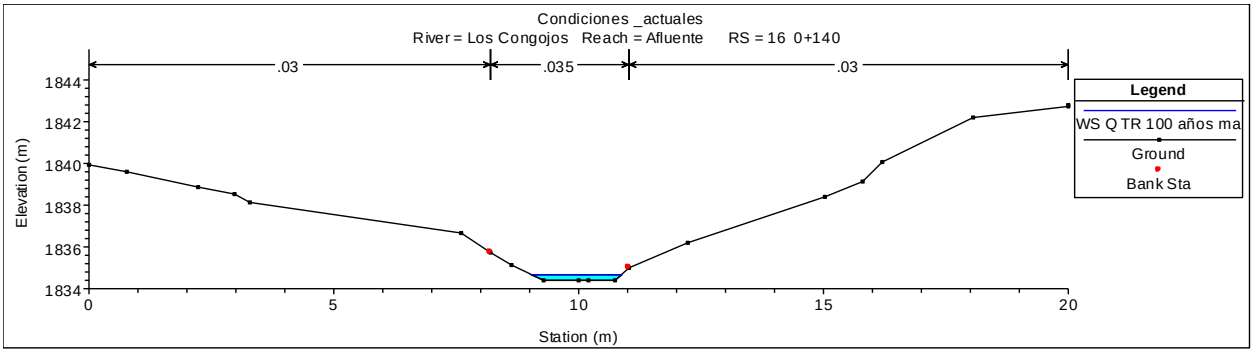

Condiciones _actuales
River = Los Congojos Reach = Afluente RS = 22 0+110
.03
.035
.03
Elevation (m)
Station (m)
Legend
WS Q TR 100 años ma
Ground
Bank Sta

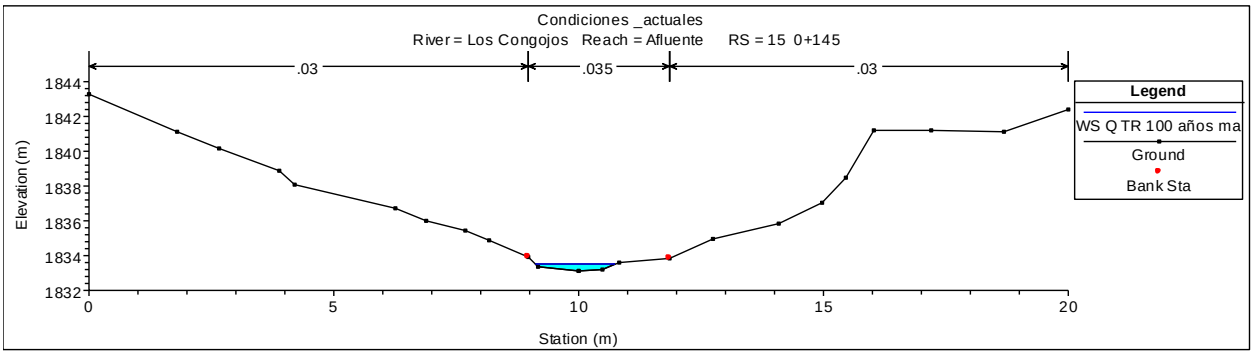

Condiciones _actuales
River = Los Congojos Reach = Afluente RS = 21 0+115
.03
.035
.03
Elevation (m)
Station (m)
Legend
WS Q TR 100 años ma
Ground
Bank Sta

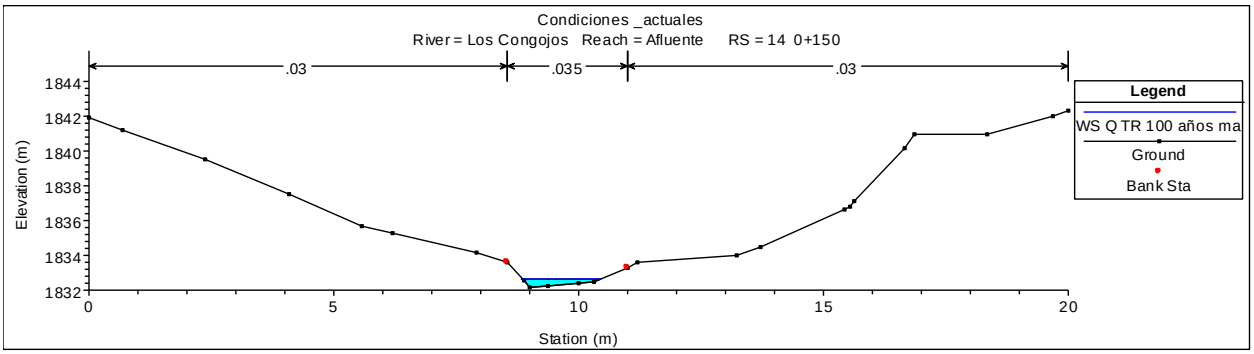

Condiciones _actuales
River = Los Congojos Reach = Afluente RS = 20 0+120
.03
.035
.03
Elevation (m)
Station (m)
Legend
WS Q TR 100 años ma
Ground
Bank Sta

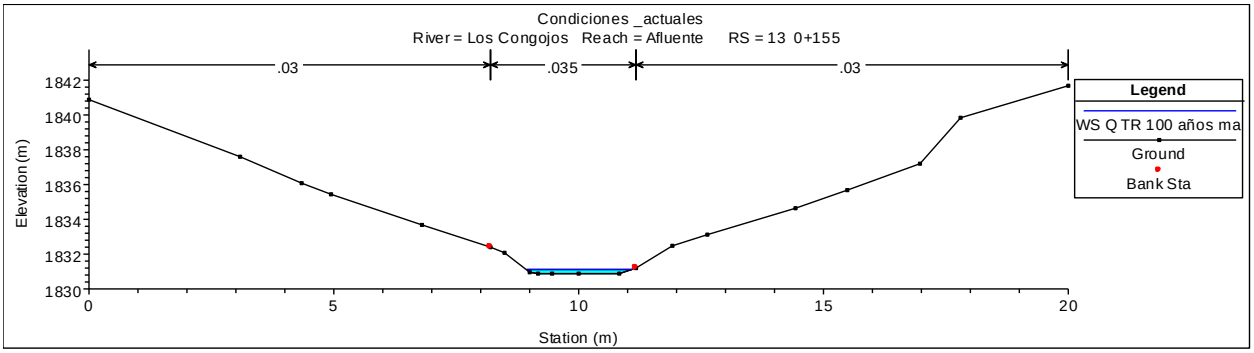

Condiciones _actuales
River = Los Congojos Reach = Afluente RS = 19 0+125
.03
.035
.03
Elevation (m)
Station (m)
Legend
WS Q TR 100 años ma
Ground
Bank Sta

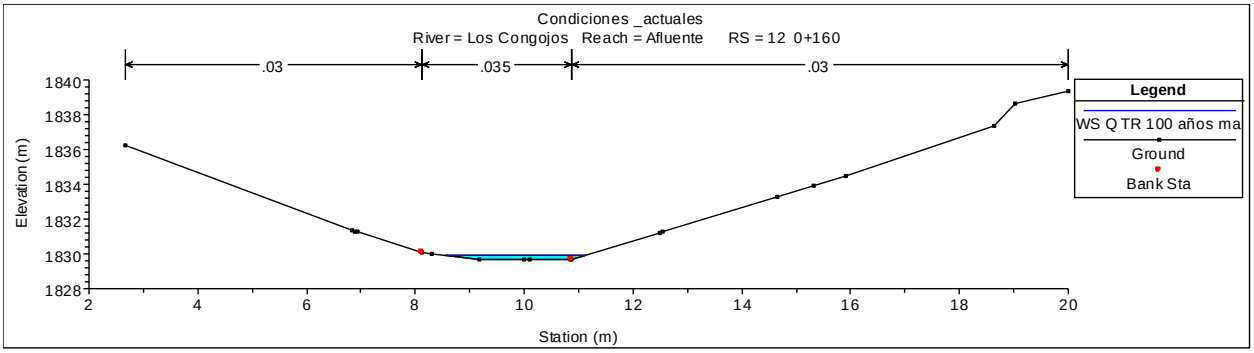

Condiciones _actuales
River = Los Congojos Reach = Afluente RS = 17 0+135
.03
.035
.03
Elevation (m)
Station (m)
Legend
WS Q TR 100 años ma
Ground
Bank Sta

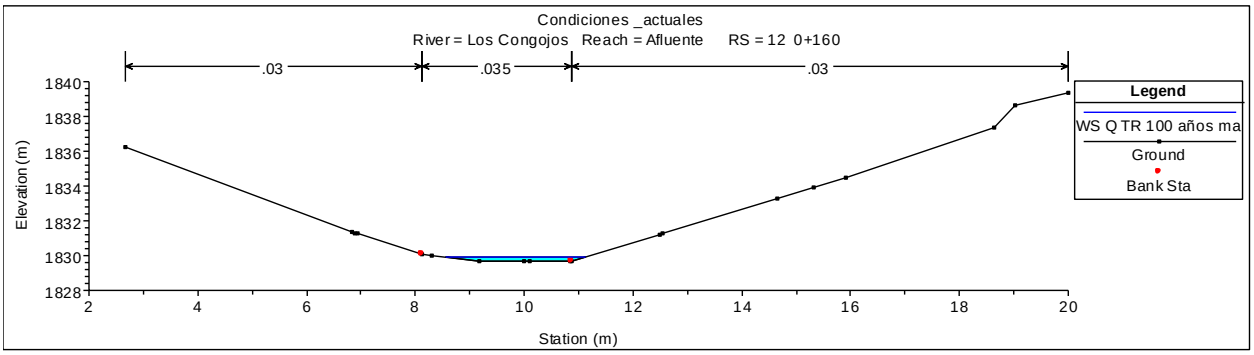

Condiciones _actuales
River = Los Congojos Reach = Afluente RS = 16 0+140
.03
.035
.03
Elevation (m)
Station (m)
Legend
WS Q TR 100 años ma
Ground
Bank Sta

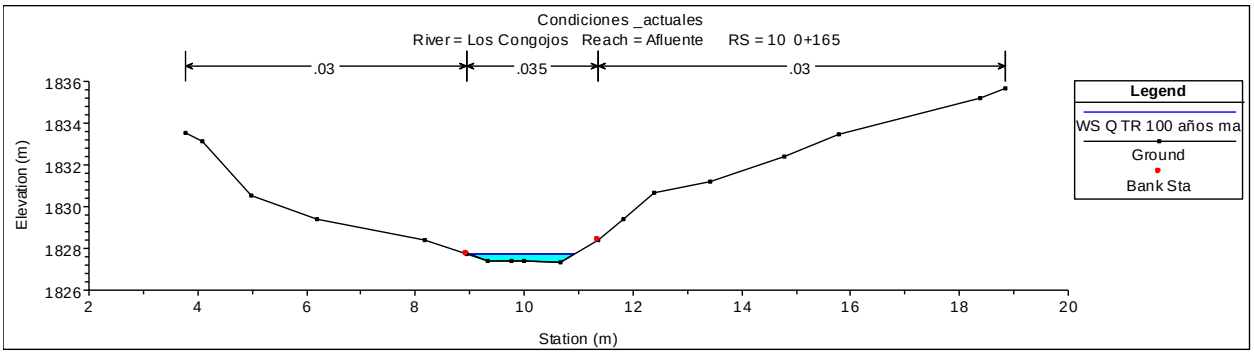

Condiciones _actuales
River = Los Congojos Reach = Afluente RS = 15 0+145
.03
.035
.03
Elevation (m)
Station (m)
Legend
WS Q TR 100 años ma
Ground
Bank Sta

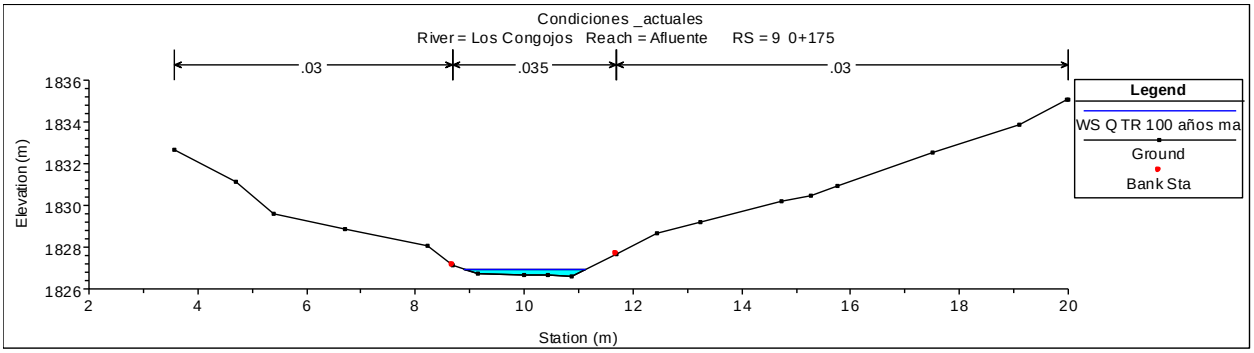

Condiciones _actuales
River = Los Congojos Reach = Afluente RS = 14 0+150
.03
.035
.03
Elevation (m)
Station (m)
Legend
WS Q TR 100 años ma
Ground
Bank Sta

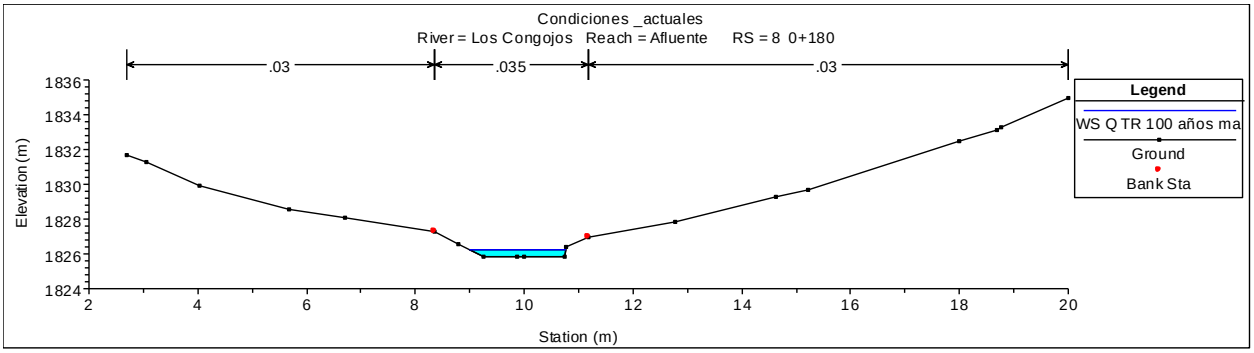

Condiciones _actuales
River = Los Congojos Reach = Afluente RS = 13 0+155
.03
.035
.03
Elevation (m)
Station (m)
Legend
WS Q TR 100 años ma
Ground
Bank Sta

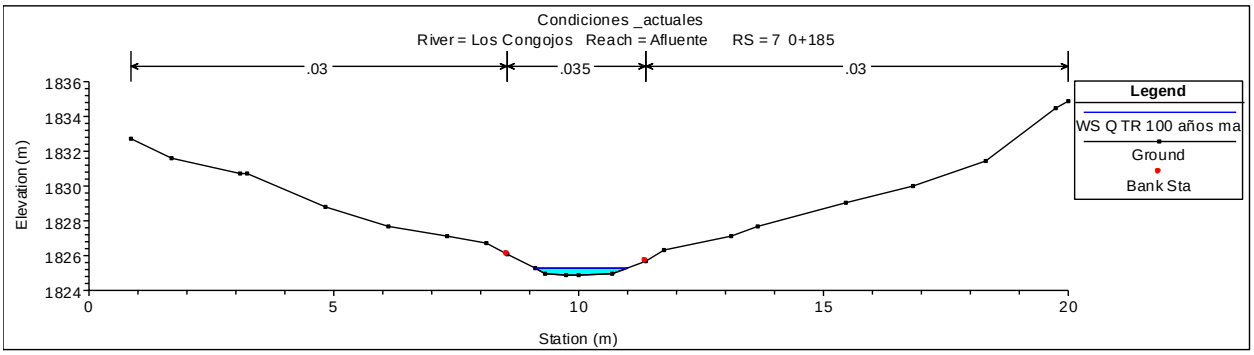

Condiciones _actuales
River = Los Congojos Reach = Afluente RS = 12 0+160
.03
.035
.03
Elevation (m)
Station (m)
Legend
WS Q TR 100 años ma
Ground
Bank Sta

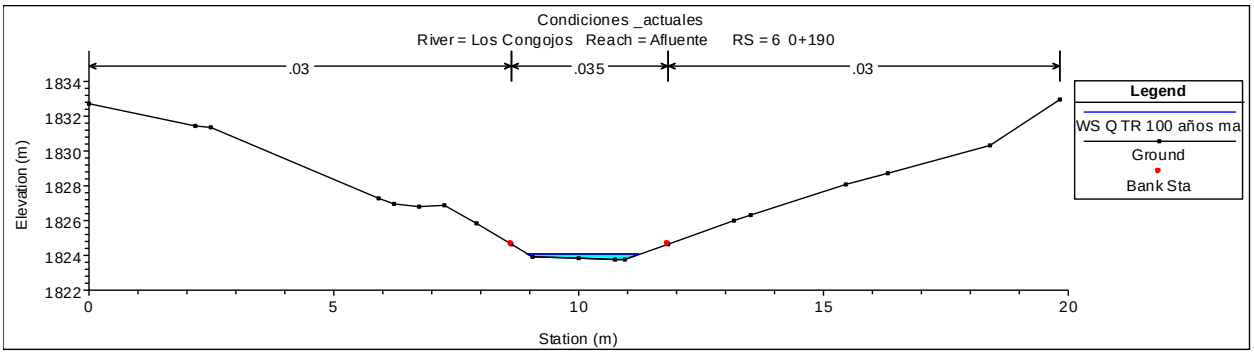

Condiciones _actuales
River = Los Congojos Reach = Afluente RS = 12 0+160
.03
.035
.03
Elevation (m)
Station (m)
Legend
WS Q TR 100 años ma
Ground
Bank Sta

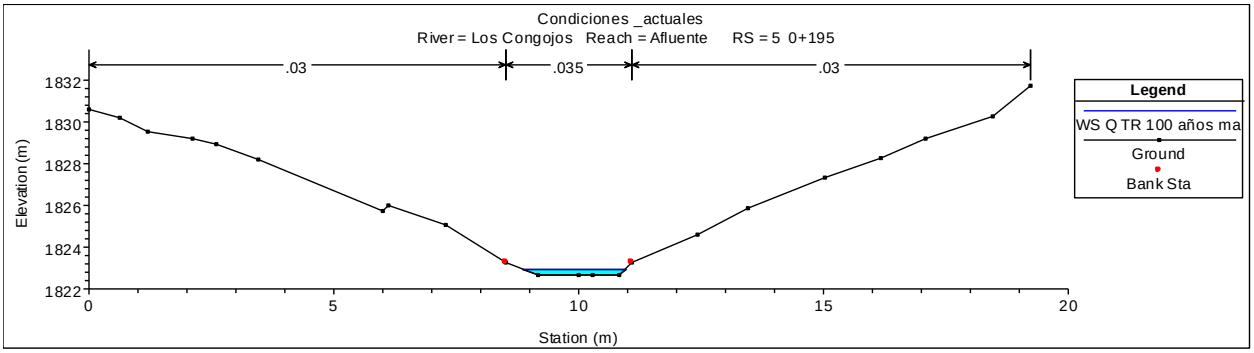

Condiciones _actuales
River = Los Congojos Reach = Afluente RS = 10 0+165
.03
.035
.03
Elevation (m)
Station (m)
Legend
WS Q TR 100 años ma
Ground
Bank Sta

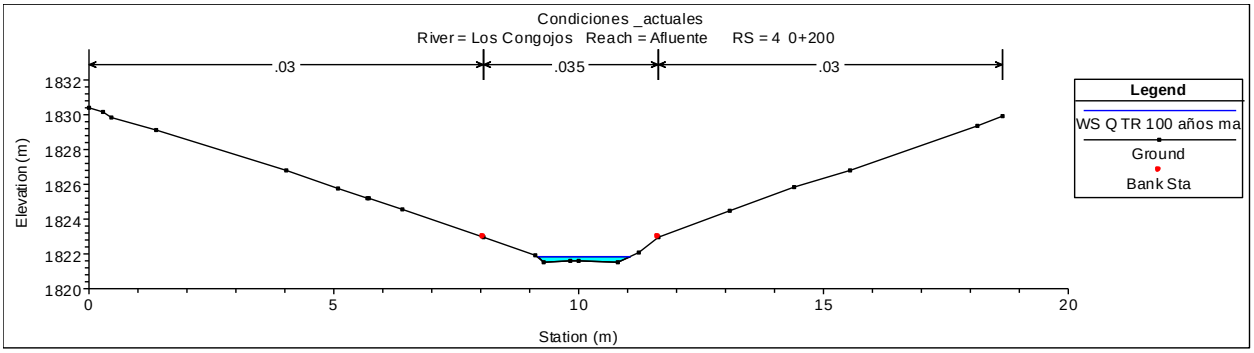

Condiciones _actuales
River = Los Congojos Reach = Afluente RS = 9 0+175
.03
.035
.03
Elevation (m)
Station (m)
Legend
WS Q TR 100 años ma
Ground
Bank Sta

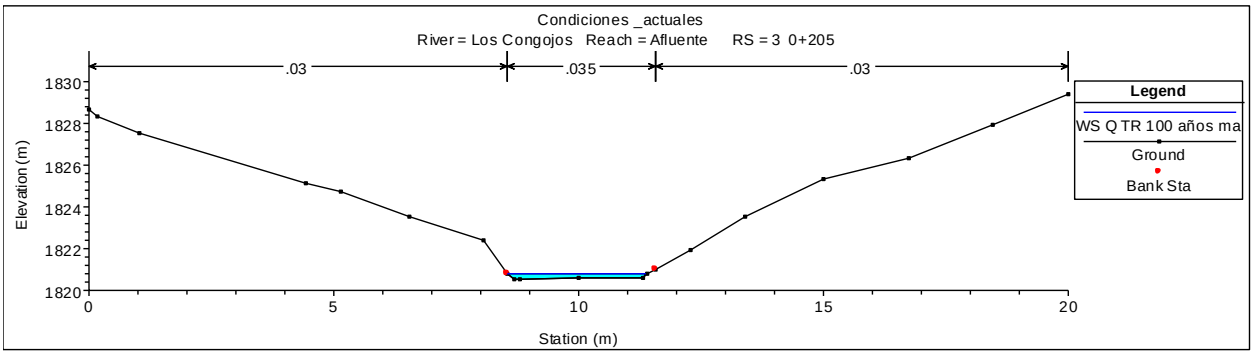

Condiciones _actuales
River = Los Congojos Reach = Afluente RS = 8 0+180
.03
.035
.03
Elevation (m)
Station (m)
Legend
WS Q TR 100 años ma
Ground
Bank Sta

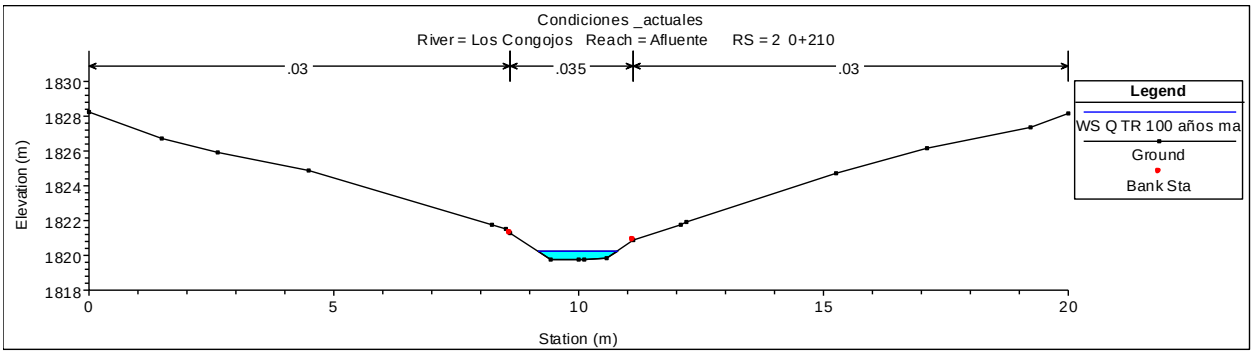

Condiciones _actuales
River = Los Congojos Reach = Afluente RS = 7 0+185
.03
.035
.03
Elevation (m)
Station (m)
Legend
WS Q TR 100 años ma
Ground
Bank Sta

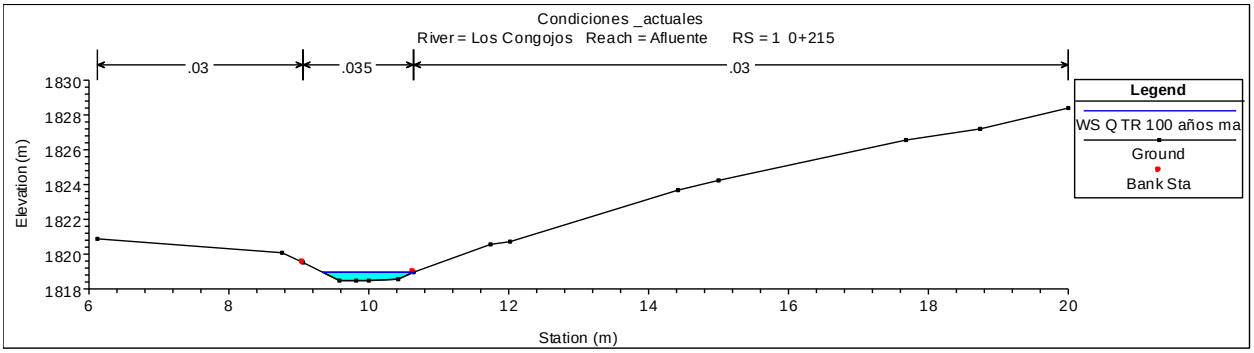

Condiciones _actuales
River = Los Congojos Reach = Afluente RS = 6 0+190
.03
.035
.03
Elevation (m)
Station (m)
Legend
WS Q TR 100 años ma
Ground
Bank Sta


Condiciones _actuales
River = Los Congojos Reach = Afluente RS = 5 0+195
.03
.035
.03
Elevation (m)
Station (m)
Legend
WS Q TR 100 años ma
Ground
Bank Sta


Condiciones _actuales
River = Los Congojos Reach = Afluente RS = 4 0+200
.03
.035
.03
Elevation (m)
Station (m)
Legend
WS Q TR 100 años ma
Ground
Bank Sta


Condiciones _actuales
River = Los Congojos Reach = Afluente RS = 3 0+205
.03
.035
.03
Elevation (m)
1830
1828
1826
1824
1822
1820
0
5
10
15
20
Station (m)
Legend
WS Q TR 100 años ma
Ground
Bank Sta


Condiciones _actuales
River = Los Congojos Reach = Afluente RS = 2 0+210
.03
.035
.03
Elevation (m)
1830
1828
1826
1824
1822
1820
1818
0
5
10
15
20
Station (m)
Legend
WS Q TR 100 años ma
Ground
Bank Sta


Condiciones _actuales
River = Los Congojos Reach = Afluente RS = 1 0+215
.03
.035
.03
Elevation (m)
1830
1828
1826
1824
1822
1820
1818
6
8
10
12
14
16
18
20
Station (m)
Legend
WS Q TR 100 años ma
Ground
Bank Sta

4.1.5.4. Conclusiones Etapa de Diagnóstico y obra proyectada.

- La intervención antrópica de la micro cuenca debido al desarrollo urbano por parte de los pobladores de las zonas cercanas, han afectado considerablemente el comportamiento dinámico de la quebrada en estudio. La construcción inadecuada de obras hidráulicas aumenta el riesgo cada vez más de las personas que habitan en la parte baja y sobre los retiros de la quebrada.

- El registro fotográfico presentado antes muestra claramente como el patrón de alteración de los procesos de urbanismo sobre las corrientes superficiales. La construcción de obras hidráulicas para posibilitar la construcción de senderos y acceso a viviendas, han posibilitado la alteración de los cauces de las quebradas, ocupando las zonas de retiro que en algunos trayectos hacen parte de las llanuras de inundación o en otros, alterando terrenos de alta pendiente que son bastante inestables.

- En el sitio de estudio, se observó desde hace varios años atrás, se ha venido presentando un movimiento de masa de la ladera que ha afectado la vía terciaria en placa huella, senderos peatonales y las redes de alcantarillado.

- En este sitio de estudio la quebrada cruza en unas tuberías metálicas de 300 mm, las cuales no poseen capacidad hidráulica para evacuar el caudal de diseño correspondiente a un periodo de retorno de los 100 años mayorado, esto ha ocasionado destrucción de parte de la vía pública y redes de alcantarillado que han agravado aún más estos problemas.

- De acuerdo con lo observado en el sitio durante las visitas realizadas, se puede afirmar que las causas del problema tienen que ver con los llenos antrópicos que conforman el talud, la acción continua de un caño sobre la base del talud y la saturación de los suelos debido a las prolongadas lluvias durante los últimos meses.

- Basados en los anteriores resultados obtenidos para las condiciones del cauce actual y teniendo en cuenta que la estructura existente no posee capacidad hidráulica, además de no tener unas obras de entrada y salida adecuadas, se proyecta un canal en concreto de 1.0 m x 1.0 m con un cruce en tubería de 900 mm y un canal de salida de sección similar al de la entrada, de tal manera que se garantice la estabilidad de la vias y sus taludes. De igual manera se proyecta la construcción de un muro de gaviones aguas abajo de la obra de cruce sobre la margen derecha, que permita la estabilización de algunos taludes que vienen presentando derrumbes en el cauce actual de la quebrada, en un tramo de aproximadamente 102 m de longitud, este canal debe poseer capacidad hidráulica

para evacuar el caudal correspondiente a un periodo de retorno de 100 años mayorado por 1.4 y las secciones de la quebrada.

4.1.5.5. Alternativas de solución

Si bien con la construcción del muro en pantalla de pilas se garantiza la estabilidad de la vía de acceso y taludes adyacentes a la misma, así como de las edificaciones, la reconstrucción de la obra de paso del pequeño Caño a través de la vía es primordial. El pequeño diámetro de la tubería existente de solo unas 12 pulgadas, hace que el agua que llega a este se desborde e inicie su recorrido sobre la vía. Para este cruce, se propone la construcción de una obra hidráulica conformada por una tubería de concreto o PVC de diámetro 900 mm, según las recomendaciones del Manual de drenaje para carreteras de INVIAS.

Respecto a la masa de suelo que conforma el talud entre el muro pantalla y el caño, este al estar conformado por llenos antrópicos, cuando se presentan lluvias periódicas, se satura y comienza a desplazarse hacia el canal "natural" del caño. Se propone para este caso, confinar este lleno entre el muro pantalla y la margen izquierda del caño con un muro a gravedad conformado por gaviones reforzados con capas de concreto de 0.10 m de espesor. Esta alternativa permitirá que los gaviones funcionen como filtro y se continúe la descarga continua de las aguas sub superficiales del talud hacia el caño. Los gaviones se apoyarán en una losa de concreto de espesor 0.030 m y pilotes preexcavados manualmente. Para evitar que el lecho de la quebrada se profundice, se proyectan además 4 traviesas en concreto en el tramo del muro de gaviones para controlar la socavación y mantener el lecho estable, garantizando de esta forma la estabilidad de los gaviones.

El muro en gaviones evitará los desplazamientos de la masa de suelo, conservando la morfología actual del talud y evitando que la masa de suelo estreche el caño.

En las páginas siguientes se presenta la modelación teniendo en cuenta la obra proyectada.

4.2. Modelación Condiciones con Obras Proyectadas.

Se realizará una modelación para el tramo de estudio de la quebrada con la estructura hidráulica proyectada, localizada en el sector Los Congojos del municipio de Sabaneta.

Se construirá se proyecta un canal en concreto de 1.0 m x 1.0 m con un cruce en tubería de 900 mm y un canal de salida de sección similar al de la entrada, de tal manera que se garantice la estabilidad de la vias y sus taludes. De igual manera se proyecta la construcción de un muro de gaviones aguas abajo de la obra de cruce sobre la margen derecha, que permita la estabilización de algunos taludes que vienen presentando derrumbes en el cauce actual de la quebrada, en un tramo de aproximadamente 102 m de longitud; por tal motivo se requiere de la determinación del nivel máximo de la lámina de agua y la determinación de la incidencia de esta en el régimen de flujo en la quebrada.

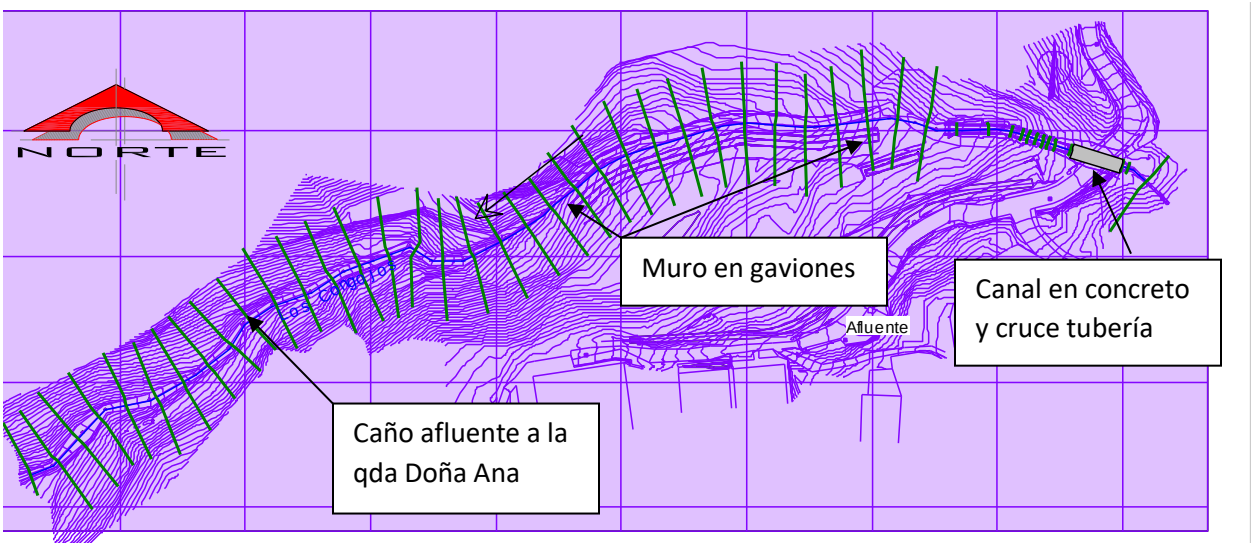


Figura N. 20. *Planta obra proyectada* ***(Imagen tomada de la modelación con HEC-RAS).***

4.2.1. Consideraciones para el diseño.

Este estudio contempla la modelación del cauce natural y la nueva estructura un canal escalonado de 1.0 m x 1.0 m a la entrada y salida, un cruce en tubería de 900mm y un muro en gaviones de aproximadamente 102 m sobre la margen izquierda del caño afluente a la quebrada doña Ana. Para este trabajo se usará el caudal de diseño máximo, el cual corresponde a 2.58 m^3/s, correspondiente al máximo caudal obtenido por los diferentes métodos para un periodo de retorno de 100 años mayorado por 1.4. La modelación de la nueva estructura sobre el cauce de la quebrada considera la geometría de acuerdo con el levantamiento planimétrico y altimétrico realizado dentro de los diseños del proyecto. Para la modelación hidráulica se empleará el programa HEC RAS, programa sencillo y de fácil manejo que permite visualizar el comportamiento del flujo para el evento y condiciones de flujo considerado.

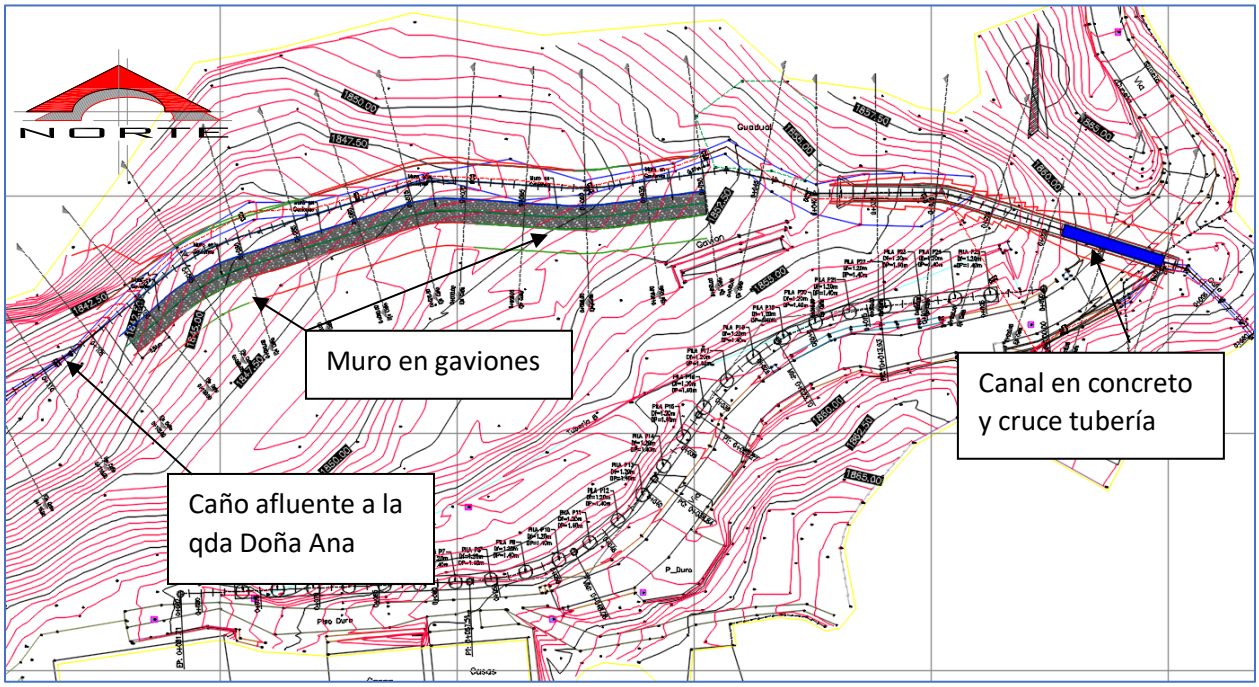


Figura N.° 21. *Planta canal, cruce en tubería y muro en gaviones* ***(Imagen tomado de Plano de diseño).***

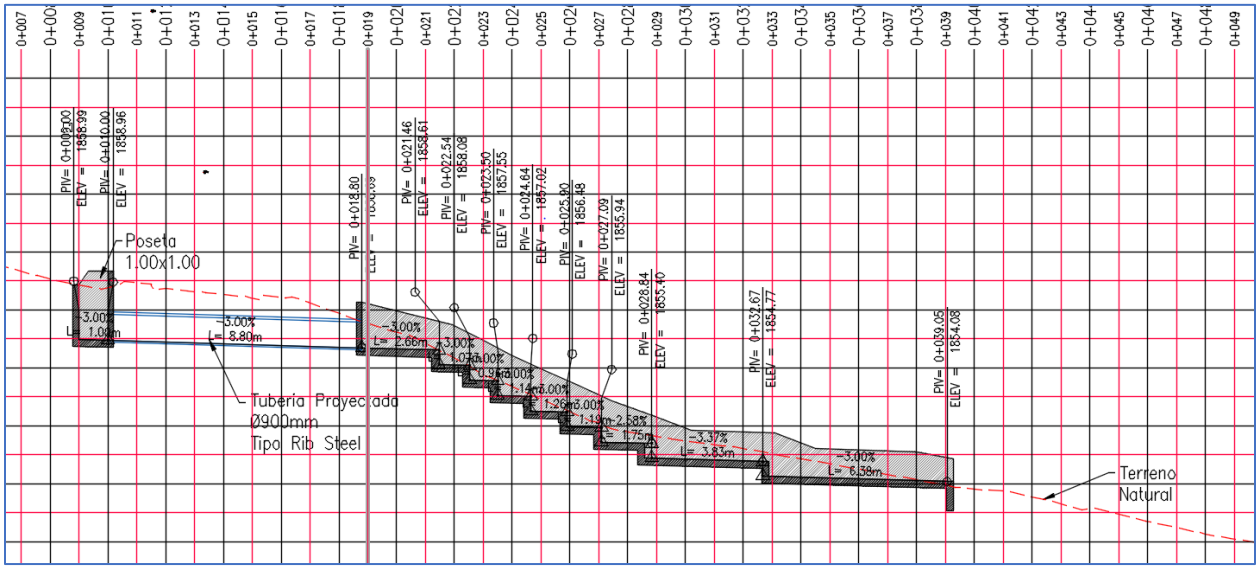


Figura N.° 22. *Perfil canal escalonado y cruce en tubería de 900 mm* ***(Imagen tomado de Plano de diseño).***

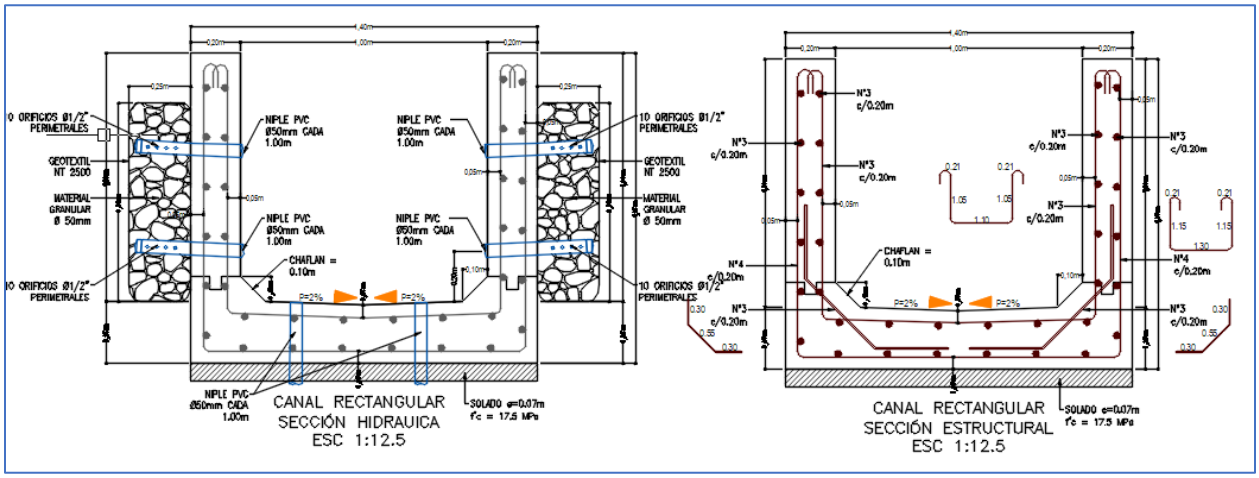


Figura N.° 23. *Sección canal escalonado* ***(Imagen tomado de Plano de diseño).***

Sobre el cauce del afluente a la quebrada Doña Ana en el sector Los Congojos de la vereda Las Lomitas, se realizará un canal en entrada de concreto de 1.0 m 1.0 m y una obra de cruce en tubería de 900 mm, en una longitud aproximada de 130.48 m.

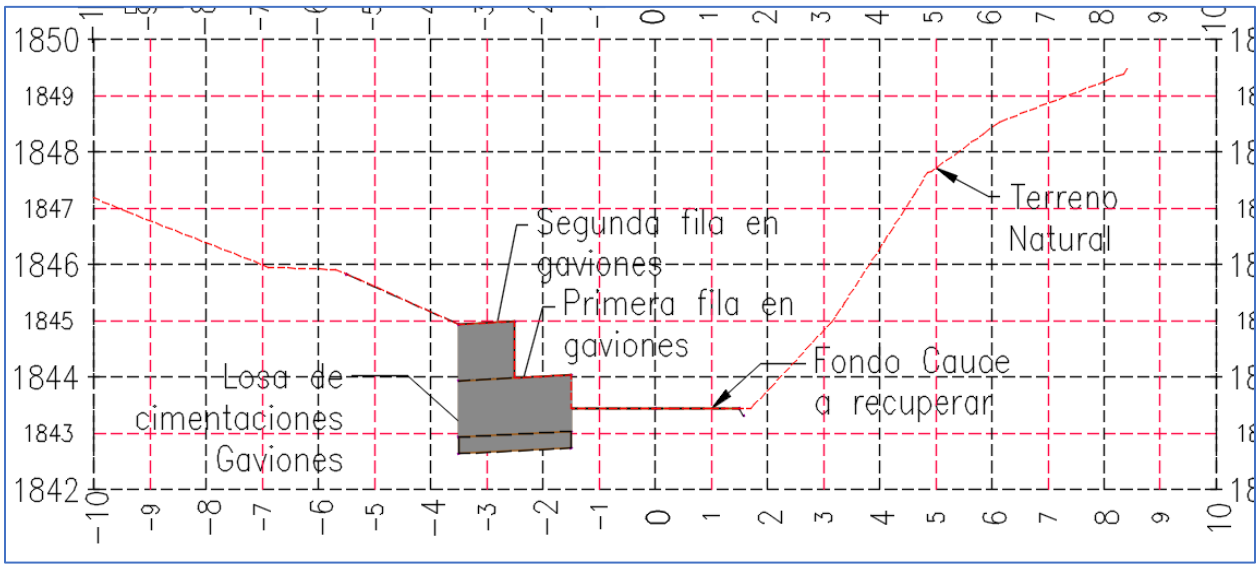


Figura N.° 24. *Sección muro de gaviones* ***(Imagen tomado de Plano de diseño).***

Sobre la margen derecha del cauce del afluente a la quebrada Doña Ana en el sector Los Congojos de la vereda Las Lomitas, se realizará un muro de gaviones de dos hileras apoyado en una losa de cimentación, en una longitud aproximada de 102 m.

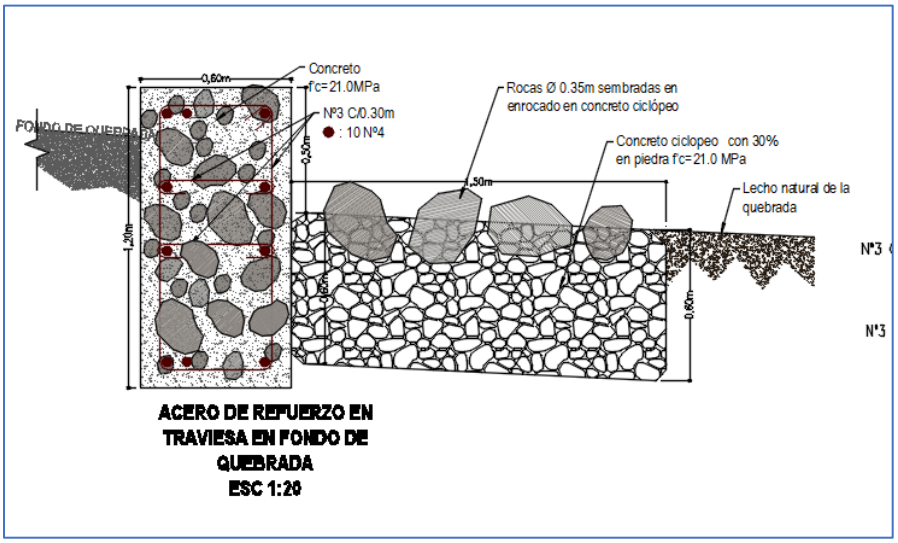


Figura N.° 25. *Traviesas en concreto* ***(Imagen tomado de Plano de diseño).***

Se presenta a continuación la modelación hidráulica del canal natural de la quebrada con la nueva estructura proyectada.

4.2.2. Coeficientes de expasión y contracción.

Para efectos del presente estudio se considera un coeficiente de expansión y contracción de 0.10 y 0.30, valores sugeridos por el programa.

4.2.3. Condiciones de frontera del modelamiento.

El modelamiento se realizó considerando las siguientes condiciones:

- Régimen de flujo mixto.
- Para el modelo se supusieron como condiciones de contorno la pendiente media de la quebrada tanto aguas arriba como abajo, con el fin que el modelo escoja numéricamente la mejor condición de flujo (supercrítico o subcrítico).
- Se considerará la condición de borde correspondiente a la profundidad normal en el tramo analizado, realizando simulación con régimen supercrítico.
- Rugosidades 0.03 en las márgenes, 0.033 en el fondo del lecho, 0.028 muro de gaviones y 0.015 en el canal en concreto.
- Coeficientes de expansión y contracción 0.10 y 0.30, respectivamente en el canal natural.
- Perfiles de flujo estimados para la condición existente. El análisis se contó con 56 secciones aguas arriba y aguas abajo del sitio de estudio, lo cual represento las condiciones topográficas en una longitud de 200 m del caño.

A continuación, se presenta una descripción de la obra proyectada, a la cual se le está solicitando la ocupación de cauce.

4.2.4. Resultados Arrojados por la Modelación Utilizando el Programa HEC-RAS.

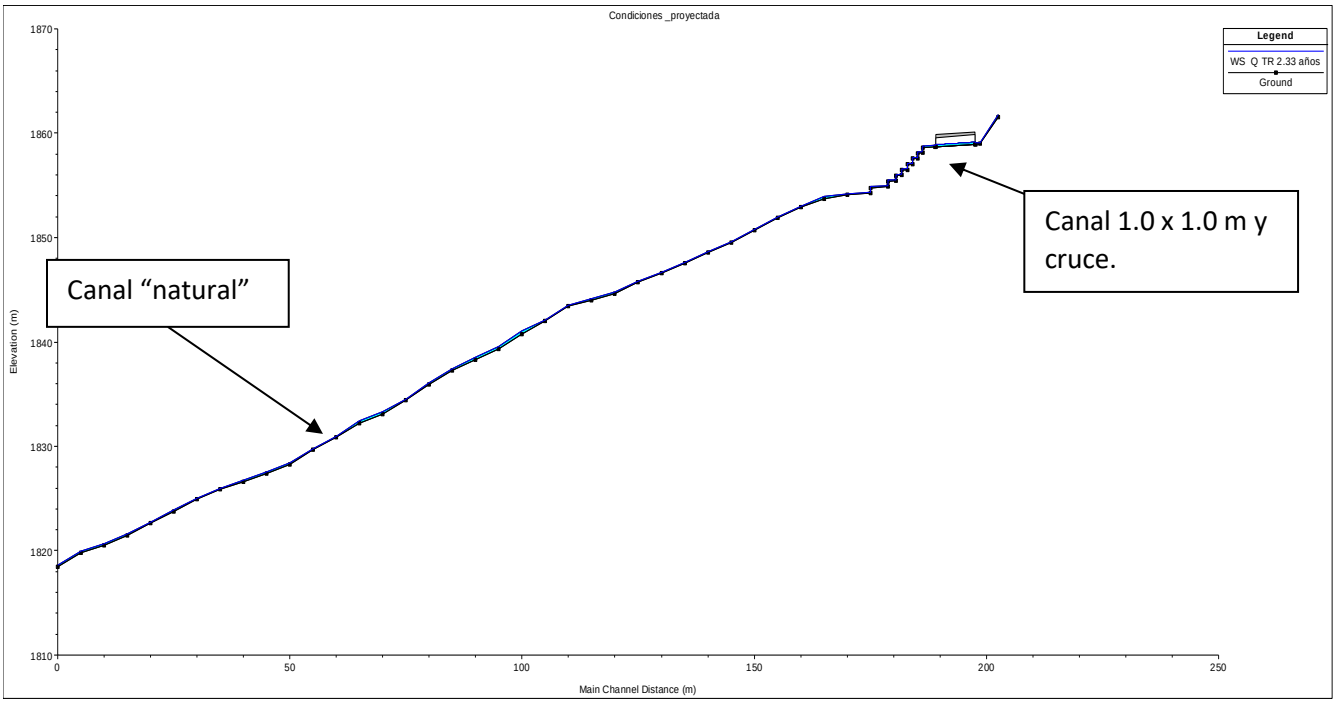


Figura N.° 26. *Perfil Condiciones Proyectadas TR 2.33*

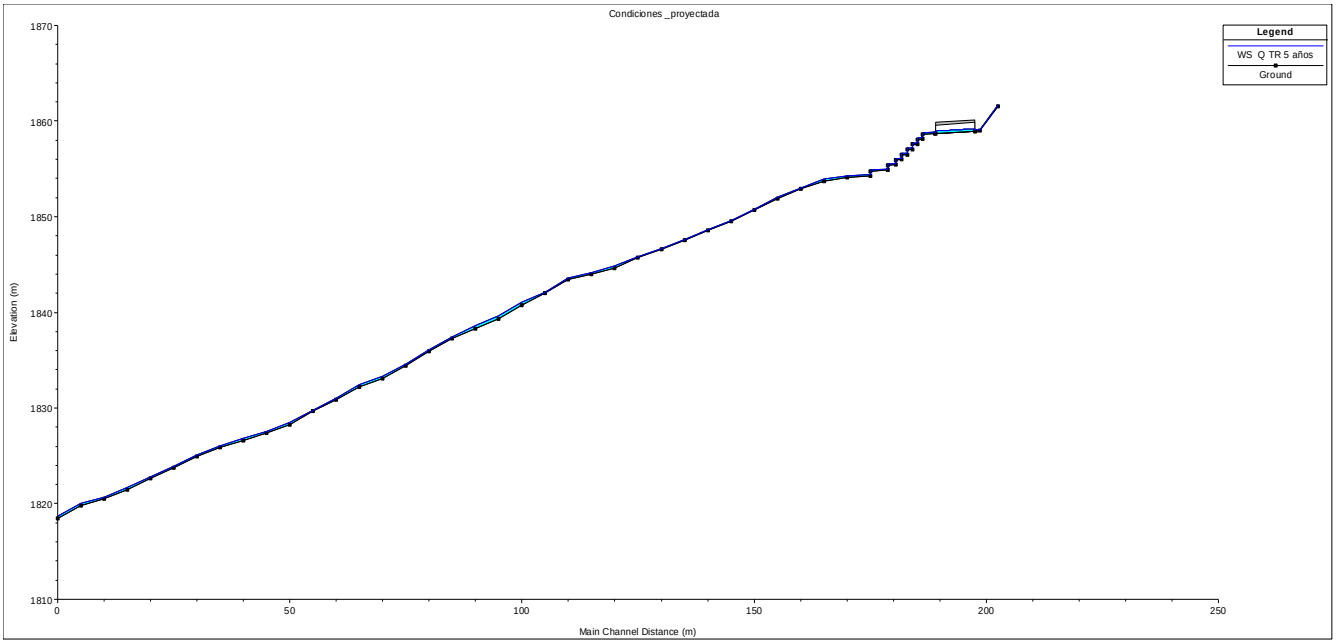


Figura N.° 27. *Perfil Condiciones Proyectadas TR 5 años.*

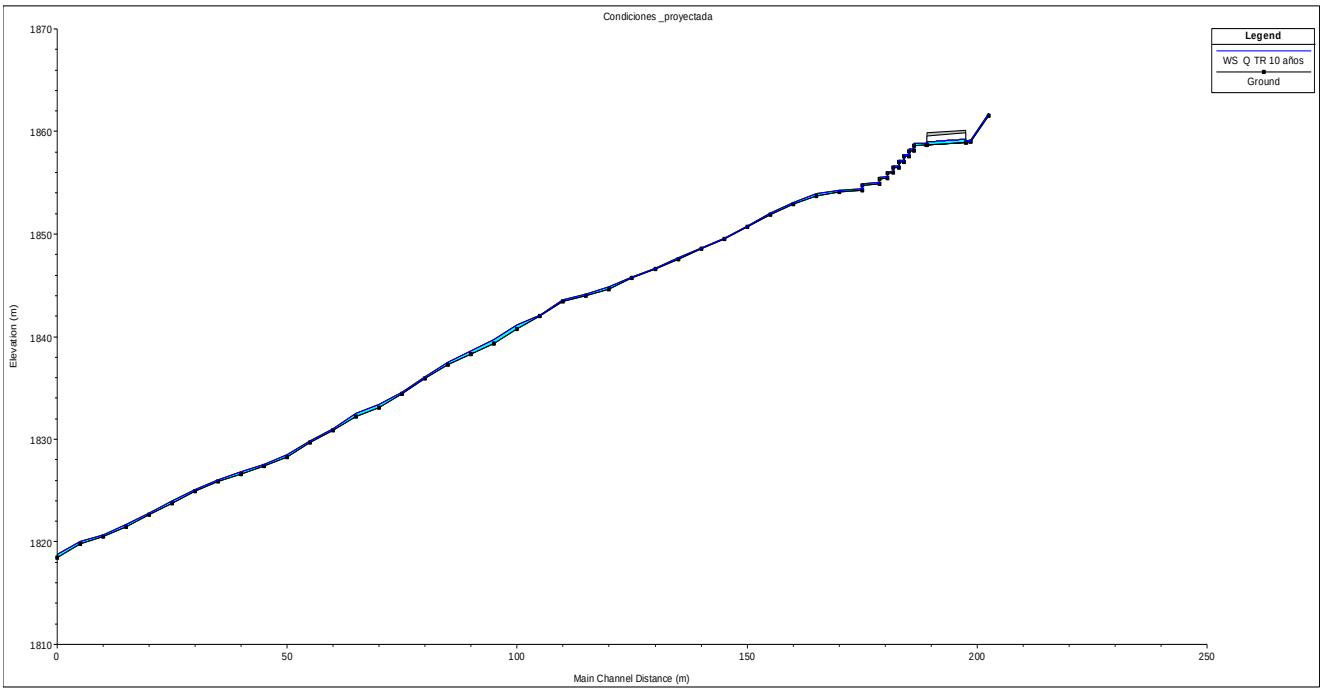


Figura N.° 28. *Perfil Condiciones Proyectadas TR 10 años.*

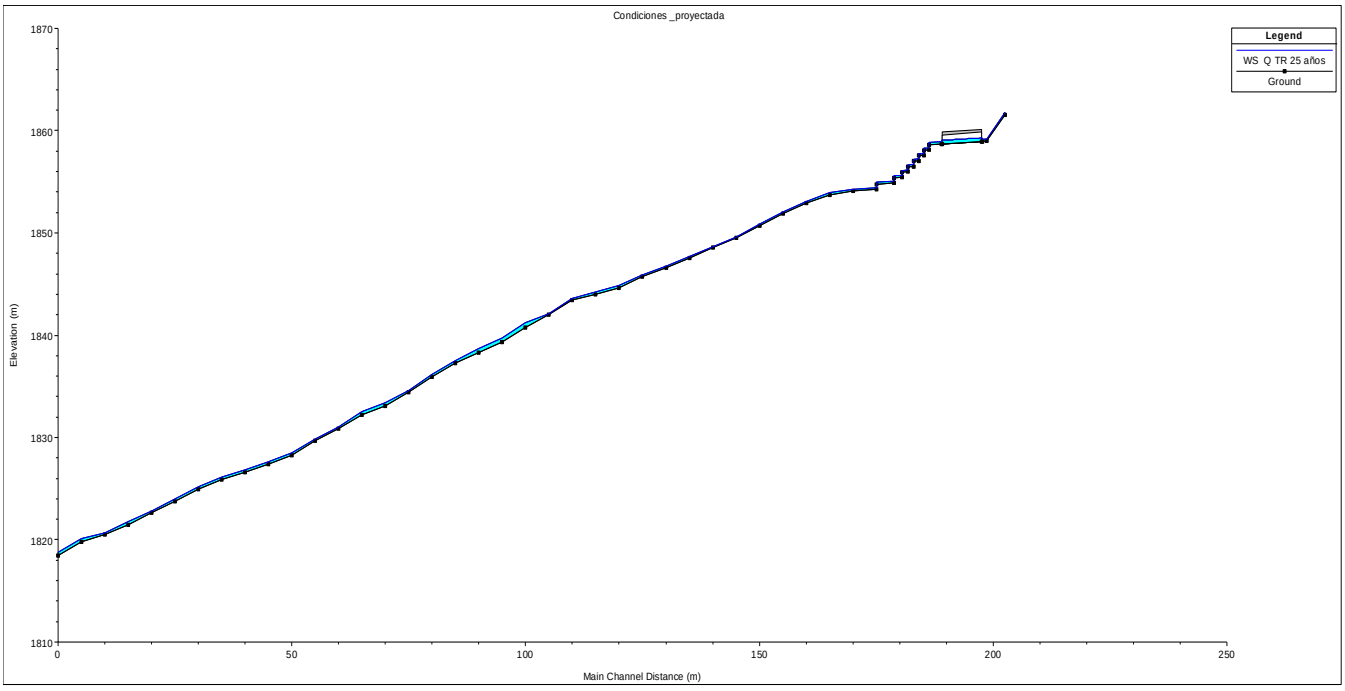


Figura N.° 29. *Perfil Condiciones Proyectadas TR 25 años.*

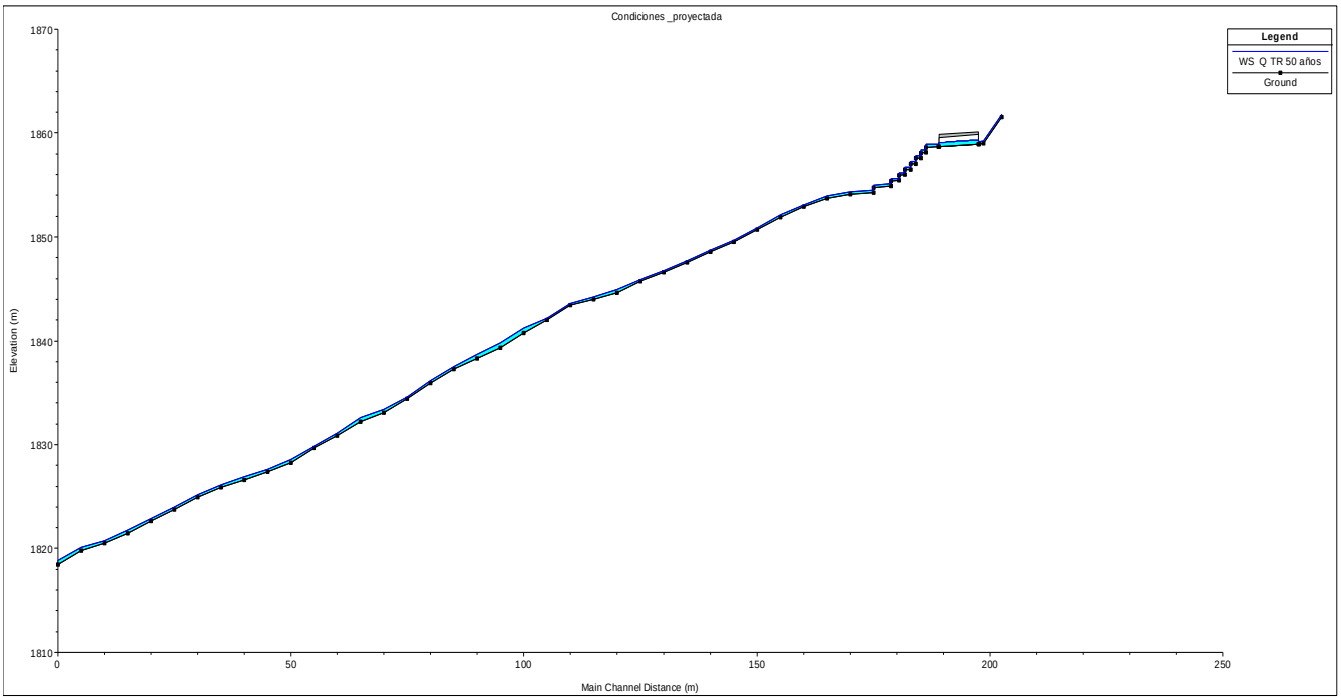


Figura N.° 30. *Perfil Condiciones Proyectadas TR 50 años.*

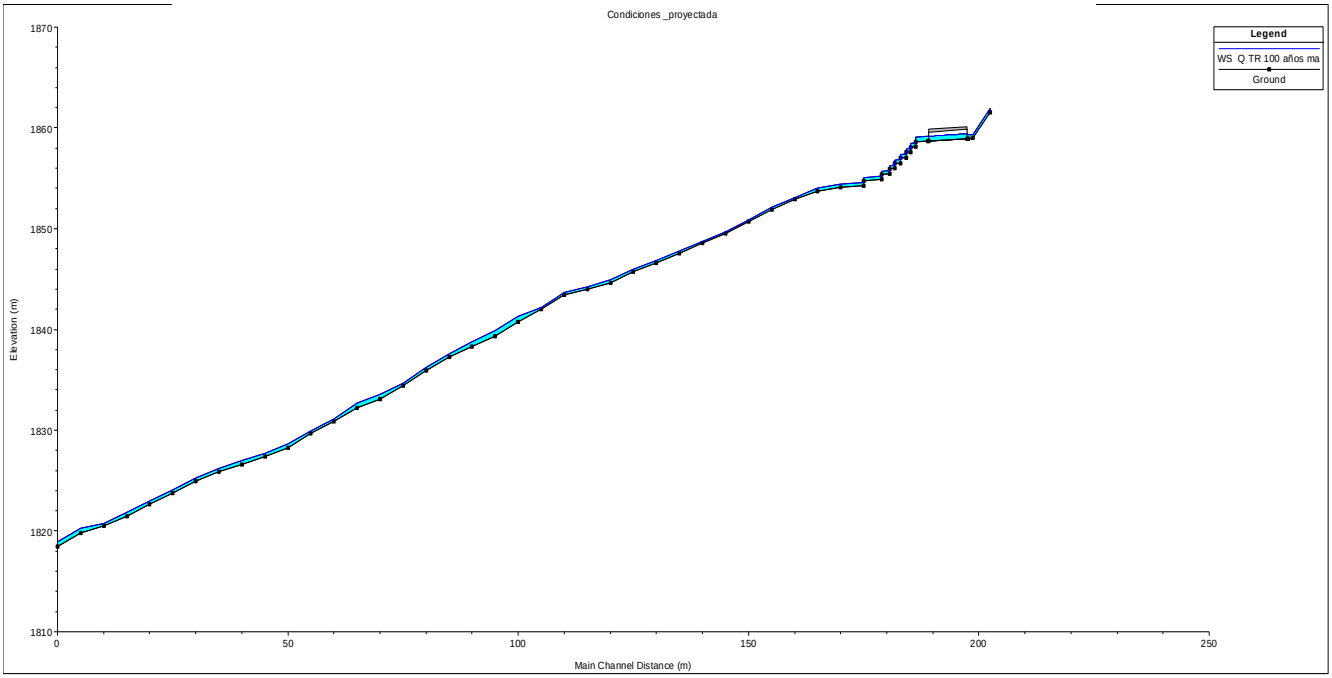


Figura N.° 31. *Perfil Condiciones Proyectadas TR 100 años mayorado.*

Tabla 26. *Resultados Condiciones Proyectadas – caño afluente quebrada La Doña Ana sector Los Congojos.*

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)	
Afluente	55	Q TR 2.33 años	0.5100	1861.51	1861.81	1861.81	1861.89	0.018926	1.34	0.41	2.43	0.94
Afluente	55	Q TR 5 años	0.7400	1861.51	1861.73	1861.87	1862.25	0.168113	3.27	0.24	1.88	2.67
Afluente	55	Q TR 10 años	0.9500	1861.51	1861.76	1861.91	1862.34	0.167890	3.51	0.29	2.05	2.71
Afluente	55	Q TR 25 años	1.2600	1861.51	1861.79	1861.95	1862.47	0.168029	3.79	0.35	2.27	2.76
Afluente	55	Q TR 50 años	1.5300	1861.51	1861.81	1861.98	1862.56	0.168314	4.00	0.41	2.43	2.80
Afluente	55	Q TR 100 años ma	2.5800	1861.51	1861.90	1862.07	1862.63	0.168264	3.79	0.68	3.83	2.77
Afluente	54	Q TR 2.33 años	0.5100	1858.99	1859.08	1859.30	1861.28	0.307084	6.57	0.08	0.97	7.40
Afluente	54	Q TR 5 años	0.7400	1858.99	1859.12	1859.39	1861.35	0.212791	6.62	0.11	1.00	6.32
Afluente	54	Q TR 10 años	0.9500	1858.99	1859.15	1859.46	1861.51	0.178316	6.81	0.14	1.00	5.82
Afluente	54	Q TR 25 años	1.2600	1858.99	1859.19	1859.55	1861.69	0.147081	7.00	0.18	1.00	5.27
Afluente	54	Q TR 50 años	1.5300	1858.99	1859.22	1859.63	1861.81	0.129488	7.13	0.21	1.00	4.91
Afluente	54	Q TR 100 años ma	2.5800	1858.99	1859.37	1859.88	1861.99	0.085929	7.18	0.36	1.00	3.82
Afluente	53	Q TR 2.33 años	0.5100	1858.96	1859.06	1859.27	1860.91	0.236028	6.02	0.08	0.98	6.54
Afluente	53	Q TR 5 años	0.7400	1858.96	1859.09	1859.36	1861.09	0.178395	6.25	0.12	1.00	5.80
Afluente	53	Q TR 10 años	0.9500	1858.96	1859.12	1859.43	1861.28	0.155558	6.50	0.15	1.00	5.43
Afluente	53	Q TR 25 años	1.2600	1858.96	1859.16	1859.52	1861.49	0.132847	6.77	0.19	1.00	5.00
Afluente	53	Q TR 50 años	1.5300	1858.96	1859.20	1859.59	1861.64	0.119273	6.93	0.22	1.00	4.71
Afluente	53	Q TR 100 años ma	2.5800	1858.96	1859.34	1859.85	1861.88	0.082020	7.06	0.37	1.00	3.73
Afluente	52.5		Culvert									
Afluente	52	Q TR 2.33 años	0.5100	1858.69	1858.82	1859.00	1859.86	0.098217	4.52	0.11	1.00	4.30
Afluente	52	Q TR 5 años	0.7400	1858.69	1858.86	1859.09	1860.10	0.087648	4.94	0.15	1.00	4.08
Afluente	52	Q TR 10 años	0.9500	1858.69	1858.89	1859.15	1860.30	0.082795	5.26	0.18	1.00	3.95
Afluente	52	Q TR 25 años	1.2600	1858.69	1858.93	1859.25	1860.53	0.076705	5.60	0.22	1.00	3.77
Afluente	52	Q TR 50 años	1.5300	1858.69	1858.97	1859.32	1860.70	0.072364	5.82	0.26	1.00	3.63
Afluente	52	Q TR 100 años ma	2.5800	1858.69	1859.14	1859.58	1860.97	0.052778	6.00	0.43	1.00	2.92
Afluente	51	Q TR 2.33 años	0.5100	1858.61	1858.75	1858.92	1859.58	0.069022	4.03	0.13	1.00	3.61
Afluente	51	Q TR 5 años	0.7400	1858.61	1858.79	1859.01	1859.84	0.067689	4.53	0.16	1.00	3.58
Afluente	51	Q TR 10 años	0.9500	1858.61	1858.82	1859.08	1860.04	0.066952	4.90	0.19	1.00	3.55
Afluente	51	Q TR 25 años	1.2600	1858.61	1858.86	1859.17	1860.29	0.064836	5.29	0.24	1.00	3.46
Afluente	51	Q TR 50 años	1.5300	1858.61	1858.90	1859.25	1860.46	0.062779	5.54	0.28	1.00	3.36
Afluente	51	Q TR 100 años ma	2.5800	1858.61	1859.07	1859.50	1860.80	0.049112	5.84	0.44	1.00	2.80
Afluente	50	Q TR 2.33 años	0.5100	1858.11	1858.23	1858.42	1859.53	0.138742	5.06	0.10	1.00	5.08
Afluente	50	Q TR 5 años	0.7400	1858.11	1858.26	1858.51	1859.79	0.119147	5.47	0.14	1.00	4.75
Afluente	50	Q TR 10 años	0.9500	1858.11	1858.29	1858.58	1859.99	0.109290	5.78	0.16	1.00	4.55
Afluente	50	Q TR 25 años	1.2600	1858.11	1858.33	1858.67	1860.24	0.099056	6.12	0.21	1.00	4.31
Afluente	50	Q TR 50 años	1.5300	1858.11	1858.37	1858.74	1860.42	0.092324	6.34	0.24	1.00	4.12
Afluente	50	Q TR 100 años ma	2.5800	1858.11	1858.52	1859.00	1860.75	0.069142	6.63	0.39	1.00	3.39
Afluente	49	Q TR 2.33 años	0.5100	1858.08	1858.20	1858.39	1859.35	0.113555	4.74	0.11	1.00	4.61
Afluente	49	Q TR 5 años	0.7400	1858.08	1858.24	1858.48	1859.63	0.103129	5.22	0.14	1.00	4.42
Afluente	49	Q TR 10 años	0.9500	1858.08	1858.27	1858.55	1859.85	0.097691	5.57	0.17	1.00	4.30
Afluente	49	Q TR 25 años	1.2600	1858.08	1858.31	1858.64	1860.11	0.090706	5.94	0.21	1.00	4.11
Afluente	49	Q TR 50 años	1.5300	1858.08	1858.34	1858.71	1860.29	0.085878	6.18	0.25	1.00	3.97
Afluente	49	Q TR 100 años ma	2.5800	1858.08	1858.49	1858.97	1860.66	0.066117	6.52	0.40	1.00	3.31
Afluente	48	Q TR 2.33 años	0.5100	1857.58	1857.69	1857.89	1859.30	0.192340	5.63	0.09	0.99	5.95
Afluente	48	Q TR 5 años	0.7400	1857.58	1857.72	1857.98	1859.58	0.160868	6.04	0.12	1.00	5.51
Afluente	48	Q TR 10 años	0.9500	1857.58	1857.75	1858.05	1859.80	0.144486	6.35	0.15	1.00	5.24
Afluente	48	Q TR 25 años	1.2600	1857.58	1857.79	1858.14	1860.06	0.127844	6.68	0.19	1.00	4.91
Afluente	48	Q TR 50 años	1.5300	1857.58	1857.82	1858.22	1860.24	0.117556	6.90	0.22	1.00	4.67
Afluente	48	Q TR 100 años ma	2.5800	1857.58	1857.95	1858.47	1860.61	0.087217	7.22	0.36	1.00	3.85

Tabla 27.*Continuación Resultados Condiciones Proyectadas – caño afluente quebrada La Doña Ana sector Los Congojos*

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)	
Afluente	47	Q TR 2.33 años	0.5100	1857.55	1857.66	1857.86	1859.07	0.156584	5.26	0.10	1.00	5.39
Afluente	47	Q TR 5 años	0.7400	1857.55	1857.69	1857.95	1859.39	0.139460	5.77	0.13	1.00	5.14
Afluente	47	Q TR 10 años	0.9500	1857.55	1857.72	1858.02	1859.62	0.128729	6.11	0.16	1.00	4.94
Afluente	47	Q TR 25 años	1.2600	1857.55	1857.76	1858.11	1859.90	0.117092	6.48	0.19	1.00	4.69
Afluente	47	Q TR 50 años	1.5300	1857.55	1857.79	1858.18	1860.10	0.109205	6.72	0.23	1.00	4.50
Afluente	47	Q TR 100 años ma	2.5800	1857.55	1857.93	1858.44	1860.50	0.083405	7.10	0.36	1.00	3.76
Afluente	46	Q TR 2.33 años	0.5100	1857.05	1857.15	1857.36	1859.02	0.241019	6.06	0.08	0.98	6.61
Afluente	46	Q TR 5 años	0.7400	1857.05	1857.18	1857.45	1859.34	0.202264	6.51	0.11	1.00	6.17
Afluente	46	Q TR 10 años	0.9500	1857.05	1857.21	1857.52	1859.57	0.179166	6.82	0.14	1.00	5.83
Afluente	46	Q TR 25 años	1.2600	1857.05	1857.24	1857.61	1859.85	0.157030	7.16	0.18	1.00	5.45
Afluente	46	Q TR 50 años	1.5300	1857.05	1857.27	1857.69	1860.05	0.143325	7.38	0.21	1.00	5.18
Afluente	46	Q TR 100 años ma	2.5800	1857.05	1857.40	1857.94	1860.45	0.105501	7.74	0.33	1.00	4.27
Afluente	45	Q TR 2.33 años	0.5100	1857.02	1857.13	1857.33	1858.70	0.184026	5.55	0.09	1.00	5.82
Afluente	45	Q TR 5 años	0.7400	1857.02	1857.16	1857.42	1859.05	0.165678	6.10	0.12	1.00	5.59
Afluente	45	Q TR 10 años	0.9500	1857.02	1857.18	1857.49	1859.31	0.152959	6.47	0.15	1.00	5.39
Afluente	45	Q TR 25 años	1.2600	1857.02	1857.22	1857.58	1859.62	0.138791	6.87	0.18	1.00	5.12
Afluente	45	Q TR 50 años	1.5300	1857.02	1857.25	1857.65	1859.84	0.129483	7.13	0.21	1.00	4.91
Afluente	45	Q TR 100 años ma	2.5800	1857.02	1857.38	1857.91	1860.29	0.098967	7.56	0.34	1.00	4.13
Afluente	44	Q TR 2.33 años	0.5100	1856.52	1856.62	1856.83	1858.65	0.271863	6.31	0.08	0.97	6.99
Afluente	44	Q TR 5 años	0.7400	1856.52	1856.65	1856.92	1859.01	0.232178	6.81	0.11	1.00	6.60
Afluente	44	Q TR 10 años	0.9500	1856.52	1856.67	1856.98	1859.27	0.206205	7.14	0.13	1.00	6.25
Afluente	44	Q TR 25 años	1.2600	1856.52	1856.70	1857.08	1859.58	0.180618	7.51	0.17	1.00	5.85
Afluente	44	Q TR 50 años	1.5300	1856.52	1856.73	1857.16	1859.79	0.164976	7.75	0.20	1.00	5.57
Afluente	44	Q TR 100 años ma	2.5800	1856.52	1856.85	1857.41	1860.24	0.122011	8.15	0.32	1.00	4.63
Afluente	43	Q TR 2.33 años	0.5100	1856.48	1856.59	1856.79	1858.24	0.200044	5.70	0.09	0.99	6.06
Afluente	43	Q TR 5 años	0.7400	1856.48	1856.61	1856.88	1858.65	0.185053	6.33	0.12	1.00	5.90
Afluente	43	Q TR 10 años	0.9500	1856.48	1856.64	1856.95	1858.94	0.172135	6.73	0.14	1.00	5.71
Afluente	43	Q TR 25 años	1.2600	1856.48	1856.67	1857.04	1859.29	0.157217	7.16	0.18	1.00	5.45
Afluente	43	Q TR 50 años	1.5300	1856.48	1856.70	1857.12	1859.53	0.146820	7.45	0.21	1.00	5.24
Afluente	43	Q TR 100 años ma	2.5800	1856.48	1856.82	1857.37	1860.04	0.113797	7.95	0.32	1.00	4.45
Afluente	42	Q TR 2.33 años	0.5100	1855.98	1856.08	1856.29	1858.19	0.290368	6.45	0.08	0.97	7.21
Afluente	42	Q TR 5 años	0.7400	1855.98	1856.10	1856.38	1858.77	0.279901	7.24	0.10	1.00	7.23
Afluente	42	Q TR 10 años	0.9500	1855.98	1856.13	1856.45	1858.89	0.227087	7.37	0.13	1.00	6.56
Afluente	42	Q TR 25 años	1.2600	1855.98	1856.16	1856.54	1859.24	0.200544	7.78	0.16	1.00	6.17
Afluente	42	Q TR 50 años	1.5300	1855.98	1856.19	1856.61	1859.48	0.183783	8.04	0.19	1.00	5.88
Afluente	42	Q TR 100 años ma	2.5800	1855.98	1856.30	1856.87	1859.99	0.137829	8.52	0.30	1.00	4.94
Afluente	41	Q TR 2.33 años	0.5100	1855.94	1856.04	1856.25	1857.78	0.215704	5.85	0.09	0.99	6.27
Afluente	41	Q TR 5 años	0.7400	1855.94	1856.07	1856.34	1858.36	0.221677	6.71	0.11	1.00	6.45
Afluente	41	Q TR 10 años	0.9500	1855.94	1856.09	1856.41	1858.56	0.190277	6.95	0.14	1.00	6.01
Afluente	41	Q TR 25 años	1.2600	1855.94	1856.13	1856.50	1858.94	0.174999	7.43	0.17	1.00	5.76
Afluente	41	Q TR 50 años	1.5300	1855.94	1856.15	1856.57	1859.20	0.163864	7.73	0.20	1.00	5.55
Afluente	41	Q TR 100 años ma	2.5800	1855.94	1856.27	1856.83	1859.78	0.128623	8.31	0.31	1.00	4.76
Afluente	40	Q TR 2.33 años	0.5100	1855.44	1855.53	1855.75	1857.93	0.350553	6.86	0.07	0.96	7.87
Afluente	40	Q TR 5 años	0.7400	1855.44	1855.56	1855.84	1858.32	0.294428	7.36	0.10	1.00	7.41
Afluente	40	Q TR 10 años	0.9500	1855.44	1855.58	1855.91	1858.51	0.247476	7.58	0.13	1.00	6.84
Afluente	40	Q TR 25 años	1.2600	1855.44	1855.61	1856.00	1858.89	0.219919	8.02	0.16	1.00	6.46
Afluente	40	Q TR 50 años	1.5300	1855.44	1855.64	1856.08	1859.15	0.201849	8.30	0.18	1.00	6.17
Afluente	40	Q TR 100 años ma	2.5800	1855.44	1855.75	1856.33	1859.74	0.153355	8.85	0.29	1.00	5.23

Tabla 28.*Continuación Resultados Condiciones Proyectadas – caño afluente quebrada La Doña Ana sector Los Congojos*

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)	
Afluente	39	Q TR 2.33 años	0.5100	1855.40	1855.50	1855.71	1857.26	0.218903	5.87	0.09	0.99	6.32
Afluente	39	Q TR 5 años	0.7400	1855.40	1855.53	1855.80	1857.72	0.205836	6.55	0.11	1.00	6.22
Afluente	39	Q TR 10 años	0.9500	1855.40	1855.55	1855.87	1857.99	0.187106	6.92	0.14	1.00	5.95
Afluente	39	Q TR 25 años	1.2600	1855.40	1855.59	1855.96	1858.41	0.176323	7.45	0.17	1.00	5.78
Afluente	39	Q TR 50 años	1.5300	1855.40	1855.61	1856.04	1858.70	0.167486	7.79	0.20	1.00	5.61
Afluente	39	Q TR 100 años ma	2.5800	1855.40	1855.72	1856.29	1859.39	0.136305	8.48	0.30	1.00	4.91
Afluente	38	Q TR 2.33 años	0.5100	1854.90	1854.99	1855.21	1857.22	0.312297	6.60	0.08	0.97	7.45
Afluente	38	Q TR 5 años	0.7400	1854.90	1855.02	1855.30	1857.67	0.276164	7.21	0.10	1.00	7.18
Afluente	38	Q TR 10 años	0.9500	1854.90	1855.04	1855.37	1857.94	0.243791	7.55	0.13	1.00	6.79
Afluente	38	Q TR 25 años	1.2600	1854.90	1855.07	1855.46	1858.36	0.221071	8.03	0.16	1.00	6.48
Afluente	38	Q TR 50 años	1.5300	1854.90	1855.10	1855.53	1858.65	0.205664	8.35	0.18	1.00	6.23
Afluente	38	Q TR 100 años ma	2.5800	1854.90	1855.20	1855.79	1859.34	0.161290	9.01	0.29	1.00	5.37
Afluente	37	Q TR 2.33 años	0.5100	1854.77	1854.89	1855.08	1856.18	0.136776	5.03	0.10	1.00	5.05
Afluente	37	Q TR 5 años	0.7400	1854.77	1854.91	1855.17	1856.65	0.144423	5.83	0.13	1.00	5.23
Afluente	37	Q TR 10 años	0.9500	1854.77	1854.94	1855.24	1856.99	0.144196	6.34	0.15	1.00	5.23
Afluente	37	Q TR 25 años	1.2600	1854.77	1854.97	1855.33	1857.44	0.144736	6.97	0.18	1.00	5.23
Afluente	37	Q TR 50 años	1.5300	1854.77	1854.99	1855.41	1857.77	0.143297	7.38	0.21	1.00	5.18
Afluente	37	Q TR 100 años ma	2.5800	1854.77	1855.10	1855.66	1858.60	0.127850	8.29	0.31	1.00	4.74
Afluente	36	Q TR 2.33 años	0.5100	1854.27	1854.37	1854.58	1856.13	0.219024	5.87	0.09	0.99	6.32
Afluente	36	Q TR 5 años	0.7400	1854.27	1854.40	1854.67	1856.60	0.207619	6.57	0.11	1.00	6.25
Afluente	36	Q TR 10 años	0.9500	1854.27	1854.42	1854.74	1856.94	0.196681	7.03	0.14	1.00	6.10
Afluente	36	Q TR 25 años	1.2600	1854.27	1854.45	1854.83	1857.39	0.186909	7.59	0.17	1.00	5.95
Afluente	36	Q TR 50 años	1.5300	1854.27	1854.48	1854.90	1857.72	0.180010	7.98	0.19	1.00	5.82
Afluente	36	Q TR 100 años ma	2.5800	1854.27	1854.58	1855.16	1858.55	0.152438	8.83	0.29	1.00	5.21
Afluente	35	Q TR 2.33 años	0.5100	1854.08	1854.21	1854.39	1855.22	0.093977	4.46	0.11	1.00	4.20
Afluente	35	Q TR 5 años	0.7400	1854.08	1854.24	1854.48	1855.64	0.105111	5.25	0.14	1.00	4.46
Afluente	35	Q TR 10 años	0.9500	1854.08	1854.26	1854.55	1855.98	0.110919	5.81	0.16	1.00	4.58
Afluente	35	Q TR 25 años	1.2600	1854.08	1854.29	1854.64	1856.42	0.116431	6.47	0.19	1.00	4.68
Afluente	35	Q TR 50 años	1.5300	1854.08	1854.32	1854.71	1856.76	0.118919	6.92	0.22	1.00	4.70
Afluente	35	Q TR 100 años ma	2.5800	1854.08	1854.42	1854.97	1857.67	0.115552	7.99	0.32	1.00	4.49
Afluente	34	Q TR 2.33 años	0.5100	1853.75	1853.92	1854.01	1854.31	0.257311	2.77	0.18	2.13	3.00
Afluente	34	Q TR 5 años	0.7400	1853.75	1853.93	1854.05	1854.52	0.348504	3.41	0.22	2.31	3.54
Afluente	34	Q TR 10 años	0.9500	1853.75	1853.94	1854.09	1854.73	0.428825	3.92	0.24	2.43	3.97
Afluente	34	Q TR 25 años	1.2600	1853.75	1853.96	1854.13	1855.02	0.534315	4.57	0.28	2.60	4.48
Afluente	34	Q TR 50 años	1.5300	1853.75	1853.97	1854.16	1855.27	0.614103	5.06	0.30	2.72	4.84
Afluente	34	Q TR 100 años ma	2.5800	1853.75	1854.00	1854.27	1856.12	0.798517	6.45	0.40	3.04	5.67
Afluente	33	Q TR 2.33 años	0.5100	1852.89	1853.02	1853.08	1853.22	0.168164	1.98	0.26	3.70	2.39
Afluente	33	Q TR 5 años	0.7400	1852.89	1853.04	1853.11	1853.28	0.160241	2.13	0.35	4.29	2.39
Afluente	33	Q TR 10 años	0.9500	1852.89	1853.06	1853.13	1853.32	0.162368	2.27	0.42	4.73	2.44
Afluente	33	Q TR 25 años	1.2600	1852.89	1853.08	1853.16	1853.40	0.171188	2.53	0.50	4.99	2.56
Afluente	33	Q TR 50 años	1.5300	1852.89	1853.09	1853.18	1853.46	0.182901	2.68	0.57	5.49	2.66
Afluente	33	Q TR 100 años ma	2.5800	1852.89	1853.12	1853.25	1853.69	0.233811	3.32	0.78	6.56	3.08
Afluente	32	Q TR 2.33 años	0.5100	1851.88	1852.00	1852.08	1852.31	0.194931	2.45	0.21	2.39	2.65
Afluente	32	Q TR 5 años	0.7400	1851.88	1852.03	1852.12	1852.40	0.186489	2.70	0.27	2.63	2.67
Afluente	32	Q TR 10 años	0.9500	1851.88	1852.05	1852.16	1852.46	0.177059	2.86	0.33	2.82	2.66
Afluente	32	Q TR 25 años	1.2600	1851.88	1852.08	1852.20	1852.54	0.166347	3.03	0.42	3.08	2.63
Afluente	32	Q TR 50 años	1.5300	1851.88	1852.10	1852.23	1852.60	0.157318	3.14	0.49	3.29	2.60
Afluente	32	Q TR 100 años ma	2.5800	1851.88	1852.17	1852.34	1852.79	0.141849	3.48	0.74	3.93	2.56

Tabla 29.*Continuación Resultados Condiciones Proyectadas – caño afluente quebrada La Doña Ana sector Los Congojos*

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)	
Afluente	31	Q TR 2.33 años	0.5100	1850.73	1850.80	1850.87	1851.10	0.303125	2.45	0.21	3.39	3.15
Afluente	31	Q TR 5 años	0.7400	1850.73	1850.82	1850.90	1851.22	0.304272	2.81	0.26	3.48	3.27
Afluente	31	Q TR 10 años	0.9500	1850.73	1850.83	1850.93	1851.31	0.304707	3.08	0.31	3.56	3.34
Afluente	31	Q TR 25 años	1.2600	1850.73	1850.85	1850.97	1851.44	0.301358	3.40	0.37	3.66	3.41
Afluente	31	Q TR 50 años	1.5300	1850.73	1850.86	1851.00	1851.53	0.296071	3.63	0.42	3.74	3.44
Afluente	31	Q TR 100 años ma	2.5800	1850.73	1850.91	1851.11	1851.83	0.255259	4.24	0.61	3.86	3.39
Afluente	30	Q TR 2.33 años	0.5100	1849.51	1849.59	1849.65	1849.83	0.212190	2.16	0.24	3.57	2.67
Afluente	30	Q TR 5 años	0.7400	1849.51	1849.61	1849.69	1849.92	0.215845	2.47	0.30	3.72	2.78
Afluente	30	Q TR 10 años	0.9500	1849.51	1849.62	1849.71	1849.99	0.219554	2.71	0.35	3.85	2.86
Afluente	30	Q TR 25 años	1.2600	1849.51	1849.64	1849.75	1850.10	0.225257	3.01	0.42	4.01	2.97
Afluente	30	Q TR 50 años	1.5300	1849.51	1849.65	1849.78	1850.18	0.231005	3.23	0.47	4.13	3.05
Afluente	30	Q TR 100 años ma	2.5800	1849.51	1849.69	1849.87	1850.50	0.260950	3.99	0.65	4.50	3.37
Afluente	29	Q TR 2.33 años	0.5100	1848.56	1848.64	1848.70	1848.87	0.172580	2.15	0.24	3.26	2.47
Afluente	29	Q TR 5 años	0.7400	1848.56	1848.66	1848.74	1848.96	0.170244	2.47	0.30	3.33	2.55
Afluente	29	Q TR 10 años	0.9500	1848.56	1848.67	1848.77	1849.04	0.166949	2.71	0.36	3.38	2.59
Afluente	29	Q TR 25 años	1.2600	1848.56	1848.69	1848.81	1849.14	0.163486	3.01	0.43	3.46	2.63
Afluente	29	Q TR 50 años	1.5300	1848.56	1848.71	1848.84	1849.22	0.160931	3.23	0.49	3.52	2.66
Afluente	29	Q TR 100 años ma	2.5800	1848.56	1848.77	1848.95	1849.50	0.152719	3.88	0.69	3.71	2.74
Afluente	28	Q TR 2.33 años	0.5100	1847.57	1847.64	1847.71	1847.91	0.209707	2.30	0.22	3.04	2.70
Afluente	28	Q TR 5 años	0.7400	1847.57	1847.66	1847.75	1848.02	0.206124	2.66	0.28	3.05	2.79
Afluente	28	Q TR 10 años	0.9500	1847.57	1847.68	1847.79	1848.11	0.202760	2.92	0.33	3.06	2.83
Afluente	28	Q TR 25 años	1.2600	1847.57	1847.70	1847.83	1848.23	0.198674	3.25	0.39	3.07	2.89
Afluente	28	Q TR 50 años	1.5300	1847.57	1847.72	1847.87	1848.33	0.194328	3.49	0.44	3.08	2.92
Afluente	28	Q TR 100 años ma	2.5800	1847.57	1847.77	1847.99	1848.66	0.178839	4.19	0.62	3.12	2.96
Afluente	27	Q TR 2.33 años	0.5100	1846.60	1846.68	1846.74	1846.93	0.183792	2.21	0.23	3.04	2.55
Afluente	27	Q TR 5 años	0.7400	1846.60	1846.70	1846.78	1847.03	0.187441	2.58	0.29	3.05	2.67
Afluente	27	Q TR 10 años	0.9500	1846.60	1846.71	1846.81	1847.13	0.189417	2.86	0.33	3.06	2.75
Afluente	27	Q TR 25 años	1.2600	1846.60	1846.73	1846.86	1847.26	0.191968	3.22	0.39	3.07	2.84
Afluente	27	Q TR 50 años	1.5300	1846.60	1846.75	1846.90	1847.36	0.193720	3.48	0.44	3.08	2.91
Afluente	27	Q TR 100 años ma	2.5800	1846.60	1846.80	1847.02	1847.73	0.193166	4.29	0.61	3.11	3.06
Afluente	26	Q TR 2.33 años	0.5100	1845.73	1845.81	1845.87	1846.04	0.168492	2.13	0.24	3.04	2.43
Afluente	26	Q TR 5 años	0.7400	1845.73	1845.83	1845.91	1846.14	0.167700	2.46	0.30	3.05	2.51
Afluente	26	Q TR 10 años	0.9500	1845.73	1845.85	1845.95	1846.22	0.168157	2.72	0.35	3.06	2.57
Afluente	26	Q TR 25 años	1.2600	1845.73	1845.87	1845.99	1846.34	0.169521	3.04	0.41	3.08	2.64
Afluente	26	Q TR 50 años	1.5300	1845.73	1845.88	1846.03	1846.43	0.170753	3.29	0.47	3.09	2.70
Afluente	26	Q TR 100 años ma	2.5800	1845.73	1845.94	1846.15	1846.78	0.177285	4.06	0.64	3.12	2.87
Afluente	25	Q TR 2.33 años	0.5100	1844.63	1844.81	1844.91	1845.17	0.172357	2.68	0.19	1.71	2.56
Afluente	25	Q TR 5 años	0.7400	1844.63	1844.84	1844.95	1845.29	0.165994	2.97	0.25	1.84	2.58
Afluente	25	Q TR 10 años	0.9500	1844.63	1844.88	1844.98	1845.27	0.214620	2.78	0.34	3.44	2.82
Afluente	25	Q TR 25 años	1.2600	1844.63	1844.90	1845.02	1845.39	0.213509	3.10	0.41	3.47	2.89
Afluente	25	Q TR 50 años	1.5300	1844.63	1844.91	1845.05	1845.48	0.211638	3.34	0.46	3.49	2.93
Afluente	25	Q TR 100 años ma	2.5800	1844.63	1844.96	1845.16	1845.82	0.208672	4.10	0.63	3.55	3.07
Afluente	24	Q TR 2.33 años	0.5100	1844.03	1844.14	1844.19	1844.31	0.150662	1.81	0.28	4.28	2.25
Afluente	24	Q TR 5 años	0.7400	1844.03	1844.16	1844.22	1844.40	0.166478	2.17	0.34	4.30	2.44
Afluente	24	Q TR 10 años	0.9500	1844.03	1844.18	1844.25	1844.42	0.125211	2.20	0.43	4.33	2.20
Afluente	24	Q TR 25 años	1.2600	1844.03	1844.20	1844.28	1844.51	0.131407	2.50	0.51	4.36	2.32
Afluente	24	Q TR 50 años	1.5300	1844.03	1844.21	1844.31	1844.58	0.136409	2.73	0.57	4.37	2.40
Afluente	24	Q TR 100 años ma	2.5800	1844.03	1844.25	1844.41	1844.86	0.152326	3.47	0.75	4.43	2.66

Tabla 30.*Continuación Resultados Condiciones Proyectadas – caño afluente quebrada La Doña Ana sector Los Congojos*

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)	
Afluente	23	Q TR 2.33 años	0.5100	1843.44	1843.54	1843.58	1843.70	0.101000	1.78	0.29	3.28	1.92
Afluente	23	Q TR 5 años	0.7400	1843.44	1843.56	1843.62	1843.77	0.095065	2.03	0.37	3.30	1.94
Afluente	23	Q TR 10 años	0.9500	1843.44	1843.57	1843.65	1843.85	0.105655	2.31	0.41	3.31	2.08
Afluente	23	Q TR 25 años	1.2600	1843.44	1843.60	1843.70	1843.93	0.101663	2.56	0.49	3.34	2.11
Afluente	23	Q TR 50 años	1.5300	1843.44	1843.62	1843.73	1844.00	0.099406	2.75	0.56	3.36	2.12
Afluente	23	Q TR 100 años ma	2.5800	1843.44	1843.68	1843.84	1844.25	0.095755	3.34	0.78	3.42	2.20
Afluente	22	Q TR 2.33 años	0.5100	1842.01	1842.07	1842.17	1842.62	0.636056	3.28	0.16	2.80	4.45
Afluente	22	Q TR 5 años	0.7400	1842.01	1842.09	1842.21	1842.77	0.557871	3.66	0.20	2.81	4.35
Afluente	22	Q TR 10 años	0.9500	1842.01	1842.11	1842.25	1842.84	0.453083	3.79	0.25	2.82	4.05
Afluente	22	Q TR 25 años	1.2600	1842.01	1842.13	1842.29	1842.98	0.404934	4.08	0.31	2.82	3.94
Afluente	22	Q TR 50 años	1.5300	1842.01	1842.15	1842.33	1843.08	0.370527	4.29	0.36	2.83	3.85
Afluente	22	Q TR 100 años ma	2.5800	1842.01	1842.21	1842.46	1843.41	0.289150	4.86	0.53	2.86	3.60
Afluente	21	Q TR 2.33 años	0.5100	1840.75	1841.05	1841.17	1841.44	0.115416	2.78	0.18	1.00	2.07
Afluente	21	Q TR 5 años	0.7400	1840.75	1841.10	1841.25	1841.59	0.119768	3.11	0.24	1.11	2.14
Afluente	21	Q TR 10 años	0.9500	1840.75	1841.14	1841.31	1841.72	0.124796	3.37	0.28	1.19	2.21
Afluente	21	Q TR 25 años	1.2600	1840.75	1841.19	1841.39	1841.88	0.128806	3.67	0.34	1.29	2.27
Afluente	21	Q TR 50 años	1.5300	1840.75	1841.23	1841.45	1842.00	0.132152	3.88	0.39	1.38	2.32
Afluente	21	Q TR 100 años ma	2.5800	1840.75	1841.34	1841.63	1842.39	0.140704	4.52	0.57	1.65	2.46
Afluente	20	Q TR 2.33 años	0.5100	1839.35	1839.60	1839.80	1840.48	0.331849	4.15	0.12	0.79	3.36
Afluente	20	Q TR 5 años	0.7400	1839.35	1839.66	1839.88	1840.64	0.300832	4.40	0.17	0.91	3.27
Afluente	20	Q TR 10 años	0.9500	1839.35	1839.70	1839.94	1840.77	0.283646	4.59	0.21	1.00	3.22
Afluente	20	Q TR 25 años	1.2600	1839.35	1839.75	1840.02	1840.93	0.266824	4.81	0.26	1.12	3.17
Afluente	20	Q TR 50 años	1.5300	1839.35	1839.79	1840.09	1841.05	0.256817	4.98	0.31	1.20	3.15
Afluente	20	Q TR 100 años ma	2.5800	1839.35	1839.91	1840.27	1841.44	0.234795	5.48	0.47	1.48	3.10
Afluente	19	Q TR 2.33 años	0.5100	1838.27	1838.55	1838.70	1839.13	0.199544	3.37	0.15	0.94	2.68
Afluente	19	Q TR 5 años	0.7400	1838.27	1838.59	1838.78	1839.34	0.205586	3.85	0.19	1.05	2.80
Afluente	19	Q TR 10 años	0.9500	1838.27	1838.62	1838.84	1839.51	0.207945	4.17	0.23	1.14	2.87
Afluente	19	Q TR 25 años	1.2600	1838.27	1838.66	1838.92	1839.71	0.209493	4.56	0.28	1.25	2.94
Afluente	19	Q TR 50 años	1.5300	1838.27	1838.70	1838.98	1839.87	0.209649	4.83	0.32	1.34	2.98
Afluente	19	Q TR 100 años ma	2.5800	1838.27	1838.80	1839.15	1840.34	0.208285	5.58	0.48	1.62	3.08
Afluente	18	Q TR 2.33 años	0.5100	1837.24	1837.42	1837.55	1837.97	0.265631	3.34	0.16	1.40	3.17
Afluente	18	Q TR 5 años	0.7400	1837.24	1837.45	1837.61	1838.17	0.264272	3.81	0.20	1.45	3.26
Afluente	18	Q TR 10 años	0.9500	1837.24	1837.47	1837.66	1838.33	0.263269	4.16	0.23	1.50	3.32
Afluente	18	Q TR 25 años	1.2600	1837.24	1837.50	1837.73	1838.55	0.260032	4.59	0.28	1.54	3.37
Afluente	18	Q TR 50 años	1.5300	1837.24	1837.53	1837.79	1838.71	0.255432	4.89	0.32	1.57	3.39
Afluente	18	Q TR 100 años ma	2.5800	1837.24	1837.62	1837.97	1839.22	0.234879	5.70	0.47	1.69	3.38
Afluente	17	Q TR 2.33 años	0.5100	1835.94	1836.06	1836.17	1836.58	0.288835	3.22	0.16	1.68	3.30
Afluente	17	Q TR 5 años	0.7400	1835.94	1836.08	1836.23	1836.78	0.290735	3.71	0.20	1.71	3.42
Afluente	17	Q TR 10 años	0.9500	1835.94	1836.10	1836.28	1836.94	0.292797	4.09	0.24	1.74	3.50
Afluente	17	Q TR 25 años	1.2600	1835.94	1836.13	1836.34	1837.16	0.294140	4.54	0.28	1.78	3.59
Afluente	17	Q TR 50 años	1.5300	1835.94	1836.15	1836.39	1837.34	0.295027	4.87	0.32	1.81	3.65
Afluente	17	Q TR 100 años ma	2.5800	1835.94	1836.22	1836.56	1837.92	0.288173	5.83	0.45	1.91	3.75
Afluente	16	Q TR 2.33 años	0.5100	1834.41	1834.53	1834.65	1835.07	0.317035	3.26	0.16	1.60	3.33
Afluente	16	Q TR 5 años	0.7400	1834.41	1834.55	1834.71	1835.26	0.317079	3.73	0.20	1.63	3.42
Afluente	16	Q TR 10 años	0.9500	1834.41	1834.57	1834.76	1835.42	0.316838	4.07	0.23	1.66	3.47
Afluente	16	Q TR 25 años	1.2600	1834.41	1834.60	1834.82	1835.63	0.318984	4.50	0.28	1.70	3.55
Afluente	16	Q TR 50 años	1.5300	1834.41	1834.62	1834.87	1835.80	0.319961	4.81	0.32	1.74	3.59
Afluente	16	Q TR 100 años ma	2.5800	1834.41	1834.70	1835.04	1836.38	0.325410	5.75	0.45	1.84	3.72

Tabla 31.*Continuación Resultados Condiciones Proyectadas – caño afluente quebrada La Doña Ana sector Los Congojos.*

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)	
Afluente	15	Q TR 2.33 años	0.5100	1833.09	1833.32	1833.44	1833.80	0.202986	3.07	0.17	1.34	2.78
Afluente	15	Q TR 5 años	0.7400	1833.09	1833.35	1833.50	1833.97	0.207758	3.47	0.21	1.43	2.87
Afluente	15	Q TR 10 años	0.9500	1833.09	1833.38	1833.56	1834.11	0.210382	3.79	0.25	1.46	2.92
Afluente	15	Q TR 25 años	1.2600	1833.09	1833.41	1833.63	1834.30	0.213390	4.18	0.30	1.50	2.98
Afluente	15	Q TR 50 años	1.5300	1833.09	1833.44	1833.70	1834.45	0.215956	4.47	0.34	1.53	3.02
Afluente	15	Q TR 100 años ma	2.5800	1833.09	1833.53	1833.88	1834.97	0.225050	5.32	0.48	1.64	3.13
Afluente	14	Q TR 2.33 años	0.5100	1832.20	1832.43	1832.55	1832.87	0.165204	2.94	0.17	1.17	2.43
Afluente	14	Q TR 5 años	0.7400	1832.20	1832.48	1832.62	1833.01	0.167319	3.24	0.23	1.33	2.50
Afluente	14	Q TR 10 años	0.9500	1832.20	1832.51	1832.67	1833.13	0.171550	3.49	0.27	1.43	2.56
Afluente	14	Q TR 25 años	1.2600	1832.20	1832.55	1832.75	1833.30	0.173934	3.85	0.33	1.48	2.61
Afluente	14	Q TR 50 años	1.5300	1832.20	1832.58	1832.80	1833.44	0.176240	4.11	0.37	1.51	2.65
Afluente	14	Q TR 100 años ma	2.5800	1832.20	1832.67	1832.99	1833.89	0.183297	4.89	0.53	1.63	2.74
Afluente	13	Q TR 2.33 años	0.5100	1830.88	1830.98	1831.10	1831.58	0.447171	3.42	0.15	1.92	3.91
Afluente	13	Q TR 5 años	0.7400	1830.88	1831.01	1831.15	1831.75	0.407512	3.81	0.19	1.95	3.86
Afluente	13	Q TR 10 años	0.9500	1830.88	1831.03	1831.19	1831.88	0.381909	4.09	0.23	1.98	3.82
Afluente	13	Q TR 25 años	1.2600	1830.88	1831.05	1831.25	1832.06	0.361446	4.45	0.28	2.02	3.80
Afluente	13	Q TR 50 años	1.5300	1830.88	1831.07	1831.29	1832.20	0.348758	4.71	0.32	2.05	3.78
Afluente	13	Q TR 100 años ma	2.5800	1830.88	1831.14	1831.45	1832.67	0.319042	5.48	0.47	2.16	3.75
Afluente	12	Q TR 2.33 años	0.5100	1829.66	1829.77	1829.86	1830.12	0.188425	2.61	0.20	2.07	2.67
Afluente	12	Q TR 5 años	0.7400	1829.66	1829.80	1829.92	1830.27	0.204582	3.06	0.24	2.16	2.86
Afluente	12	Q TR 10 años	0.9500	1829.66	1829.81	1829.95	1830.39	0.215052	3.40	0.28	2.22	2.99
Afluente	12	Q TR 25 años	1.2600	1829.66	1829.84	1830.01	1830.57	0.227324	3.82	0.34	2.30	3.14
Afluente	12	Q TR 50 años	1.5300	1829.66	1829.85	1830.05	1830.70	0.234251	4.12	0.38	2.37	3.24
Afluente	12	Q TR 100 años ma	2.5800	1829.66	1829.91	1830.17	1831.17	0.253116	5.04	0.52	2.58	3.50
Afluente	11	Q TR 2.33 años	0.5100	1828.23	1828.44	1828.55	1828.95	0.289475	3.17	0.16	1.59	3.18
Afluente	11	Q TR 5 años	0.7400	1828.23	1828.47	1828.61	1829.09	0.264235	3.51	0.21	1.65	3.13
Afluente	11	Q TR 10 años	0.9500	1828.23	1828.49	1828.66	1829.21	0.253137	3.77	0.25	1.70	3.12
Afluente	11	Q TR 25 años	1.2600	1828.23	1828.52	1828.72	1829.38	0.244627	4.10	0.31	1.77	3.13
Afluente	11	Q TR 50 años	1.5300	1828.23	1828.55	1828.77	1829.51	0.239900	4.34	0.35	1.82	3.14
Afluente	11	Q TR 100 años ma	2.5800	1828.23	1828.63	1828.93	1829.95	0.235055	5.09	0.51	1.99	3.22
Afluente	10	Q TR 2.33 años	0.5100	1827.35	1827.51	1827.61	1827.86	0.154944	2.62	0.19	1.59	2.39
Afluente	10	Q TR 5 años	0.7400	1827.35	1827.54	1827.67	1828.02	0.165303	3.05	0.24	1.64	2.53
Afluente	10	Q TR 10 años	0.9500	1827.35	1827.57	1827.72	1828.14	0.170625	3.35	0.28	1.68	2.61
Afluente	10	Q TR 25 años	1.2600	1827.35	1827.60	1827.78	1828.30	0.175190	3.72	0.34	1.74	2.69
Afluente	10	Q TR 50 años	1.5300	1827.35	1827.63	1827.84	1828.43	0.177638	3.98	0.38	1.78	2.73
Afluente	10	Q TR 100 años ma	2.5800	1827.35	1827.71	1828.00	1828.86	0.184213	4.75	0.54	1.93	2.86
Afluente	9	Q TR 2.33 años	0.5100	1826.60	1826.78	1826.87	1827.09	0.150262	2.44	0.21	1.91	2.35
Afluente	9	Q TR 5 años	0.7400	1826.60	1826.81	1826.92	1827.21	0.149733	2.78	0.27	1.96	2.41
Afluente	9	Q TR 10 años	0.9500	1826.60	1826.84	1826.97	1827.31	0.150783	3.05	0.31	2.00	2.46
Afluente	9	Q TR 25 años	1.2600	1826.60	1826.87	1827.02	1827.45	0.153576	3.38	0.37	2.06	2.53
Afluente	9	Q TR 50 años	1.5300	1826.60	1826.89	1827.07	1827.56	0.155901	3.63	0.42	2.10	2.58
Afluente	9	Q TR 100 años ma	2.5800	1826.60	1826.97	1827.22	1827.94	0.162822	4.37	0.59	2.24	2.72
Afluente	8	Q TR 2.33 años	0.5100	1825.86	1826.00	1826.09	1826.33	0.150146	2.55	0.20	1.61	2.31
Afluente	8	Q TR 5 años	0.7400	1825.86	1826.03	1826.15	1826.46	0.147677	2.90	0.26	1.63	2.34
Afluente	8	Q TR 10 años	0.9500	1825.86	1826.06	1826.20	1826.56	0.144650	3.14	0.30	1.65	2.34
Afluente	8	Q TR 25 años	1.2600	1825.86	1826.10	1826.27	1826.70	0.143113	3.45	0.37	1.67	2.35
Afluente	8	Q TR 50 años	1.5300	1825.86	1826.13	1826.32	1826.81	0.141348	3.66	0.42	1.69	2.35
Afluente	8	Q TR 100 años ma	2.5800	1825.86	1826.24	1826.51	1827.18	0.139211	4.31	0.60	1.76	2.36

Tabla 32.*Continuación Resultados Condiciones Proyectadas – caño afluente quebrada La Doña Ana sector Los Congojos.*

Afluente	7	Q TR 2.33 años	0.5100	1824.90	1825.05	1825.16	1825.47	0.195018	2.87	0.18	1.53	2.69
Afluente	7	Q TR 5 años	0.7400	1824.90	1825.08	1825.22	1825.62	0.190347	3.25	0.23	1.58	2.72
Afluente	7	Q TR 10 años	0.9500	1824.90	1825.11	1825.27	1825.73	0.186796	3.51	0.27	1.62	2.74
Afluente	7	Q TR 25 años	1.2600	1824.90	1825.14	1825.34	1825.89	0.181897	3.82	0.33	1.68	2.75
Afluente	7	Q TR 50 años	1.5300	1824.90	1825.17	1825.39	1826.01	0.178928	4.05	0.38	1.72	2.76
Afluente	7	Q TR 100 años ma	2.5800	1824.90	1825.27	1825.56	1826.39	0.171963	4.70	0.55	1.87	2.77
Afluente	6	Q TR 2.33 años	0.5100	1823.77	1823.92	1824.01	1824.33	0.269016	2.86	0.18	2.04	3.08
Afluente	6	Q TR 5 años	0.7400	1823.77	1823.94	1824.07	1824.49	0.270369	3.28	0.23	2.07	3.18
Afluente	6	Q TR 10 años	0.9500	1823.77	1823.96	1824.11	1824.62	0.269983	3.60	0.26	2.10	3.24
Afluente	6	Q TR 25 años	1.2600	1823.77	1823.98	1824.16	1824.79	0.268014	3.97	0.32	2.14	3.29
Afluente	6	Q TR 50 años	1.5300	1823.77	1824.00	1824.21	1824.92	0.264894	4.24	0.36	2.18	3.32
Afluente	6	Q TR 100 años ma	2.5800	1823.77	1824.07	1824.35	1825.34	0.252112	5.00	0.52	2.29	3.36
Afluente	5	Q TR 2.33 años	0.5100	1822.65	1822.77	1822.86	1823.15	0.206557	2.73	0.19	1.83	2.73
Afluente	5	Q TR 5 años	0.7400	1822.65	1822.79	1822.92	1823.29	0.208055	3.13	0.24	1.87	2.82
Afluente	5	Q TR 10 años	0.9500	1822.65	1822.81	1822.96	1823.41	0.209374	3.43	0.28	1.90	2.87
Afluente	5	Q TR 25 años	1.2600	1822.65	1822.84	1823.02	1823.58	0.212139	3.80	0.33	1.95	2.94
Afluente	5	Q TR 50 años	1.5300	1822.65	1822.86	1823.07	1823.71	0.213673	4.08	0.38	1.98	2.99
Afluente	5	Q TR 100 años ma	2.5800	1822.65	1822.94	1823.23	1824.16	0.218788	4.89	0.53	2.10	3.11
Afluente	4	Q TR 2.33 años	0.5100	1821.49	1821.66	1821.76	1822.07	0.222431	2.86	0.18	1.67	2.80
Afluente	4	Q TR 5 años	0.7400	1821.49	1821.69	1821.82	1822.22	0.218030	3.25	0.23	1.71	2.84
Afluente	4	Q TR 10 años	0.9500	1821.49	1821.71	1821.87	1822.35	0.215781	3.54	0.27	1.73	2.87
Afluente	4	Q TR 25 años	1.2600	1821.49	1821.74	1821.93	1822.51	0.213090	3.89	0.32	1.77	2.90
Afluente	4	Q TR 50 años	1.5300	1821.49	1821.77	1821.98	1822.64	0.211769	4.15	0.37	1.80	2.93
Afluente	4	Q TR 100 años ma	2.5800	1821.49	1821.85	1822.15	1823.08	0.210325	4.92	0.52	1.90	2.99
Afluente	3	Q TR 2.33 años	0.5100	1820.53	1820.65	1820.72	1820.94	0.215715	2.39	0.21	2.70	2.71
Afluente	3	Q TR 5 años	0.7400	1820.53	1820.67	1820.77	1821.07	0.227488	2.80	0.26	2.72	2.87
Afluente	3	Q TR 10 años	0.9500	1820.53	1820.68	1820.80	1821.18	0.235573	3.11	0.31	2.73	2.98
Afluente	3	Q TR 25 años	1.2600	1820.53	1820.70	1820.85	1821.33	0.244134	3.50	0.36	2.76	3.09
Afluente	3	Q TR 50 años	1.5300	1820.53	1820.72	1820.89	1821.45	0.249907	3.79	0.40	2.77	3.17
Afluente	3	Q TR 100 años ma	2.5800	1820.53	1820.77	1821.01	1821.88	0.261324	4.66	0.55	2.83	3.36
Afluente	2	Q TR 2.33 años	0.5100	1819.78	1819.95	1820.04	1820.25	0.096778	2.40	0.21	1.32	1.90
Afluente	2	Q TR 5 años	0.7400	1819.78	1820.00	1820.11	1820.37	0.092888	2.67	0.28	1.37	1.90
Afluente	2	Q TR 10 años	0.9500	1819.78	1820.04	1820.17	1820.46	0.091275	2.88	0.33	1.41	1.90
Afluente	2	Q TR 25 años	1.2600	1819.78	1820.09	1820.24	1820.59	0.090779	3.14	0.40	1.46	1.91
Afluente	2	Q TR 50 años	1.5300	1819.78	1820.13	1820.30	1820.69	0.091325	3.33	0.46	1.50	1.92
Afluente	2	Q TR 100 años ma	2.5800	1819.78	1820.25	1820.50	1821.04	0.095574	3.94	0.66	1.64	1.99
Afluente	1	Q TR 2.33 años	0.5100	1818.47	1818.66	1818.82	1819.40	0.323366	3.81	0.13	1.00	3.32
Afluente	1	Q TR 5 años	0.7400	1818.47	1818.70	1818.90	1819.57	0.285246	4.12	0.18	1.04	3.17
Afluente	1	Q TR 10 años	0.9500	1818.47	1818.74	1818.96	1819.69	0.261311	4.32	0.22	1.08	3.06
Afluente	1	Q TR 25 años	1.2600	1818.47	1818.79	1819.05	1819.84	0.236469	4.55	0.28	1.14	2.94
Afluente	1	Q TR 50 años	1.5300	1818.47	1818.83	1819.11	1819.96	0.222058	4.71	0.33	1.18	2.86
Afluente	1	Q TR 100 años ma	2.5800	1818.47	1818.97	1819.34	1820.33	0.191509	5.16	0.50	1.32	2.68

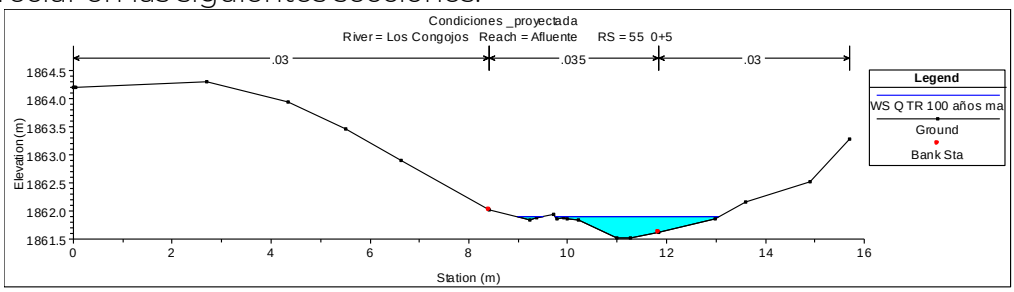
- Los valores del número de Froude son superiores a la unidad (1) indicando esto, que el régimen de flujo de estudio es supercrítico.
- Las velocidades calculadas en el análisis hidráulico varían desde 1.34 m/s hasta 6.86 m/s para los caudales con periodo de retorno de 2.33 años y de 3.32 m/s hasta 9.01 m/s para los caudales con periodo de retorno de 100 años, en los canales naturales; magnitudes normales para estas altas pendientes, además debemos recordar que la mayoría corresponde a un canal en concreto donde las velocidades siguen siendo inferior a las que se permiten en este tipo de estructuras con concreto.

4.2.5. Analisis de resultados.

En los resultados arrojados en la modelación utilizando el programa HEC- RAS para la cobertura proyectada, se puede apreciar:

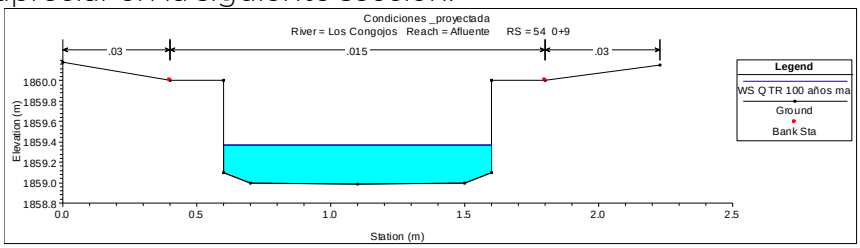
4.2.5.1. <u>Comportamiento hidráulico Tramo aguas arriba de la obra proyectada en el sitio de cruce.</u>

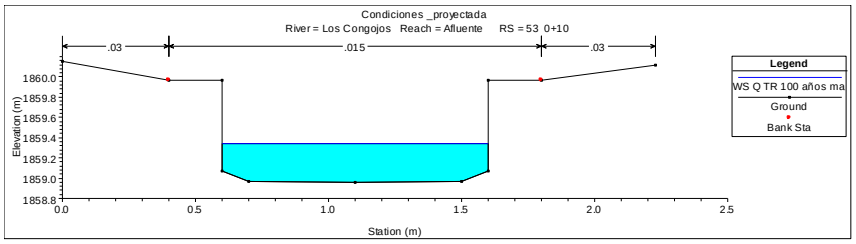
- Para las condiciones extremas, es decir cuando se presenta la avenida de los 100 años con un caudal de 2.58 m^3/s, las secciones del tramo están en capacidad hidráulica para evacuar el caudal de diseño y su funcionamiento hidráulico mejora ostensiblemente con la obra proyectada. Estos resultados se pueden apreciar en las siguientes secciones:



4.2.5.2. <u>Comportamiento hidráulico sitio de cruce- canal de entrada.</u>

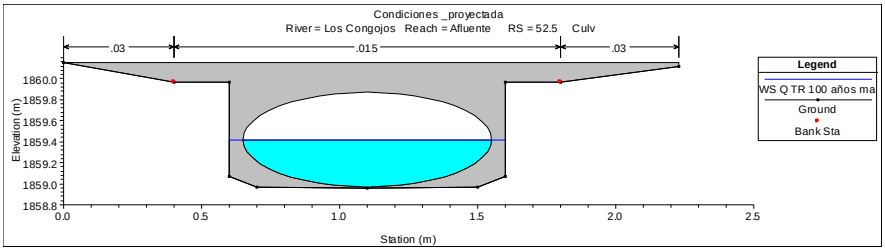
- Que para las condiciones extremas, es decir cuando se presenta la avenida, la estructura de cruce conformada un canal escalonado de sección 1.0 x 1.0 m en la entrada, está en capacidad hidráulica para evacuar el caudal de diseño de 2.58 m^3/s correspondiente a un periodo de retorno de los 100 años mayorado. Estos resultados se pueden apreciar en la siguiente sección:





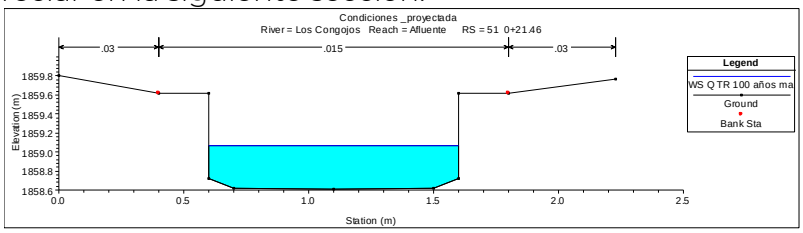
4.2.5.3. Comportamiento hidráulico sitio de cruce- tuberia de 900 mm.

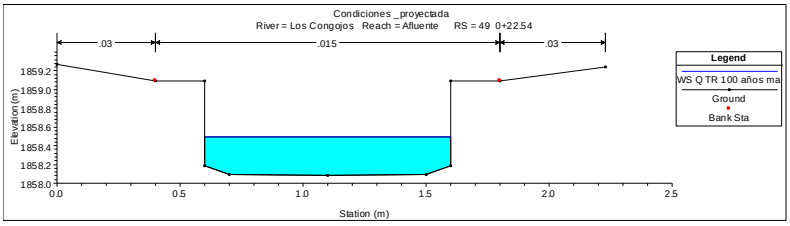
- Que para las condiciones extremas, es decir cuando se presenta la avenida, la estructura de cruce conformada una tubería de 900 mm, está en capacidad hidráulica para evacuar el caudal de diseño de 2.58 m³/s correspondiente a un periodo de retorno de los 100 años mayorado. Estos resultados se pueden apreciar en la siguiente sección:

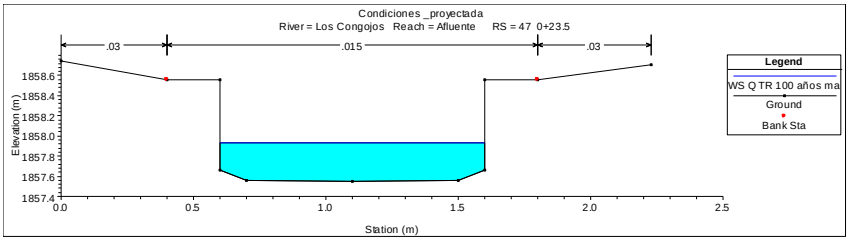


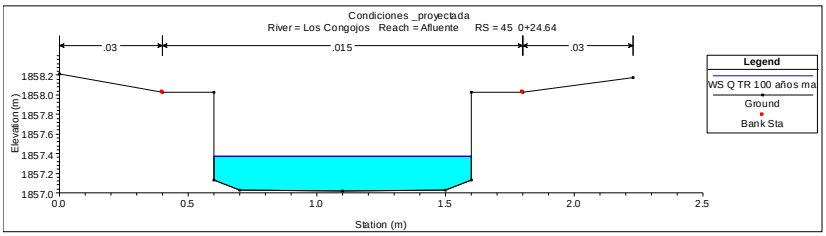
4.2.5.4. Comportamiento hidráulico sitio de cruce- canal de salida.

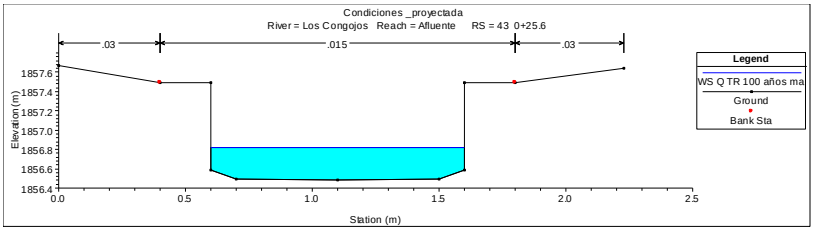
- Que para las condiciones extremas, es decir cuando se presenta la avenida, la estructura de cruce conformada un canal escalonado en la salida de sección 1.0 m x 1.0 m, está en capacidad hidráulica para evacuar el caudal de diseño de 2.58 m³/s correspondiente a un periodo de retorno de los 100 años mayorado. Estos resultados se pueden apreciar en la siguiente sección:

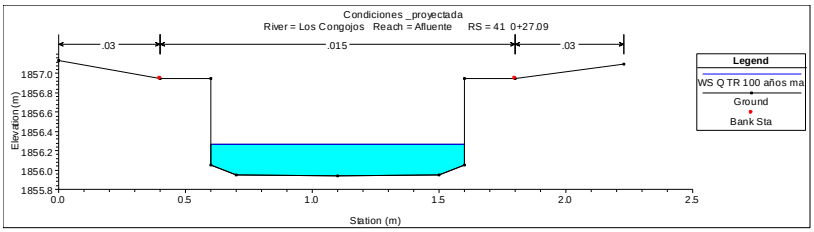


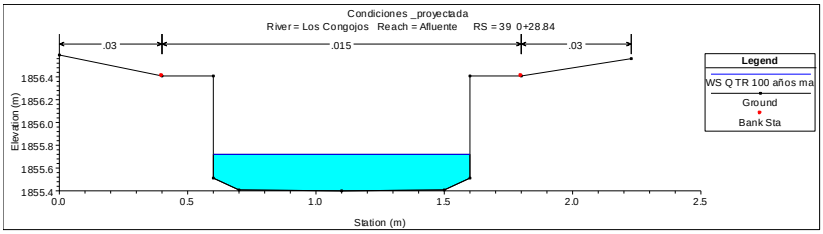


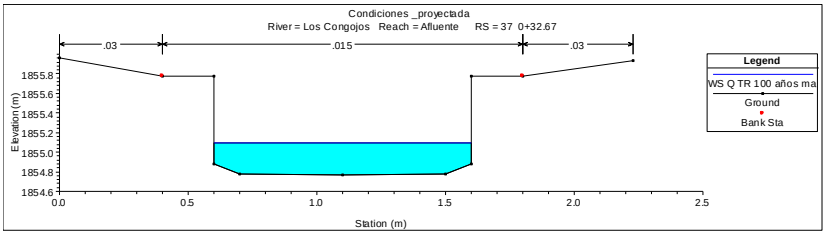


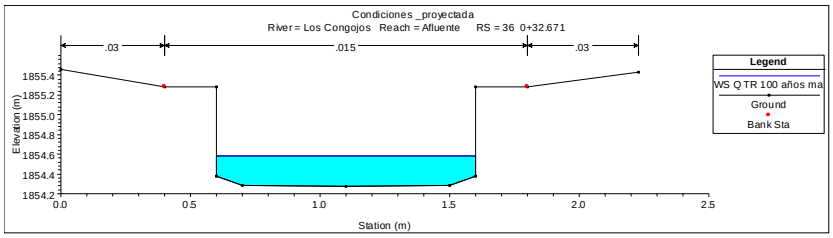

Condiciones _proyectada
River = Los Congojos Reach = Afluente RS = 45 0+24.64
.03
.015
.03
Elevation (m)
Station (m)
Legend
WS Q TR 100 años ma
Ground
Bank Sta


Condiciones _proyectada
River = Los Congojos Reach = Afluente RS = 43 0+25.6
.03
.015
.03
Elevation (m)
Station (m)
Legend
WS Q TR 100 años ma
Ground
Bank Sta


Condiciones _proyectada
River = Los Congojos Reach = Afluente RS = 41 0+27.09
.03
.015
.03
Elevation (m)
Station (m)
Legend
WS Q TR 100 años ma
Ground
Bank Sta

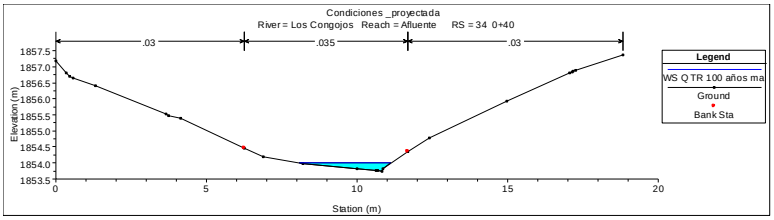

Condiciones _proyectada
River = Los Congojos Reach = Afluente RS = 39 0+28.84
.03
.015
.03
Elevation (m)
Station (m)
Legend
WS Q TR 100 años ma
Ground
Bank Sta

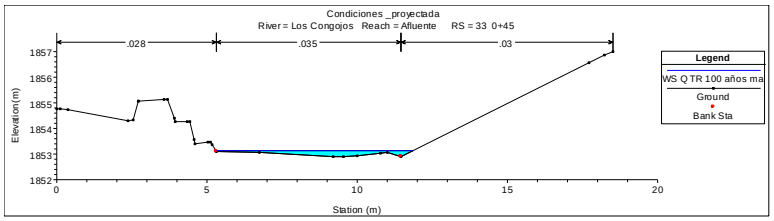

Condiciones _proyectada
River = Los Congojos Reach = Afluente RS = 37 0+32.67
.03
.015
.03
Elevation (m)
Station (m)
Legend
WS Q TR 100 años ma
Ground
Bank Sta

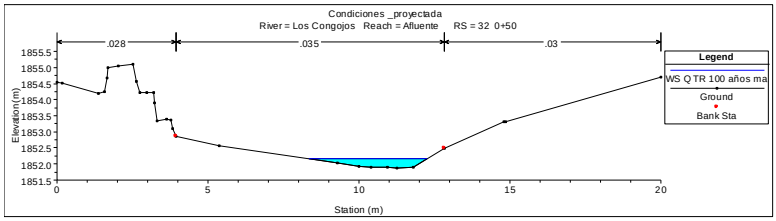

Condiciones _proyectada
River = Los Congojos Reach = Afluente RS = 36 0+32.671
.03
.015
.03
Elevation (m)
Station (m)
Legend
WS Q TR 100 años ma
Ground
Bank Sta

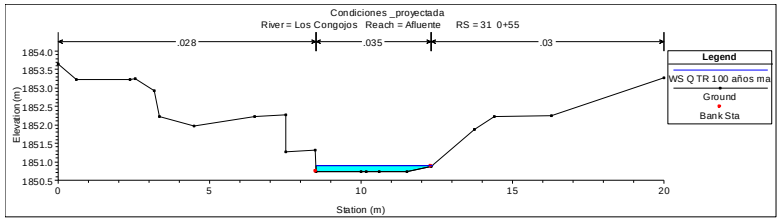
4.2.5.5. Comportamiento hidráulico Tramo aguas abajo de la obra de cruce proyectada en el sitio donde se proyecta un muro en gaviones .

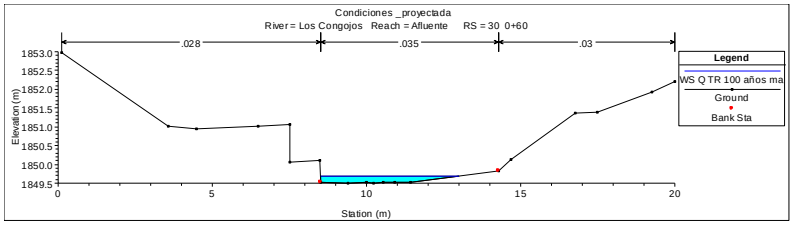
- Para las condiciones extremas, es decir cuando se presenta la avenida de los 100 años con un caudal de 2.58 m^3/s, las secciones del tramo analizado en el tramo donde se proyecta un muro de gaviones de aproximadamente 102 m sobre la margen izquierda están en capacidad hidráulica para evacuar el caudal de diseño. Estos resultados se pueden apreciar en las siguientes secciones:

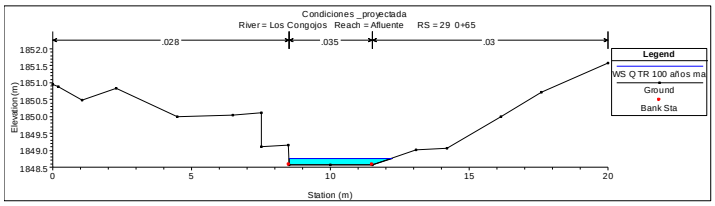


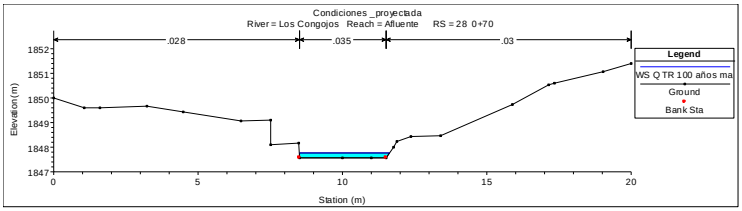


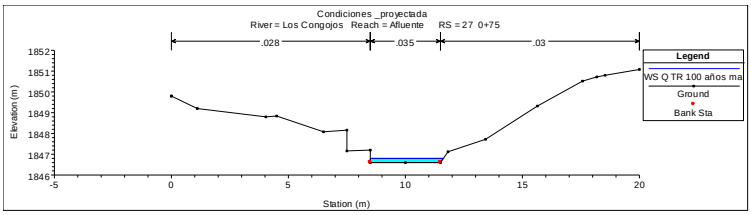


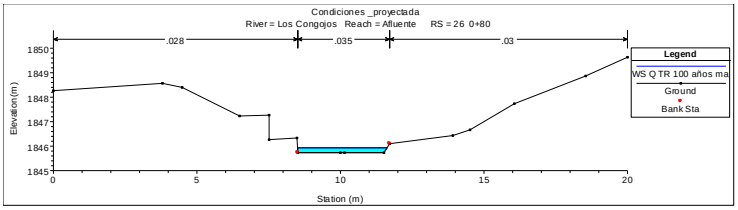


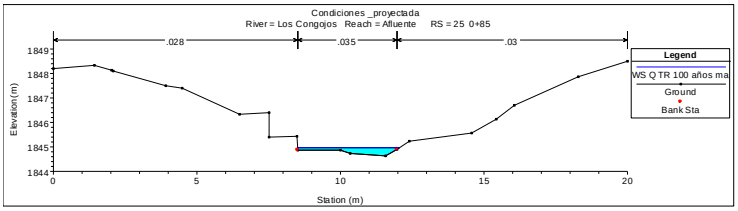


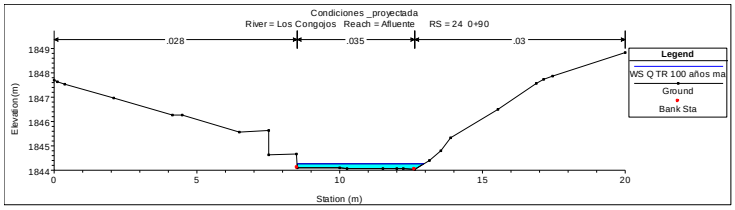




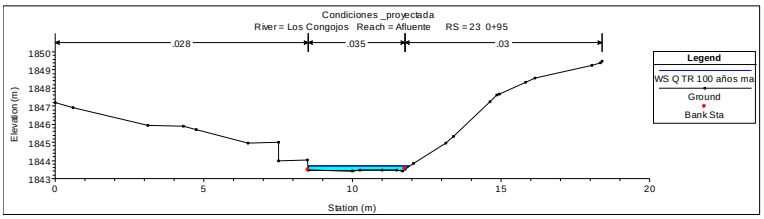


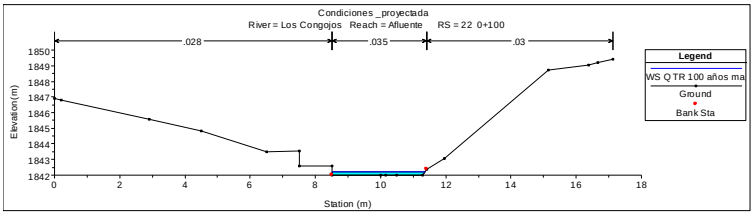






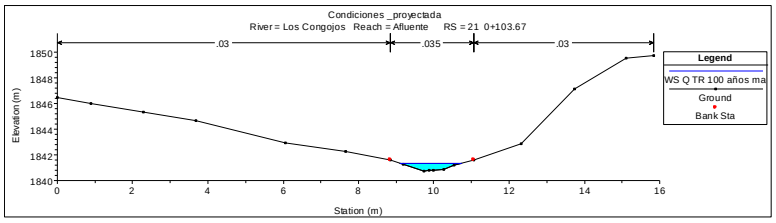
Medellín - Colombia
C. 3146411306 – central@concavas.com
IG: @concavas
www.**concavas.**com

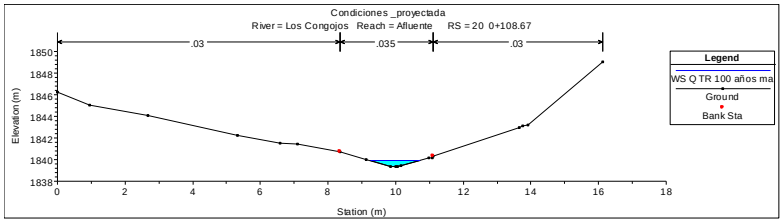


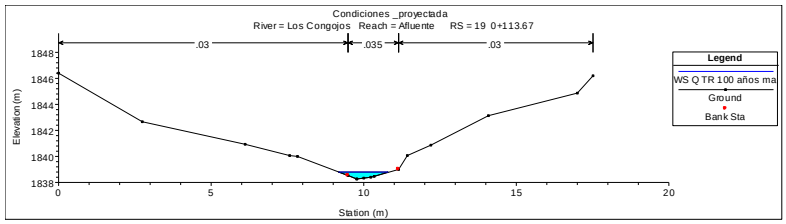


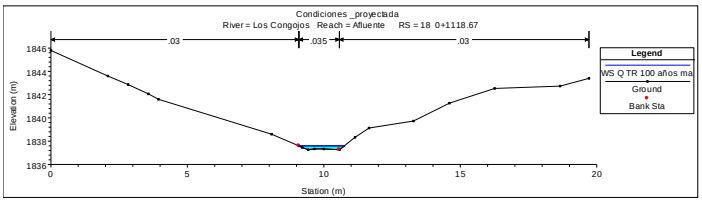
4.2.5.6. <u>Comportamiento hidráulico Tramo aguas abajo del muro de gaviones proyectado.</u>

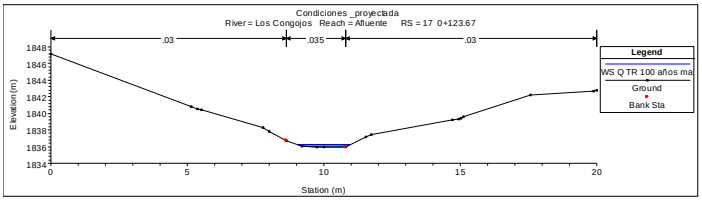
- Para las condiciones extremas, es decir cuando se presenta la avenida de los 100 años con un caudal de 2.58 m^3/s, las secciones del tramo están en capacidad hidráulica para evacuar el caudal de diseño y su funcionamiento hidráulico mejora ostensiblemente con la obra proyectada. Estos resultados se pueden apreciar en las siguientes secciones:

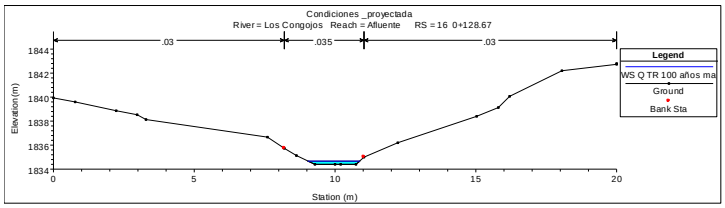


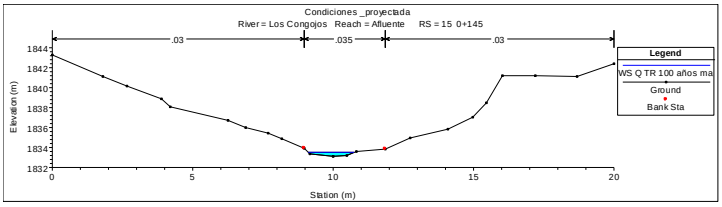


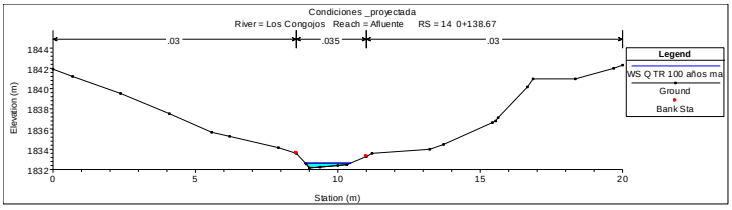


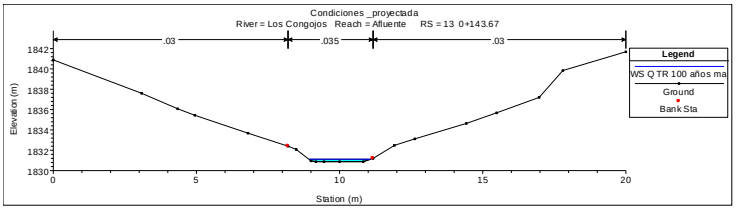

Condiciones _proyectada
River = Los Congojos Reach = Afluente RS = 18 0+1118.67
.03
.035
.03
Legend
WS Q TR 100 años ma
Ground
Bank Sta
Elevation (m)
Station (m)

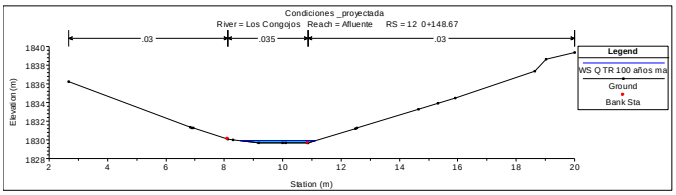

Condiciones _proyectada
River = Los Congojos Reach = Afluente RS = 17 0+123.67
.03
.035
.03
Legend
WS Q TR 100 años ma
Ground
Bank Sta
Elevation (m)
Station (m)

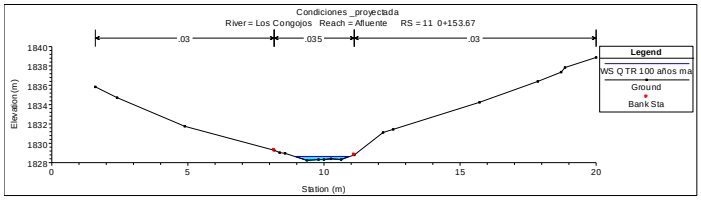

Condiciones _proyectada
River = Los Congojos Reach = Afluente RS = 16 0+128.67
.03
.035
.03
Legend
WS Q TR 100 años ma
Ground
Bank Sta
Elevation (m)
Station (m)

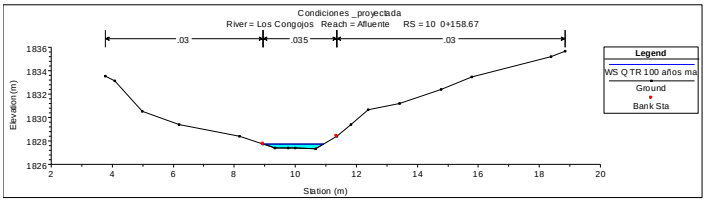

Condiciones _proyectada
River = Los Congojos Reach = Afluente RS = 15 0+145
.03
.035
.03
Legend
WS Q TR 100 años ma
Ground
Bank Sta
Elevation (m)
Station (m)

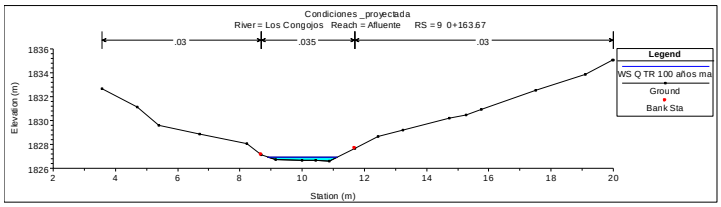

Condiciones _proyectada
River = Los Congojos Reach = Afluente RS = 14 0+138.67
.03
.035
.03
Legend
WS Q TR 100 años ma
Ground
Bank Sta
Elevation (m)
Station (m)

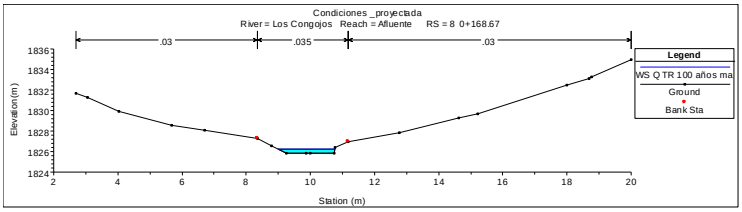

Condiciones _proyectada
River = Los Congojos Reach = Afluente RS = 13 0+143.67
.03
.035
.03
Legend
WS Q TR 100 años ma
Ground
Bank Sta
Elevation (m)
Station (m)

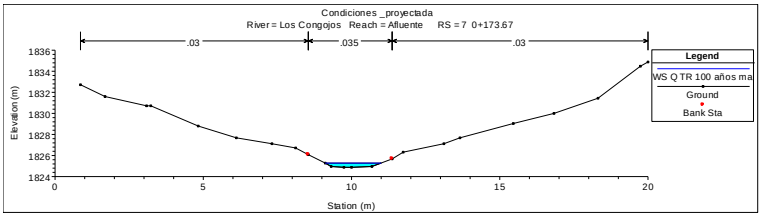

Condiciones _proyectada
River = Los Congojos Reach = Afluente RS = 12 0+148.67
.03
.035
.03
Legend
WS Q TR 100 años ma
Ground
Bank Sta
Elevation (m)
Station (m)

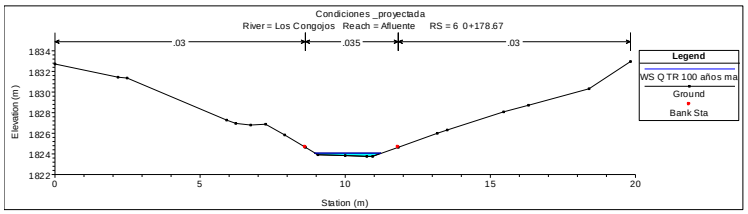

Condiciones _proyectada
River = Los Congojos Reach = Afluente RS = 11 0+153.67
.03
.035
.03
Legend
WS Q TR 100 años ma
Ground
Bank Sta
Elevation (m)
Station (m)

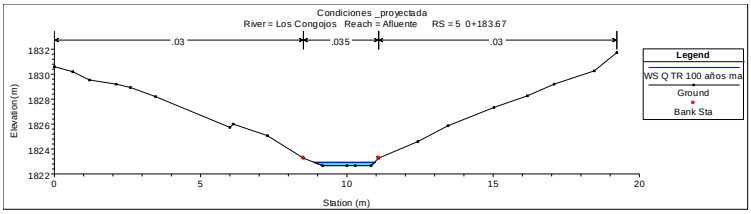

Condiciones _proyectada
River = Los Congojos Reach = Afluente RS = 10 0+158.67
.03
.035
.03
Legend
WS Q TR 100 años ma
Ground
Bank Sta
Elevation (m)
Station (m)

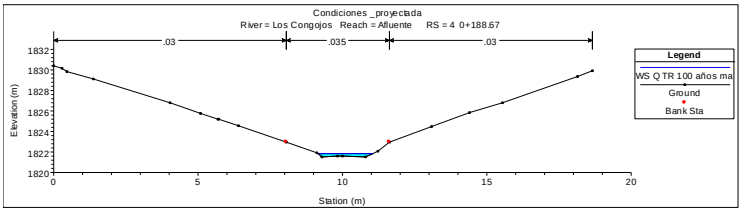

Condiciones _proyectada
River = Los Congojos Reach = Afluente RS = 9 0+163.67
.03
.035
.03
Legend
WS Q TR 100 años ma
Ground
Bank Sta
Elevation (m)
Station (m)

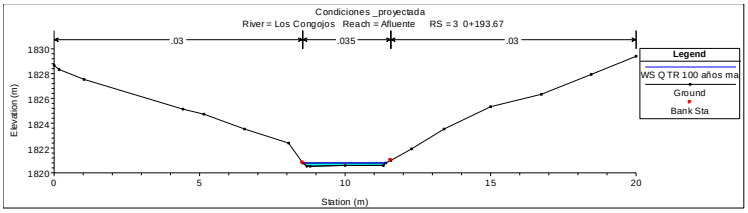

Condiciones _proyectada
River = Los Congojos Reach = Afluente RS = 8 0+168.67
.03
.035
.03
Legend
WS Q TR 100 años ma
Ground
Bank Sta
Elevation (m)
Station (m)

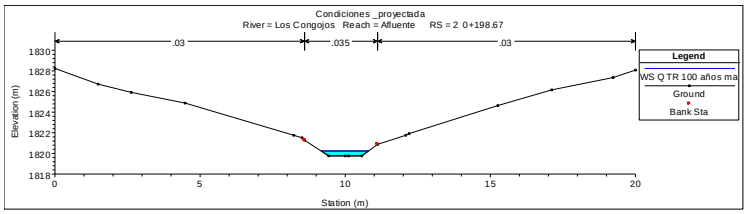

Condiciones _proyectada
River = Los Congojos Reach = Afluente RS = 7 0+173.67
.03
.035
.03
Legend
WS Q TR 100 años ma
Ground
Bank Sta
Elevation (m)
Station (m)

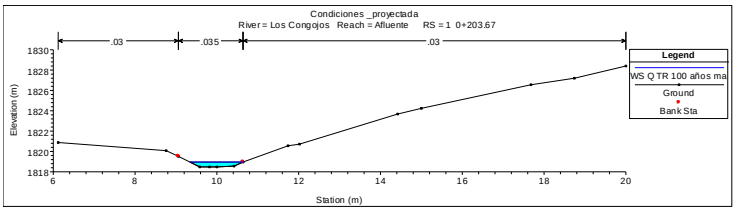

Condiciones _proyectada
River = Los Congojos Reach = Afluente RS = 6 0+178.67
.03
.035
.03
Legend
WS Q TR 100 años ma
Ground
Bank Sta
Elevation (m)
Station (m)


Condiciones _proyectada
River = Los Congojos Reach = Afluente RS = 5 0+183.67
.03
.035
.03
Legend
WS Q TR 100 años ma
Ground
Bank Sta
Elevation (m)
Station (m)


Condiciones _proyectada
River = Los Congojos Reach = Afluente RS = 4 0+188.67
.03
.035
.03
Legend
WS Q TR 100 años ma
Ground
Bank Sta
Elevation (m)
Station (m)


Condiciones _proyectada
River = Los Congojos Reach = Afluente RS = 3 0+193.67
.03
.035
.03
Legend
WS Q TR 100 años ma
Ground
Bank Sta
Elevation (m)
Station (m)


Condiciones _proyectada
River = Los Congojos Reach = Afluente RS = 2 0+198.67
.03
.035
.03
Legend
WS Q TR 100 años ma
Ground
Bank Sta
Elevation (m)
Station (m)


Condiciones _proyectada
River = Los Congojos Reach = Afluente RS = 1 0+203.67
.03
.035
.03
Legend
WS Q TR 100 años ma
Ground
Bank Sta
Elevation (m)
Station (m)

4.3. Descripción de Obra Proyectadas

Ubicación:	Inicio de la obra abscisas 0+ 9 hasta 00+10
Descripción:	**Poceta de 1.0 m x 1.0 m** en concreto 28 Mpa, según detalle en planos. Coordenadas: Inicio 831.380,71, 1'171.134,14 Fin 831.379, 56, 1'171.134,50
Ubicación:	Inicio de la obra abscisas 0+ 10 hasta 0+18.80
Descripción:	**Tubería diámetro 900 mm**, según detalle en planos. Coordenadas: Inicio 831.379, 56, 1'171.134,50 Fin 831.371, 17, 1'171.137,14
Ubicación:	Inicio de la obra abscisas 0+ 18.80 hasta 00+39.05
Descripción:	**Canal rectangular de 1.0 m x 1.0 m** en concreto 28 Mpa, según detalle en planos. Coordenadas: Inicio 831.371, 17, 1'171.137,14 Fin 831.352, 1, 1'171.140,35
Acabado:	Concreto a la vista con n= 0.015 y en el canal, con una pequeña curvatura del 2% al centro del canal. (inver)
Ubicación:	Inicio de la obra abscisas 0+ 50 hasta 00+102
Descripción:	**Muro en gaviones dos hiladas,** según detalle en planos. Coordenadas: Inicio 831.340,96, 1'171.139,46 Fin 831.292, 52, 1'171.127,70
Ubicación:	abscisas 0+ 50, 0+ 77.5, 0+ 90 y 0 +102.5
Descripción:	**Traviesa en concreto,** con enrocado en concreto ciclope con ricas sembradas, según detalle en planos. Coordenadas: T1 831.290,78, 1'171.130,42 T2 831.300,99, 1'171.137,10 T3 831.313,42, 1'171.140,89 T4 831.340,11, 1'171.142,58

Caudal de diseño quebrada TR 100 años mayorada: 2.58 m3/s

4.4. CONCLUSIONES.

Es esencial para garantizar la estabilización y no afectación de las edificaciones existentes que se encuentran en estos momentos en alto riesgo, así como de garantizar la estabilización de la ladera, permitiendo además la reconstrucción de la vía de acceso y de las redes de alcantarillado, realizar la construcción de las estructuras de contención y estabilización de la ladera, además de las obras hidráulicas de protección del cauce de la quebrada y de la base del talud.

Cuando se diseña o se construye una estructura hidráulica, se parte de parámetros que caracterizan la cuenca o el área de influencia, teniendo en cuenta los Planes de Desarrollo respectivos y estado actual de la misma. Son los cambios radicales en los usos del suelo y del clima los que hacen insuficientes no sólo las estructuras hidráulicas que fueron adecuadamente diseñadas y construidas en épocas anteriores, inclusive aun los cauces "naturales" urbanos.

Es por eso por lo que estas condiciones deben conservarse o mejorarse ambientalmente, para así garantizar que las obras proyectadas cumplan adecuadamente con su función. No es suficiente con diseñar una estructura hidráulica que cumpla al menos con las normas mínimas, debe de pensarse siempre en manejos integrales; es decir, se debe proponer no sólo una estructura hidráulicamente capaz de evacuar el caudal de diseño, sino también unos trabajos adicionales en la microcuenca para que los caudales determinados no se presenten en períodos de retorno inferiores a los establecidos.

El canal natural, poceta, canal escalonado y tubería se deberá mantener libre de palos, desechos sólidos y piedras, con el objeto de no disminuir la capacidad hidráulica. Por ningún motivo se debe permitir arrojar escombros o cualquier tipo de desechos aguas arriba o aguas abajo del tramo estudiado, debido a que se generan represamientos o desbordamientos de la quebrada en el sector en estudio.

En los resultados arrojados en la modelación utilizando el programa HEC- RAS, se puede apreciar:

- Al observar los resultados arrojados en la modelación utilizando el programa HEC-RAS para el caudal estimado de 2.58 m^3/s, correspondiente a un periodo de retorno de 100 años mayorado por 1.4, en las secciones para el canal natural, tubería de cruce y el canal en concreto proyectado, poseen capacidad hidráulica para evacuar el caudal de diseño.
- La lámina de agua no sube hasta la cota superior en la sección del canal escalonado y tubería de cruce, quedando un suficiente borde libre, altura que nos da un buen factor de seguridad en la estructura, además debe recordarse que obedece a un

caudal ya mayorado, lo que nos da una mayor capacidad de la estructura ante eventos de crecientes.

- Los niveles de agua observados con el muro de gaviones no generaran afectaciones con la construcción de esta nueva estructura, es decir, en estos tramos aguas arriba y aguas abajo de la zona a intervenir no habrá cambios hidráulicos importantes, no modificaran o variaran la dinámica de la corriente de agua de la quebrada conservándose y/o mejorándose los regímenes de flujo.
- Al observar los resultados arrojados en la modelación utilizando el programa HEC-RAS, las secciones del canal en concreto y sección con el muro de gaviones, tendrán suficiente capacidad hidráulica, debido a que la altura de la lámina de agua es muy inferior a las secciones, garantizándose una sección que no generará problemas hidráulicos de importancia que alteren considerablemente la dinámica fluvial de la quebrada aguas arriba y aguas abajo de dichas estructuras.
- Que las características hidráulicas del caño con la construcción de las nuevas estructuras se mejoraran, como se observó en las secciones y perfiles de la modelación hidráulica.
- Una vez comprobada la capacidad hidráulica del canal propuestos, se procedió a realizar los dibujos de los diseños en planta para el sitio de estudio. (Ver planos anexos)
- Que para las condiciones extremas, es decir cuando se presenta la avenida de los 100 años mayorada, se tienen velocidades en el canal en concreto que oscilan 5.84 m/s hasta 9.01 m/s para los caudales, velocidades que siguen siendo inferior a las que se permiten en este tipo de estructuras con concreto de 28.0 MPa, ver tabla 4.2 anexa extraída del Manual de Drenaje para Carreteras del INVIAS, velocidades que no generan alteraciones fuertes en la superficie del cauce y estructura en concreto de 28 MPa, máxime si se tiene en cuenta que la frecuencia en la presentación del fenómeno es ocasional.

Tabla 4.2. - Velocidades máximas permisibles en canales artificiales (Referencia 4.6)

MATERIAL	VELOCIDAD MÁXIMA (m/s)
Ladrillo común	3.0
Ladrillo vitrificado	5.0
Arcilla vitrificada (gres)	4.0
Concreto 175 kg/cm^2	6.0
Concreto 210 kg/cm^2	10.0
Concreto 280 kg/cm^2	15.0
Concreto 350 kg/cm^2	20.0

- Los canales que se diseñan en tramos de pendiente fuerte resultan con velocidades de flujo muy altas que superan muchas veces las máximas admisibles para los materiales que se utilizan frecuentemente en su construcción. Para

controlar las velocidades en tramos de alta pendiente se pueden utilizar escalones, siguiendo las variaciones del terreno. Los disipadores de energía son estructuras que se diseñan para generar pérdidas hidráulicas importantes en los flujos de alta velocidad. El objetivo es reducir la velocidad y pasar el flujo de régimen supercrítico a subcrítico.

- Es importante tener en cuenta, además, que estas velocidades corresponden a caudales máximos con periodos de retorno de 100 años con probabilidad de presentarse o de ser excedidos de un 39.5%, lo que significa que para caudales muy inferiores a este que son los que usualmente se tendrán en la estructura las velocidades serán también más pequeñas o menores.
- Se debe permitir y conservar la reforestación natural o en su defecto revegetalizar o sembrar pastos y especies arbóreas a todo lo largo del canal a recuperar y en los tramos de canal natural y los retiros para dar una protección a los taludes y al mismo tiempo una mejor apariencia paisajística.
- Es usual que durante este tipo de estudios se encuentren condiciones diferentes en las estructuras hidráulicas cuando se ejecutan las obras civiles. Se recomienda en estos momentos poner en conocimiento a los ingenieros diseñadores para replantear las obras o hacer los ajustes necesarios.
- Se debe tener en cuenta que durante la construcción de la obra, las excavaciones generalmente permanecen expuestas varios días para permitir la figuración y vaciado de losas y muros, posibilitando movimientos verticales y horizontales de la masa de suelo, por lo cual se debe minimizar dicha exposición para evitar la generación de grietas, fisuras y/o desgarres de la masa de suelo o del terreno.

5. BIBLIOGRAFÍA

- Empresas Públicas de Medellín. Revista Hidrometerológica. Cincuenta años de hidrometerología en Empresas Públicas de Medellín. Vol 1, Número 1. Noviembre de 2.005. ISSN 1900-7248.-

- Google Earth. Google.com. Sistema de fotografías satelitales. 2.011.

- Departamento de Antioquia. Hidrología de Antioquia. Posgrado en aprovechamiento de recursos hidráulicos. Facultad de Minas – Universidad Nacional de Colombia. Secretaría de Obras Públicas.

- Journal of Hydraulic Research, Vol. 32. 1994. No. 2. CHANSON, Hubert. Comparison of energy dissipation between nappe and skimming flow regimes on stepped chutes. Lecturer in Hydraulics / Fluid mechanics. Department of Civil Engineering. The University of Queensland.

- CHOW, Ven T. Hidráulica de Canales Abiertos. McGraw Hill. Interamericana S. A. 1994. Santafé de Bogotá, Colombia. 667 pp.

-

6. ANEXOS

6.1. Anexo 1. Memorias hidrologia.

6.2. Anexo 2. Modelación Hidráulica.

6.3. Anexo 3. Planos.

ANEXO 1

MEMORIAS ESTUDIOS HIDROLOGICOS

Medellín - Colombia
C. 3146411306 – central@concavas.com
IG: @concavas
www.**concavas.**com

ANEXO 2

MODELACIÓN HIDRÁULICA

Medellín - Colombia
C. 3146411306 – central@concavas.com
IG: @concavas
www.**concavas.**com

ANEXO 3

PLANOS

Medellín - Colombia
C. 3146411306 – central@concavas.com
IG: @concavas
www.**concavas.**com