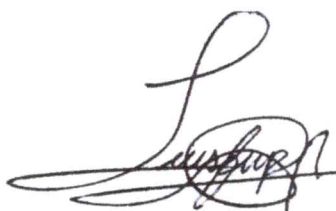
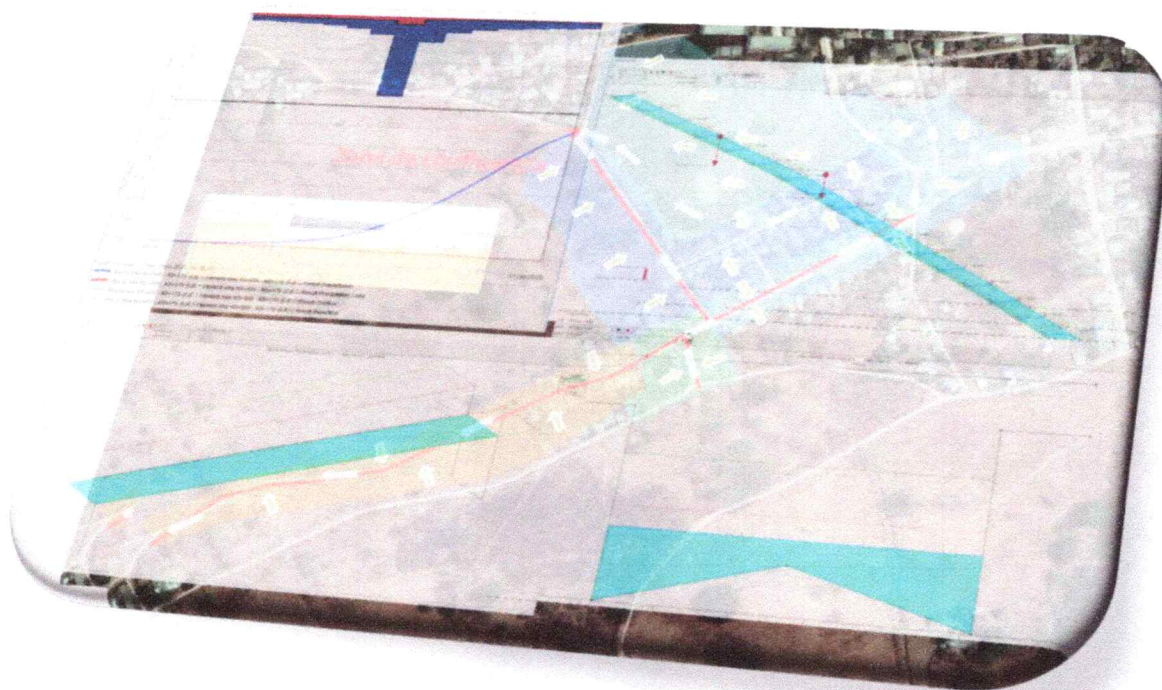


**ESTUDIO HIDROLÓGICO E HIDRAULICO PARA EL MANEJO DE LA ESCORRENTIA
SUPERFICIAL COMO OBJETO DE PAVIMENTACIÓN EN CONCRETO RÍGIDO DE LA CALLE 6,
CARRERA 1A Y CARRERA 1B DEL BARRIO SAN MARTÍN EN EL MUNICIPIO DE SINCÉ,
SUCRE.**



LUIS FELIPE MONTES PADILLA
Ingeniero Civil
Especialista en Gerencia y Dirección de Obras
M.P. No. 22202-316659 COR
ALCALDIA DE SINCÉ
2020

CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN.....	6
2. OBJETIVOS DEL TRABAJO.....	6
2.1. Objetivo General.....	6
2.2. Objetivos específicos.....	6
3. ASPECTOS GENERALES DE LA SIMULACION HIDRAULICA E HIDROLOGICA.....	7
3.1 Generalidades de la simulación hidráulica e hidrológica.....	7
3.2. Diseño hidráulico e hidrológico.....	7
3.2.1. Determinación de Caudales.....	7
3.2.2. Transformación de la lluvia en escorrentía.....	9
3.2.3. Tránsito de caudales.....	9
3.2.4. Distribuciones de probabilidad empleadas para seleccionar la lluvia de diseño.....	10
3.3. Hidráulicas de canales.....	10
3.3.1. Flujo Uniforme.....	10
3.3.2. Flujo no Uniforme o Gradualmente Variado.....	11
4. PARAMETROS DE DISEÑO.....	12
4.1. Velocidad Mínima.....	12
4.2. Velocidad Máxima.....	12
4.3. Coeficiente de rugosidad.....	12
4.4. Complejidad del sistema.....	13
4.5. Periodo de retorno de diseño.....	13
5. CARACTERISTICAS GENERALES DEL ÀREA EN ESTUDIO.....	14
5.1. MUNICIPIO DE SINCÉ.....	17
5.1.1. Descripción física.....	17
5.1.2. Clima.....	17
5.1.3. Orografía.....	17
5.1.4. Temperatura.....	17
5.1.5. Nubes.....	18
5.1.6. Precipitación.....	19
5.1.7. Lluvia.....	20
5.1.8. Sol.....	20
5.1.9. Humedad.....	21
5.1.10. Viento.....	21
5.2. Localización del área de estudio.....	23

6. DIAGNOSTICO DE LAS CONDICIONES ACTUALES A NIVEL HIDRÁULICO	23
7. PARAMETROS MORFOMETRICOS	28
7.1. Áreas de cuenca y dirección del flujo	28
7.2 Cauce Principal	29
8. MODELACION DEL SECTOR EN ESTUDIO	30
8.1 Tratamiento de la cuenca	30
8.2 Mediciones pluviométricas	30
8.3. Caracterización de la Cuenca	31
8.4. Abstracciones generales	31
8.4.1 Tiempo de concentración (t_c)	31
8.4.2. Tiempo de retardo (TI)	32
8.4.3 Retención potencial máxima (S)	32
8.4.4 Índice de abstracción inicial (I_a)	32
9. CALCULO DE PRECIPITACIÓN DE DISEÑO	33
9.1. Obtención curva IDF, cálculo de la precipitación y tormenta de diseño	33
10. DETERMINACION DE CAUDAL DE DISEÑO MEDIANTE HEC-HMS 4.2	41
11. DETERMINACION DE SECCIONES HIDRAULICAS MEDIANTE HEC RAS 5.0	43
12. RESULTADOS	57
13. RECOMENDACIONES Y CONCLUSIONES	58

LISTA DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1.Ubicación del municipio de Sincé en el Dpto. de Sucre	14
Ilustración 2.Temperatura máxima y media promedio. Fuente: https://es.weatherspark.com/y/22582/Clima-promedio-en-Sincé-Colombia-durante-todo-el-año	18
Ilustración 3.Temperatura promedio por día. Fuente: https://es.weatherspark.com/y/22582/Clima-promedio-en-Sincé-Colombia-durante-todo-el-año	18
Ilustración 4.Categorías de nubosidad. Fuente: https://es.weatherspark.com/y/22582/Clima-promedio-en-Sincé-Colombia-durante-todo-el-año	19
Ilustración 5.Probabilidad diaria de precipitación. Fuente: https://es.weatherspark.com/y/22582/Clima-promedio-en-Sincé-Colombia-durante-todo-el-año	19
Ilustración 6. Precipitación de lluvia mensual promedio. Fuente: https://es.weatherspark.com/y/22582/Clima-promedio-en-Sincé-Colombia-durante-todo-el-año	20

Ilustración 7. Horas de luz natural y crepúsculo. Fuente: https://es.weatherspark.com/y/22582/Clima-promedio-en-Sincé-Colombia-durante-todo-el-año	20
Ilustración 8. Velocidad promedio del viento. Fuente: https://es.weatherspark.com/y/22582/Clima-promedio-en-Sincé-Colombia-durante-todo-el-año	22
Ilustración 9. Dirección del viento. Fuente: https://es.weatherspark.com/y/22582/Clima-promedio-en-Sincé-Colombia-durante-todo-el-año	22
Ilustración 10. Localización área de estudio. Fuente: Google Earth Pro	23
Ilustración 11. Área de drenaje. Fuente: Google Earth Pro y comisión de trabajo	29
Ilustración 12. Ubicación Estación pluviométrica COD: 25020400 Fuente: IDEAM	30
Ilustración 13. Resumen de simulación. Abscisa K0+000 - K0+170 (Calle 6). Fuente: HEC HMS 4.2	41
Ilustración 14. Resultados de simulación con serie temporal de 15 minutos en intervalos de 1 minuto. Fuente: HEC HMS 4.2	41
Ilustración 15. Hietograma e Hidrograma Unitario. Fuente: HEC HMS 4.2	42
Ilustración 16. Perspectiva Modelación Hidráulica Abscisa K0+000 - K0+170 (Calle 6). Fuente: HEC RAS 5.0	44
Ilustración 17. Sección aguas arriba; nivel de agua resultado de la modelación Hidráulica Abscisa K0+000 - K0+170 (Calle 6) Fuente: HEC RAS 5.0	44
Ilustración 18. Perfiles láminas de agua Abscisa K0+000 - K0+170 (Calle 6) Fuente: HEC RAS 5.0	45
Ilustración 19. Perspectiva Modelación Hidráulica Abscisa K0+230- K0+637 (Calle 6). Fuente: HEC RAS 5.0	45
Ilustración 20. Perspectiva Modelación Hidráulica ALCANTARILLA TRANSVERSAL K0+210 (EJE 2). Fuente: HEC RAS 5.0	46
Ilustración 21. Perspectiva Modelación Hidráulica BOX COULVERT PROPUESTO. Fuente: HEC RAS 5.0	46

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Velocidades máximas permisibles	12
Tabla 2. Obtención mínima de curvas IDF.	13
Tabla 3. Periodos de retorno o grado de protección	13
Tabla 4. Áreas de drenaje, dirección de flujo, afluentes y puntos de descarga. Fuente: Comisión de trabajo.	28
Tabla 5. Longitudes y Pendientes de los cauces	30
Tabla 6. Determinación NCIII - Abscisa K0+000 - K0+170 (Calle 6)	31
Tabla 7. Abstracciones Generales.	33
Tabla 8. Máximas precipitaciones anuales	34
Tabla 9. Determinación de variables probabilísticas	35
Tabla 10. Coeficientes para las relaciones a la lluvia de duración 24 horas	36
Tabla 11. Precipitaciones máximas para diferentes tiempos de duración de lluvias	36
Tabla 12. Intensidades a partir de Precipitaciones probables.	37

Tabla 13. Tabla de intensidades - Tiempo de duración.....	37
Tabla 14. Hietograma Para $T_r=25$ años (Método Bloques Alternos)	39
Tabla 15. Tormenta de diseño de 15 minutos para Tiempos de retorno de 5, 25, 50 y 100 años.....	40
Tabla 16. Resultados de caudales.....	42
Tabla 17. Resumen de modelación Hidráulica para Abscisa K0+000 - K0+170 (Calle 6). Fuente: HEC RAS 5.0.....	47
Tabla 18. Resumen de modelación Hidráulica para Abscisa K0+000 - K0+040 (Carrera 1A). Fuente: HEC RAS 5.0.....	49
Tabla 19. Resumen de modelación Hidráulica para Abscisa K0+000 - K0+220 (Carrera 1B). Fuente: HEC RAS 5.0.....	50
Tabla 20. Resumen de modelación Hidráulica para Abscisa K0+230 - K0+637 (Calle 6). Fuente: HEC RAS 5.0.....	52
Tabla 21. Resumen de modelación Hidráulica para BOX COULVERT PROPUESTO. Fuente: HEC RAS 5.0.....	55
Tabla 22. Resumen de modelación Hidráulica para ALCANTARILLA TRANVERSAL K0+210 (EJE 2). Fuente: HEC RAS 5.0.....	56
Tabla 23. Caudal, alturas máximas del nivel del agua y dimensionamiento para áreas de drenaje. Fuente: Comisión de trabajo.....	57

LISTADO DE GRAFICOS

Gráfico 1. CURVAS IDF.....	38
Gráfico 2. Hietograma de precipitación $T_r=25$ años.....	40
Gráfico 3. Distribución de Intensidades $T_r=25$ años.....	40

1. INTRODUCCIÓN.

Las manifestaciones de carácter hidrológico e hidráulico que se originan en las cuencas de drenaje constituyen uno de los sistemas geomorfológicos más destacados que operan en la superficie terrestre. Las cuencas actúan como sistemas de procesos y respuestas en donde la escorrentía superficial es su consecuencia más evidente, además de la responsable de catástrofes y desastres naturales, y de numerosos daños relacionados con las avenidas e inundaciones.

En la cuenca presentada en la zona del proyecto es pequeña debido a que el municipio presenta una topografía relativamente plana, la escorrentía originada en la zona es la respuesta hidrológica a las precipitaciones de fuerte intensidad horaria, donde sus componentes intercambian materia y energía con el entorno. El enfoque sistémico aporta una visión práctica y funcional que ayuda a centrar el análisis en las manifestaciones hidrológicas más importantes. De este modo, la construcción de un sistema hidrológico orientado al estudio de la escorrentía superficial establece la determinación de los elementos que lo componen y la caracterización del conjunto de principios y reglas que racionalmente los conectan.

2. OBJETIVOS DEL TRABAJO.

2.1. Objetivo General.

Realizar el estudio hidrológico e hidráulico para el manejo de la escorrentía superficial como objeto de la **Pavimentación en concreto rígido de la calle 6, carrera 1A y carrera 1B del barrio San Martín en el municipio de Sincé, Sucre.**

2.2. Objetivos específicos.

- Establecer y caracterizar la morfología del área de las cuencas para Calle 6, Carrera 1A y Carrera 1B del barrio San Martín en el municipio de Sincé. Mediante la ejecución de Sistemas de Información Geográfica.
- Analizar el comportamiento hidrológico de las cuencas para cada área de drenaje.
- Calcular la transformación de la precipitación en escorrentía.
- Determinar el caudal de diseño en los sectores de estudio, mediante la implementación de un software de simulación hidrológica (HEC HMS).
- Determinar las alturas máximas de las láminas de agua para cada área de drenaje, mediante la implementación de un software de modelación hidráulica (HEC RAS).
- Dimensionar las secciones hidráulicas para las zonas de drenaje (altura de bordillo y estructuras de captación transversal) comprendidas en las vías urbanas en estudio en el municipio de Sincé, en departamento de Sucre, para suplir la demanda hídrica.

3. ASPECTOS GENERALES DE LA SIMULACION HIDRAULICA E HIDROLOGICA

3.1 Generalidades de la simulación hidráulica e hidrológica.

Desde el punto de vista del contenido de los modelos hidráulicos e hidrológicos, así corresponden las materias que ocupan a estas dos ciencias, circunscribiéndose cada una a sus definiciones.

La hidrología es la encargada del estudio de las características físicas y químicas de las aguas continentales y marinas, de sus movimientos y de las transformaciones que experimentan a lo largo del ciclo hidrológico. (Galiana J, 1987).

La hidráulica es la encargada de estudiar el equilibrio y el movimiento de los fluidos, es decir, el comportamiento mecánico del agua en reposo y en movimiento en conducciones abiertas y cerradas, entendiendo como tales los cauces, canales y tuberías, así como estructuras y dispositivos hidráulicos por los que fluye el agua y medios permeables por los que se filtra. (López A, 1997).

3.2. Diseño hidráulico e hidrológico.

El diseño hidrológico es el primer paso de evaluación en una cuenca, de tal manera que permita estimar el comportamiento de los flujos y poder diseñar las estructuras hidráulicas acorde a las características de la cuenca. Existen muchos factores que están envueltos en el diseño de recursos hidráulicos; estos incluyen: La seguridad y salud pública, la economía, la estética, los aspectos legales y los factores de ingeniería tales como diseños geotécnicos y estructurales. (Ven Te Chow 1994).

3.2.1. Determinación de Caudales.

Una lluvia de diseño es un patrón de precipitación definido para utilizarse en el diseño de un sistema hidrológico. Una lluvia de diseño puede definirse mediante un valor de profundidad de precipitación en un punto, con base en un Hidrograma de diseño.

Las lluvias de diseño pueden basarse en información histórica de precipitación en un sitio o pueden construirse utilizando las características generales de la precipitación en regiones adyacentes. Existen diferentes métodos para la determinación de los caudales entre los cuales podemos destacar.

- **Método del número de la curva (C.N), del Servicio de Conservación de los Recursos Naturales de los Estados Unidos (NRCS).** Este método se basa en la relación precipitación – escurrimiento, por lo tanto, se ajusta a datos de lámina obtenidos del pluviómetro en un tiempo tal que las condiciones del suelo húmedo permitan la escorrentía superficial. (Barros, G. 1990).

El Servicio de Conservación de los Recursos Naturales de los Estados Unidos (1972), desarrolló este método para calcular las abstracciones de la precipitación de una

tormenta. La hipótesis de este método consiste en que las relaciones de las dos cantidades reales y las dos cantidades potenciales son iguales. (Ven Te Chow 1994):

Dónde:

$$\frac{Fa}{S} = \frac{Pe}{P - Ia} \quad (1)$$

Fa= Abstracción continuada a la profundidad adicional del agua retenida en la cuenca. S= Retención potencial máxima.

Pe = Exceso de precipitación o escorrentía directa.

P = Precipitación total o profundidad de precipitación. Ia = Abstracción inicial antes del encharcamiento.

Del principio de continuidad:

$$P = Pe + Ia + Fa \quad (2)$$

Combinando 1 y 2 y resolviendo para Pe se encuentra:

$$Pe = \frac{(p - Ia)^2}{P - Ia + s} \quad (3)$$

Esta es la ecuación básica para el cálculo de la profundidad de exceso de precipitación o escorrentía directa de una tormenta utilizando el método del número de la curva.

Para cuencas experimentales pequeñas (Ven Te Chow 1994) recomienda usar las siguientes ecuaciones:

$$Pe = \frac{(p - 0.20 * s)^2}{P + 0.8 * s} \quad (4)$$

$$Ia = 0.20 * s \quad (5)$$

Al representar en graficas las variables P y pe para muchas cuencas se estandarizaron un conjunto de curvas, de las cuales se definió un número adimensional de curvas, tal que $0 \leq C.N \leq 100$ para superficies impermeables y superficies de agua, C.N = 100 para superficies naturales. Servicio de Conservación de los Recursos Naturales (1972).

Estos números de curva se aplican para las siguientes condiciones antecedentes de humedad (AMC):

AMC I: Condición seca. AMC II: Condición normal. AMC III: Condición húmeda.

Los números de curva equivalentes pueden calcularse por:

$$CN(I) = \frac{4.22 * CN(II)}{10 - 0.058 * CN(II)} \quad (6)$$

$$CN(III) = \frac{23 * CN(II)}{10 + 0.13 * CN(II)} \quad (7)$$

Estos han sido tabulados por el Servicio de Conservación de los Recursos Naturales (1972), con base en el tipo de suelo y el uso de las tierras, (Ver anexo 1).

El método del número de la curva del Servicio de Conservación de los Recursos Naturales para análisis de lluvia- escorrentía puede aplicarse para determinar el incremento en la cantidad de escorrentía que se origina por la urbanización. Así mismo consigna que los mayores cambios en los caudales en las cuencas urbanas se deben al aumento de escorrentía debido al incremento de las zonas impermeables, productos de la pavimentación y de las construcciones, lo cual reduce la cantidad de infiltración y a los cambios en la eficiencia hidráulica asociado con canales artificiales, cunetas y sistema de recolección de drenaje de tormentas, que aumentan la velocidad del flujo y la magnitud de los picos de creciente. (Ven Te Chow, 1994).

Para la elección del número de curva se supone que la escorrentía desde las casas y de los accesos se dirige hacia las calles, con un mínimo del agua del techo dirigida hacia el césped donde puede ocurrir infiltración adicional.

3.2.2. Transformación de la lluvia en escorrentía.

Una vez que se ha estudiado el régimen de precipitaciones de una cuenca, obtenido una lluvia de diseño asociada a un determinado periodo de retorno y estimado las pérdidas con alguno de los modelos disponibles, de manera tal de encontrar la lluvia neta o efectiva, el paso siguiente es transformar esa lluvia efectiva en escorrentía o caudal. Esta transformación puede llevarse a cabo mediante diferentes métodos. El más popular es el del Hidrograma unitario, introducido por Sherman en los años 30. También es posible la utilizando modelos de depósito y, si el nivel de información es el adecuado, también se pueden usar modelos basados en las ecuaciones del movimiento del fluido, especialmente en zonas urbanas.

3.2.3. Tránsito de caudales.

Se denomina propagación de caudales al procedimiento a través del cual se puede determinar el Hidrograma de caudal en un punto de un curso de agua utilizando Hidrograma conocidos en uno o más puntos aguas arriba; dicho procedimiento puede aplicarse a sistemas agregados o distribuidos. Cuando se aplica a sistemas agregados, el flujo se calcula como una función del tiempo en un lugar en particular, lo que también se conoce como propagación hidrológica. Cuando se aplica a sistemas distribuidos, el flujo se calcula como una función del espacio y del tiempo a través del sistema, lo que se conoce también como propagación hidráulica. (Nania L, 2003).

3.2.4. Distribuciones de probabilidad empleadas para seleccionar la lluvia de diseño.
Se pueden utilizar diferentes metodologías entre las cuales se puede destacar.

- **Período de retorno.** Se define como el periodo de tiempo promedio, en años, en que el valor del caudal pico de una creciente determinada es igualado o superado por lo menos una vez, para fijar el periodo de retorno se tienen en cuenta tres criterios (Barros, 1994).
- **Criterios económicos.** Tales como la comparación de los costos anuales de las obras con los daños producidos por las crecientes.
- **Criterios usuales.** Tales como la vida útil de la obra, tipo de estructura, facilidad de reparación y ampliación, peligro de vidas humanas.
- **Criterio de riesgo.** Se asume por el caso de que la obra llegase a fallar dentro de su tiempo de vida. Se define como la probabilidad de ocurrencia $P(X \geq X_0)$ o como probabilidad de no ocurrencia $P(X \leq X_0) = 1 - P(X \geq X_0)$.
De acuerdo con Linsley R. (1985), el tiempo de retorno sería usado comúnmente en lugar de la probabilidad P , para definir crecimiento de diseño. En la tabla 3; se puede observar los periodos de retorno recomendados según el tipo de proyecto. El periodo de retorno y la probabilidad son recíprocos, es decir:

$$P = \frac{1}{Tt} \quad (8)$$

3.3. Hidráulicas de canales.

3.3.1. Flujo Uniforme.

El flujo uniforme en canal abierto es la condición hidráulica en la cual la profundidad del agua y la sección transversal del canal no cambian sobre algún tramo del canal. Esos criterios requieren que la línea de gradiente hidráulico, la superficie del agua y el fondo del canal sean todos paralelos. En otras palabras, el cambio de energía total sobre la extensión del canal es exactamente igual a la pérdida de energía de la fricción límite y la turbulencia.

Dos ecuaciones de flujo uniforme son frecuentemente usadas para problemas de canales abiertos: la fórmula de Chezy y la ecuación de Manning, las cuales relacionan las siguientes variables; (Ven Te Chow 1994):

La fórmula de Chezy fue desarrollada en 1775; ésta relaciona la velocidad del canal a la rugosidad, el radio hidráulico y la pendiente del canal:

$$V = C\sqrt{RS} \quad (9)$$

Donde;

R = Radio hidráulico.

S = pendiente de energía, la cual es igual a la pendiente del lecho del canal bajo condiciones de flujo uniforme.

El factor C puede ser relacionado al factor de fricción de Darcy F , usado en flujos de tuberías con la relación:

$$C = \sqrt{8G/F} \quad (10)$$

En donde G es la constante gravitacional.

La ecuación de Chezy está basada en dos asunciones principales: la fuerza de fricción es proporcional al cuadrado de la velocidad y la asunción de flujo uniforme de que la fuerza de gravedad está balanceada por la resistencia friccional de la corriente. La ecuación de Chezy ha sido usada para flujo en tubería a presión, así como también en flujo de canal abierto. El coeficiente C para condiciones de canal abierto puede ser calculado usando relaciones de Chow V. (1959).

Para aplicaciones más modernas, sin embargo, la ecuación de Manning es usada en vez de la de Chezy para cálculos en canales abiertos. La ecuación de Manning fue presentada en 1890; ésta describe la rugosidad con el coeficiente de rugosidad de Manning. (Ven The Chow 1994)

$$C = \frac{1}{n} R^{\frac{2}{3}} \sqrt{S} \quad (11)$$

Dónde:

R = Radio hidráulico, o área transversal A dividida por el perímetro humedecido P .

S = pendiente de energía, la cual es igual a la pendiente del lecho del canal bajo condiciones de flujo uniforme.

n = Coeficiente de rugosidad, relacionada a la pérdida de fricción asociada con el fluir del agua sobre el fondo y los lados del canal.

La selección del coeficiente de rugosidad n está basada usualmente en el “mejor juicio ingenieril” o en valores prescritos por ordenanzas de diseño municipal. Están disponibles varias tablas en la literatura general para la selección del coeficiente de rugosidad para un canal, caudal y profundidad del flujo. (Ven Te Chow 1994).

3.3.2. Flujo no Uniforme o Gradualmente Variado.

La distribución previa de flujo uniforme indica que un canal de forma y pendiente constante es un requerimiento para La condición de flujo uniforme. Sin embargo, con una corriente natural, la forma, tamaño y pendiente de la sección transversal varían típicamente a lo largo de la corriente. Tales variaciones producen la condición de flujo no uniforme en la mayoría de los problemas de planos de inundación de interés al ingeniero hidráulico.

Las ecuaciones de flujo uniforme pueden ser aplicadas al caso del no uniforme dividiendo la corriente en trayectos o secciones dentro de las cuales apliquen condiciones uniformes.

En un canal abierto o corriente natural, el efecto de una grada o pendiente tiende a producir un flujo con un incremento continuo de la velocidad a lo largo del trayecto del flujo. La gravedad está opuesta por la resistencia friccionante, la cual incrementa con la velocidad y eventualmente las dos estarán en balance, para el caso del flujo uniforme. Cuando las dos fuerzas no están balanceadas, el flujo es no uniforme, y es llamado flujo gradualmente variado si las condiciones cambiantes ocurren sobre una distancia larga, flujo rápidamente variado ocurre cuando hay un cambio abrupto o transición confinada en una distancia corta. El flujo rápido es cubierto en textos más avanzados que manejan mecánica de fluidos y flujo en canales abiertos. (Wylie and Streeter 1978).

El flujo gradualmente variado puede ocurrir a lo largo del perfil de un canal o corriente natural, en cambios en la sección transversal, la forma o el tamaño, a desviaciones en la corriente y en estructuras tales como presas, puentes o diques.

De particular interés en el análisis de cuencas y la hidráulica de planos de inundación es el caso de la corriente natural y el impacto asociado con el paso de puentes, especialmente en áreas urbanas.

4. PARAMETROS DE DISEÑO.

4.1. Velocidad Mínima.

La velocidad mínima necesaria para lavar los sólidos depositados en periodos de caudal bajo es de 0,75m/s

4.2. Velocidad Máxima

La velocidad máxima permitida para conductos construidos en concreto es de 5m/s, Numeral D.4.3.11 del RAS-2000. Ver tabla 1.

Tabla 1. Velocidades máximas permisibles

Tipo de material	V
Ladrillo común	3,0
Ladrillo vitrificado y gres	5,0
Concreto	5,0
PVC	10,0

4.3. Coeficiente de rugosidad

El material de construcción del canal es concreto áspero que tiene una rugosidad (n) de 0.014 Tabla B.6.2 del RAS-2000.

4.4. Complejidad del sistema.

La manera mínima permitida de obtención de las curvas IDF se define en la tabla 2.

Tabla 2. Obtención mínima de curvas IDF.

Nivel de complejidad del sistema	Obtención mínima de curvas IDF
Bajo y medio	Sintética
Medio alto	Información pluviográfica regional
Alto	Información pluviográfica local

Como tenemos una información pluviométrica regional el nivel de complejidad del sistema es medio - alto.

4.5. Periodo de retorno de diseño

El periodo de retorno de diseño debe determinarse de acuerdo con la importancia de las áreas y con los daños, perjuicios o molestias que las inundaciones periódicas puedan ocasionar a los habitantes, tráfico vehicular, comercio, industria, etc. La selección del periodo de retorno está asociada entonces con las características de protección e importancia del área de estudio y, por lo tanto, el valor adoptado debe estar justificado. En la tabla 3 se establecen valores de periodos de retorno o grado de protección. Para este proyecto aplica un período de 5 años.

Tabla 3. Periodos de retorno o grado de protección

Características del área de drenaje	Mínimo (años)	Aceptable (años)	Recomendado (años)
Tramos iniciales en zonas residenciales con áreas tributarias menores de 2 ha	2	2	3
Tramos iniciales en zonas comerciales o industriales, con áreas tributarias menores de 2 ha	2	3	5
Tramos de alcantarillado con áreas tributarias entre 2 y 10 ha	2	3	5
Tramos de alcantarillado con áreas tributarias mayores de 10 ha	5	5	10

Canales abiertos en zonas planas y que drenan áreas mayores de 1000 ha*	10	25	25
Canales abiertos en zonas montañosas (alta velocidad) o a media ladera, que drenan áreas mayores a 1000 ha	25	25	50

*Parte revestida a 10 años, más borde libre a 100 años

5. CARACTERISTICAS GENERALES DEL ÀREA EN ESTUDIO.

El Departamento de Sucre se encuentra Localizado al noroeste de Colombia, entre el río Cauca y el mar Caribe. Limita por el norte y el oriente con el departamento de Bolívar, por el sur con Bolívar y Córdoba, por el occidente con Córdoba y el mar Caribe. El departamento está conformado por 24 municipios.

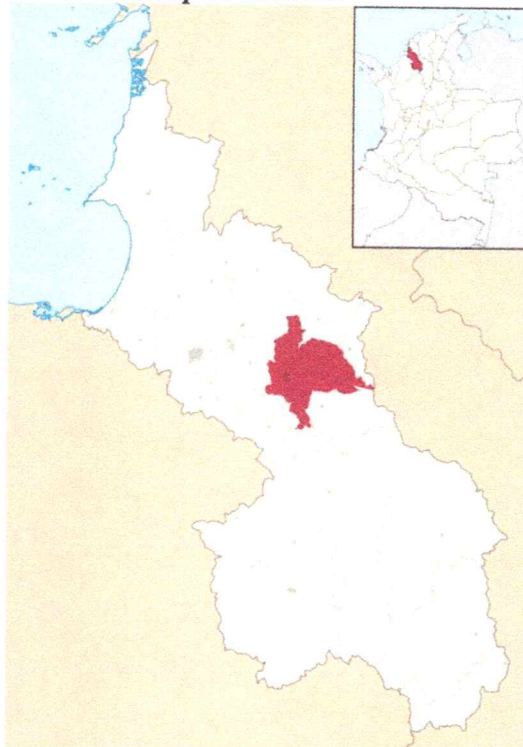
El departamento tiene una extensión de 10.917 km². Más de la tercera parte del territorio hace parte de la depresión inundable del bajo Magdalena-Cauca-San Jorge, allí se encuentran numerosas ciénagas que permanecen inundadas varios meses del año.

La temperatura promedio es de 27°C y las precipitaciones anuales alcanzan los 3.200mm.

El departamento de Sucre está compuesto por cinco subregiones que son las siguientes:

Subregión Morrosquillo. Esta subregión corresponde a la zona de vida bosque seco tropical (bs-T), la fuerte intervención humana ha favorecido la formación de las sabanas antrópicas de llanura. En el municipio de San Onofre se localiza un enclave de bosque muy seco tropical (bms-T) y porciones de sabanas antrópicas de lomerío y de montaña. Además, se localizan en el litoral costero los ecosistemas de manglar y lagunas costeras. La Subregión presenta diferencias marcadas en sus variables climáticas; las lluvias anuales en algunos casos son inferiores a 900 mm, pero pueden caer más de 1.200 mm al año. La temperatura media mensual es superior a los 27°C. La estación seca puede durar hasta cinco meses o más. La humedad relativa promedio es del 77%. Debido a su condición de llanura costera, la llanura mantiene niveles freáticos altos que conservan el

Ilustración 1. Ubicación del municipio de Sincé en el Dpto. de Sucre



estado aprovechable de las pasturas y condiciones favorables para el sostenimiento del hato ganadero durante la estación seca.

Subregión Sabanas. El clima dominante en la subregión es característico de la zona de vida bosque seco tropical (bs-T), existen pocos relictos de vegetación secundaria; se dan rastrojos y extensas áreas de pastizales. Por la fuerte intervención humana en este sistema ambiental, se le conoce como sabanas antrópicas, con predominio del paisaje de lomerío. De las cinco subregiones del Departamento, es la que padece con mayor rigor la prolongada estación seca, lo que conduce a la práctica de la trashumancia de ganado vacuno y equinos a las subregiones Mojana y San Jorge. La temperatura promedio anual bordea los 27,5°C; la precipitación promedio anual fluctúa entre los 1.000 y 1.200 mm y la humedad relativa tiene un promedio del 80%. En esta Subregión los factores fisiográficos, edáficos, vientos y acciones antrópicas degenerativas del medio natural (eliminación de la cobertura arbórea y degradación del suelo), producen condiciones de aridez, con predominio de la sequía estacional y de árboles caducifolios. Subregión Montes de María.

La subregión Montes de María corresponde a la zona de vida bosque seco tropical (bs-T). La acción de los vientos alisios durante la estación seca influye en la regulación de la temperatura, humedad relativa y precipitación. Su paisaje característico es de montaña. La temperatura promedio anual es de 27,5°C; la precipitación varía entre los 1.000 y 1.300 mm al año; la humedad relativa es del 77%; el fenómeno de niebla es de común concurrencia en los bosques de ladera durante las primeras horas de la mañana y al atardecer. El régimen de lluvia es bimodal, al corto período de lluvias del primer semestre, le sigue un breve período seco en los meses de junio y julio, conocido en la región con el nombre de "Veranillo de San Juan". En el segundo semestre del año se presenta la mayor cantidad de precipitación pluvial.

Subregión San Jorge. La Subregión presenta zonas de vida de bosque húmedo tropical /bh-T), bosque seco tropical (bs-T), bosque muy seco tropical (bms-T) y sabanas naturales. El bosque húmedo tropical corresponde a los humedales (caños, ríos y ciénagas), el comportamiento de las variables climáticas guarda estrecha relación con las de la Subregión Mojana. La precipitación promedio anual es de 2.300 mm; la temperatura promedio mensual es de 28°C y presenta humedad relativa del 85%. El bosque seco tropical hace relación a las sabanas antrópicas en los límites de los municipios de San Marcos y La Unión con el departamento de Córdoba. Las variables climáticas se correlacionan con las que dominan en la subregión Sabanas. El bosque muy seco tropical representa las extensiones de terreno con suelos ácidos, presencia de grava y baja fertilidad. La vegetación corresponde a matorrales de *Curatella americana* (Peralejo) y *Birsonima crassifolia* (Mantequero). El comportamiento del clima se aproxima a las condiciones que prevalecen en la subregión Sabanas. Sin embargo, las condiciones edáficas y escasa cobertura vegetal crean condiciones muy particulares que permiten conformar enclaves de bosque muy seco tropical. Las sabanas naturales son extensiones localizadas en terrenos planos no inundables a la margen derecha del río San Jorge, en el sentido San Benito Abad - San Marcos. Las praderas generalmente están descubiertas con la presencia de *Scheelea*

magdalenica (Palma de Vino), bosquetes abiertos de *Byrsonima crassifolia* (Mantequero) y *Tetracera* sp (Martín Moreno). Para este sistema ambiental la precipitación promedio anual supera los 1.300 mm, la temperatura promedio mensual es de 28°C y la humedad relativa es del 80%.

Subregión Mojana. Con base en las variables climáticas dominantes, la Mojana se clasifica en la zona de vida bosque húmedo tropical (bh-T). De acuerdo con la Convención RAMSAR (1971), la mayor parte de su territorio corresponde a los humedales que son ecosistemas conformados por un complejo de caños, ríos, ciénagas y zapales, que hacen parte de la zona de amortiguación conocida como depresión Momposina, la cual regula la avenida de los ríos Magdalena, Cauca y San Jorge. La precipitación promedio anual es de 2.800 mm; la temperatura promedio mensual es de 28°C; la humedad relativa promedio es del 85% y la altitud sobre el nivel del mar no supera a los 30 metros. Aprovechamiento y vocación del suelo Suelos con vocación agrícola, ganadera y forestal: Agrícola: Están compuestos por las clases II, III, y IV, comprenden el 51% del área total del Departamento, representada en 560.546 hectáreas; de las cuales, 60% se encuentra localizada dentro de las formaciones ecológicas bosque seco premontano y bosque seco tropical que, para cualquier explotación agrícola tecnificada, hacen necesario el riego y requiere la aplicación de fertilizantes completos. El 40% restante de los suelos con vocación agrícola se localiza al sur del Departamento, en las planicies de los ríos San Jorge y Cauca, perteneciendo a las formaciones ecológicas de bosque húmedo tropical y húmedo premontano con mayores precipitaciones, veranos con épocas secas más cortas, nivel freático alto y por tanto menos requerimientos de riego. Ganadería: Está compuesta por las clases de suelos V y VI y equivale a 325.292 hectáreas de pastos. Estos suelos requieren sanas prácticas de manejo agronómico, uso adecuado de los potreros y establecimiento de las medidas preventivas contra los procesos erosivos que ocasionan las aguas lluvias, la tala, el viento y el pisoteo animal. En el territorio del departamento de Sucre se pueden distinguir cuatro grandes unidades fisiográficas. Al occidente, la faja costera, que en el sector norte es suavemente ondulada y plana con varios accidentes litorales como las puntas Comisario, Chinchimán, La Salina, Los Muertos, Piedra, Rincón, San Bernardo y Seca; en el extremo limítrofe con el departamento de Bolívar la costa está cubierta de mangle. La segunda unidad comprende la serranía de San Jacinto, que es la prolongación de la serranía de San Jerónimo; entre los departamentos de Sucre y Bolívar también se le conoce con el nombre de Montes de María; las alturas oscilan entre los 200 y 500 metros sobre el nivel del mar; se destacan las cuchillas de Peñalta y la Campana, Las lomas El Floral, La Mojana, Pozo Oscuro, El Ojo y El Coco; la tercera unidad, de relieve plano y ondulado, es conocida como las Sabanas de Sucre; la cuarta es la conformada por la depresión del bajo San Jorge y del bajo Cauca, en esta última está incluida la denominada región de La Mojana, regada por el caño o brazo del mismo nombre. Toda la unidad fisiográfica hace parte de la depresión Momposina.

5.1. MUNICIPIO DE SINCÉ

5.1.1. Descripción física.

El suelo del municipio de Sincé es de típico del paisaje de montaña. Está formado por superficies de relieve irregular y complejo. Comprende los tipos de relieves denominados hogbacks, barras y crestones constituidos por materiales de areniscas calcáreas y calizas.

El municipio de Sincé se caracteriza por una topografía de pequeñas y numerosas lomas sin pliegues apreciables y con alturas que van de 30 a 137 metros sobre el nivel del mar. La posición del municipio de Sincé coloca a su territorio dentro de un clima de la sabana tropical alternativamente húmedo y seco.

Recordemos que su extensión es de 480 kilómetros cuadrados en esta zona no existen aguas superficiales permanentes solamente se presentan con carácter temporal durante aguaceros torrenciales.

El clima es cálido seco, con una precipitación promedio de 500 a 1200 milímetros; la formación vegetal de acuerdo con Holdridge es el bosque seco tropical. De la vegetación natural quedan algunas especies como palma de vino.

El paisaje de lomerío en el municipio de Sincé es el más importante por la extensión que ocupa. Se extiende desde el paisaje de montaña, hasta los límites con la planicie, tanto en el norte como en el sur.

5.1.2. Clima.

La temperatura media anual está cercana a los 30 °C, con temperaturas mínimas de 19,7 °C y máximas de 37.5 °C. Se aprecia un mayor rango, durante el verano donde hay marcados efectos ocasionados por bajas temperaturas en la madrugada y fuertes calores en las horas de la tarde. Con la llegada de las lluvias tiende a estabilizarse, con menos variaciones y una ligera disminución general debida al aumento de la humedad relativa.

5.1.3. Orografía

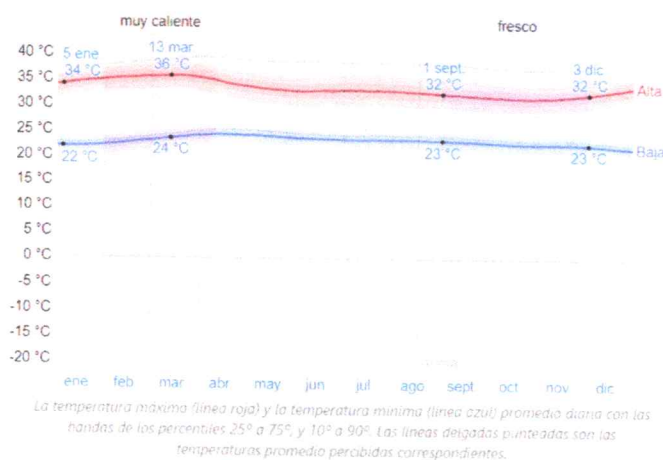
Sincé está situado en plena sabana que constituyen el declive general de los montes de María hacia la depresión del Cauca y del San Jorge con pequeñas y numerosas sierras y colinas, por lo que las principales micro cuencas del municipio son las siguientes: Arroyo grande de corozal, arroyo mancomojan, arroyo menbrillal y arroyo el oso.

5.1.4. Temperatura.

La temporada calurosa dura 2,4 meses, del 30 de enero al 10 de abril, y la temperatura máxima promedio diaria es más de 35 °C. El día más caluroso del año es el 13 de marzo, con una temperatura máxima promedio de 36 °C y una temperatura mínima promedio de 24 °C.

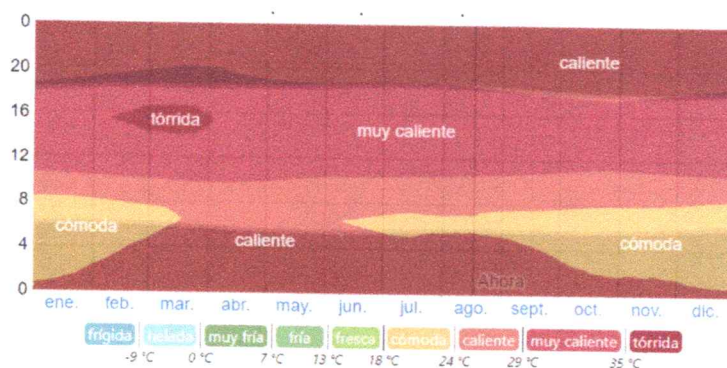
La temporada fresca dura 3,0 meses, del 1 de septiembre al 3 de diciembre, y la temperatura máxima promedio diaria es menos de 32 °C. El día más frío del año es el 5 de enero, con una temperatura mínima promedio de 22 °C y máxima promedio de 34 °C.

Ilustración 2. Temperatura máxima y media promedio. Fuente: <https://es.weatherspark.com/y/22582/Clima-promedio-en-Sincé-Colombia-durante-todo-el-año>



La figura siguiente muestra una ilustración compacta de las temperaturas promedio por hora de todo el año. El eje horizontal es el día del año, el eje vertical es la hora y el color es la temperatura promedio para ese día y a esa hora.

Ilustración 3. Temperatura promedio por día. Fuente: <https://es.weatherspark.com/y/22582/Clima-promedio-en-Sincé-Colombia-durante-todo-el-año>



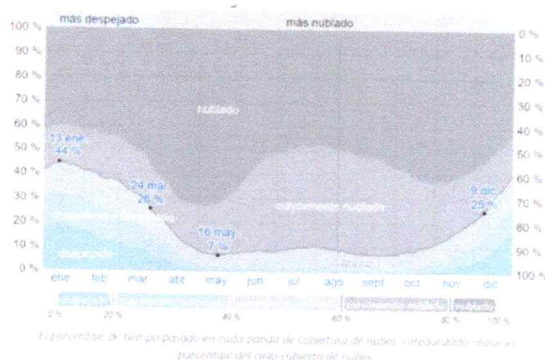
5.1.5. Nubes.

En Sincé, el promedio del porcentaje del cielo cubierto con nubes varía considerablemente en el transcurso del año.

La parte más despejada del año en Sincé comienza aproximadamente el 9 de diciembre; dura 3,5 meses y se termina aproximadamente el 24 de marzo. El 13 de enero, el día más despejado del año, el cielo está despejado, mayormente despejado o parcialmente nublado el 44 % del tiempo y nublado o mayormente nublado el 56 % del tiempo.

La parte más nublada del año comienza aproximadamente el 24 de marzo; dura 8,5 meses y se termina aproximadamente el 9 de diciembre. El 16 de mayo, el día más nublado del año, el cielo está nublado o mayormente nublado el 93 % del tiempo y despejado o parcialmente nublado el 7 % del tiempo.

Ilustración 4. Categorías de nubosidad. Fuente: <https://es.weatherspark.com/y/22582/Clima-promedio-en-Sincé-Colombia-durante-todo-el-año>



5.1.6. Precipitación.

Un día mojado es un día con por lo menos 1 milímetro de líquido o precipitación equivalente a líquido. La probabilidad de días mojados en Sincé varía considerablemente durante el año.

La temporada más mojada dura 7,4 meses, de 16 de abril a 29 de noviembre, con una probabilidad de más del 24 % de que cierto día será un día mojado. La probabilidad máxima de un día mojado es del 45 % el 17 de octubre.

La temporada más seca dura 4,6 meses, del 29 de noviembre al 16 de abril. La probabilidad mínima de un día mojado es del 3 % el 20 de enero. Entre los días mojados, distinguimos entre los que tienen solamente lluvia, solamente nieve o una combinación de las dos. En base a esta categorización, el tipo más común de precipitación durante el año es solo lluvia, con una probabilidad máxima del 45 % el 17 de octubre.

Ilustración 5. Probabilidad diaria de precipitación. Fuente: <https://es.weatherspark.com/y/22582/Clima-promedio-en-Sincé-Colombia-durante-todo-el-año>



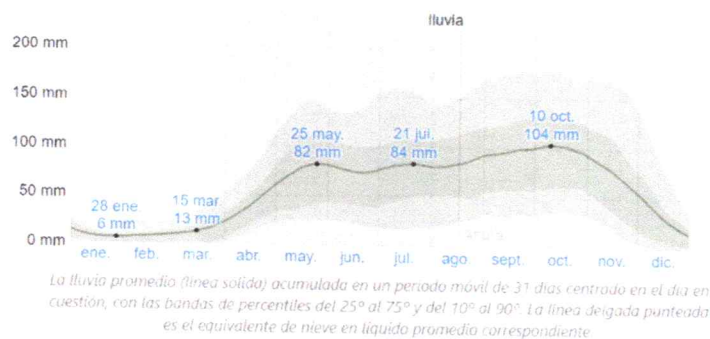
5.1.7. Lluvia.

Para mostrar la variación durante un mes y no solamente los totales mensuales, mostramos la precipitación de lluvia acumulada durante un período móvil de 31 días centrado alrededor de cada día del año. Sincé tiene una variación *considerable* de lluvia mensual por estación.

La temporada de lluvia dura 9,6 meses, del 15 de marzo al 2 de enero, con un intervalo móvil de 31 días de lluvia de por lo menos 13 milímetros. La mayoría de la lluvia cae durante los 31 días centrados alrededor del 10 de octubre, con una acumulación total promedio de 104 milímetros.

El periodo del año sin lluvia dura 2,4 meses, del 2 de enero al 15 de marzo. La fecha aproximada con la menor cantidad de lluvia es el 28 de enero, con una acumulación total promedio de 6 milímetros.

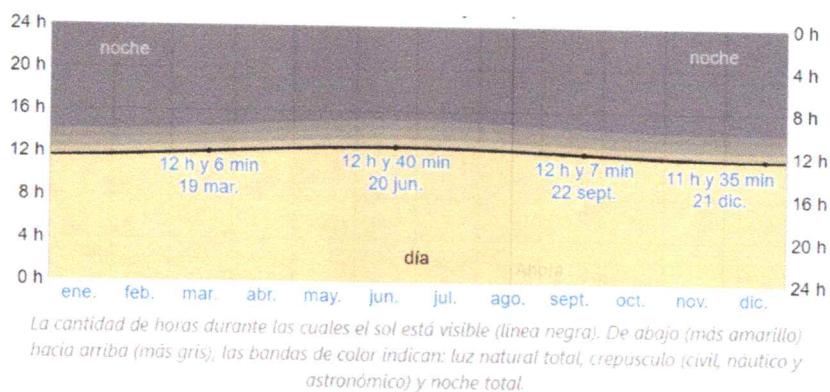
Ilustración 6. Precipitación de lluvia mensual promedio. Fuente: <https://es.weatherspark.com/y/22582/Clima-promedio-en-Sincé-Colombia-durante-todo-el-año>



5.1.8. Sol.

La duración del día en Sincé no varía considerablemente durante el año, solamente varía 39 minutos de las 12 horas en todo el año. En 2020, el día más corto es el 21 de diciembre, con 11 horas y 35 minutos de luz natural; el día más largo es el 20 de junio, con 12 horas y 40 minutos de luz natural.

Ilustración 7. Horas de luz natural y crepúsculo. Fuente: <https://es.weatherspark.com/y/22582/Clima-promedio-en-Sincé-Colombia-durante-todo-el-año>



La salida del sol más temprana es a las 5:39 el 27 de mayo, y la salida del sol más tardía es 43 minutos más tarde a las 6:22 el 29 de enero. La puesta del sol más temprana es a las 17:36 el 14 de noviembre, y la puesta del sol más tardía es 49 minutos más tarde a las 18:24 el 12 de julio.

5.1.9. Humedad.

Basamos el nivel de comodidad de la humedad en el punto de rocío, ya que éste determina si el sudor se evaporará de la piel enfriando así el cuerpo. Cuando los puntos de rocío son más bajos se siente más seco y cuando son altos se siente más húmedo. A diferencia de la temperatura, que generalmente varía considerablemente entre la noche y el día, el punto de rocío tiende a cambiar más lentamente, así es que, aunque la temperatura baje en la noche, en un día húmedo generalmente la noche es húmeda.

En Sincé la humedad percibida varía levemente.

El período más húmedo del año dura 10 meses, del 14 de marzo al 25 de enero, y durante ese tiempo el nivel de comodidad es bochornoso, opresivo o insoportable por lo menos durante el 92 % del tiempo. El día más húmedo del año es el 8 de octubre, con humedad el 100 % del tiempo.

El día menos húmedo del año es el 9 de febrero, con condiciones húmedas el 90 % del tiempo.

5.1.10. Viento.

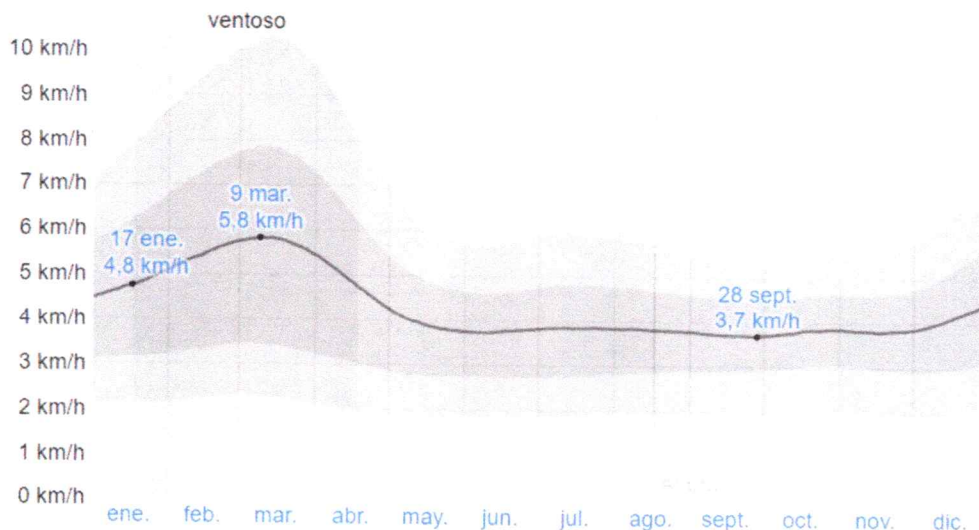
Esta sección trata sobre el vector de viento promedio por hora del área ancha (velocidad y dirección) a 10 metros sobre el suelo. El viento de cierta ubicación depende en gran medida de la topografía local y de otros factores; y la velocidad instantánea y dirección del viento varían más ampliamente que los promedios por hora.

La velocidad promedio del viento por hora en Sincé tiene variaciones estacionales leves en el transcurso del año.

La parte más ventosa del año dura 3,0 meses, del 17 de enero al 18 de abril, con velocidades promedio del viento de más de 4,8 kilómetros por hora. El día más ventoso del año es el 9 de marzo, con una velocidad promedio del viento de 5,8 kilómetros por hora.

El tiempo más calmado del año dura 9,0 meses, del 18 de abril al 17 de enero. El día más calmado del año es el 28 de septiembre, con una velocidad promedio del viento de 3,7 kilómetros por hora.

Ilustración 8. Velocidad promedio del viento. Fuente: <https://es.weatherspark.com/y/22582/Clima-promedio-en-Sincé-Colombia-durante-todo-el-año>.

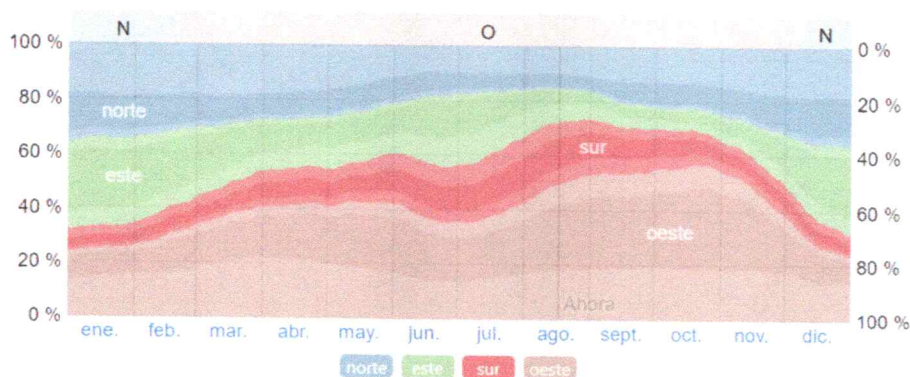


El promedio de la velocidad media del viento por hora (línea gris oscuro), con las bandas de percentil 25° a 75° y 10° a 90°.

La dirección predominante promedio por hora del viento en Sincé varía durante el año.

El viento con más frecuencia viene del oeste durante 9,6 meses, del 20 de febrero al 7 de diciembre, con un porcentaje máximo del 58 % en 18 de octubre. El viento con más frecuencia viene del norte durante 2,5 meses, del 7 de diciembre al 20 de febrero, con un porcentaje máximo del 35 % en 1 de enero.

Ilustración 9. Dirección del viento. Fuente: <https://es.weatherspark.com/y/22582/Clima-promedio-en-Sincé-Colombia-durante-todo-el-año>.

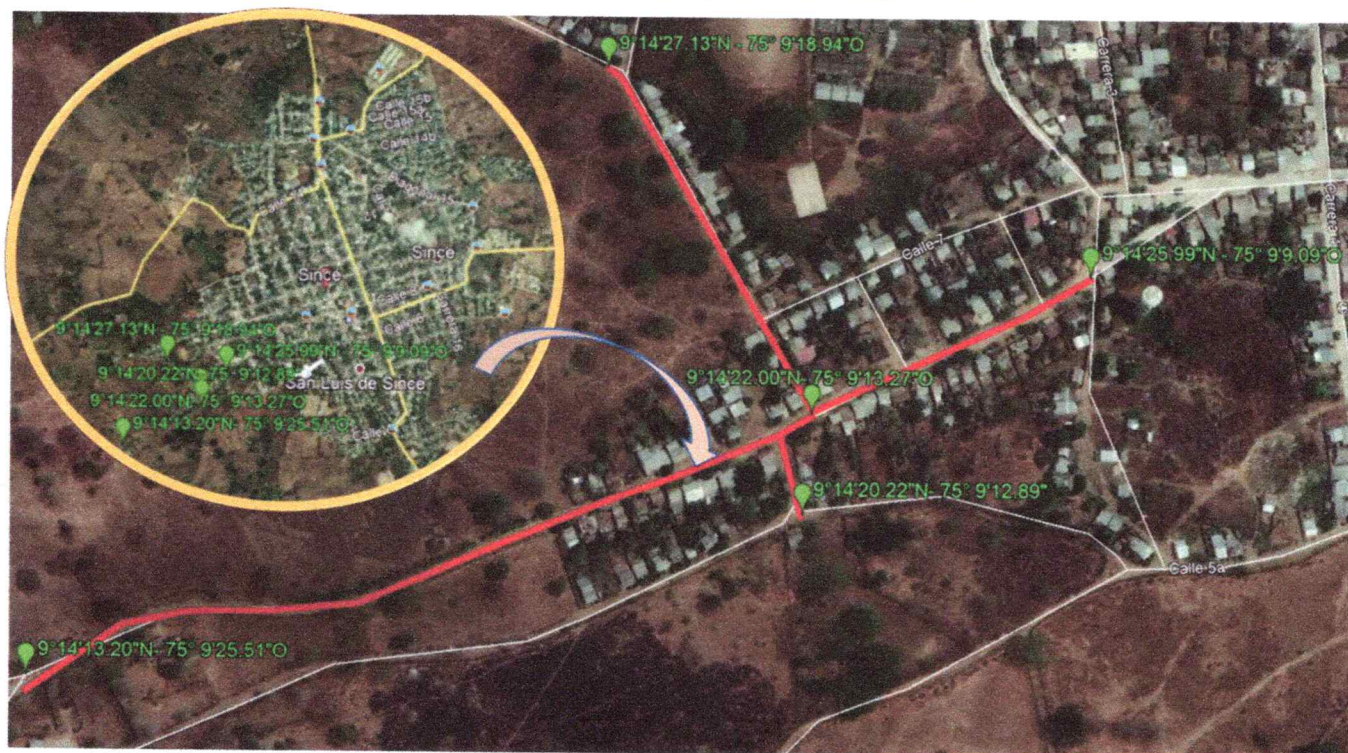


El porcentaje de horas en las que la dirección media del viento viene de cada uno de los cuatro puntos cardinales, excluidas las horas en que la velocidad media del viento es menos de 1,6 km/h. Las áreas de colores claros en los límites son el porcentaje de horas que pasa en las direcciones intermedias implícitas (noreste, sureste, suroeste y noroeste).

5.2. Localización del área de estudio.

El área diagnosticada se localiza en el casco urbano del municipio de Sincé; comprendida en **Calle 6, Carrera 1A y Carrera 1B del barrio San Martín.**

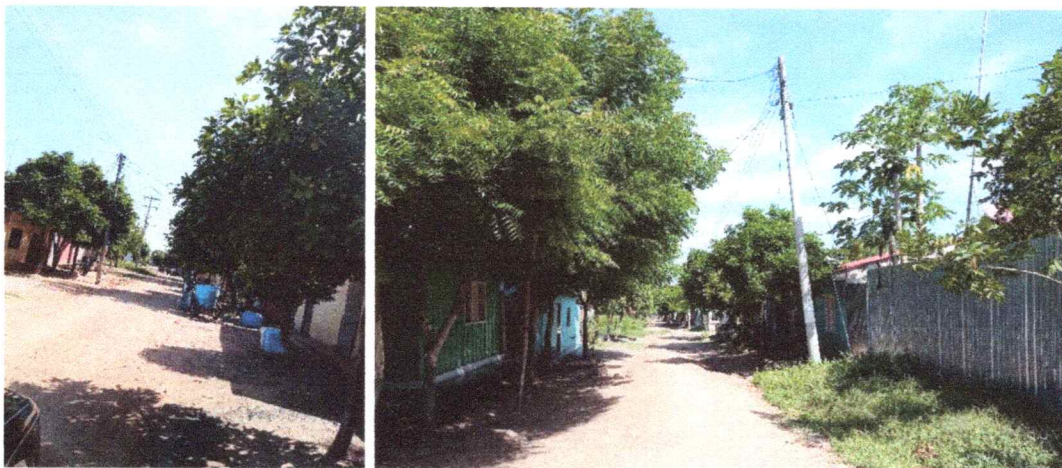
Ilustración 10. Localización área de estudio. Fuente: Google Earth Pro.



6. DIAGNOSTICO DE LAS CONDICIONES ACTUALES A NIVEL HIDRÁULICO.

- **Calle 6 (EJE 1) .**

La vía aguas arriba no presenta deterioro de la sección, debido a que sus bajas pendientes no generan suficiente fuerza erosiva. Hay pendientes en el orden de los 1 al 1.5%, lo cual permite una evacuación de las aguas sin producir represamientos en condiciones normales durante un evento torrencial. Hay franjas laterales que presentan vegetación.



Aguas abajo se presentan zonas parcialmente afectadas debido a la acumulación de las aguas y por mantener pendientes del orden del 0.5%. No hay estructuras hidráulicas eficiente para el control de las aguas.



- **Carrera 1A (EJE 3) .**

La vía presenta pérdida de su sección, socavación en sus laterales debido a que presenta pendientes que van en el orden del 5%, y acumula un caudal considerable que viene de Calle 6 y a ello se le suma que la calzada presenta irregularidades en su geometría.



En la zona aguas debajo de este tramo no hay una estructura de respuesta inmediata que permita conducir las aguas hasta el box coulvert ubicado a 80 m del tramo final en estudio.



- **Carrera 1B (EJE 2) .**

La vía presenta deterioro de los laterales de la calzada lo que la hace intransitable para vehículos y representa un peligro para las personas que circulan. Presenta problemas de socavación por pendientes que van del orden del 4 al 5% y un caudal acumulado que viene de la calle 6 y sus tributarios.



Aguas abajo se descarga la gran mayoría de las aguas provenientes de la Calle 6, la Carrera 1B y de sus tributarios en una canal trapezoidal de sección variable con un ancho menor que va desde los 1.50m hasta los 2.0m y altura que va de los 0.40m a los 0.60m. Se conecta con un canal que cruza por las zonas traseras de las casas y tiene un ancho medio de 1.50m.



El problema real de estas vías es su confluencia con las que interceptan. Las bocacalles son puntos críticos, las vías que están en construcción y las proyectadas pueden representar sumideros que convertirían los lotes de esquinas en puntos vulnerables a nivel hidráulico durante las crecientes.

7. PARAMETROS MORFOMETRICOS.

7.1. Áreas de cuenca y dirección del flujo.

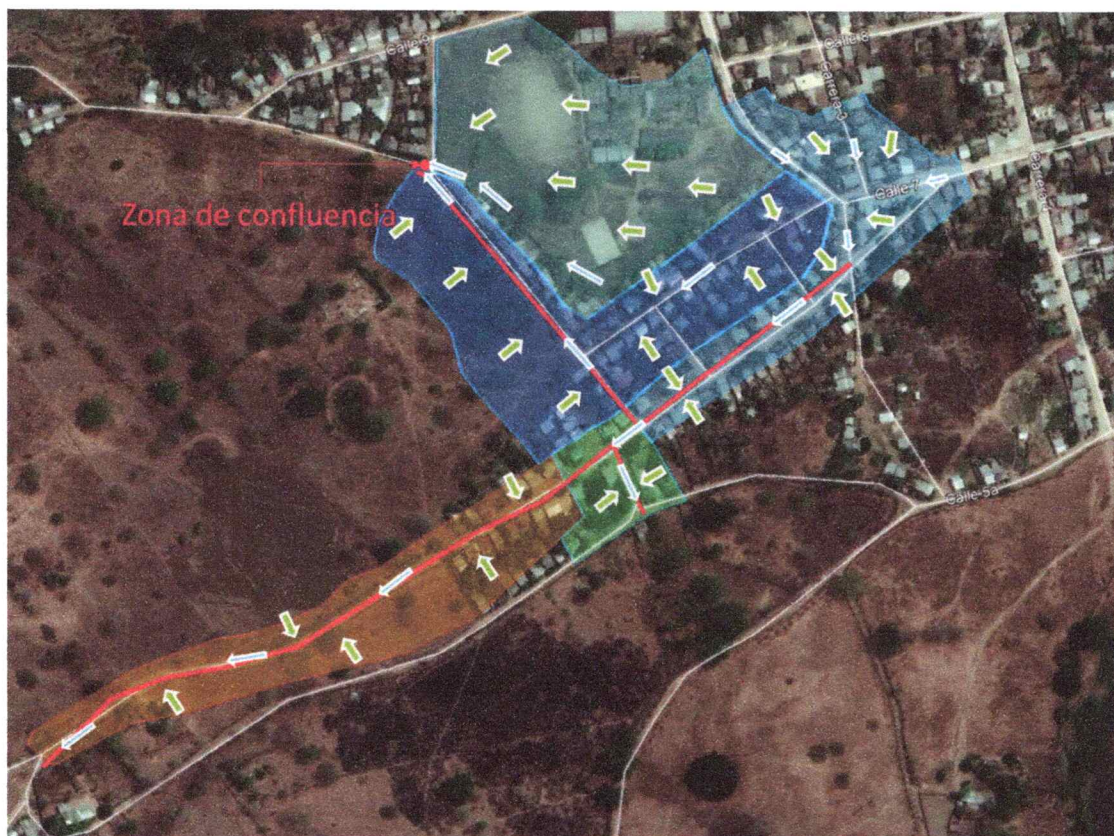
El área diagnosticada se localiza en el sector urbano del municipio Sincé. Las zonas de drenaje, la dirección del flujo, así como los afluentes y puntos de descarga se resumen en la siguiente tabla:

Tabla 4. Áreas de drenaje, dirección de flujo, afluentes y puntos de descarga. Fuente: Comisión de trabajo.

AREA DE DRENAJE	AREA (Ha)	AFLUENTES	PUNTOS DE DESCARGA
Abscisa K0+000 - K0+170 (Calle 6)	1.6559	Tributarios Carrera 2, Calle 7 y la Calle 6 (vías, viviendas y zonas verdes de baja densidad)	VIA
Abscisa K0+000 - K0+040(Carrera 1A)	1.1637	Tributarios Calle 6 y Carrera 1A (vías, viviendas y zonas verdes de baja densidad)	ESTRUCTURA DE CAPTACIÓN TRANSVERSAL
Abscisa K0+000 - K0+220 (Carrera 1B)	3.6578	Tributarios Calle 6 y Carrera 1B (vías, viviendas y zonas verdes de baja densidad)	ESTRUCTURA DE CAPTACIÓN TRANSVERSAL
Abscisa K0+230- K0+637 (Calle 6)	1.8830	Tributarios Carrera 2, Calle 7 y la Calle 6 (vías, viviendas y zonas verdes de baja densidad)	VIA
BOX COULVERT PROPUESTO	6.5138	Tributarios Calle 6 Y áreas aferentes de la institución educativa (vías, viviendas y zonas verdes de baja densidad)	A CANAL RECTANGULAR
ALCANTARILLA TRANSVERSAL K0+210 (EJE 2)	3.6578	Tributarios Calle 6 y Carrera 1A (vías, viviendas y zonas verdes de baja densidad)	A BOX COULVERT PROPUESTO

Se pueden observar las cuencas hidrográficas que alimentan las vías en estudio (áreas sombreadas), Ver ilustración .

Ilustración 11. Área de drenaje. Fuente: Google Earth Pro y comisión de trabajo.



7.2 Cauce Principal.

El cauce principal en el caso de la Abscisa K0+000 - K0+170 (Calle 6) tiene una longitud de 411 y una pendiente media de 1.15 %. Considerándose como corto y de rápida respuesta.

La pendiente del cauce principal se calculó por el Método de Valores Extremos.

$$S = \frac{\Delta H}{L} = \frac{136 - 131.3}{4.11 \text{ m}}$$

$$= 0.0115 = 1.15\%$$

Todos los resultados para las demás zonas de drenaje se resumen en la siguiente tabla.

Tabla 5. Longitudes y Pendientes de los cauces.

AREA DE DRENAJE	LONGITUD CAUCE PRINCIPAL(m)	Cota Max (m)	Cota Min (m)	Pendiente media %
Abscisa K0+000 - K0+170 (Calle 6)	411.0	136.0	131.3	1.15
Abscisa K0+000 - K0+040(Carrera 1A)	479.7	136.0	130.0	1.25
Abscisa K0+000 - K0+220 (Carrera 1B)	621.0	136.0	122.0	2.26
Abscisa K0+230- K0+637 (Calle 6)	407.0	131.3	128.9	0.59
BOX COULVERT PROPUESTO	621.0	136.0	122.0	2.3
ALCANTARILLA TRANSVERSAL K0+210 (EJE 2)	621.0	136.0	122.0	2.3

8. MODELACION DEL SECTOR EN ESTUDIO.

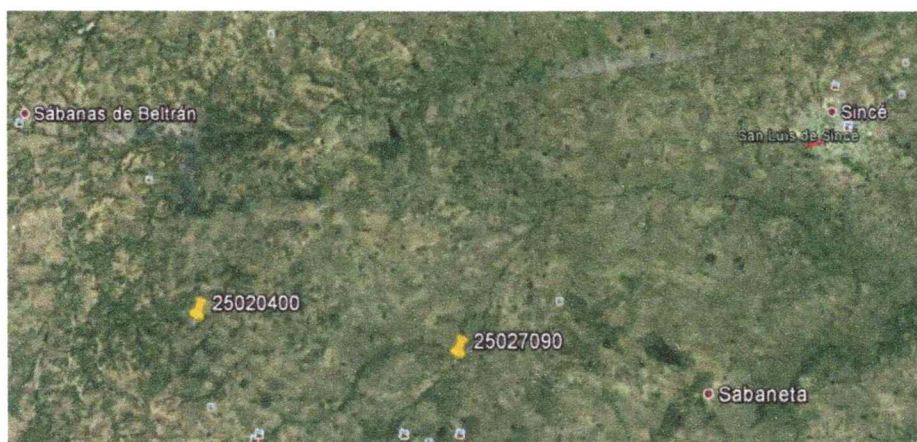
8.1 Tratamiento de la cuenca.

En esta fase del modelo se afronta la problemática de la influencia de las precipitaciones en el comportamiento hidrológico de la cuenca, estimando las precipitaciones que se presenten, combinando esta información con otras relacionadas con la duración de las tormentas y la distribución de las lluvias nos permite disponer de series de datos indispensables para la modelación de la precipitación.

8.2 Mediciones pluviométricas.

Para la determinación de la precipitación de diseño se emplearán los resultados del registro pluviométrico de la Estación ubicada entre los municipios Sabanas de Beltrán, Sabaneta y Sincé. Código: **25020400**. Ver ilustración.

Ilustración 12.Ubicación Estación pluviométrica COD: 25020400 Fuente: IDEAM



8.3. Caracterización de la Cuenca.

Toda la caracterización de la cuenca en estudio se obtiene con la ayuda de la información cartográfica, la topografía y el recorrido de la misma, obteniendo cada uno de los parámetros deseados de la cuenca, necesarios para aplicar el método del número de la curva (CN) del Servicio de conservación de los recursos naturales de los Estados Unidos. Para establecer la escorrentía máxima en el área de estudio se realiza la caracterización de la cuenca a través de la determinación de los usos del suelo mediante el programa Google Earth Pro.

Los resultados para una zona de drenaje representativas se resumen en la siguiente tabla.

Tabla 6. Determinación NCIII - Abscisa K0+000 - K0+170 (Calle 6).

AREA (Ha)	COBERTURA	TIPO DE SUELO	CLASIFICACION NUMERO DE LA CURVA		
			SUELO	NCII	NCIII
0.4498	Área residencial	ARENA ARCILLOSA	C	93	96.8
0.5796	pastos cubierta pobre	ARENA ARCILLOSA	C	88	94.4
0.6265	Vías pavimentadas o proyectadas a futuro	ARENA ARCILLOSA	C	98	99.1
1.6559	TOTAL			93	97

Dado que las características y la distribución del uso del suelo son similares se puede trabajar para las demás áreas del proyecto con un **NCIII** de **97**.

8.4. Abstracciones generales.

Estos datos son los generados como resultado de la determinación de los parámetros morfométricos.

8.4.1 Tiempo de concentración (t_c)

Corresponde al tiempo a partir del cual toda la cuenca contribuye al escurrimiento en un punto de interés dentro del cauce y está dado por la suma del tiempo de viaje a través de la superficie de terreno ($tv1$) y del tiempo de viaje a través del propio cauce ($tv2$) hasta el punto de cierre considerado, o sea: $t_c = tv1 + tv2$

Para estimar el tiempo de concentración en una cuenca existen diferentes metodologías de cálculo. Es muy usual el empleo de la de formula del Servicio de Carreteras de California, identificada por la siguiente expresión:

$$Tc = \left(0.87 * \frac{L^3}{\Delta H} \right)^{0.385} \quad (13)$$

Tc= Tiempo de Concentración (Horas)

Longitud del cauce: L (Km).

Diferencia de elevación entre puntos extremos: ΔH (m)

De acuerdo a la ecuación, para el caso de la Abscisa K0+000 - K0+170 (Calle 6), tenemos:

$$T_c = \left(0.87 * \frac{0.411}{136 - 131.27} \right)^{0.385} = 0.18663 \text{ Hr} = 11.2 \text{ min}$$

8.4.2. Tiempo de retardo (Tl)

En el análisis de Hidrograma de escurrimiento, el retardo es el tiempo medido desde el centro de masa de la lluvia efectiva hasta el caudal máximo del Hidrograma de escurrimiento. El Servicio de Conservación de Suelos de los Estados Unidos, con base en el estudio de muchos eventos de lluvia para un amplio rango de condiciones en cuencas hidrográficas, recomienda la siguiente relación empírica para calcular el tiempo de retardo en función del tiempo de concentración:

$$T_l = 0.6 * T_c \quad (14)$$

Para este caso llevaremos el Tc a 15 minutos.

Esta relación se aplica para una condición natural promedia y una distribución de escurrimiento aproximadamente uniforme sobre la cuenca

$$T_l = 0.6 * 15 = 9.0 \text{ min}$$

8.4.3 Retención potencial máxima (S)

Representa el valor máximo de lluvia que la cuenca puede absorber y se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$S = \frac{25400}{NC \text{ III}} - 254 \quad (15)$$

Donde,

S = Retención potencial máxima (mm)

NC III = número de curva de escurrimiento

Para la cuenca en estudio el número de la curva (NCIII) = **97**

$$S = \frac{25400}{97} - 254$$

$$s = 7.90 \text{ mm}$$

8.4.4 Índice de abstracción inicial (Ia)

Representa la cantidad de agua que queda en el terreno antes de empezar a escurrir agua. Se ha encontrado que el índice de abstracción inicial es aproximadamente el 20% de la retención potencial máxima (S); la relación empírica propuesta es la siguiente:

$$I_a = 0.20 * 7.90 \text{ mm} = 1.6 \text{ mm}$$

Los parámetros generados se resumen en la siguiente tabla:

Tabla 7. Abstracciones Generales.

AREA DRENAJE	Tc(min)	TC de diseño	TL (min)	NC III	S(mm)	la(mm)
Abscisa K0+000 - K0+170 (Calle 6)	11.2	15.0	9.0	97	7.9	1.6
Abscisa K0+000 - K0+040 (Carrera 1A)	12.2	15.0	9.0	97	7.9	1.6
Abscisa K0+000 - K0+220 (Carrera 1B)	11.9	15.0	9.0	97	7.9	1.6
Abscisa K0+230 - K0+637 (Calle 6)	14.4	15.0	9.0	97	7.9	1.6
BOX COULVERT PROPUESTO	11.9	15.0	9.0	97	7.9	1.6
ALCANTARILLA TRANSVERSAL K0+210 (EJE 2)	11.9	15.0	9.0	97	7.9	1.6

9. CALCULO DE PRECIPITACIÓN DE DISEÑO.

Para modelar la escorrentía superficial en la cuenca, se tienen en cuenta dos parámetros, la estimación de la precipitación para un tiempo de retorno y la modelación del desarrollo urbanístico de la ciudad. Para realizar la estimación de la lluvia de diseño, se toman los datos de la Estación Meteorológica para el tiempo de retorno con base a Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico RAS - 2000. La estimación de la lluvia de diseño para la cuenca en estudio, se realiza con base a los datos del pluviómetro de la estación localizada en el municipio de Betulia, departamento de Sucre.

9.1. Obtención curva IDF, cálculo de la precipitación y tormenta de diseño.

Para la determinación de la precipitación de diseño se emplearán los resultados del registro pluviométrico de la Estación localizada entre los municipios Sabanas de Beltrán, Sabaneta y Sincé. Se tienen los resultados de las precipitaciones máximas anuales las cuales se resumen en la siguiente tabla. Teniendo un registro completo desde el año 1987 hasta el 2018.

Tabla 8. Máximas precipitaciones anuales.

AÑO	Precipitación Máxima Multianual (mm)
1987	73
1988	66
1989	72
1990	80
1991	71
1992	87
1993	70
1994	154
1995	95
1996	87.5
1997	68.4
1998	116
1999	70
2000	56
2001	75
2002	70
2003	85
2004	85
2005	95
2006	60
2007	70.2
2008	103.7
2009	100.5
2010	69.5
2011	111.1
2012	59.5
2013	104.5
2014	78.2
2015	85
2016	100.5
2017	83
2018	101

Mediante la distribución de Gumbel son determinadas las variables probabilísticas y las precipitaciones máximas para distintos periodos de retorno.

Tabla 9. Determinación de variables probabilísticas.

Nº	Año	Precipitación (mm)	
		xi	(xi - x)^2
1	1987	73	131.25
2	1988	66	340.63
3	1989	72	155.16
4	1990	80	19.86
5	1991	71	181.07
6	1992	87	6.47
7	1993	70	208.98
8	1994	154	4836.33
9	1995	95	111.17
10	1996	87.5	9.26
11	1997	68.4	257.80
12	1998	116	995.01
13	1999	70	208.98
14	2000	56	809.76
15	2001	75	89.42
16	2002	70	208.98
17	2003	85	0.30
18	2004	85	0.30
19	2005	95	111.17
20	2006	60	598.11
21	2007	70.2	203.24
22	2008	103.7	370.32
23	2009	100.5	257.40
24	2010	69.5	223.69
25	2011	111.1	709.89
26	2012	59.5	622.81
27	2013	104.5	401.75
28	2014	78.2	39.14
29	2015	85	0.30
30	2016	100.5	257.40
31	2017	83	2.12
32	2018	101	273.70
32		2702.6	12641.8

Cálculos variables probabilísticas

$$\bar{x} = \frac{\sum x_i}{n} = 84.46 \text{ mm}$$

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}} = 20.19 \text{ mm}$$

$$\alpha = \frac{\sqrt{6}}{\pi} * S = 15.75 \text{ mm}$$

$$u = \bar{x} - 0.5772 * \alpha = 75.37 \text{ mm}$$

Cálculo de las Precipitaciones Diarias Máximas Probables para distintas frecuencias

Periodo	Variable	Precip.	Prob. de	Corrección
Retorno	Reducida	(mm)	ocurrencia	intervalo fijo
Años	YT	XT'(mm)	F(xT)	XT (mm)
2	0.3665	81.1389	0.5000	91.6870
5	1.4999	98.9850	0.8000	111.8531
10	2.2504	110.8007	0.9000	125.2047
25	3.1985	125.7298	0.9600	142.0746
50	3.9019	136.8050	0.9800	154.5897
100	4.6001	147.7985	0.9900	167.0123
500	6.2136	173.2028	0.9980	195.7191

$$F_{(x)} = e^{-e^{-\left(\frac{x-u}{\alpha}\right)}}$$

Tabla 10. Coeficientes para las relaciones a la lluvia de duración 24 horas

Duraciones, en horas									
1	2	3	4	5	6	8	12	18	24
0.30	0.39	0.46	0.52	0.57	0.61	0.68	0.80	0.91	1.00

Con base en la siguiente tabla de Coeficientes para las relaciones a la lluvia de duración 24 horas se generan Precipitaciones máximas para diferentes tiempos de duración de lluvias.

Tabla 11. Precipitaciones máximas para diferentes tiempos de duración de lluvias

Tiempo de Duración	Cociente	Precipitación máxima Pd (mm) por tiempos de duración						
		2 años	5 años	10 años	25 años	50 años	100 años	500 años
24 hr	X24	91.6870	111.8531	125.2047	142.0746	154.5897	167.0123	195.7191
18 hr	X18 = 91%	83.4352	101.7863	113.9363	113.6597	140.6766	151.9812	178.1044
12 hr	X12 = 80%	73.3496	89.4824	100.1638	113.6597	123.6717	133.6099	156.5753
8 hr	X8 = 68%	62.3472	76.0601	85.1392	96.6107	105.1210	113.5684	133.0890
6 hr	X6 = 61%	55.9291	68.2304	76.3749	86.6655	94.2997	101.8775	119.3887
5 hr	X5 = 57%	52.2616	63.7562	71.3667	80.9825	88.1161	95.1970	111.5599
4 hr	X4 = 52%	47.6772	58.1636	65.1065	73.8788	80.3866	86.8464	101.7740
3 hr	X3 = 46%	42.1760	51.4524	57.5942	65.3543	71.1113	76.8257	90.0308
2 hr	X2 = 39%	35.7579	43.6227	48.8298	55.4091	60.2900	65.1348	76.3305
1 hr	X1 = 30%	27.5061	33.5559	37.5614	42.6224	46.3769	50.1037	58.7157

Posteriormente se determina las Intensidades de lluvia a partir de las precipitaciones probables, según la Duración de la precipitación y Frecuencia de la misma.

Tabla 12. Intensidades a partir de Precipitaciones probables.

Tiempo de duración		Intensidad de la lluvia (mm /hr) según el Periodo de Retorno						
Hr	min	2 años	5 años	10 años	25 años	50 años	100 años	500 años
24 hr	1440	3.8203	4.6605	5.2169	5.9198	6.4412	6.9588	8.1550
18 hr	1080	4.6353	5.6548	6.3298	6.3144	7.8154	8.4434	9.8947
12 hr	720	6.1125	7.4569	8.3470	9.4716	10.3060	11.1342	13.0479
8 hr	480	7.7934	9.5075	10.6424	12.0763	13.1401	14.1960	16.6361
6 hr	360	9.3215	11.3717	12.7291	14.4443	15.7166	16.9796	19.8981
5 hr	300	10.4523	12.7512	14.2733	16.1965	17.6232	19.0394	22.3120
4 hr	240	11.9193	14.5409	16.2766	18.4697	20.0967	21.7116	25.4435
3 hr	180	14.0587	17.1508	19.1981	21.7848	23.7038	25.6086	30.0103
2 hr	120	17.8790	21.8113	24.4149	27.7046	30.1450	32.5674	38.1652
1 hr	60	27.5061	33.5559	37.5614	42.6224	46.3769	50.1037	58.7157

La ecuación de intensidad válida para la cuenca resulta:

$$I = \frac{340.8327 \cdot T^{0.134513}}{t^{0.61885}}$$

Donde:

I = intensidad de precipitación
(mm/hr)

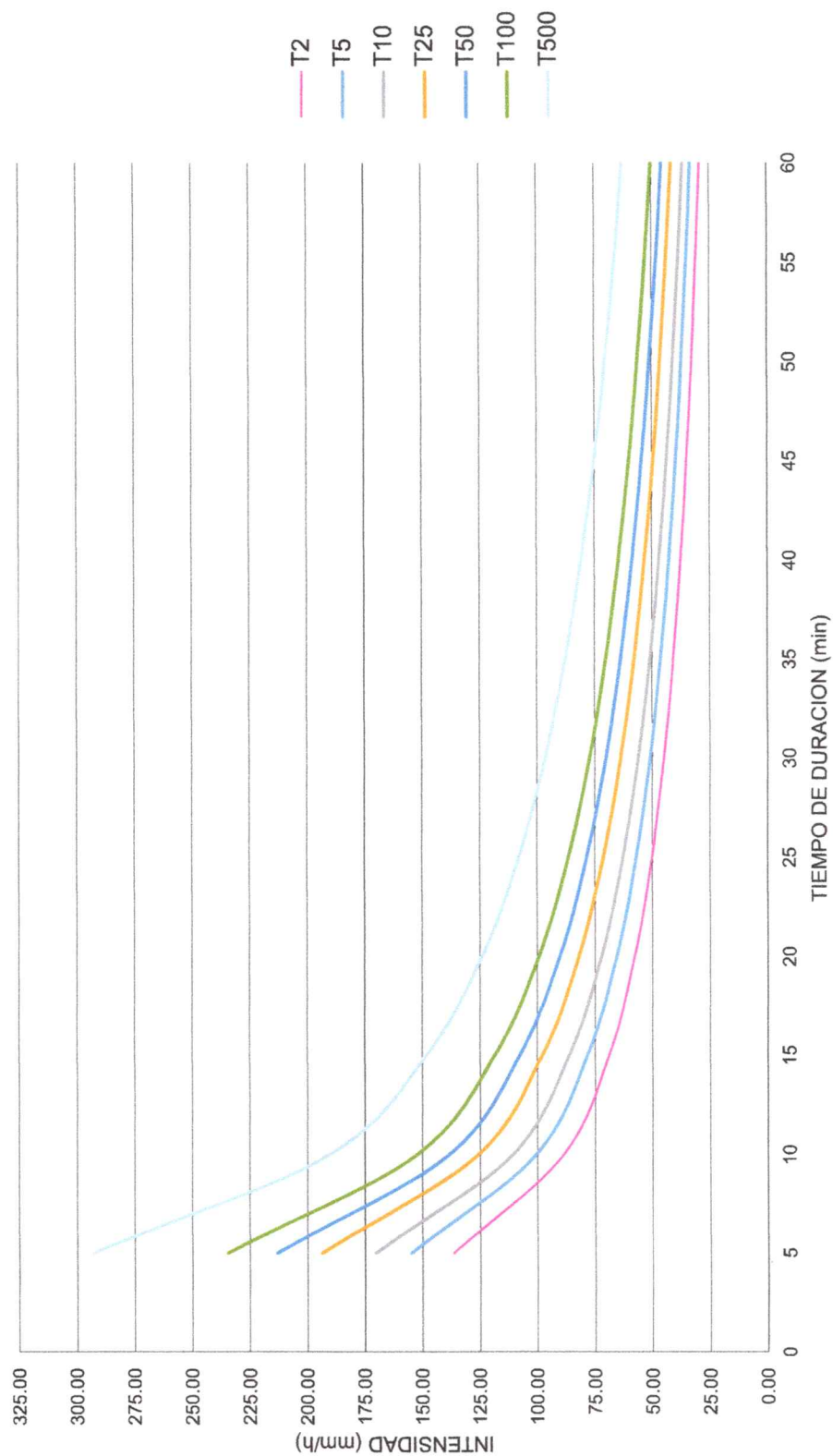
T = Periodo de Retorno (años)

t = Tiempo de duración de precipitación (min)

Tabla 13. Tabla de intensidades - Tiempo de duración.

Tabla de intensidades - Tiempo de duración												
Frecuencia años	Duración en minutos											
	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60
2	138.19	89.99	70.02	58.60	51.04	45.60	41.45	38.16	35.48	33.24	31.33	29.69
5	156.32	101.79	79.20	66.29	57.74	51.58	46.88	43.16	40.13	37.60	35.44	33.59
10	171.59	111.74	86.94	72.76	63.38	56.62	51.46	47.38	44.05	41.27	38.91	36.87
25	194.10	126.40	98.35	82.31	71.69	64.04	58.22	53.60	49.83	46.68	44.01	41.70
50	213.07	138.75	107.96	90.35	78.70	70.30	63.90	58.84	54.70	51.25	48.31	45.78
100	233.89	152.31	118.51	99.18	86.39	77.17	70.15	64.59	60.05	56.26	53.03	50.25
500	290.42	189.12	147.15	123.15	107.27	95.82	87.11	80.20	74.56	69.85	65.85	62.40

Gráfico 1. CURVAS IDF



Se realizará el Histograma de diseño, cuyos resultados se utilizarán directamente en el programa Hec-Hms 4.2. Por lo que se determinara la distribución temporal con base a las intensidades de precipitación, a lo largo de la duración de la misma. Las intensidades de duración son las obtenidas como resultado de las curvas IDF.

Se debe establecer el tiempo de duración de la tormenta de diseño que será el mismo tiempo de concentración de la cuenca en estudio, para ello se observan los resultados obtenidos de los parámetros generados, que para el caso del área de drenaje en la Abscisa K0+000 - K0+170 (Calle 6) , dio como valor de tiempo de concentración 11.2 min, que será llevado para este caso a 15 minutos.

El intervalo que se adoptara para la tormenta es de 1 min. La metodología para determinarlos valores resultantes que se implementaran al momento de simular la tormenta se denomina Bloques Alternos. Los resultados se resumen en la siguiente tabla para un tiempo de retorno de 25 años.

Tabla 14. Hietograma Para $T_r=25$ años (Método Bloques Alternos)

HIETOGRAMA PARA PERIODO RETORNO 5 AÑOS						
Duración de la tormenta (h)		0.25	15 min			
Intensidad de lluvia (mm/h)		98.35				
Precipitación en 24 horas (mm)		24.59				
Intervalos de tiempo (min)		1				
Instante (min)	Intensidad (mm/h)	Precipitación acumulada (mm)	Precipitación (mm)	Intensidad parcial (mm/h)	Precipitación Alternada (mm)	Int. Parcial Alternada (mm)
1	525.51	8.76	8.76	525.51	0.64	38.29
2	342.21	11.41	2.65	158.90	0.70	41.97
3	266.27	13.31	1.91	114.38	0.78	46.76
4	222.84	14.86	1.54	92.57	0.89	53.30
5	194.10	16.18	1.32	79.13	1.05	62.96
6	173.39	17.34	1.16	69.84	1.32	79.13
7	157.61	18.39	1.05	62.96	1.91	114.38
8	145.11	19.35	0.96	57.61	8.76	525.51
9	134.91	20.24	0.89	53.30	2.65	158.90
10	126.40	21.07	0.83	49.75	1.54	92.57
11	119.16	21.85	0.78	46.76	1.16	69.84
12	112.91	22.58	0.74	44.20	0.96	57.61
13	107.45	23.28	0.70	41.97	0.83	49.75
14	102.64	23.95	0.67	40.02	0.74	44.20
15	98.35	24.59	0.64	38.29	0.67	40.02

De ellos obtenemos las siguientes gráficas.

Gráfico 2. Hietograma de precipitación $Tr=25$ años.

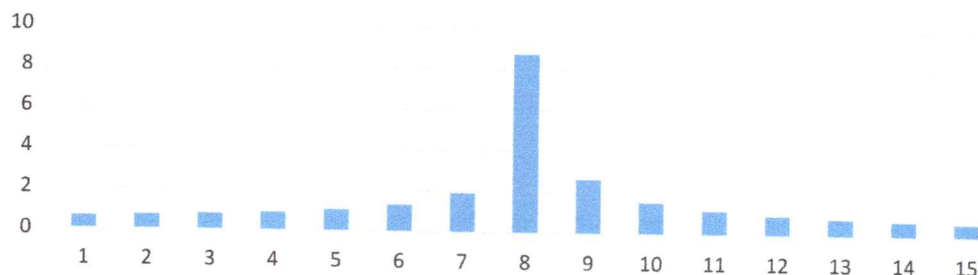
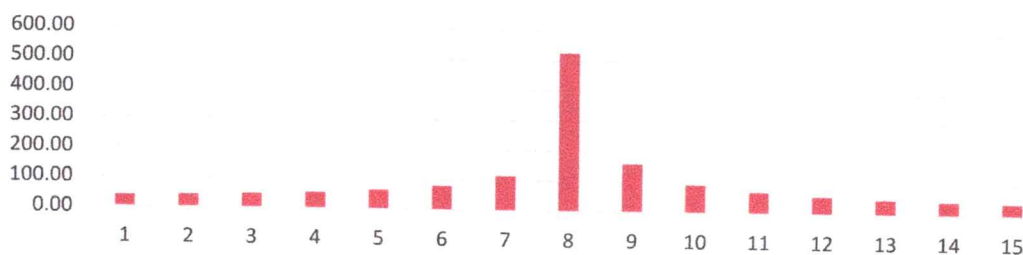


Gráfico 3. Distribución de Intensidades $Tr=25$ años.



Se adoptará una duración para la tormenta en las áreas de drenaje 15 minutos. Los resultados para los tiempos de retorno de 5, 25, 50 y 100 años se pueden observar en la siguiente tabla.

Tabla 15. Tormenta de diseño de 15 minutos para Tiempos de retorno de 5, 25, 50 y 100 años.

Instante (min)	Prec. Parcial Alternada (mm)			
	Tr= 5 años.	Tr= 25 años.	Tr= 50 años	Tr= 100 años
1	0.51	0.64	0.70	0.77
2	0.56	0.70	0.77	0.84
3	0.63	0.78	0.86	0.94
4	0.72	0.89	0.98	1.07
5	0.85	1.05	1.15	1.26
6	1.06	1.32	1.45	1.59
7	1.54	1.91	2.09	2.30
8	7.05	8.76	9.61	10.55
9	2.13	2.65	2.91	3.19
10	1.24	1.54	1.69	1.86
11	0.94	1.16	1.28	1.40
12	0.77	0.96	1.05	1.16
13	0.67	0.83	0.91	1.00
14	0.59	0.74	0.81	0.89
15	0.54	0.67	0.73	0.80

10. DETERMINACION DE CAUDAL DE DISEÑO MEDIANTE HEC-HMS 4.2.

Para simular la respuesta hidrológica de una cuenca, HEC-HMS utiliza los siguientes componentes: modelos de cuenca, modelos meteorológicos, especificaciones de control y datos de entrada. Una simulación calcula la transformación de lluvia a caudal en el modelo de la cuenca, dada la entrada del modelo meteorológico. Las especificaciones de control definen el periodo de tiempo durante el cual se realizará la simulación y el intervalo de tiempo a utilizar. Los componentes de los datos de entrada, tales como las series temporales, tablas y datos por celdas son requeridos como parámetros o condiciones de contorno tanto en el modelo de la cuenca como en el meteorológico.

Podemos observar los resultados de modelación para el caso del área de drenaje Abscisa K0+000 - K0+170 (Calle 6).

Ilustración 13. Resumen de simulación. Abscisa K0+000 - K0+170 (Calle 6). Fuente: HEC HMS 4.2

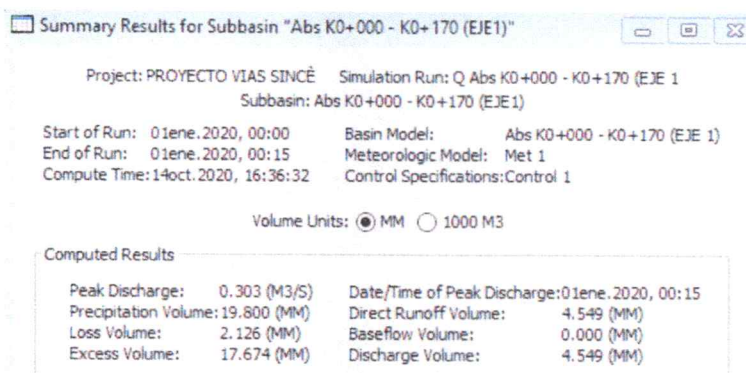
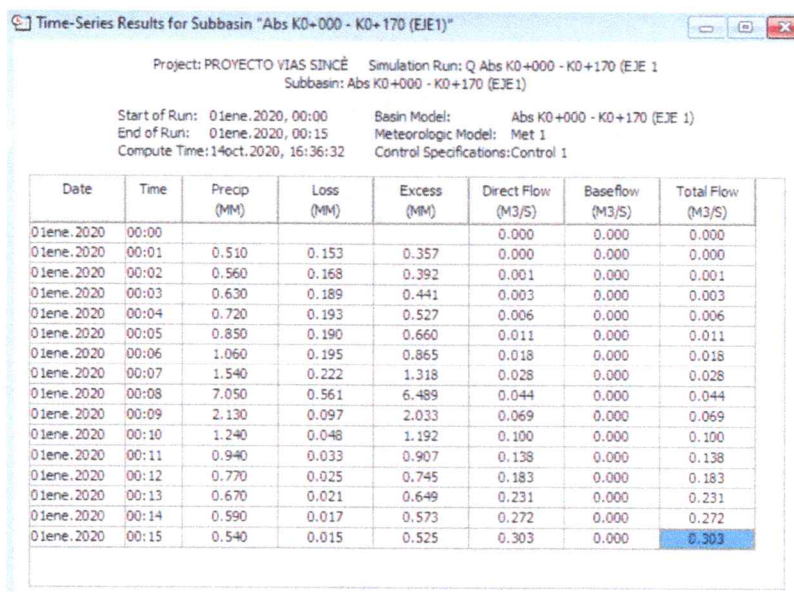


Ilustración 14. Resultados de simulación con serie temporal de 15 minutos en intervalos de 1 minuto. Fuente: HEC HMS 4.2



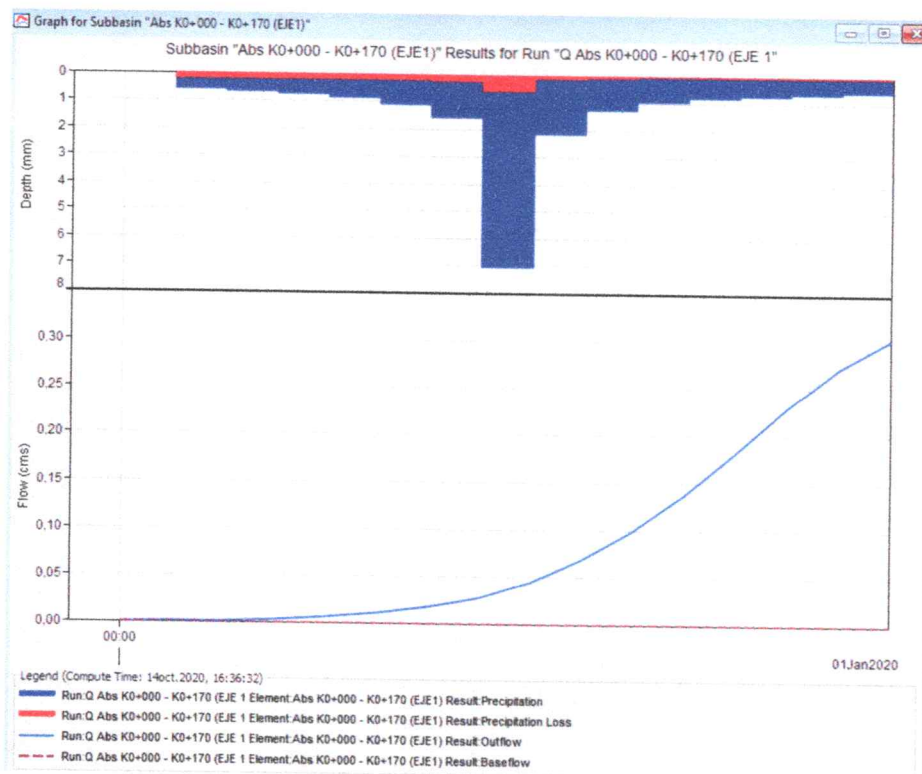
Time-Series Results for Subbasin "Abs K0+000 - K0+170 (EJE1)"

Project: PROYECTO VIAS SINCE Simulation Run: Q Abs K0+000 - K0+170 (EJE 1)
Subbasin: Abs K0+000 - K0+170 (EJE1)

Start of Run: 01ene.2020, 00:00 Basin Model: Abs K0+000 - K0+170 (EJE 1)
End of Run: 01ene.2020, 00:15 Meteorologic Model: Met 1
Compute Time: 14oct.2020, 16:36:32 Control Specifications: Control 1

Date	Time	Precip (MM)	Loss (MM)	Excess (MM)	Direct Flow (M3/S)	Baseflow (M3/S)	Total Flow (M3/S)
01ene.2020	00:00				0.000	0.000	0.000
01ene.2020	00:01	0.510	0.153	0.357	0.000	0.000	0.000
01ene.2020	00:02	0.560	0.168	0.392	0.001	0.000	0.001
01ene.2020	00:03	0.630	0.189	0.441	0.003	0.000	0.003
01ene.2020	00:04	0.720	0.193	0.527	0.006	0.000	0.006
01ene.2020	00:05	0.850	0.190	0.660	0.011	0.000	0.011
01ene.2020	00:06	1.060	0.195	0.865	0.018	0.000	0.018
01ene.2020	00:07	1.540	0.222	1.318	0.028	0.000	0.028
01ene.2020	00:08	7.050	0.561	6.489	0.044	0.000	0.044
01ene.2020	00:09	2.130	0.097	2.033	0.069	0.000	0.069
01ene.2020	00:10	1.240	0.048	1.192	0.100	0.000	0.100
01ene.2020	00:11	0.940	0.033	0.907	0.138	0.000	0.138
01ene.2020	00:12	0.770	0.025	0.745	0.183	0.000	0.183
01ene.2020	00:13	0.670	0.021	0.649	0.231	0.000	0.231
01ene.2020	00:14	0.590	0.017	0.573	0.272	0.000	0.272
01ene.2020	00:15	0.540	0.015	0.525	0.303	0.000	0.303

Ilustración 15. Hietograma e Hidrograma Unitario. Fuente: HEC HMS 4.2



Como resultado tenemos un Caudal de diseño de **0.303 m³/s** para un **tr= 25 años**. Los Resultados de simulación para las demás áreas de drenaje se pueden observar en el anexo 3. En la siguiente tabla se resumen los caudales para cada área de drenaje partiendo desde diferentes tiempos de retorno.

Tabla 16. Resultados de caudales.

AREA DRENAJE	CAUDAL(M3/S) TR=5 AÑOS	CAUDAL(M3/S) TR=25 AÑOS	CAUDAL(M3/S) TR=50 AÑOS	CAUDAL(M3/S) TR=100 AÑOS
Abscisa K0+000 - K0+170 (Calle 6)	0.303	0.384	0.425	
Abscisa K0+000 - K0+040(Carrera 1A)	0.213	0.27	0.299	
Abscisa K0+000 - K0+220 (Carrera 1B)	0.669	0.848	0.938	
Abscisa K0+230- K0+637 (Calle 6)	0.344	0.437	0.483	
BOX COULVERT PROPUESTO		1.454	1.61	1.782
ALCANTARILLA TRANSVERSAL K0+210 (EJE 2)		0.848	0.938	1.037

11. DETERMINACION DE SECCIONES HIDRAULICAS MEDIANTE HEC RAS 5.0.

Para la simulación hidráulica del tramo de estudio se adopta la opción de análisis de flujo permanente debido a que no se cuenta con una estación limnimétrica, ya que no se es necesaria porque el flujo no es constante sobre el cauce, lo cual permita generar series de tiempo, confiables caudales o niveles de agua. El análisis de flujo permanente es apropiado para el cálculo de los perfiles para flujo gradualmente variado. El modelo HEC-permite manejar tanto un tramo del río como también red de tributarios. El análisis de flujo permanente tiene posibilidad de simular perfiles de agua para regímenes de flujo subcrítico, supercrítico y combinado. Procedimiento de cálculo se basa en la solución ecuación de la energía, a través de un proceso iterativo conocido como el método del paso estándar. Pérdidas de energía por fricción se calculan por medio la ecuación de Manning y las pérdidas debido a contracciones y expansiones se calculan multiplicando coeficiente por el cambio en la carga de velocidad. Situaciones donde el perfil de agua es rápidamente variado (salto hidráulico, presencia de puentes, de ríos.) se utiliza la ecuación del Momento.

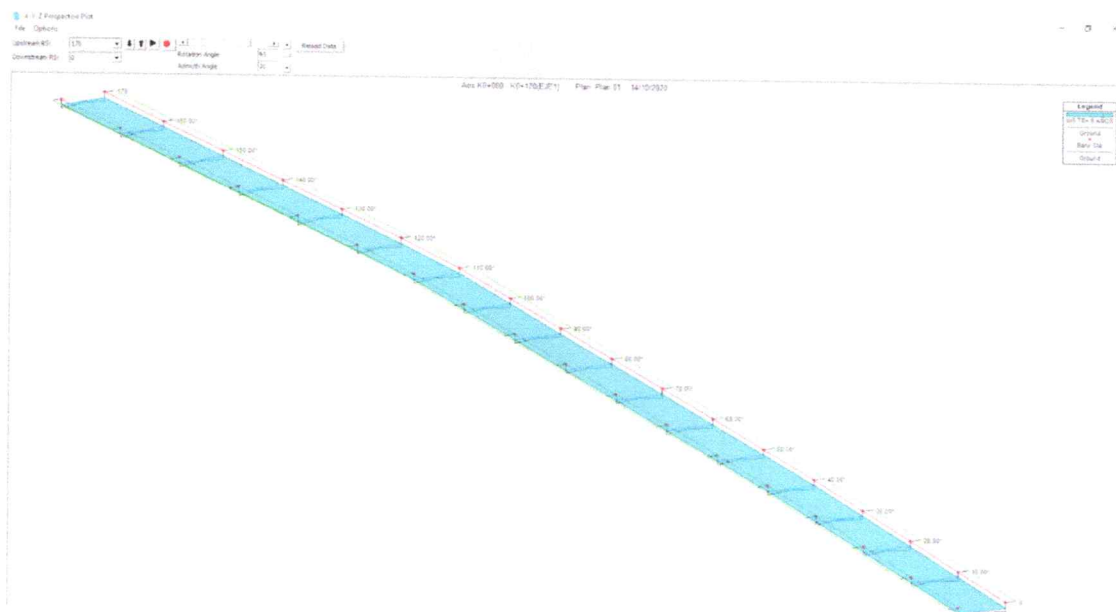
De acuerdo a las características del proyecto se trabaja con un n de Manning de 0.014 para la estructura en concreto.

De acuerdo con la topografía y las condiciones de flujo se hacen las iteraciones necesarias en dimensiones para suplir la demanda hídrica generada por el cauce y sus tributarios.

Para la determinación de la altura de bordillo se modela los cauces con el programa HEC RAS 5.0 utilizando un n de Manning o valor de rugosidad de 0.014, Teniendo en cuenta los parámetros de la vía en estudio, ya que el perfil del bombeo se da en los dos sentidos Transversales a la vía (pendiente 2%). Para el drenaje de la vía se necesita establecer los andenes, los cuales forman un sistema de canales. Se tomó a consideración la sección actual de la calzada y se implementó la pendiente media de la vía según el diseño geométrico. Las estructuras a considerar van desde alcantarillas de anchos entre 0.50m y 1.0m y alturas entre 0.40m y 0.50m, hasta propuestas de box culvert de dimensiones 1.50mx1.0m. Se plantea la necesidad de ubicar una alcantarilla transversal y cajas de inspección en terminaciones de vías para no generar afectaciones en los habitantes aguas abajo.

A manera de ejemplo podemos observar los resultados de la modelación para el tramo vial de la Abscisa K0+000 - K0+170 (Calle 6).

Ilustración 16. Perspectiva Modelación Hidráulica Abscisa K0+000 - K0+170 (Calle 6). Fuente: HEC RAS 5.0



Además de ellos se puede visualizar el nivel del agua en las distintas secciones Hidráulicas, garantizando que están suplan la demanda de caudal.

Ilustración 17. Sección aguas arriba; nivel de agua resultado de la modelación Hidráulica Abscisa K0+000 - K0+170 (Calle 6) Fuente: HEC RAS 5.0.

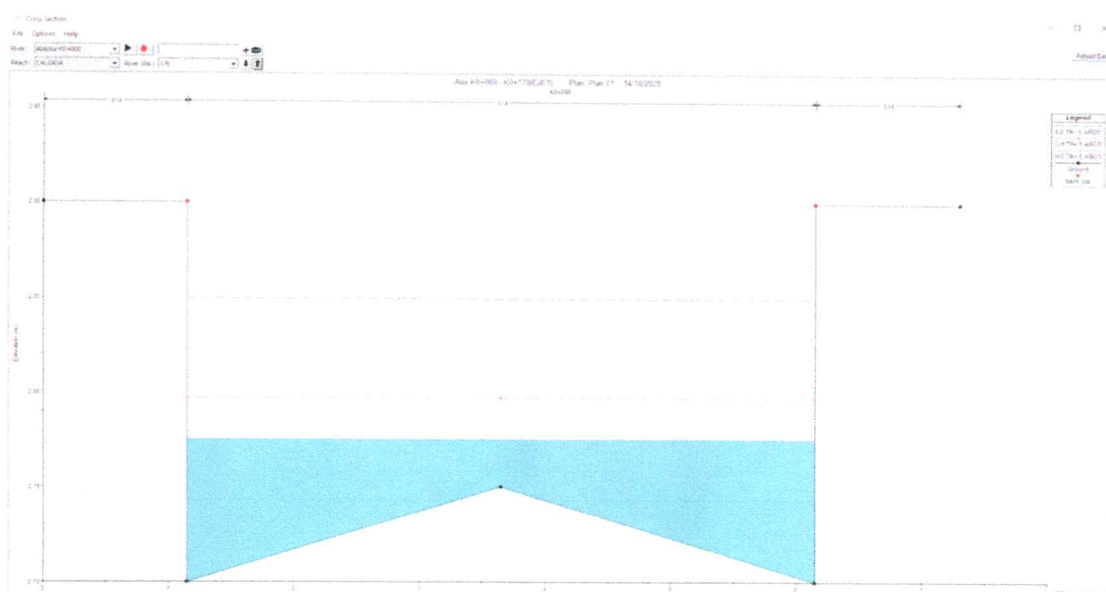
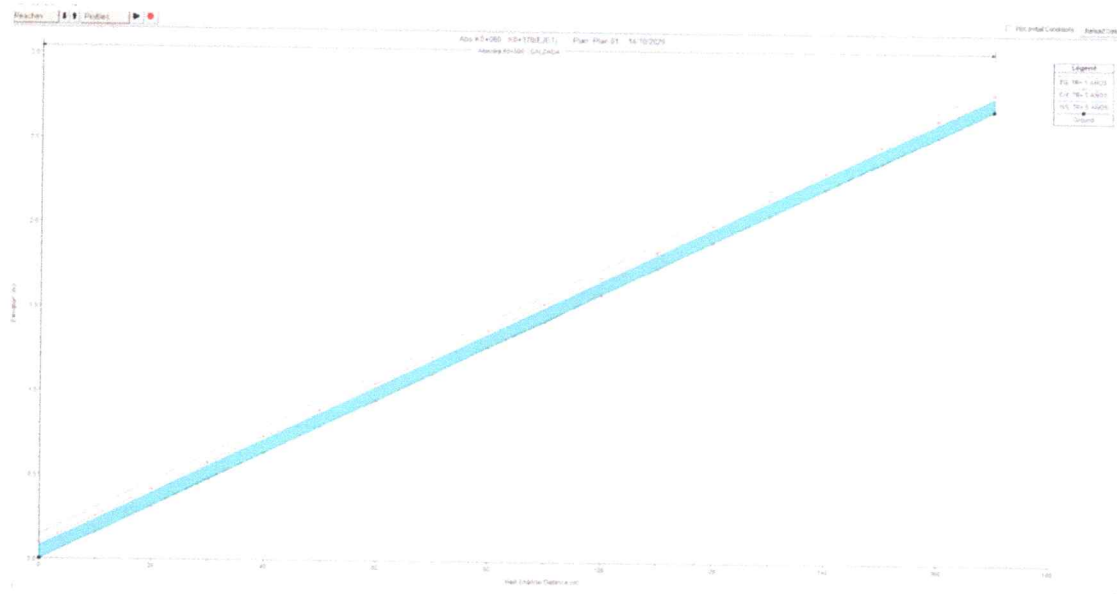
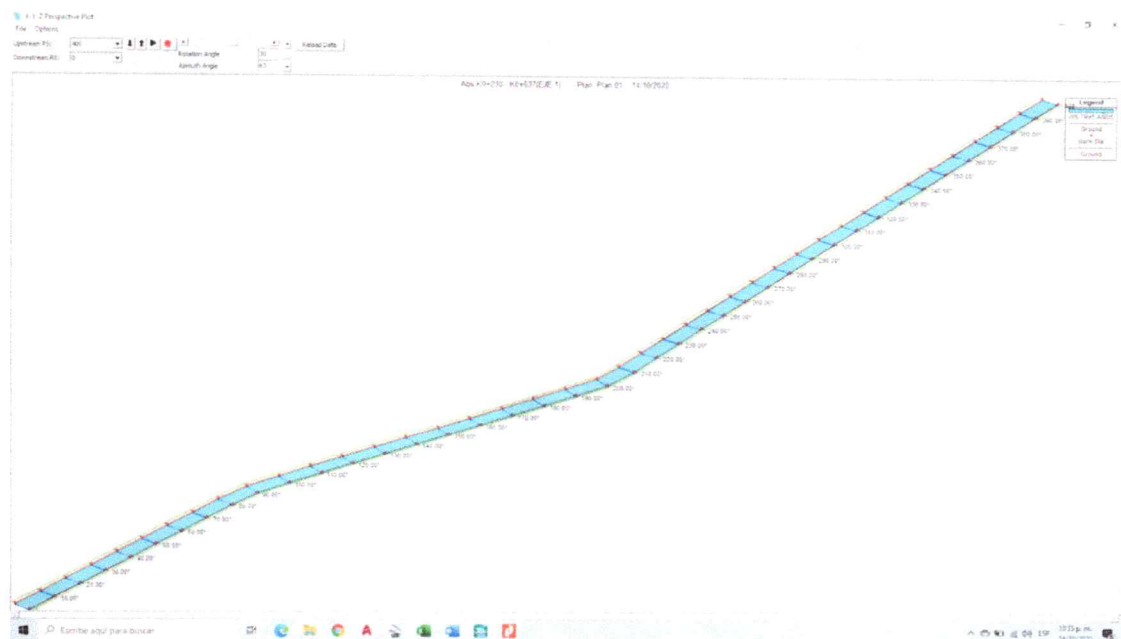


Ilustración 18. Perfiles láminas de agua Abscisa K0+000 - K0+170 (Calle 6) Fuente: HEC RAS 5.0.



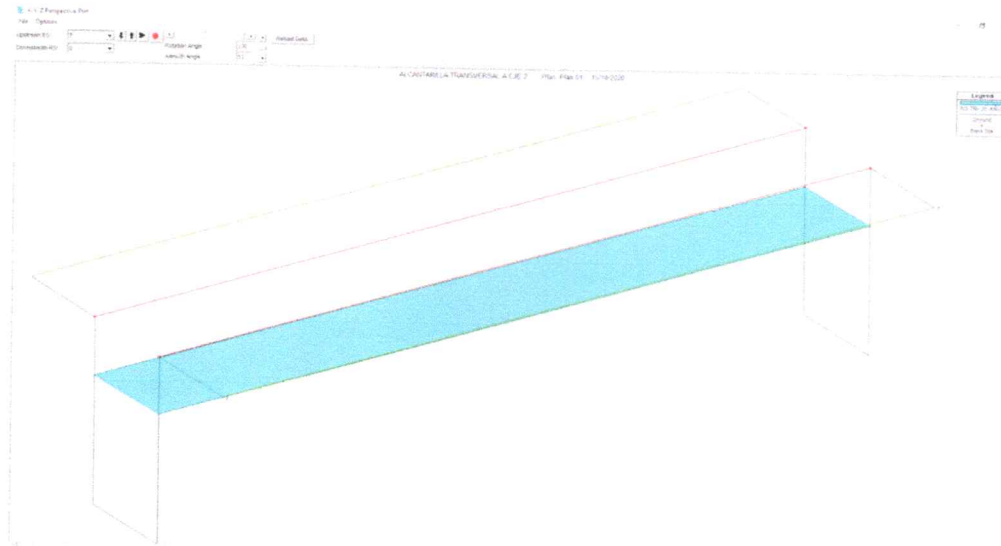
Podemos observar en perspectiva la modelación de la sección en la Abscisa K0+230- K0+637 (Calle 6).

Ilustración 19. Perspectiva Modelación Hidráulica Abscisa K0+230- K0+637 (Calle 6). Fuente: HEC RAS 5.0



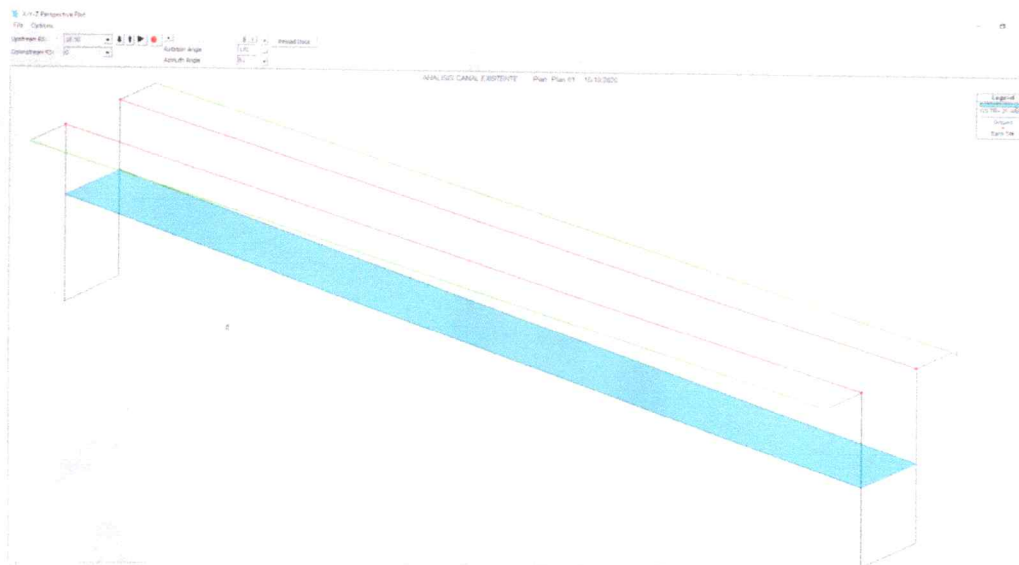
Se visualiza los resultados en perspectiva de la sección en la ALCANTARILLA TRANSVERSAL K0+210 (EJE 2) de ancho de 1.0m y altura 0.50m.

Ilustración 20. Perspectiva Modelación Hidráulica ALCANTARILLA TRANSVERSAL K0+210 (EJE 2). Fuente: HEC RAS 5.0



Se puede observar los resultados en perspectiva del box culvert propuesto de ancho de 1.5m y altura 1.0 m.

Ilustración 21. Perspectiva Modelación Hidráulica BOX COULVERT PROPUESTO. Fuente: HEC RAS 5.0.



Los resultados de la Modelación Hidráulica para las demás áreas de drenaje pueden visualizarse en el anexo 4.

Los resultados de las alturas de las láminas de agua, régimen y velocidades del flujo para las secciones hidráulicas de los distintos tramos se pueden observar en las siguientes tablas.

Tabla 17. Resumen de modelación Hidráulica para Abscisa K0+000 - K0+170 (Calle 6). Fuente: HEC RAS 5.0.

TR= 5 AÑOS												
River Sta	Profile	Q Total l(m3/s)	Cota inferior del cauce en la sección (m)	Altura lámina de agua(m)	Cota del calado crítico (m)	Altura de energía (m)	Pendiente de la línea de energía (m/m)	Velocidad de agua en el cauce (m/s)	Superficie mojada en la sección (m2)	Ancho de la superficie libre de flujo en la sección (m)	Numero de Froude	Altura mojada en la sección (m)
170	TR=5 AÑOS	0.3	2.7	2.78	2.8	2.85	0.016111	1.21	0.25	5	1.72	0.08
160	TR=5 AÑOS	0.3	2.54	2.62	2.64	2.69	0.015464	1.19	0.25	5	1.69	0.08
150	TR=5 AÑOS	0.3	2.38	2.46	2.48	2.53	0.015802	1.2	0.25	5	1.71	0.08
140	TR=5 AÑOS	0.3	2.22	2.3	2.32	2.37	0.015795	1.2	0.25	5	1.71	0.08
130	TR=5 AÑOS	0.3	2.07	2.14	2.16	2.21	0.015998	1.21	0.25	5	1.72	0.07
120	TR=5 AÑOS	0.3	1.91	1.98	2	2.06	0.015847	1.2	0.25	5	1.71	0.07
110	TR=5 AÑOS	0.3	1.75	1.82	1.84	1.9	0.015847	1.2	0.25	5	1.71	0.07
100	TR=5 AÑOS	0.3	1.59	1.66	1.69	1.74	0.016118	1.21	0.25	5	1.72	0.07
90	TR=5 AÑOS	0.3	1.43	1.5	1.53	1.58	0.016118	1.21	0.25	5	1.72	0.07
80	TR=5 AÑOS	0.3	1.27	1.35	1.37	1.42	0.015938	1.2	0.25	5	1.72	0.08
70	TR=5 AÑOS	0.3	1.11	1.19	1.21	1.26	0.015938	1.2	0.25	5	1.72	0.08
60	TR=5 AÑOS	0.3	0.95	1.03	1.05	1.1	0.015938	1.2	0.25	5	1.72	0.08
50	TR=5 AÑOS	0.3	0.79	0.87	0.89	0.94	0.015938	1.2	0.25	5	1.72	0.08
40	TR=5 AÑOS	0.3	0.63	0.71	0.73	0.78	0.015938	1.2	0.25	5	1.72	0.08
30	TR=5 AÑOS	0.3	0.48	0.55	0.57	0.63	0.015938	1.2	0.25	5	1.72	0.07
20	TR=5 AÑOS	0.3	0.32	0.39	0.42	0.47	0.015938	1.2	0.25	5	1.72	0.07
10	TR=5 AÑOS	0.3	0.16	0.23	0.26	0.31	0.015938	1.2	0.25	5	1.72	0.07
0	TR=5 AÑOS	0.3	0	0.08	0.1	0.15	0.015938	1.2	0.25	5	1.72	0.08
TR= 25 AÑOS												
River Sta	Profile	Q Total l(m3/s)	Cota inferior del cauce en la sección (m)	Altura lámina de agua(m)	Cota del calado crítico (m)	Altura de energía (m)	Pendiente de la línea de energía (m/m)	Velocidad de agua en el cauce (m/s)	Superficie mojada en la sección (m2)	Ancho de la superficie libre de flujo en la sección (m)	Numero de Froude	Altura mojada en la sección (m)
170	TR=25 AÑOS	0.38	2.7	2.78	2.81	2.87	0.0161	1.33	0.29	5	1.76	0.08
160	TR=25 AÑOS	0.38	2.54	2.62	2.65	2.71	0.015343	1.31	0.29	5	1.72	0.08
150	TR=25 AÑOS	0.38	2.38	2.46	2.49	2.55	0.016078	1.33	0.29	5	1.76	0.08
140	TR=25 AÑOS	0.38	2.22	2.31	2.33	2.39	0.015324	1.31	0.29	5	1.72	0.09
130	TR=25 AÑOS	0.38	2.07	2.15	2.17	2.24	0.016078	1.33	0.29	5	1.76	0.08
120	TR=25 AÑOS	0.38	1.91	1.99	2.01	2.08	0.015868	1.32	0.29	5	1.75	0.08
110	TR=25 AÑOS	0.38	1.75	1.83	1.86	1.92	0.015868	1.32	0.29	5	1.75	0.08
100	TR=25 AÑOS	0.38	1.59	1.67	1.7	1.76	0.015489	1.31	0.29	5	1.73	0.08
90	TR=25 AÑOS	0.38	1.43	1.51	1.54	1.6	0.016013	1.32	0.29	5	1.76	0.08
80	TR=25 AÑOS	0.38	1.27	1.35	1.38	1.44	0.015643	1.32	0.29	5	1.74	0.08
70	TR=25 AÑOS	0.38	1.11	1.19	1.22	1.28	0.016075	1.33	0.29	5	1.76	0.08

60	TR=25 AÑOS	0.38	0.95	1.04	1.06	1.13	0.015864	1.32	0.29	5	1.75	0.09
50	TR=25 AÑOS	0.38	0.79	0.88	0.9	0.97	0.015864	1.32	0.29	5	1.75	0.09
40	TR=25 AÑOS	0.38	0.63	0.72	0.74	0.81	0.016199	1.33	0.29	5	1.77	0.09
30	TR=25 AÑOS	0.38	0.48	0.56	0.59	0.65	0.01607	1.33	0.29	5	1.76	0.08
20	TR=25 AÑOS	0.38	0.32	0.4	0.43	0.49	0.01607	1.33	0.29	5	1.76	0.08
10	TR=25 AÑOS	0.38	0.16	0.24	0.27	0.33	0.01607	1.33	0.29	5	1.76	0.08
0	TR=25 AÑOS	0.38	0	0.08	0.11	0.17	0.01607	1.33	0.29	5	1.76	0.08
TR= 50 AÑOS												
River Sta	Profile	Q Total l/(m3/s)	Cota inferior del cauce en la sección (m)	Altura lámina de agua(m)	Cota del calado crítico (m)	Altura de energía (m)	Pendiente de la línea de energía (m/m)	Velocidad de agua en el cauce (m/s)	Superficie mojada en la sección (m2)	Ancho de la superficie libre de flujo en la sección (m)	Numero de Froude	Altura mojada en la sección (m)
170	TR=50 AÑOS	0.42	2.7	2.79	2.82	2.88	0.016101	1.38	0.31	5	1.78	0.09
160	TR=50 AÑOS	0.42	2.54	2.63	2.66	2.72	0.015663	1.37	0.31	5	1.76	0.09
150	TR=50 AÑOS	0.42	2.38	2.47	2.5	2.57	0.016203	1.38	0.31	5	1.78	0.09
140	TR=50 AÑOS	0.42	2.22	2.31	2.34	2.41	0.015545	1.37	0.31	5	1.75	0.09
130	TR=50 AÑOS	0.42	2.07	2.15	2.18	2.25	0.016157	1.38	0.31	5	1.78	0.08
120	TR=50 AÑOS	0.42	1.91	1.99	2.02	2.09	0.015609	1.37	0.31	5	1.75	0.08
110	TR=50 AÑOS	0.42	1.75	1.83	1.86	1.93	0.015599	1.37	0.31	5	1.75	0.08
100	TR=50 AÑOS	0.42	1.59	1.67	1.7	1.77	0.015922	1.38	0.31	5	1.77	0.08
90	TR=50 AÑOS	0.42	1.43	1.52	1.54	1.61	0.015971	1.38	0.31	5	1.77	0.09
80	TR=50 AÑOS	0.42	1.27	1.36	1.39	1.45	0.015971	1.38	0.31	5	1.77	0.09
70	TR=50 AÑOS	0.42	1.11	1.2	1.23	1.3	0.015971	1.38	0.31	5	1.77	0.09
60	TR=50 AÑOS	0.42	0.95	1.04	1.07	1.14	0.015971	1.38	0.31	5	1.77	0.09
50	TR=50 AÑOS	0.42	0.79	0.88	0.91	0.98	0.015971	1.38	0.31	5	1.77	0.09
40	TR=50 AÑOS	0.42	0.63	0.72	0.75	0.82	0.015971	1.38	0.31	5	1.77	0.09
30	TR=50 AÑOS	0.42	0.48	0.56	0.59	0.66	0.015971	1.38	0.31	5	1.77	0.08
20	TR=50 AÑOS	0.42	0.32	0.4	0.43	0.5	0.015971	1.38	0.31	5	1.77	0.08
10	TR=50 AÑOS	0.42	0.16	0.25	0.27	0.34	0.015971	1.38	0.31	5	1.77	0.09
0	TR=50 AÑOS	0.42	0	0.09	0.12	0.18	0.015971	1.38	0.31	5	1.77	0.09

Tabla 18. Resumen de modelación Hidráulica para Abscisa K0+000 - K0+040 (Carrera 1A). Fuente: HEC RAS 5.0.

River Sta	Profile	Q Total (m ³ /s)	Cota inferior del cauce en la sección (m)	Altura lámina de agua (m)	Cota del calado crítico (m)	Altura de energía (m)	Pendiente de la línea de energía (m/m)	Velocidad de agua en el cauce (m/s)	Superficie mojada en la sección (m ²)	Ancho de la superficie libre de flujo en la sección (m)	Numero de Froude	Altura mojada en la sección (m)
TR= 25 AÑOS												
40	TR=5 AÑOS	0.21	2.2	2.25	2.28	2.37	0.055367	1.53	0.14	5	2.91	0.05
30	TR=5 AÑOS	0.21	1.65	1.7	1.73	1.82	0.054404	1.52	0.14	5	2.89	0.05
20	TR=5 AÑOS	0.21	1.1	1.15	1.18	1.27	0.055486	1.53	0.14	5	2.92	0.05
10	TR=5 AÑOS	0.21	0.55	0.6	0.63	0.72	0.05493	1.52	0.14	5	2.9	0.05
0	TR=5 AÑOS	0.21	0	0.05	0.08	0.17	0.055206	1.52	0.14	5	2.91	0.05
TR= 50 AÑOS												
River Sta	Profile	Q Total (m ³ /s)	Cota inferior del cauce en la sección (m)	Altura lámina de agua (m)	Cota del calado crítico (m)	Altura de energía (m)	Pendiente de la línea de energía (m/m)	Velocidad de agua en el cauce (m/s)	Superficie mojada en la sección (m ²)	Ancho de la superficie libre de flujo en la sección (m)	Numero de Froude	Altura mojada en la sección (m)
40	TR=25 AÑOS	0.27	2.2	2.26	2.29	2.4	0.055344	1.68	0.16	5	2.98	0.06
30	TR=25 AÑOS	0.27	1.65	1.71	1.74	1.85	0.054822	1.67	0.16	5	2.97	0.06
20	TR=25 AÑOS	0.27	1.1	1.16	1.19	1.3	0.054822	1.67	0.16	5	2.97	0.06
10	TR=25 AÑOS	0.27	0.55	0.61	0.64	0.75	0.055434	1.68	0.16	5	2.98	0.06
0	TR=25 AÑOS	0.27	0	0.06	0.09	0.2	0.054568	1.67	0.16	5	2.96	0.06
TR= 50 AÑOS												
River Sta	Profile	Q Total (m ³ /s)	Cota inferior del cauce en la sección (m)	Altura lámina de agua (m)	Cota del calado crítico (m)	Altura de energía (m)	Pendiente de la línea de energía (m/m)	Velocidad de agua en el cauce (m/s)	Superficie mojada en la sección (m ²)	Ancho de la superficie libre de flujo en la sección (m)	Numero de Froude	Altura mojada en la sección (m)
40	TR=50 AÑOS	0.3	2.2	2.26	2.3	2.41	0.055339	1.75	0.17	5	3.01	0.06
30	TR=50 AÑOS	0.3	1.65	1.71	1.75	1.86	0.054883	1.74	0.17	5	3	0.06
20	TR=50 AÑOS	0.3	1.1	1.16	1.2	1.31	0.054883	1.74	0.17	5	3	0.06
10	TR=50 AÑOS	0.3	0.55	0.61	0.65	0.76	0.055074	1.74	0.17	5	3	0.06
0	TR=50 AÑOS	0.3	0	0.06	0.1	0.21	0.05516	1.74	0.17	5	3.01	0.06

Tabla 19. Resumen de modelación Hidráulica para Abscisa K0+000 - K0+220 (Carrera 1B). Fuente: HEC RAS 5.0.

TR= 5 AÑOS												
River Sta	Profile	Q Total(m3/s)	Cota inferior del cauce en la sección (m)	Altura lámina de agua(m)	Cota del calado critico (m)	Altura de energía (m)	Pendiente de la línea de energía (m/m)	Velocidad de agua en el cauce (m/s)	Superficie mojada en la sección (m2)	Ancho de la superficie libre de flujo en la sección (m)	Numero de Froude	Altura mojada en la sección (m)
220	TR=5 AÑOS	0.67	9.2	9.29	9.35	9.53	0.041657	2.2	0.3	5	2.85	0.09
210	TR=5 AÑOS	0.67	8.78	8.87	8.93	9.12	0.041756	2.2	0.3	5	2.86	0.09
200	TR=5 AÑOS	0.67	8.36	8.45	8.51	8.7	0.041797	2.2	0.3	5	2.86	0.09
190	TR=5 AÑOS	0.67	7.94	8.03	8.09	8.28	0.042212	2.21	0.3	5	2.87	0.09
180	TR=5 AÑOS	0.67	7.53	7.61	7.67	7.86	0.041798	2.2	0.3	5	2.86	0.08
170	TR=5 AÑOS	0.67	7.11	7.19	7.26	7.44	0.042151	2.21	0.3	5	2.87	0.08
160	TR=5 AÑOS	0.67	6.69	6.78	6.84	7.02	0.041798	2.2	0.3	5	2.86	0.09
150	TR=5 AÑOS	0.67	6.27	6.36	6.42	6.61	0.041799	2.2	0.3	5	2.86	0.09
140	TR=5 AÑOS	0.67	5.85	5.94	6	6.19	0.041859	2.21	0.3	5	2.86	0.09
130	TR=5 AÑOS	0.67	5.44	5.52	5.58	5.77	0.042072	2.21	0.3	5	2.87	0.08
120	TR=5 AÑOS	0.67	5.02	5.1	5.17	5.35	0.042072	2.21	0.3	5	2.87	0.08
110	TR=5 AÑOS	0.67	4.6	4.69	4.75	4.93	0.042072	2.21	0.3	5	2.87	0.09
100	TR=5 AÑOS	0.67	4.18	4.27	4.33	4.52	0.042016	2.21	0.3	5	2.86	0.09
90	TR=5 AÑOS	0.67	3.76	3.85	3.91	4.1	0.041666	2.2	0.3	5	2.85	0.09
80	TR=5 AÑOS	0.67	3.34	3.43	3.49	3.68	0.042235	2.21	0.3	5	2.87	0.09
70	TR=5 AÑOS	0.67	2.93	3.01	3.07	3.26	0.041808	2.2	0.3	5	2.86	0.08
60	TR=5 AÑOS	0.67	2.51	2.59	2.66	2.84	0.041808	2.2	0.3	5	2.86	0.08
50	TR=5 AÑOS	0.67	2.09	2.18	2.24	2.42	0.041565	2.2	0.3	5	2.85	0.09
40	TR=5 AÑOS	0.67	1.67	1.76	1.82	2.01	0.042131	2.21	0.3	5	2.87	0.09
30	TR=5 AÑOS	0.67	1.25	1.34	1.4	1.59	0.041794	2.2	0.3	5	2.86	0.09
20	TR=5 AÑOS	0.67	0.84	0.92	0.98	1.17	0.041794	2.2	0.3	5	2.86	0.08
10	TR=5 AÑOS	0.67	0.42	0.5	0.57	0.75	0.041852	2.21	0.3	5	2.86	0.08
0	TR=5 AÑOS	0.67	0	0.09	0.15	0.33	0.041852	2.21	0.3	5	2.86	0.09
TR= 25 AÑOS												
River Sta	Profile	Q Total l(m3/s)	Cota inferior del cauce en la sección (m)	Altura lámina de agua(m)	Cota del calado critico (m)	Altura de energía (m)	Pendiente de la línea de energía (m/m)	Velocidad de agua en el cauce (m/s)	Superficie mojada en la sección (m2)	Ancho de la superficie libre de flujo en la sección (m)	Numero de Froude	Altura mojada en la sección (m)
220	TR=25 AÑOS	0.85	9.2	9.3	9.37	9.59	0.041646	2.42	0.35	5	2.92	0.1
210	TR=25 AÑOS	0.85	8.78	8.88	8.95	9.18	0.041654	2.42	0.35	5	2.92	0.1
200	TR=25 AÑOS	0.85	8.36	8.46	8.53	8.76	0.042072	2.43	0.35	5	2.93	0.1
190	TR=25 AÑOS	0.85	7.94	8.04	8.11	8.34	0.041918	2.42	0.35	5	2.92	0.1
180	TR=25 AÑOS	0.85	7.53	7.62	7.69	7.92	0.041918	2.42	0.35	5	2.92	0.09
170	TR=25 AÑOS	0.85	7.11	7.2	7.28	7.5	0.041922	2.42	0.35	5	2.92	0.09

160	TR=25 AÑOS	0.85	6.69	6.79	6.86	7.08	0.041619	2.42	0.35	5	2.91	0.1
150	TR=25 AÑOS	0.85	6.27	6.37	6.44	6.67	0.041831	2.42	0.35	5	2.92	0.1
140	TR=25 AÑOS	0.85	5.85	5.95	6.02	6.25	0.041834	2.42	0.35	5	2.92	0.1
130	TR=25 AÑOS	0.85	5.44	5.53	5.6	5.83	0.042184	2.43	0.35	5	2.93	0.09
120	TR=25 AÑOS	0.85	5.02	5.11	5.19	5.41	0.041828	2.42	0.35	5	2.92	0.09
110	TR=25 AÑOS	0.85	4.6	4.7	4.77	4.99	0.041827	2.42	0.35	5	2.92	0.1
100	TR=25 AÑOS	0.85	4.18	4.28	4.35	4.58	0.041892	2.42	0.35	5	2.92	0.1
90	TR=25 AÑOS	0.85	3.76	3.86	3.93	4.16	0.041589	2.42	0.35	5	2.91	0.1
80	TR=25 AÑOS	0.85	3.34	3.44	3.51	3.74	0.04182	2.43	0.35	5	2.93	0.09
70	TR=25 AÑOS	0.85	2.93	3.02	3.09	3.32	0.041808	2.42	0.35	5	2.92	0.09
60	TR=25 AÑOS	0.85	2.51	2.6	2.68	2.9	0.041808	2.42	0.35	5	2.92	0.09
50	TR=25 AÑOS	0.85	2.09	2.19	2.26	2.48	0.041594	2.42	0.35	5	2.91	0.1
40	TR=25 AÑOS	0.85	1.67	1.77	1.84	2.07	0.041808	2.42	0.35	5	2.92	0.1
30	TR=25 AÑOS	0.85	1.25	1.35	1.42	1.65	0.041841	2.42	0.35	5	2.92	0.1
20	TR=25 AÑOS	0.85	0.84	0.93	1	1.23	0.042104	2.43	0.35	5	2.93	0.09
10	TR=25 AÑOS	0.85	0.42	0.51	0.59	0.81	0.042104	2.43	0.35	5	2.93	0.09
0	TR=25 AÑOS	0.85	0	0.1	0.17	0.39	0.041783	2.42	0.35	5	2.92	0.1
TR= 50 AÑOS												
River Sta	Profile	Q Total (m ³ /s)	Cota inferior del cauce en la sección (m)	Altura de lámina de agua(m)	Cota del calado crítico (m)	Altura de energía (m)	Pendiente de la línea de energía (m/m)	Velocidad de agua en el cauce (m/s)	Superficie mojada en la sección (m ²)	Ancho de la superficie libre de flujo en la sección (m)	Numero de Froude	Altura mojada en la sección (m)
220	TR=25 AÑOS	0.94	9.2	9.3	9.38	9.62	0.041641	2.52	0.37	5	2.94	0.1
210	TR=25 AÑOS	0.94	8.78	8.88	8.96	9.2	0.041621	2.52	0.37	5	2.94	0.1
200	TR=25 AÑOS	0.94	8.36	8.46	8.54	8.79	0.042053	2.52	0.37	5	2.95	0.1
190	TR=25 AÑOS	0.94	7.94	8.04	8.12	8.37	0.042106	2.52	0.37	5	2.96	0.1
180	TR=25 AÑOS	0.94	7.53	7.63	7.7	7.95	0.041792	2.52	0.37	5	2.95	0.1
170	TR=25 AÑOS	0.94	7.11	7.21	7.29	7.53	0.042079	2.52	0.37	5	2.96	0.1
160	TR=25 AÑOS	0.94	6.69	6.79	6.87	7.11	0.041792	2.52	0.37	5	2.95	0.1
150	TR=25 AÑOS	0.94	6.27	6.37	6.45	6.7	0.041792	2.52	0.37	5	2.95	0.1
140	TR=25 AÑOS	0.94	5.85	5.95	6.03	6.28	0.041853	2.52	0.37	5	2.95	0.1
130	TR=25 AÑOS	0.94	5.44	5.54	5.61	5.86	0.042129	2.52	0.37	5	2.96	0.1
120	TR=25 AÑOS	0.94	5.02	5.12	5.2	5.44	0.04182	2.52	0.37	5	2.95	0.1
110	TR=25 AÑOS	0.94	4.6	4.7	4.78	5.02	0.04182	2.52	0.37	5	2.95	0.1
100	TR=25 AÑOS	0.94	4.18	4.28	4.36	4.61	0.042107	2.52	0.37	5	2.96	0.1
90	TR=25 AÑOS	0.94	3.76	3.86	3.94	4.19	0.04182	2.52	0.37	5	2.95	0.1
80	TR=25 AÑOS	0.94	3.34	3.44	3.52	3.77	0.04182	2.52	0.37	5	2.95	0.1
70	TR=25 AÑOS	0.94	2.93	3.03	3.1	3.35	0.04182	2.52	0.37	5	2.95	0.1
60	TR=25 AÑOS	0.94	2.51	2.61	2.69	2.93	0.04182	2.52	0.37	5	2.95	0.1
50	TR=25 AÑOS	0.94	2.09	2.19	2.27	2.51	0.04182	2.52	0.37	5	2.95	0.1
40	TR=25 AÑOS	0.94	1.67	1.77	1.85	2.1	0.04182	2.52	0.37	5	2.95	0.1
30	TR=25 AÑOS	0.94	1.25	1.35	1.43	1.68	0.04182	2.52	0.37	5	2.95	0.1

20	TR=25 AÑOS	0.94	0.84	0.94	1.01	1.26	0.042087	2.52	0.37	5	2.96	0.1
10	TR=25 AÑOS	0.94	0.42	0.52	0.6	0.84	0.042087	2.52	0.37	5	2.96	0.1
0	TR=25 AÑOS	0.94	0	0.1	0.18	0.42	0.042087	2.52	0.37	5	2.96	0.1

Tabla 20. Resumen de modelación Hidráulica para Abscisa K0+230- K0+637 (Calle 6). Fuente: HEC RAS 5.0.

River Sta	Profile	Q Tota l(m ³ /s)	Cota inferior del cauce en la sección (m)	Altura lámina de agua(m)	Cota del calado crítico (m)	Altura de energía (m)	Pendiente de la línea de energía (m/m)	Velocidad de agua en el cauce (m/s)	Superficie mojada en la sección (m ²)	Ancho de la superficie libre de flujo en la sección (m)	Numero de Froude	Altura mojada en la sección (m)
TR= 5 AÑOS												
400	TR=5 AÑOS	0.34	2.4	2.5	2.5	2.54	0.005902	0.94	0.37	5	1.1	0.1
390	TR=5 AÑOS	0.34	2.34	2.44	2.44	2.48	0.006414	0.96	0.36	5	1.15	0.1
380	TR=5 AÑOS	0.34	2.28	2.38	2.38	2.42	0.005864	0.94	0.37	5	1.1	0.1
370	TR=5 AÑOS	0.34	2.22	2.32	2.32	2.36	0.005904	0.94	0.37	5	1.11	0.1
360	TR=5 AÑOS	0.34	2.16	2.26	2.26	2.3	0.005633	0.92	0.37	5	1.08	0.1
350	TR=5 AÑOS	0.34	2.1	2.2	2.2	2.24	0.006581	0.97	0.36	5	1.16	0.1
340	TR=5 AÑOS	0.34	2.04	2.14	2.14	2.18	0.005849	0.93	0.37	5	1.1	0.1
330	TR=5 AÑOS	0.34	1.98	2.08	2.08	2.12	0.005849	0.93	0.37	5	1.1	0.1
320	TR=5 AÑOS	0.34	1.92	2.02	2.02	2.06	0.005912	0.94	0.37	5	1.11	0.1
310	TR=5 AÑOS	0.34	1.86	1.96	1.96	2	0.005594	0.92	0.37	5	1.08	0.1
300	TR=5 AÑOS	0.34	1.8	1.9	1.9	1.94	0.006581	0.97	0.36	5	1.16	0.1
290	TR=5 AÑOS	0.34	1.74	1.84	1.84	1.88	0.005849	0.93	0.37	5	1.1	0.1
280	TR=5 AÑOS	0.34	1.68	1.78	1.78	1.82	0.005849	0.93	0.37	5	1.1	0.1
270	TR=5 AÑOS	0.34	1.62	1.72	1.72	1.76	0.005912	0.94	0.37	5	1.1	0.1
260	TR=5 AÑOS	0.34	1.56	1.66	1.66	1.7	0.005594	0.92	0.37	5	1.11	0.1
250	TR=5 AÑOS	0.34	1.5	1.6	1.6	1.64	0.006581	0.97	0.37	5	1.08	0.1
240	TR=5 AÑOS	0.34	1.44	1.54	1.54	1.58	0.005849	0.93	0.36	5	1.16	0.1
230	TR=5 AÑOS	0.34	1.38	1.48	1.48	1.52	0.005849	0.93	0.37	5	1.1	0.1
220	TR=5 AÑOS	0.34	1.32	1.42	1.42	1.46	0.005912	0.93	0.37	5	1.1	0.1
210	TR=5 AÑOS	0.34	1.26	1.36	1.36	1.4	0.005594	0.94	0.37	5	1.11	0.1
200	TR=5 AÑOS	0.34	1.2	1.3	1.3	1.34	0.005594	0.92	0.37	5	1.08	0.1
190	TR=5 AÑOS	0.34	1.14	1.24	1.24	1.28	0.006581	0.97	0.36	5	1.16	0.1
180	TR=5 AÑOS	0.34	1.08	1.18	1.18	1.22	0.005849	0.93	0.37	5	1.1	0.1
170	TR=5 AÑOS	0.34	1.02	1.12	1.12	1.16	0.005911	0.94	0.37	5	1.1	0.1
160	TR=5 AÑOS	0.34	0.96	1.06	1.06	1.1	0.005911	0.94	0.37	5	1.1	0.1
150	TR=5 AÑOS	0.34	0.9	1	1	1.04	0.005667	0.93	0.37	5	1.08	0.1
140	TR=5 AÑOS	0.34	0.84	0.94	0.94	0.98	0.006581	0.97	0.36	5	1.16	0.1
130	TR=5 AÑOS	0.34	0.78	0.88	0.88	0.92	0.005849	0.93	0.37	5	1.1	0.1
120	TR=5 AÑOS	0.34	0.72	0.82	0.82	0.86	0.005849	0.93	0.37	5	1.1	0.1
110	TR=5 AÑOS	0.34	0.66	0.76	0.76	0.8	0.005912	0.94	0.37	5	1.11	0.1
100	TR=5 AÑOS	0.34	0.6	0.7	0.7	0.74	0.005594	0.92	0.37	5	1.08	0.1
	TR=5 AÑOS	0.34					0.006581	0.97	0.36	5	1.16	0.1

River Sta	Profile	Q Total (m³/s)	Cota inferior del cauce en la sección (m)	Altura lámina de agua(m)	Cota del calado crítico (m)	Altura de energía (m)	Pendiente de la línea de energía (m/m)	Velocidad de agua en el cauce (m/s)	Superficie mojada en la sección (m²)	Ancho de la superficie libre de flujo en la sección (m)	Numero de Froude	Altura mojada en la sección (m)
90	TR=5 AÑOS	0.34	0.54	0.64	0.64	0.68	0.005849	0.93	0.37	5	1.1	0.1
80	TR=5 AÑOS	0.34	0.48	0.58	0.58	0.62	0.005849	0.93	0.37	5	1.1	0.1
70	TR=5 AÑOS	0.34	0.42	0.52	0.52	0.56	0.005912	0.94	0.37	5	1.11	0.1
60	TR=5 AÑOS	0.34	0.36	0.46	0.46	0.5	0.005594	0.92	0.37	5	1.08	0.1
50	TR=5 AÑOS	0.34	0.3	0.4	0.4	0.44	0.006581	0.97	0.36	5	1.16	0.1
40	TR=5 AÑOS	0.34	0.24	0.34	0.34	0.38	0.005849	0.93	0.37	5	1.1	0.1
30	TR=5 AÑOS	0.34	0.18	0.28	0.28	0.32	0.005849	0.93	0.37	5	1.1	0.1
20	TR=5 AÑOS	0.34	0.12	0.22	0.22	0.26	0.005912	0.94	0.37	5	1.11	0.1
10	TR=5 AÑOS	0.34	0.06	0.16	0.16	0.2	0.005594	0.92	0.37	5	1.08	0.1
0	TR=5 AÑOS	0.34	0	0.1	0.1	0.14	0.006581	0.97	0.36	5	1.16	0.1
TR= 25 AÑOS												
400	TR=25 AÑOS	0.44	2.4	2.51	2.52	2.56	0.005903	1.03	0.42	5	1.13	0.11
390	TR=25 AÑOS	0.44	2.34	2.45	2.46	2.5	0.006233	1.05	0.42	5	1.16	0.11
380	TR=25 AÑOS	0.44	2.28	2.39	2.4	2.44	0.006233	1.05	0.42	5	1.16	0.11
370	TR=25 AÑOS	0.44	2.22	2.33	2.34	2.38	0.006271	1.05	0.42	5	1.16	0.11
360	TR=25 AÑOS	0.44	2.16	2.27	2.28	2.32	0.006233	1.05	0.42	5	1.16	0.11
350	TR=25 AÑOS	0.44	2.1	2.21	2.22	2.26	0.006233	1.05	0.42	5	1.16	0.11
340	TR=25 AÑOS	0.44	2.04	2.15	2.16	2.2	0.006233	1.05	0.42	5	1.16	0.11
330	TR=25 AÑOS	0.44	1.98	2.09	2.1	2.14	0.006233	1.05	0.42	5	1.16	0.11
320	TR=25 AÑOS	0.44	1.92	2.03	2.04	2.08	0.006233	1.05	0.42	5	1.16	0.11
310	TR=25 AÑOS	0.44	1.86	1.97	1.98	2.02	0.006233	1.05	0.42	5	1.16	0.11
300	TR=25 AÑOS	0.44	1.8	1.91	1.92	1.96	0.006233	1.05	0.42	5	1.16	0.11
290	TR=25 AÑOS	0.44	1.74	1.85	1.86	1.9	0.006233	1.05	0.42	5	1.16	0.11
280	TR=25 AÑOS	0.44	1.68	1.79	1.8	1.84	0.006233	1.05	0.42	5	1.16	0.11
270	TR=25 AÑOS	0.44	1.62	1.73	1.74	1.78	0.006233	1.05	0.42	5	1.16	0.11
260	TR=25 AÑOS	0.44	1.56	1.67	1.68	1.72	0.006233	1.05	0.42	5	1.16	0.11
250	TR=25 AÑOS	0.44	1.5	1.61	1.62	1.66	0.006233	1.05	0.42	5	1.16	0.11
240	TR=25 AÑOS	0.44	1.44	1.55	1.56	1.6	0.006233	1.05	0.42	5	1.16	0.11
230	TR=25 AÑOS	0.44	1.38	1.49	1.5	1.54	0.006233	1.05	0.42	5	1.16	0.11
220	TR=25 AÑOS	0.44	1.32	1.43	1.44	1.48	0.006233	1.05	0.42	5	1.16	0.11
210	TR=25 AÑOS	0.44	1.26	1.37	1.38	1.42	0.006233	1.05	0.42	5	1.16	0.11
200	TR=25 AÑOS	0.44	1.2	1.31	1.32	1.36	0.006233	1.05	0.42	5	1.16	0.11
190	TR=25 AÑOS	0.44	1.14	1.25	1.26	1.3	0.006233	1.05	0.42	5	1.16	0.11
180	TR=25 AÑOS	0.44	1.08	1.19	1.2	1.24	0.006233	1.05	0.42	5	1.16	0.11
170	TR=25 AÑOS	0.44	1.02	1.13	1.14	1.18	0.006233	1.05	0.42	5	1.16	0.11
160	TR=25 AÑOS	0.44	0.96	1.07	1.08	1.12	0.006233	1.05	0.42	5	1.16	0.11
150	TR=25 AÑOS	0.44	0.9	1.01	1.02	1.06	0.006233	1.05	0.42	5	1.16	0.11
140	TR=25 AÑOS	0.44	0.84	0.95	0.96	1	0.006233	1.05	0.42	5	1.16	0.11

River Sta	Profile	Q Tota l(m3/s)	Cota inferior del cauce en la sección (m)	Altura lámina de agua(m)	Cota del calado crítico (m)	Altura de energía (m)	Pendiente de la línea de energía (m/m)	Velocidad de agua en el cauce (m/s)	Superficie mojada en la sección (m2)	Ancho de la superficie libre de flujo en la sección (m)	Numero de Froude	Altura mojada en la sección (m)
130	TR=25 AÑOS	0.44	0.78	0.89	0.9	0.94	0.006233	1.05	0.42	5	1.16	0.11
120	TR=25 AÑOS	0.44	0.72	0.83	0.84	0.88	0.006233	1.05	0.42	5	1.16	0.11
110	TR=25 AÑOS	0.44	0.66	0.77	0.78	0.82	0.006233	1.05	0.42	5	1.16	0.11
100	TR=25 AÑOS	0.44	0.6	0.71	0.72	0.76	0.006233	1.05	0.42	5	1.16	0.11
90	TR=25 AÑOS	0.44	0.54	0.65	0.66	0.7	0.006233	1.05	0.42	5	1.16	0.11
80	TR=25 AÑOS	0.44	0.48	0.59	0.6	0.64	0.006233	1.05	0.42	5	1.16	0.11
70	TR=25 AÑOS	0.44	0.42	0.53	0.54	0.58	0.006233	1.05	0.42	5	1.16	0.11
60	TR=25 AÑOS	0.44	0.36	0.47	0.48	0.52	0.006233	1.05	0.42	5	1.16	0.11
50	TR=25 AÑOS	0.44	0.3	0.41	0.42	0.46	0.006233	1.05	0.42	5	1.16	0.11
40	TR=25 AÑOS	0.44	0.24	0.35	0.36	0.4	0.006233	1.05	0.42	5	1.16	0.11
30	TR=25 AÑOS	0.44	0.18	0.29	0.3	0.34	0.006233	1.05	0.42	5	1.16	0.11
20	TR=25 AÑOS	0.44	0.12	0.23	0.24	0.28	0.006233	1.05	0.42	5	1.16	0.11
10	TR=25 AÑOS	0.44	0.06	0.17	0.18	0.22	0.006233	1.05	0.42	5	1.16	0.11
0	TR=25 AÑOS	0.44	0	0.11	0.12	0.16	0.006233	1.05	0.42	5	1.16	0.11
TR= 50 AÑOS												
400	TR=50 AÑOS	0.48	2.4	2.52	2.52	2.57	0.005904	1.07	0.45	5	1.14	0.12
390	TR=50 AÑOS	0.48	2.34	2.45	2.46	2.51	0.00616	1.08	0.45	5	1.16	0.11
380	TR=50 AÑOS	0.48	2.28	2.39	2.4	2.45	0.00616	1.08	0.45	5	1.16	0.11
370	TR=50 AÑOS	0.48	2.22	2.33	2.34	2.39	0.006195	1.09	0.44	5	1.16	0.11
360	TR=50 AÑOS	0.48	2.16	2.27	2.28	2.33	0.00616	1.08	0.45	5	1.16	0.11
350	TR=50 AÑOS	0.48	2.1	2.21	2.22	2.27	0.00616	1.08	0.45	5	1.16	0.11
340	TR=50 AÑOS	0.48	2.04	2.15	2.16	2.21	0.00616	1.08	0.45	5	1.16	0.11
330	TR=50 AÑOS	0.48	1.98	2.09	2.1	2.15	0.00616	1.08	0.45	5	1.16	0.11
320	TR=50 AÑOS	0.48	1.92	2.03	2.04	2.09	0.00616	1.08	0.45	5	1.16	0.11
310	TR=50 AÑOS	0.48	1.86	1.97	1.98	2.03	0.00616	1.08	0.45	5	1.16	0.11
300	TR=50 AÑOS	0.48	1.8	1.91	1.92	1.97	0.00616	1.08	0.45	5	1.16	0.11
290	TR=50 AÑOS	0.48	1.74	1.85	1.86	1.91	0.00616	1.08	0.45	5	1.16	0.11
280	TR=50 AÑOS	0.48	1.68	1.79	1.8	1.85	0.00616	1.08	0.45	5	1.16	0.11
270	TR=50 AÑOS	0.48	1.62	1.73	1.74	1.79	0.00616	1.08	0.45	5	1.16	0.11
260	TR=50 AÑOS	0.48	1.56	1.67	1.68	1.73	0.00616	1.08	0.45	5	1.16	0.11
250	TR=50 AÑOS	0.48	1.5	1.61	1.62	1.67	0.00616	1.08	0.45	5	1.16	0.11
240	TR=50 AÑOS	0.48	1.44	1.55	1.56	1.61	0.00616	1.08	0.45	5	1.16	0.11
230	TR=50 AÑOS	0.48	1.38	1.49	1.5	1.55	0.00616	1.08	0.45	5	1.16	0.11
220	TR=50 AÑOS	0.48	1.32	1.43	1.44	1.49	0.00616	1.08	0.45	5	1.16	0.11
210	TR=50 AÑOS	0.48	1.26	1.37	1.38	1.43	0.00616	1.08	0.45	5	1.16	0.11
200	TR=50 AÑOS	0.48	1.2	1.31	1.32	1.37	0.00616	1.08	0.45	5	1.16	0.11
190	TR=50 AÑOS	0.48	1.14	1.25	1.26	1.31	0.00616	1.08	0.45	5	1.16	0.11
180	TR=50 AÑOS	0.48	1.08	1.19	1.2	1.25	0.00616	1.08	0.45	5	1.16	0.11

170	TR=50 AÑOS	0.48	1.02	1.13	1.14	1.19	0.00616	1.08	0.45	5	1.16	0.11
160	TR=50 AÑOS	0.48	0.96	1.07	1.08	1.13	0.00616	1.08	0.45	5	1.16	0.11
150	TR=50 AÑOS	0.48	0.9	1.01	1.02	1.07	0.00616	1.08	0.45	5	1.16	0.11
140	TR=50 AÑOS	0.48	0.84	0.95	0.96	1.01	0.00616	1.08	0.45	5	1.16	0.11
130	TR=50 AÑOS	0.48	0.78	0.89	0.9	0.95	0.00616	1.08	0.45	5	1.16	0.11
120	TR=50 AÑOS	0.48	0.72	0.83	0.84	0.89	0.00616	1.08	0.45	5	1.16	0.11
110	TR=50 AÑOS	0.48	0.66	0.77	0.78	0.83	0.00616	1.08	0.45	5	1.16	0.11
100	TR=50 AÑOS	0.48	0.6	0.71	0.72	0.77	0.00616	1.08	0.45	5	1.16	0.11
90	TR=50 AÑOS	0.48	0.54	0.65	0.66	0.71	0.00616	1.08	0.45	5	1.16	0.11
80	TR=50 AÑOS	0.48	0.48	0.59	0.6	0.65	0.00616	1.08	0.45	5	1.16	0.11
70	TR=50 AÑOS	0.48	0.42	0.53	0.54	0.59	0.00616	1.08	0.45	5	1.16	0.11
60	TR=50 AÑOS	0.48	0.36	0.47	0.48	0.53	0.00616	1.08	0.45	5	1.16	0.11
50	TR=50 AÑOS	0.48	0.3	0.41	0.42	0.47	0.00616	1.08	0.45	5	1.16	0.11
40	TR=50 AÑOS	0.48	0.24	0.35	0.36	0.41	0.00616	1.08	0.45	5	1.16	0.11
30	TR=50 AÑOS	0.48	0.18	0.29	0.3	0.35	0.00616	1.08	0.45	5	1.16	0.11
20	TR=50 AÑOS	0.48	0.12	0.23	0.24	0.29	0.00616	1.08	0.45	5	1.16	0.11
10	TR=50 AÑOS	0.48	0.06	0.17	0.18	0.23	0.00616	1.08	0.45	5	1.16	0.11
0	TR=50 AÑOS	0.48	0	0.11	0.12	0.17	0.00616	1.08	0.45	5	1.16	0.11

Tabla 21. Resumen de modelación Hidráulica para BOX COULVERT PROPUESTO. Fuente: HEC RAS 5.0.

TR= 25 AÑOS												
River Sta	Profile	Q Total (m3/s)	Cota inferior del cauce en la sección (m)	Altura lámina de agua (m)	Cota del calado crítico (m)	Altura de energía (m)	Pendiente de la línea de energía (m/m)	Velocidad de agua en el cauce (m/s)	Superficie mojada en la sección (m2)	Ancho de la superficie libre de flujo en la sección (m)	Numero de Froude	Altura mojada en la sección (m)
18.5	TR=25 AÑOS	1.45	0.02	0.62	0.47	0.75	0.002186	1.61	0.9	1.5	0.66	0.6
0	TR=25 AÑOS	1.45	0	0.46	0.46	0.69	0.004756	2.13	0.68	1.5	1.01	0.46
TR=50 AÑOS												
River Sta	Profile	Q Total (m3/s)	Cota inferior del cauce en la sección (m)	Altura lámina de agua (m)	Cota del calado crítico (m)	Altura de energía (m)	Pendiente de la línea de energía (m/m)	Velocidad de agua en el cauce (m/s)	Superficie mojada en la sección (m2)	Ancho de la superficie libre de flujo en la sección (m)	Numero de Froude	Altura mojada en la sección (m)
18.5	TR=50 AÑOS	1.61	0.02	0.66	0.51	0.8	0.002258	1.67	0.96	1.5	0.67	0.64
0	TR=50 AÑOS	1.61	0	0.49	0.49	0.73	0.004785	2.19	0.73	1.5	1	0.49
TR=100 AÑOS												
River Sta	Profile	Q Total (m3/s)	Cota inferior del cauce en la sección (m)	Altura lámina de agua (m)	Cota del calado crítico (m)	Altura de energía (m)	Pendiente de la línea de energía (m/m)	Velocidad de agua en el cauce (m/s)	Superficie mojada en la sección (m2)	Ancho de la superficie libre de flujo en la sección (m)	Numero de Froude	Altura mojada en la sección (m)
18.5	TR=100 AÑOS	1.61	0.02	0.66	0.51	0.8	0.002258	1.67	0.96	1.5	0.67	0.64
0	TR=100 AÑOS	1.61	0	0.49	0.49	0.73	0.004785	2.19	0.73	1.5	1	0.49

18.5	TR=100 AÑOS	1.78	0.02	0.7	0.54	0.86	0.002324	1.74	1.03	1.5	0.67	0.68
0	TR=100 AÑOS	1.78	0	0.52	0.52	0.79	0.004882	2.28	0.78	1.5	1.01	0.52

LA ESTRUCTURA PUEDE ALCANZAR UN CAUDAL DE HASTA 3m³/s

Tabla 22. Resumen de modelación Hidráulica para ALCANTARILLA TRANSVERSAL K0+210 (EJE 2). Fuente: HEC RAS 5.0.

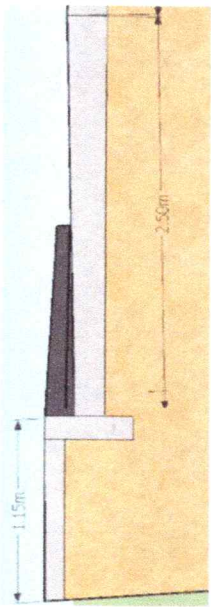
TR= 25 AÑOS												
River Sta	Profile	Q Tota l(m ³ /s)	Cota inferior del cauce en la sección (m)	Altura lámina de agua(m)	Cota del calado crítico (m)	Altura de energía (m)	Pendiente de la línea de energía (m/m)	Velocidad de agua en el cauce (m/s)	Superficie mojada en la sección (m ²)	Ancho de la superficie libre de flujo en la sección (m)	Numero de Froude	Altura mojada en la sección (m)
7	TR=25 AÑOS	0.85	0.07	0.41	0.49	0.72	0.010002	2.47	0.34	1	1.35	0.34
0	TR=25 AÑOS	0.85	0	0.35	0.42	0.65	0.009738	2.45	0.35	1	1.33	0.35
TR=50 AÑOS												
River Sta	Profile	Q Tota l(m ³ /s)	Cota inferior del cauce en la sección (m)	Altura lámina de agua(m)	Cota del calado crítico (m)	Altura de energía (m)	Pendiente de la línea de energía (m/m)	Velocidad de agua en el cauce (m/s)	Superficie mojada en la sección (m ²)	Ancho de la superficie libre de flujo en la sección (m)	Numero de Froude	Altura mojada en la sección (m)
7	TR=50 AÑOS	0.94	0.07	0.44	0.52	0.77	0.010002	2.54	0.37	1	1.34	0.37
0	TR=50 AÑOS	0.94	0	0.37	0.45	0.7	0.010039	2.55	0.37	1	1.34	0.37
TR=100 AÑOS												
River Sta	Profile	Q Tota l(m ³ /s)	Cota inferior del cauce en la sección (m)	Altura lámina de agua(m)	Cota del calado crítico (m)	Altura de energía (m)	Pendiente de la línea de energía (m/m)	Velocidad de agua en el cauce (m/s)	Superficie mojada en la sección (m ²)	Ancho de la superficie libre de flujo en la sección (m)	Numero de Froude	Altura mojada en la sección (m)
7	TR=100 AÑOS	1.04	0.07	0.47	0.55	0.82	0.010001	2.61	0.4	1	1.32	0.4
0	TR=100 AÑOS	1.04	0	0.4	0.48	0.74	0.009596	2.57	0.4	1	1.29	0.4

Tanto para la alcantarilla transversal como el box couvert propuesto cumplen las dimensiones.

12. RESULTADOS.

Los resultados de las alturas máximas del nivel agua, así como las dimensiones requeridas para suplir la demanda hidráulica para cada uno de los tramos en estudio en el municipio de Sincé, se resumen en la siguiente tabla.

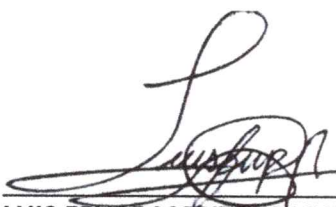
Tabla 23. Caudal, alturas máximas del nivel del agua y dimensionamiento para áreas de drenaje. Fuente: Comisión de trabajo.

AREA DE DRENAJE	UBICACIÓN	ALTURA MAXIMA NIVEL DEL AGUA(m)	DIMENSIONAMIENTO		
			CALZADA		
			ANCHO CALZADA (m)	ALTURA mínima Bordillo (m)	
EJE 1 (Calle 6)	Abscisa K0+000- K0+637	0.11	5.00	0.15	
EJE 2 (Carrera 1B)	Abscisa K0+000- K0+220	0.11	5.00	0.20	
EJE 3(Carrera 1A)	Abscisa K0+000- K0+040	0.06	5.00	0.15	
ESTRUCTURAS HIDRÁULICAS DE CAPTACIÓN TRANSVERSAL					
			LONGITUD (m)	ANCHO (m)	ALTURA (m)
EJE 2 (Carrera 1B)	Abscisa K0+220		10.00	1.00	0.50
EJE 3(Carrera 1A)	Abscisa K0+040		20.00	0.50	0.50
BOX PROPUESTO	Canal trapezoidal existente		18.50	1.50	1.00

13. RECOMENDACIONES Y CONCLUSIONES.

De acuerdo a los resultados obtenidos de la simulación hidrológica y la modelación hidráulica a las áreas de drenaje comprendidas en el proyecto de pavimentación en concreto rígido de la calle 6, carrera 1A y carrera 1B del barrio San Martín en el municipio de Sincé, Sucre, se deben considerar los siguientes aspectos:

- La modelación hidrológica y cálculos hidráulicos, así como la determinación de secciones se realizan con base a tiempos de retorno de 5, 25, 50 y 100 años; información suficiente para evaluar el comportamiento de la cuenca y sus posibles intervenciones para establecer obras seguras funcionales, y con bajo nivel de incertidumbre.
- Las alturas máximas de lámina de agua para la calle 6 y Carrera 1A no superan los 11 cm lo que permite establecer una altura de bordillo de 15 cm, para el caso de la Carrera 1B que no supera los 11cm establecemos una altura de bordillo de 20cm en determinación a las posibles áreas tributarias que pueda captar en volumen hídrico al construir en las zonas que actualmente drenan esa cuenca. Se recomiendan estructuras transversales y longitudinales y cajas de inspección conforme a las dimensiones establecidas en la tabla 23.
- La ubicación de la población, más exactamente de las viviendas no permite ajustar todas las pendientes para que se mantenga en régimen de flujo en condiciones permisibles, pero se puede mantener la vida útil de la estructura del pavimento con la recomendación anteriormente expuesta.
- Las dimensiones establecidas son secciones hidráulicas y no incluyen las secciones estructurales.



LUIS FELIPE MONTES PADILLA

INGENIERO CIVIL

Especialista en Gerencia y Dirección de Obras

M.P. No. 22202-316659 COR

15. REFERENCIAS.

GAVILAN, L. manual de diseño de Drenaje superficial. Editorial Universidad Industrial de Santander. Bucaramanga. 2004.

BARROS, G. Hidrología. Editorial Universidad de Sucre. Sincelejo. **1990.**

IGAC. Estudio General de Suelos y Zonificación de Tierras. Departamento de Sucre **1998.**

VEN TE CHOW. Hidráulica de Canales Abiertos. Ed. Mc Graw-Hill Interamericana, S.A. Santafé de Bogotá. **1994.**

US ARMY CORPS OF ENGINEERS. Hydrologic Modeling System *HEC-HMS, User's Manual, version 3.5*, Army Corps of Engineers, **2007.**

MORAD, M. y TRIVIÑO, A. Sistemas de Información Geográfica y modelizaciones hidrológicas: Una aproximación a las ventajas y dificultades de su aplicación, en *Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles*, nº 31. **2001.**

NANIA, L. Métodos de transformación lluvia – escorrentía y propagación de caudales.

ANEXOS

ANEXO 1: VALORES E N DE MANNIGN Y, TABLAS PARA CALCULO DE NUMERO DE LA CURVA Y CARACTERISTICAS HIDRAULICAS.

<i>Uso del Suelo</i>		<i>Grupo Hidrológico del Suelo</i>			
		A	B	C	D
Tierras cultivadas	con tratamiento de conservación	72	81	88	91
	sin tratamiento de conservación	62	71	78	81
Pastizales	Condición pobre	68	79	86	89
	Condición buena	39	61	74	80
Praderas		30	58	71	78
Bosques	Cubierta pobre	45	66	77	83
	Cubierta buena	25	55	70	77
Espacios abiertos: con césped, parques, campos de golf, cementerios, etc.	Buena condición: cubierta de pastos sobre más del 75% del área	39	61	74	80
	Condición aceptable: cubierta de pastos sobre el 50 a 75% del área	49	69	79	84
Áreas comerciales y de tiendas (85% impermeable)		89	92	94	95
Zonas industriales (75% impermeable)		81	88	91	93
Zonas Residenciales	Tamaño medio de la parcela (m ²)	Promedio de % impermeable			
	500	65	77	85	90
	1000	38	61	75	83
	1350	30	57	72	81
	2000	25	54	70	80
	4000	20	51	68	79
Tejados, parkings, superficies impermeables en general		98	98	98	98
Calles y carreteras	Pavimentadas, con bordillos y bocas de tormenta	98	98	98	98
	De grava	76	85	89	91
	De tierra	72	82	87	89

- **Grupo A:** Arena profunda, suelos profundos depositados por el viento, limos agregados.
- **Grupo B:** Suelos poco profundos depositados por el viento, marga arenosa.
- **Grupo C:** Margas arcillosas, margas arenosas poco profundas, suelos con alto contenido de arcilla.
- **Grupo D:** Suelos expansivos, arcillas altamente plásticas.

ANEXO 1. Tabla 0-2 Valores para el cálculo del coeficiente de rugosidad.

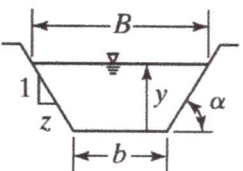
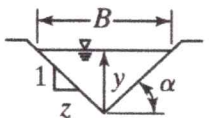
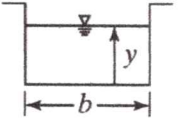
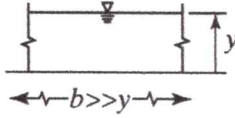
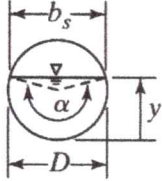
Condiciones del canal		Valores	
Material involucrado	Tierra	n_0	0.020
	Corte en roca		0.025
	Grava fina		0.024
	Grava gruesa		0.028
Grado de irregularidad	Suave	n_1	0.000
	Menor		0.005
	Moderado		0.010
	Severo		0.020
Variaciones de la sección transversal	Gradual	n_2	0.000
	Ocasionalmente alternante		0.005
	Frecuentemente alternante		0.010-0.015
Efecto relativo de las obstrucciones	Insignificante	n_3	0.000
	Menor		0.010-0.015
	Apreciable		0.020-0.030
	Severo		0.040-0.060
Vegetación	Baja	n_4	0.005-0.010
	Media		0.010-0.025
	Alta		0.025-0.050
	Muy alta		0.050-0.100
Grado de los efectos por meandros	Menor	m_5	1.000
	Apreciable		1.150
	Severo		1.300

El anexo presenta una lista de valores de n para canales de diferente clase. Para cada tipo de canal se muestran los valores mínimo, normal y máximo de n

Tipo de canal y descripción	Mínimo	Normal	Máximo
A. Conductos cerrados que fluyen parcialmente llenos			
A-1. Metal			
a. Latón, liso	0.009	0.010	0.013
b. Acero			
1. Estriado y soldado	0.010	0.012	0.014
2. Riveteado y en espiral	0.013	0.016	0.017
c. Hierro fundido			
1. Recubierto	0.010	0.013	0.014
2. No recubierto	0.011	0.014	0.016
d. Hierro forjado			
1. Negro	0.012	0.014	0.015
2. Galvanizado	0.013	0.016	0.017
e. Metal corrugado			
1. Subdrenaje	0.017	0.019	0.021
2. Drenaje de aguas lluvias	0.021	0.024	0.030
A-2. No metal			
a. Lucita	0.008	0.009	0.010
b. Vidrio	0.009	0.010	0.013
c. Cemento			
1. Superficie pulida	0.010	0.011	0.013
2. Mortero	0.011	0.013	0.015
d. Concreto			
1. Alcantarilla, recta y libre de basuras	0.010	0.011	0.013
2. Alcantarilla con curvas, conexiones y algo de basuras	0.011	0.013	0.014
3. Bien terminado	0.011	0.012	0.014
4. Alcantarillado de aguas residuales, con pozos de inspección, entradas, etc., recto	0.013	0.015	0.017
5. Sin pulir, formaleta o encofrado metálico	0.012	0.013	0.014
6. Sin pulir, formaleta o encofrado en madera lisa	0.012	0.014	0.016
7. Sin pulir, formaleta o encofrado en madera rugosa	0.015	0.017	0.020
e. Madera			
1. Machihembrada	0.010	0.012	0.014
2. Laminada, tratada	0.015	0.017	0.020
f. Arcilla			
1. Canaleta común de baldosas	0.011	0.013	0.017
2. Alcantarilla vitrificada	0.011	0.014	0.017
3. Alcantarilla vitrificada con pozos de inspección, entradas, etc.	0.013	0.015	0.017
4. Subdrenaje vitrificado con juntas abiertas	0.014	0.016	0.018
g. Mampostería en ladrillo			
1. Barnizada o lacada	0.011	0.013	0.015
2. Revestida con mortero de cemento	0.012	0.015	0.017
h. Alcantarillados sanitarios recubiertos con limos y babas de aguas residuales, con curvas y conexiones	0.012	0.013	0.016
i. Alcantarillado con batea pavimentada, fondo liso	0.016	0.019	0.020
j. Mampostería de piedra, cementada	0.018	0.025	0.030

ANEXO 2. Tabla 0-3 Valores del cálculo del coeficiente de rugosidad n (las cifras en negrillas son los valores generalmente recomendados para el diseño).

ANEXO 1. Figura 0-4. Características hidráulicas para diferentes secciones

FORMA	SECCION	FLUJO AREA A	MOJADO PERIMETRO P	HIDRAULICO RADIO R
Trapezoidal		$y(b + y \cot \alpha)$	$b + \frac{2y}{\sin \alpha}$	$\frac{y(b + y \cot \alpha)}{b + \frac{2y}{\sin \alpha}}$
Triangular		$y^2 \cot \alpha$	$\frac{2y}{\sin \alpha}$	$\frac{y \cos \alpha}{2}$
Rectangular		by	$b + 2y$	$\frac{by}{b + 2y}$
Wide flat		by	b	y
Circular		$(\alpha - \sin \alpha) \frac{D^2}{8}$	$\frac{\alpha D}{2}$	$\frac{D}{4} \left(1 - \frac{\sin \alpha}{\alpha} \right)$

ANEXO 1. Tabla 0-5 Valores del cálculo del coeficiente de rugosidad n (las cifras en negrillas son los valores generalmente recomendados para el diseño).

Tipo de canal y descripción	Mínimo	Normal	Máximo
B. Canales revestidos o desarmables			
B-1. Metal			
a. Superficie lisa de acero			
1. Sin pintar	0.011	0.012	0.014
2. Pintada	0.012	0.013	0.017
b. Corrugado	0.021	0.025	0.030
B-2. No metal			
a. Cemento			
1. Superficie pulida	0.010	0.011	0.013
2. Mortero	0.011	0.013	0.015
b. Madera			
1. Cepillada, sin tratar	0.010	0.012	0.014
2. Cepillada, creosotada	0.011	0.012	0.015
3. Sin cepillar	0.011	0.013	0.015
4. Láminas con listones	0.012	0.015	0.018
5. Forrada con papel impermeabilizante	0.010	0.014	0.017
c. Concreto			
1. Terminado con llana metálica (palustre)	0.011	0.013	0.015
2. Terminado con llana de madera	0.013	0.015	0.016
3. Pulido, con gravas en el fondo	0.015	0.017	0.020
4. Sin pulir	0.014	0.017	0.020
5. Lanzado, sección buena	0.016	0.019	0.023
6. Lanzado, sección ondulada	0.018	0.022	0.025
7. Sobre roca bien excavada	0.017	0.020	
8. Sobre roca irregularmente excavada	0.022	0.027	
d. Fondo de concreto terminado con llana de madera y con lados de			
1. Piedra labrada, en mortero	0.015	0.017	0.020
2. Piedra sin seleccionar, sobre mortero	0.017	0.020	0.024
3. Mampostería de piedra cementada, recubierta	0.016	0.020	0.024
4. Mampostería de piedra cementada	0.020	0.025	0.030
5. Piedra suelta o <i>riprap</i>	0.020	0.030	0.035
e. Fondo de gravas con lados de			
1. Concreto encofrado	0.017	0.020	0.025
2. Piedra sin seleccionar, sobre mortero	0.020	0.023	0.026
3. Piedra suelta o <i>riprap</i>	0.023	0.033	0.036
f. Ladrillo			
1. Barnizado o lacado	0.011	0.013	0.015
2. En mortero de cemento	0.012	0.015	0.018
g. Mampostería			
1. Piedra partida cementada	0.017	0.025	0.030
2. Piedra suelta	0.023	0.032	0.035
h. Bloques de piedra labrados	0.013	0.015	0.017
i. Asfalto			
1. Liso	0.013	0.013	
2. Rugoso	0.016	0.016	
j. Revestimiento vegetal	0.030		0.500

ANEXO 1. Tabla 0-5 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
C. Excavado o dragado			
a. En tierra, recto y uniforme			
1. Limpio, recientemente terminado	0.016	0.018	0.020
2. Limpio, después de exposición a la intemperie	0.018	0.022	0.025
3. Con gravas, sección uniforme, limpio	0.022	0.025	0.030
4. Con pastos cortos, algunas malezas	0.022	0.027	0.033
b. En tierra, serpenteante y lento			
1. Sin vegetación	0.023	0.025	0.030
2. Pastos, algunas malezas	0.025	0.030	0.033
3. Malezas densas o plantas acuáticas en canales profundos	0.030	0.035	0.040
4. Fondo en tierra con lados en piedra	0.028	0.030	0.035
5. Fondo pedregoso y bancas con malezas	0.025	0.035	0.040
6. Fondo en cantos rodados y lados limpios	0.030	0.040	0.050
c. Excavado con pala o dragado			
1. Sin vegetación	0.025	0.028	0.033
2. Matorrales ligeros en las bancas	0.035	0.050	0.060
d. Cortes en roca			
1. Lisos y uniformes	0.025	0.035	0.040
2. Afilados e irregulares	0.035	0.040	0.050
e. Canales sin mantenimiento, malezas y matorrales sin cortar			
1. Malezas densas, tan altas como la profundidad de flujo	0.050	0.080	0.120
2. Fondo limpio, matorrales en los lados	0.040	0.050	0.080
3. Igual, nivel máximo de flujo	0.045	0.070	0.110
4. Matorrales densos, nivel alto	0.080	0.100	0.140
D. Corrientes naturales			
D-1. Corrientes menores (ancho superficial en nivel creciente < 100 pies)			
a. Corrientes en planicies			
1. Limpias, rectas, máximo nivel, sin montículos ni pozos profundos	0.025	0.030	0.033
2. Igual al anterior, pero con más piedras y malezas	0.030	0.035	0.040
3. Limpio, serpenteante, algunos pozos y bancos de arena	0.033	0.040	0.045
4. Igual al anterior, pero con algunos matorrales y piedras	0.035	0.045	0.050
5. Igual al anterior, niveles bajos, pendientes y secciones más incógnitas	0.040	0.048	0.055
6. Igual al 4, pero con más piedras	0.045	0.050	0.060
7. Tramos lentos, con malezas y pozos profundos	0.050	0.070	0.080
8. Tramos con muchas malezas, pozos profundos o canales de crecientes con muchos árboles con matorrales bajos	0.075	0.100	0.150

ANEXO 1. Tabla 0-5 Valores del cálculo del coeficiente de rugosidad n (las cifras en negrillas son los valores generalmente recomendados para el diseño.

Tipo de canal y descripción	Mínimo	Normal	Máximo
<i>b. Corrientes montañosas, sin vegetación en el canal, bancas usualmente empinadas, árboles y matorrales a lo largo de las bancas sumergidas en niveles altos</i>			
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
D-2. Planicies de inundación			
<i>a. Pastizales, sin matorrales</i>			
1. Pasto corto	0.025	0.030	0.035
2. Pasto alto	0.030	0.035	0.050
<i>b. Áreas cultivadas</i>			
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
<i>c. Matorrales</i>			
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
<i>d. Árboles</i>			
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
D-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.			
<i>a. Sección regular, sin cantos rodados ni matorrales</i>	0.025		0.060
<i>b. Sección irregular y rugosa</i>	0.035		0.100

ANEXO 2: INFORMACION METEREOLÓGICA

DATOS ESTACIÓN PLUVIOMÉTRICA	
UBICACIÓN ESTACIÓN:	BETULIA
Denominación:	25020400

DATOS MENSUALES DE PRECIPITACIÓN MÁXIMA EN 24 Hrs. (mm)

Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sept	Oct	Nov	Dic	Máximo
1987						0	0	4	0	73	0	0	73
1988	0	0	0	0	0	0	0	0	66	0	0	0	66
1989	0	0	5	0	6	72	3	0	10	0	0	0	72
1990	0	0	0	0	24	0	0	5	0	80	0	10	80
1991	0	0	0	0	71	27	0	3	0	0	0	0	71
1992	0	0	0	0	0.6	0	0	87	0	1	19	0	87
1993	0	0	0	0	21	67	0	0	0	70	0	0	70
1994	0	0	0	12	0	75	154	0	0	4	0	0	154
1995	0	0	0	0	0	0	0	0	0	95	0	0	95
1996	0	0	0	0	87.5	0	0	0	11	0	4	0	87.5
1997	0	0	0	0	68.4	0	0	0	0	0	0	0	68.4
1998	0	0	0	0	0	0	2	116	0	14	0	5	116
1999	0	0	0	2	0	70	0	0	0	0	0	0	70
2000	56	0	0	0	0	6	0	15	0	0	0	0	56
2001	0	0	0	0	75	8	0	0	42	0	0	0	75
2002	0	0	0	0	0	0	0	0	0	70	0	0	70
2003	0	0	0	0	0	0	85	0	0	40	0	0	85

2004	0	0	0	0	85	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	85
2005	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	95
2006	0	0	0	0	60														60
2007	0	0	0	0	0	0	0	0	0	70.2		8.1							70.2
2008	0	0	0	0	3.1	0	0	0	0	0	0	103.7							103.7
2009	0			0	100.5	0	0	0	0	13.2	0	0	0	0	0	0	0	0	100.5
2010	0	0	0	0	0	2.8	0	0	0	0	7.4	69.5		0	0	0	0	0	69.5
2011		0	3.5	0	0	12.2	4.2	0	0	0	0	59.5	111.1		0	0	0	0	111.1
2012	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	59.5	0	20.1		0.5	0	0	0	59.5
2013	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	104.5	22.4	0		0	0	0	0	104.5
2014	33.4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	78.2	0							78.2

ANEXO 3: SIMULACION HIDROLOGICA CON HEC HMS 4.2

ANEXO 4: MODELACION HIDRAULICA CON HEC RAS 5.0

ANEXO 3: SIMULACION HIDROLOGICA CON HEC HMS 4.2

Abscisa K0+000 - K0+170 (EJE 1) TR= 5 AÑOS

Summary Results for Subbasin "Abs K0+000 - K0+170 (EJE1)"

Project: PROYECTO VIAS SINCE Simulation Run: Q Abs K0+000 - K0+170 (EJE 1)
Subbasin: Abs K0+000 - K0+170 (EJE1)

Start of Run: 01ene.2020, 00:00 Basin Model: Abs K0+000 - K0+170 (EJE 1)
End of Run: 01ene.2020, 00:15 Meteorologic Model: Met 1
Compute Time: 14oct.2020, 16:36:32 Control Specifications: Control 1

Volume Units: ☒ MM ☐ 1000 M3

Computed Results

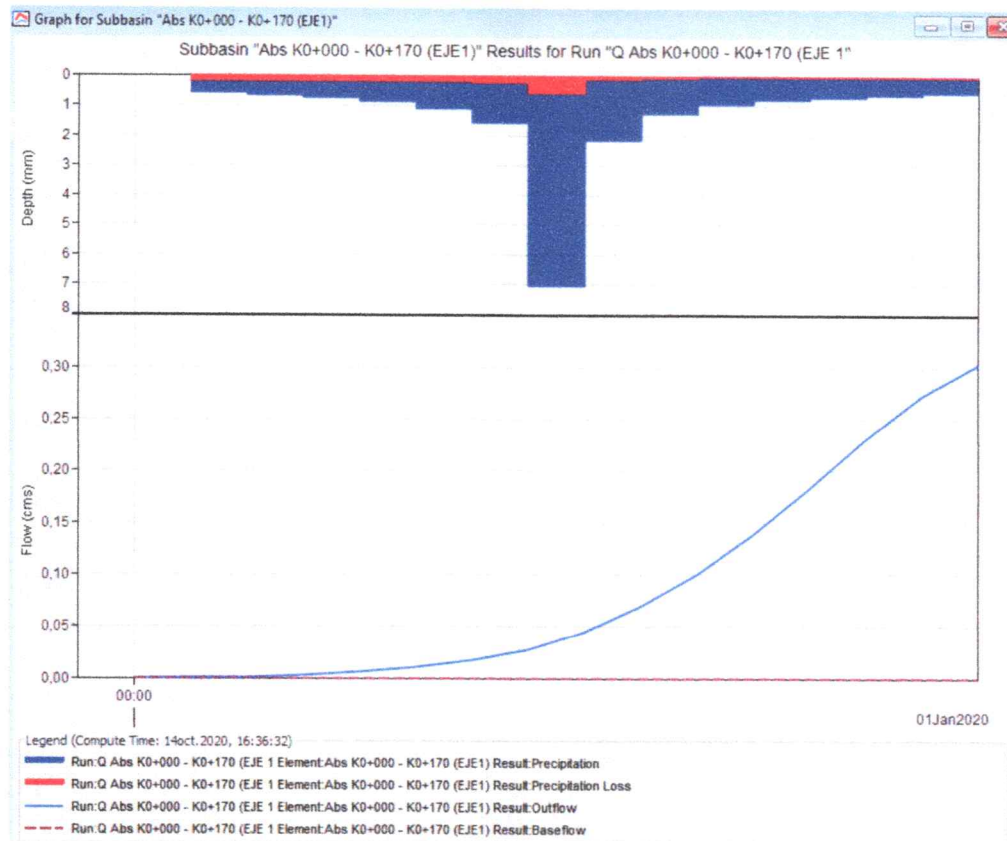
Peak Discharge: 0.303 (M3/S) Date/Time of Peak Discharge: 01ene.2020, 00:15
Precipitation Volume: 19.800 (MM) Direct Runoff Volume: 4.549 (MM)
Loss Volume: 2.126 (MM) Baseflow Volume: 0.000 (MM)
Excess Volume: 17.674 (MM) Discharge Volume: 4.549 (MM)

Time-Series Results for Subbasin "Abs K0+000 - K0+170 (EJE1)"

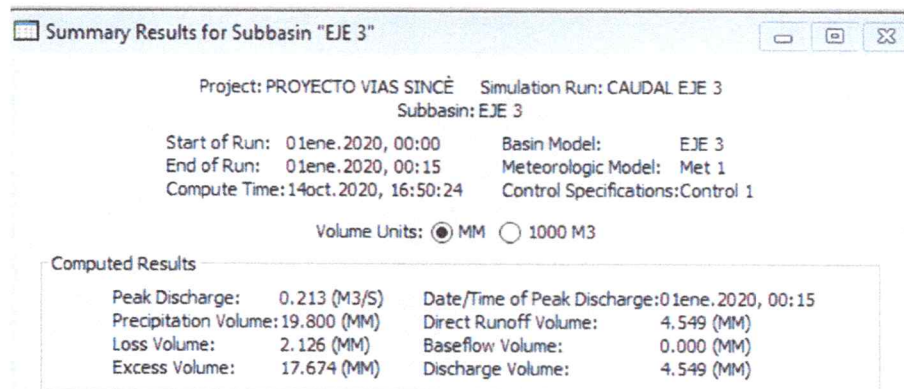
Project: PROYECTO VIAS SINCE Simulation Run: Q Abs K0+000 - K0+170 (EJE 1)
Subbasin: Abs K0+000 - K0+170 (EJE1)

Start of Run: 01ene.2020, 00:00 Basin Model: Abs K0+000 - K0+170 (EJE 1)
End of Run: 01ene.2020, 00:15 Meteorologic Model: Met 1
Compute Time: 14oct.2020, 16:36:32 Control Specifications: Control 1

Date	Time	Precip (MM)	Loss (MM)	Excess (MM)	Direct Flow (M3/S)	Baseflow (M3/S)	Total Flow (M3/S)
01ene.2020	00:00				0.000	0.000	0.000
01ene.2020	00:01	0.510	0.153	0.357	0.000	0.000	0.000
01ene.2020	00:02	0.560	0.168	0.392	0.001	0.000	0.001
01ene.2020	00:03	0.630	0.189	0.441	0.003	0.000	0.003
01ene.2020	00:04	0.720	0.193	0.527	0.006	0.000	0.006
01ene.2020	00:05	0.850	0.190	0.660	0.011	0.000	0.011
01ene.2020	00:06	1.060	0.195	0.865	0.018	0.000	0.018
01ene.2020	00:07	1.540	0.222	1.318	0.028	0.000	0.028
01ene.2020	00:08	7.050	0.561	6.489	0.044	0.000	0.044
01ene.2020	00:09	2.130	0.097	2.033	0.069	0.000	0.069
01ene.2020	00:10	1.240	0.048	1.192	0.100	0.000	0.100
01ene.2020	00:11	0.940	0.033	0.907	0.138	0.000	0.138
01ene.2020	00:12	0.770	0.025	0.745	0.183	0.000	0.183
01ene.2020	00:13	0.670	0.021	0.649	0.231	0.000	0.231
01ene.2020	00:14	0.590	0.017	0.573	0.272	0.000	0.272
01ene.2020	00:15	0.540	0.015	0.525	0.303	0.000	0.303



(EJE 3) TR= 5 AÑOS



Time-Series Results for Subbasin "EJE 3"

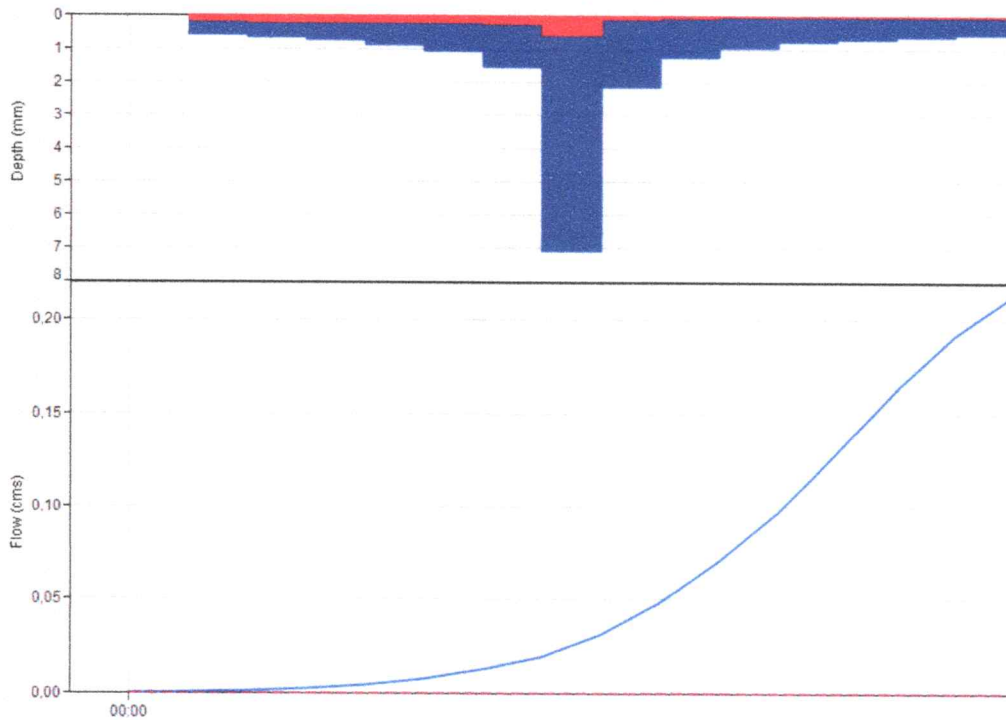
Project: PROYECTO VIAS SINCE Simulation Run: CAUDAL EJE 3
Subbasin: EJE 3

Start of Run: 01ene.2020, 00:00 Basin Model: EJE 3
End of Run: 01ene.2020, 00:15 Meteorologic Model: Met 1
Compute Time: DATA CHANGED, RECOMPUTE Control Specifications: Control 1

Date	Time	Precip (MM)	Loss (MM)	Excess (MM)	Direct Flow (M3/S)	Baseflow (M3/S)	Total Flow (M3/S)
01ene.2020	00:00				0.000	0.000	0.000
01ene.2020	00:01	0.510	0.153	0.357	0.000	0.000	0.000
01ene.2020	00:02	0.560	0.168	0.392	0.001	0.000	0.001
01ene.2020	00:03	0.630	0.189	0.441	0.002	0.000	0.002
01ene.2020	00:04	0.720	0.193	0.527	0.004	0.000	0.004
01ene.2020	00:05	0.850	0.190	0.660	0.007	0.000	0.007
01ene.2020	00:06	1.060	0.195	0.865	0.013	0.000	0.013
01ene.2020	00:07	1.540	0.222	1.318	0.019	0.000	0.019
01ene.2020	00:08	7.050	0.561	6.489	0.031	0.000	0.031
01ene.2020	00:09	2.130	0.097	2.033	0.049	0.000	0.049
01ene.2020	00:10	1.240	0.048	1.192	0.070	0.000	0.070
01ene.2020	00:11	0.940	0.033	0.907	0.097	0.000	0.097
01ene.2020	00:12	0.770	0.025	0.745	0.129	0.000	0.129
01ene.2020	00:13	0.670	0.021	0.649	0.162	0.000	0.162
01ene.2020	00:14	0.590	0.017	0.573	0.191	0.000	0.191
01ene.2020	00:15	0.540	0.015	0.525	0.213	0.000	0.213

Graph for Subbasin "EJE 3"

Subbasin "EJE 3" Results for Run "CAUDAL EJE 3"



Legend (Compute Time: DATA CHANGED, RECOMPUTE)

Run: CAUDAL EJE 3 Element: EJE 3 Result: Precipitation EXPIRED
Run: CAUDAL EJE 3 Element: EJE 3 Result: Outflow EXPIRED

Run: CAUDAL EJE 3 Element: EJE 3 Result: Precipitation Loss EXPIRED
Run: CAUDAL EJE 3 Element: EJE 3 Result: Baseflow EXPIRED

Abscisa K0+000 - K0+210 (EJE 2) TR= 5 AÑOS

Summary Results for Subbasin "Abs K0+000 - K0+210 (EJE 2)"

Project: PROYECTO VIAS SINCE Simulation Run: Q Abs K0+000 - K0+210 (EJE 2)
Subbasin: Abs K0+000 - K0+210 (EJE 2)

Start of Run: 01ene.2020, 00:00 Basin Model: Abs K0+000 - K0+210 (EJE 2)
End of Run: 01ene.2020, 00:15 Meteorologic Model: Met 1
Compute Time: 14oct.2020, 16:55:32 Control Specifications: Control 1

Volume Units: ☒ MM ☐ 1000 M3

Computed Results

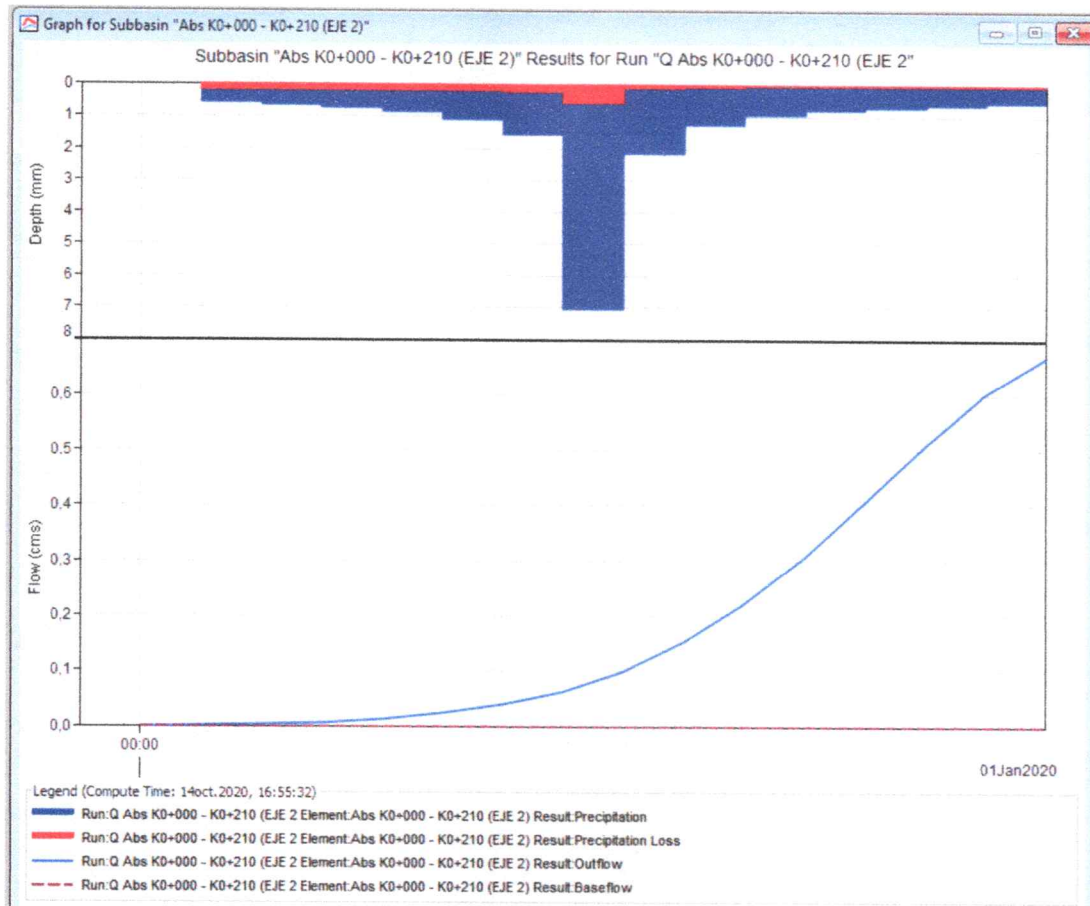
Peak Discharge: 0.669 (M3/S) Date/Time of Peak Discharge: 01ene.2020, 00:15
Precipitation Volume: 19.800 (MM) Direct Runoff Volume: 4.549 (MM)
Loss Volume: 2.126 (MM) Baseflow Volume: 0.000 (MM)
Excess Volume: 17.674 (MM) Discharge Volume: 4.549 (MM)

Time-Series Results for Subbasin "Abs K0+000 - K0+210 (EJE 2)"

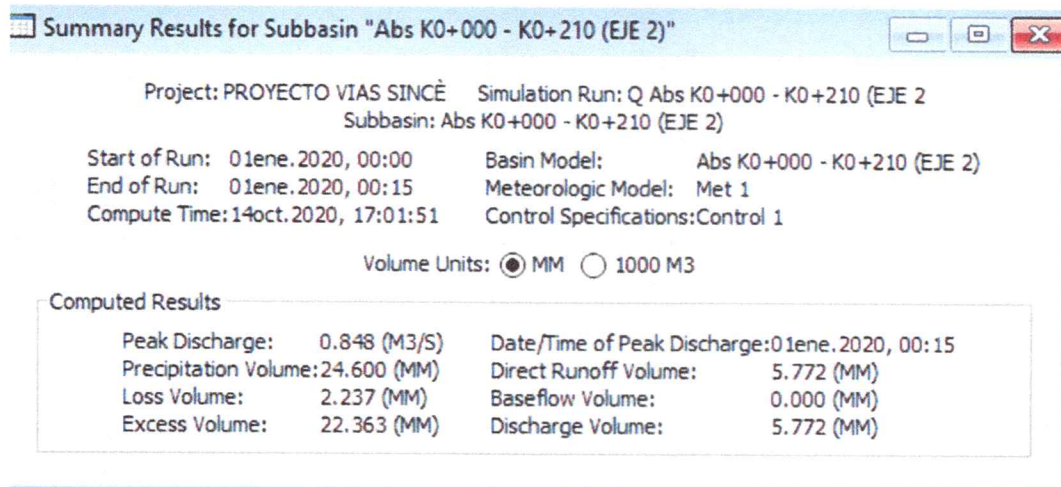
Project: PROYECTO VIAS SINCE Simulation Run: Q Abs K0+000 - K0+210 (EJE 2)
Subbasin: Abs K0+000 - K0+210 (EJE 2)

Start of Run: 01ene.2020, 00:00 Basin Model: Abs K0+000 - K0+210 (EJE 2)
End of Run: 01ene.2020, 00:15 Meteorologic Model: Met 1
Compute Time: 14oct.2020, 16:55:32 Control Specifications: Control 1

Date	Time	Precip (MM)	Loss (MM)	Excess (MM)	Direct Flow (M3/S)	Baseflow (M3/S)	Total Flow (M3/S)
01ene.2020	00:00				0.000	0.000	0.000
01ene.2020	00:01	0.510	0.153	0.357	0.001	0.000	0.001
01ene.2020	00:02	0.560	0.168	0.392	0.002	0.000	0.002
01ene.2020	00:03	0.630	0.189	0.441	0.006	0.000	0.006
01ene.2020	00:04	0.720	0.193	0.527	0.013	0.000	0.013
01ene.2020	00:05	0.850	0.190	0.660	0.023	0.000	0.023
01ene.2020	00:06	1.060	0.195	0.865	0.039	0.000	0.039
01ene.2020	00:07	1.540	0.222	1.318	0.061	0.000	0.061
01ene.2020	00:08	7.050	0.561	6.489	0.098	0.000	0.098
01ene.2020	00:09	2.130	0.097	2.033	0.153	0.000	0.153
01ene.2020	00:10	1.240	0.048	1.192	0.221	0.000	0.221
01ene.2020	00:11	0.940	0.033	0.907	0.305	0.000	0.305
01ene.2020	00:12	0.770	0.025	0.745	0.405	0.000	0.405
01ene.2020	00:13	0.670	0.021	0.649	0.510	0.000	0.510
01ene.2020	00:14	0.590	0.017	0.573	0.601	0.000	0.601
01ene.2020	00:15	0.540	0.015	0.525	0.669	0.000	0.669



CARCAMOS TRANVERSALES K0+210 (EJE 2) TR= 25 AÑOS



Time-Series Results for Subbasin "Abs K0+000 - K0+210 (EJE 2)"

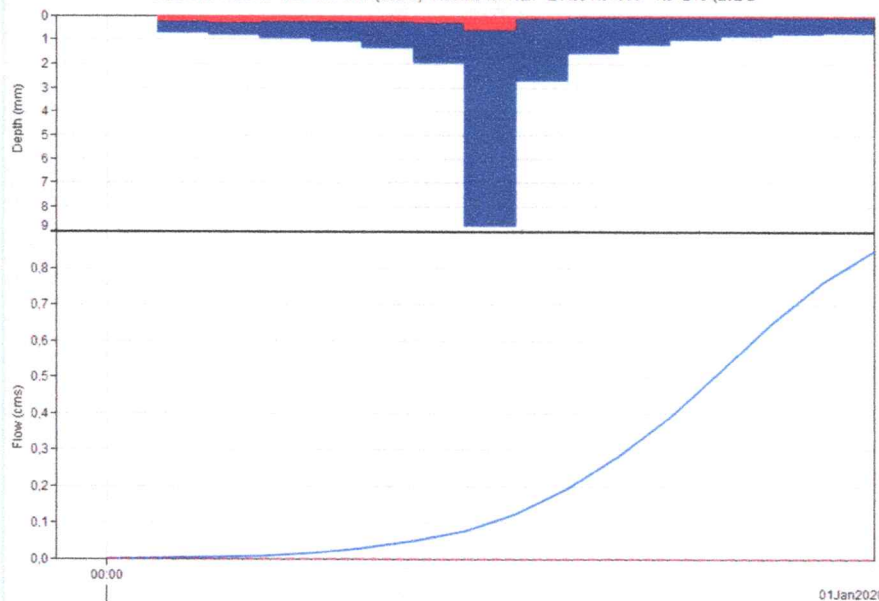
Project: PROYECTO VIAS SINCE Simulation Run: Q Abs K0+000 - K0+210 (EJE 2)
Subbasin: Abs K0+000 - K0+210 (EJE 2)

Start of Run: 01ene.2020, 00:00 Basin Model: Abs K0+000 - K0+210 (EJE 2)
End of Run: 01ene.2020, 00:15 Meteorologic Model: Met 1
Compute Time: DATA CHANGED, RECOMPUTE Control Specifications: Control 1

Date	Time	Precip (MM)	Loss (MM)	Excess (MM)	Direct Flow (M3/S)	Baseflow (M3/S)	Total Flow (M3/S)
01ene.2020	00:00				0.000	0.000	0.000
01ene.2020	00:01	0.640	0.192	0.448	0.001	0.000	0.001
01ene.2020	00:02	0.700	0.210	0.490	0.003	0.000	0.003
01ene.2020	00:03	0.780	0.224	0.556	0.008	0.000	0.008
01ene.2020	00:04	0.890	0.212	0.678	0.016	0.000	0.016
01ene.2020	00:05	1.050	0.203	0.847	0.030	0.000	0.030
01ene.2020	00:06	1.320	0.204	1.116	0.050	0.000	0.050
01ene.2020	00:07	1.910	0.224	1.686	0.077	0.000	0.077
01ene.2020	00:08	8.760	0.537	8.223	0.124	0.000	0.124
01ene.2020	00:09	2.650	0.088	2.562	0.194	0.000	0.194
01ene.2020	00:10	1.540	0.043	1.497	0.281	0.000	0.281
01ene.2020	00:11	1.160	0.029	1.131	0.388	0.000	0.388
01ene.2020	00:12	0.960	0.022	0.938	0.514	0.000	0.514
01ene.2020	00:13	0.830	0.018	0.812	0.648	0.000	0.648
01ene.2020	00:14	0.740	0.015	0.725	0.763	0.000	0.763
01ene.2020	00:15	0.670	0.013	0.657	0.848	0.000	0.848

Graph for Subbasin "Abs K0+000 - K0+210 (EJE 2)"

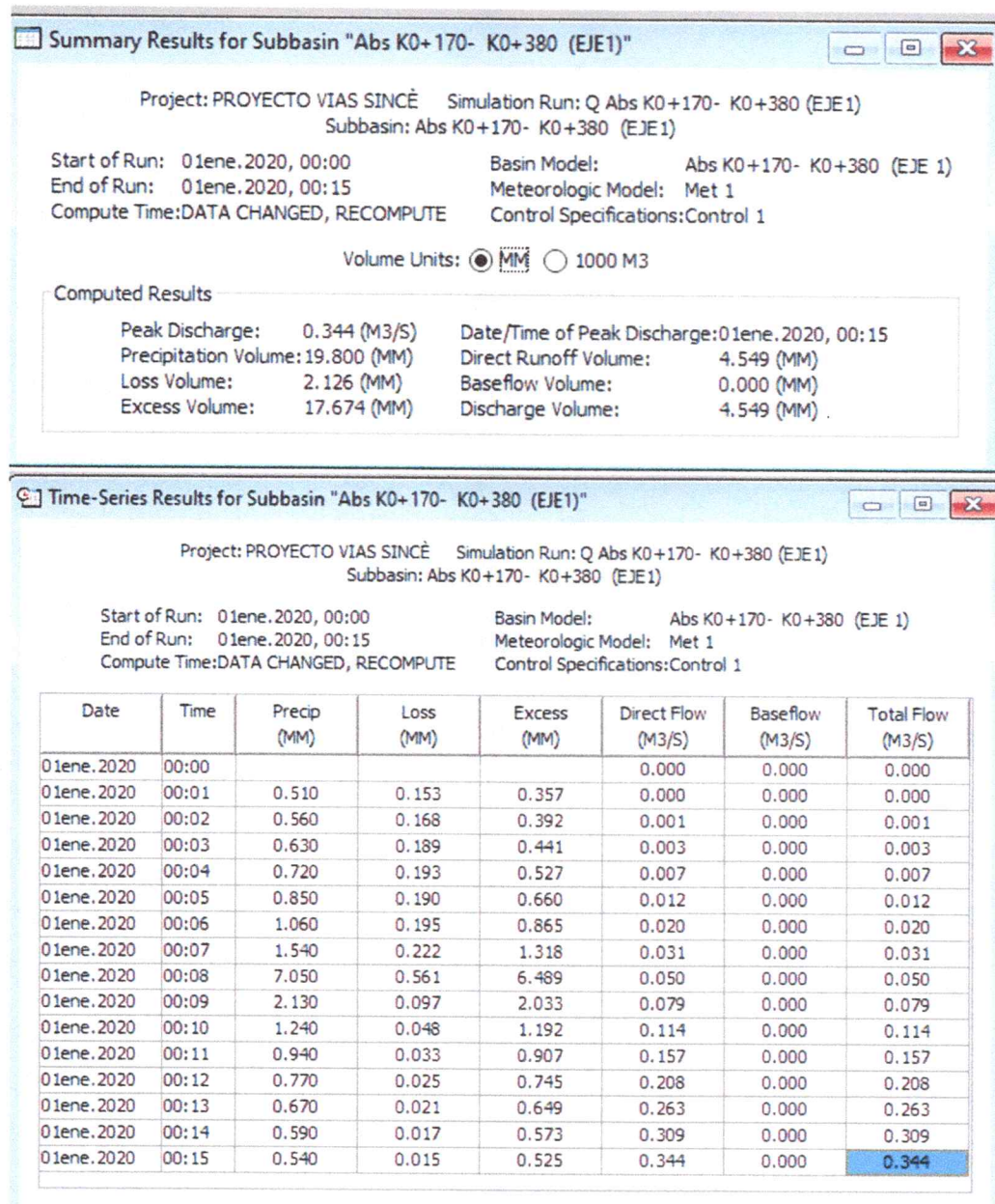
Subbasin "Abs K0+000 - K0+210 (EJE 2)" Results for Run "Q Abs K0+000 - K0+210 (EJE 2)"

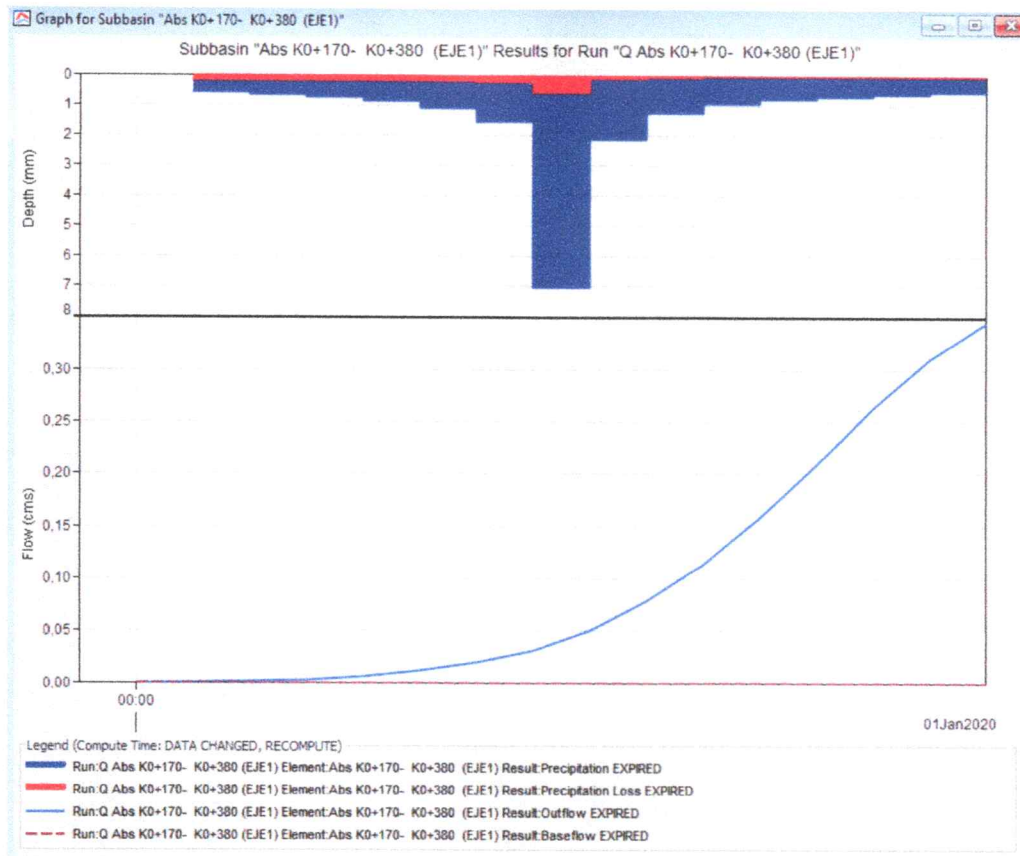


Legend (Compute Time: DATA CHANGED, RECOMPUTE)

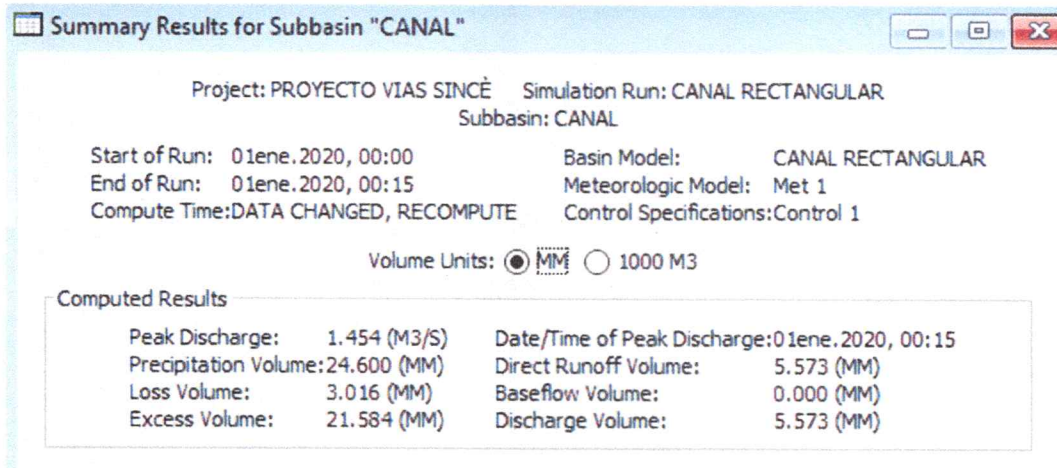
- Run Q Abs K0+000 - K0+210 (EJE 2) Element Abs K0+000 - K0+210 (EJE 2) Result Precipitation EXPRED
- Run Q Abs K0+000 - K0+210 (EJE 2) Element Abs K0+000 - K0+210 (EJE 2) Result Precipitation Loss EXPRED
- Run Q Abs K0+000 - K0+210 (EJE 2) Element Abs K0+000 - K0+210 (EJE 2) Result Outflow EXPRED
- Run Q Abs K0+000 - K0+210 (EJE 2) Element Abs K0+000 - K0+210 (EJE 2) Result Baseflow EXPRED

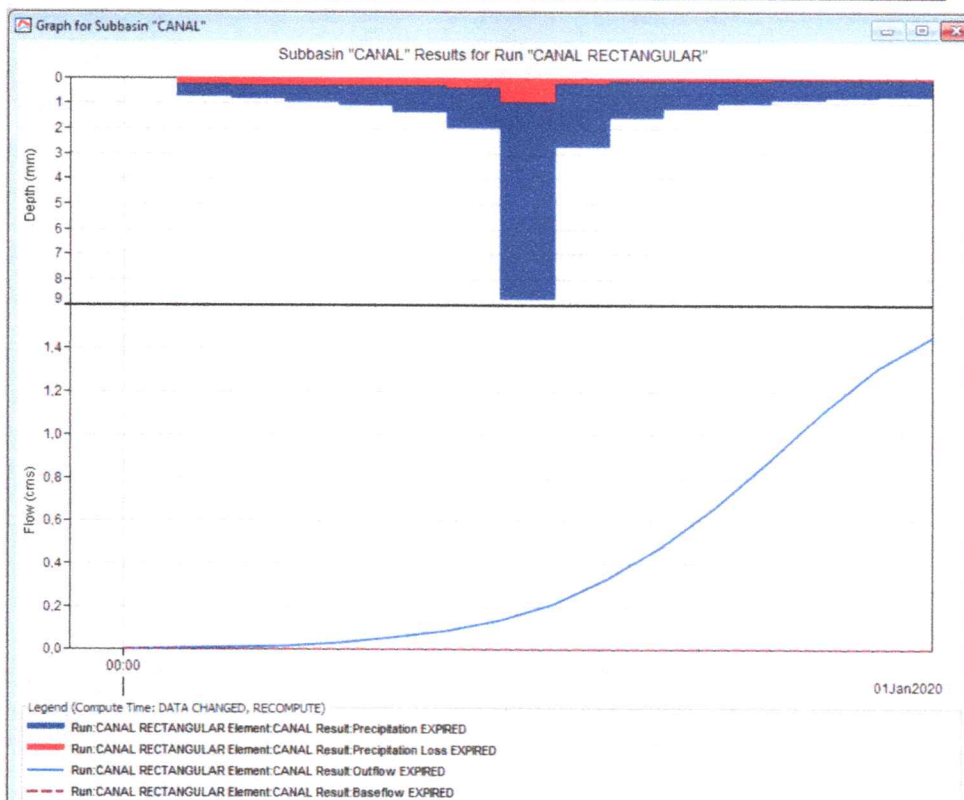
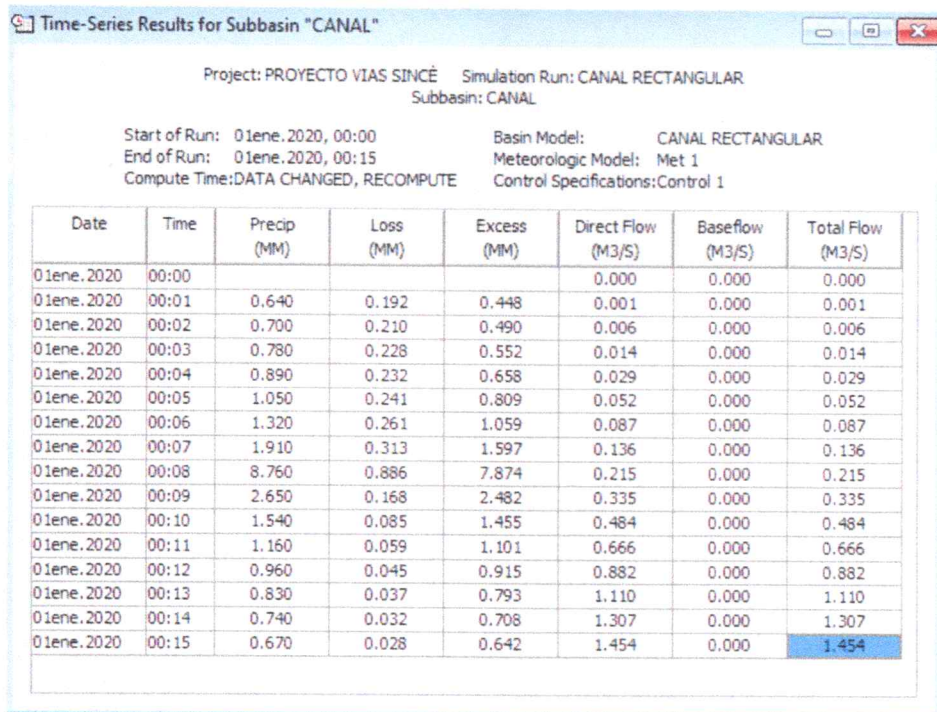
Abscisa K0+170- K0+380 (EJE 1) TR= 5 AÑOS





CANAL RECTANGULAR TR= 25 AÑOS







**Alcaldía
de Sincé**

CERTIFICACION DE DISEÑO

A QUIEN INTERESE:

Certifico que he realizado ESTUDIO HIDROLÓGICO E HIDRAULICO PARA EL MANEJO DE LA ESCORRENTIA SUPERFICIAL COMO OBJETO DE PAVIMENTACION EN CONCRETO RIGIDO DE LA CALLE 6, CARRERA 1A Y CARRERA 1B DEL BARRIO SAN MARTIN EN EL MUNICIPIO DE SINCÉ, SUCRE, de acuerdo con los criterios básicos y requisitos técnicos vigentes establecidos por el reglamento de agua potable y saneamiento básico RAS 2000, MODIFICADO POR LA RESOLUCIÓN 0330 DE 2017, la NTC-1500 CODIGO COLOMBIANO DE INSTALACIONES HIDRAULICAS Y SANITARIAS Tercera Actualización 2017-08-23 y la guía de diseños de pavimentos con placa-huella del INSTITUTO NACIONAL DE VIAS(INVIAS) , cuyos resultados se encuentran consignados en los documentos que anexo debidamente firmados.

Para los fines pertinentes, anexo copia de mi Tarjeta o Matrícula Profesional y certificado de vigencia de la misma y copia de la cédula de ciudadanía.

LUIS FELIPE MONTES PADILLA.
INGENIERO CIVIL.
ESPECIALISTA EN GERENCIA Y DIRECCIÓN DE OBRAS.
M.P. No. 22202-316659 COR.
C.C. 1102856942 DE SINCELEJO.

Cra 15 # 30-57 Nuevo majagual, Sincelejo (Sucre)

Cel. 3126632151



Matrícula Profesional No.
22202-316659 COR
Fecha de Expedición: 20/11/2015

Nombre:

**LUIS FELIPE
MONTES PADILLA**

Cédula:

C.C. 1102856942

Profesión:

INGENIERO CIVIL

Institución:

UNIVERSIDAD DE SUCRE



150599/0915

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


PRESIDENTE DEL CONSEJO
CONSEJO PROFESIONAL NACIONAL DE INGENIERIA

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

Cra 15 # 30-57 Nuevo majagual, Sincelejo (Sucre)

Cel. 3126632151

REPÚBLICA DE COLOMBIA
IDENTIFICACIÓN PERSONAL
CÉDULA DE CIUDADANÍA

NÚMERO 1.102.856.942

MONTES PADILLA

APellidos

LUIS FELIPE

Nombres

Luis Felipe Montes Padilla.

FIRMA



ÍNDICE DERECHO

FECHA DE NACIMIENTO
SINCELEJO
(SUCRE)

01-NOV-1993

LUGAR DE NACIMIENTO

1.80

O+

M

ESTATURA

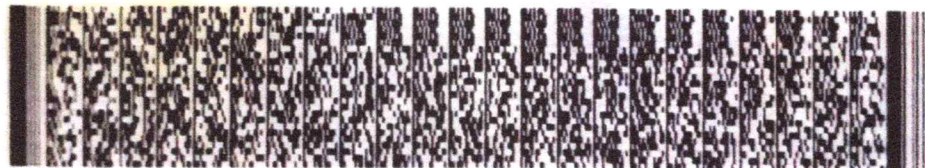
G.S. RH

SEXO

02-DIC-2011 SINCELEJO

FECHA Y LUGAR DE EXPEDICIÓN

REGISTRADOR NACIONAL
JUAN CARLOS GALINDO VACHA



A-2800100-00963722-M-1102856942-20171226

0058887904A 1

7544757851

Sincé, JUNIO 25 de 2025

Señores

Departamento para la Prosperidad Social - DPS

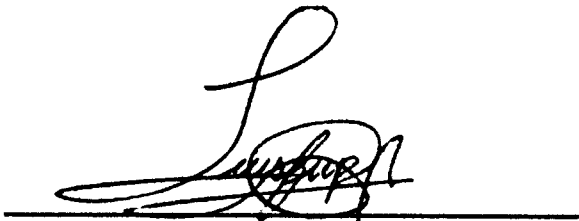
G.T. Infraestructura y Hábitat

Bogotá D.C.

Asunto: Certificación de Experiencia en estudios geotécnicos

Yo, **LUIS FELIPE MONTES PADILLA**, identificado con C.C. 1.102.856.942 DE SINCELEJO, profesional en INGENIERÍA CIVIL, con MATRICULA PROFESIONAL 22202-316659 COR desde el 20 de NOVIEMBRE de 2015, certifico que me he desempeñado como elaborador de estudios hidrológicos e hidraulicos por más de **cinco (5) años**, por lo que me hago responsable de los resultados expuestos en el informe hidrológico e hidráulico del proyecto: **“PAVIMENTACION EN CONCRETO RIGIDO DE LA CALLE 6, CARRERA 1A Y CARRERA 1B DEL BARRIO SAN MARTIN EN EL MUNICIPIO DE SINCÉ, SUCRE”**, el cual he realizado siguiendo lo establecido en las normas RAS (0330 DEL 2017) e INVIAS vigentes.

Para los fines pertinentes, anexo el certificado de vigencia y antecedentes profesionales.

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Luis Felipe Montes Padilla', is written over a horizontal line.

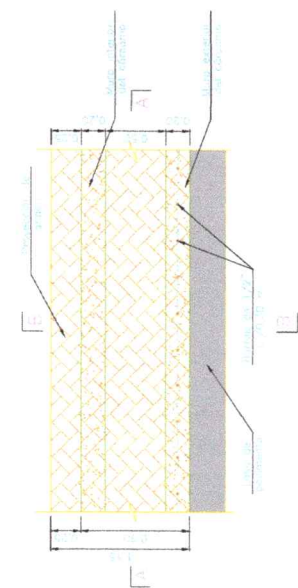
LUIS FELIPE MONTES PADILLA.

INGENIERO CIVIL.

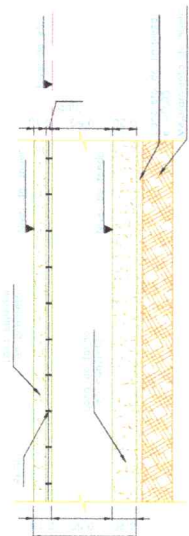
ESPECIALISTA EN GERENCIA Y DIRECCIÓN DE OBRAS.

M.P. No. 22202-316659 COR.

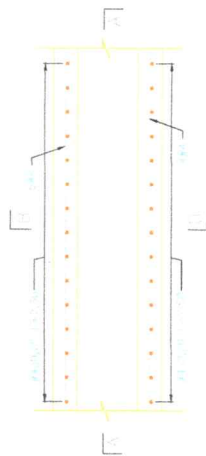
C.C. 1102856942 DE SINCELEJO.



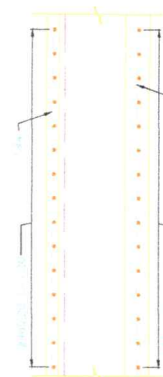
PLANTA - DIMENSIONES
CARCAMO TIPO 1
ESCALA 1:20



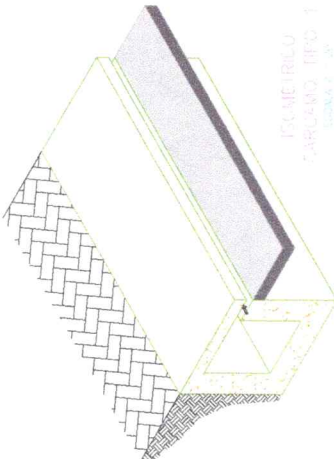
CORTE A-A - DIMENSIONES
CARCAMO TIPO 1
ESCALA 1:20



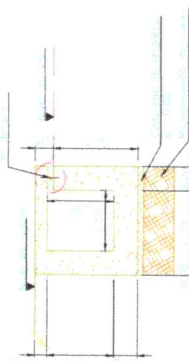
CORTE B-B - REINFORZO
CARCAMO TIPO 1
ESCALA 1:20



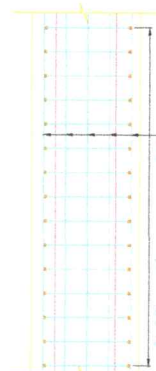
CORTE A-A - REINFORZO
CARCAMO TIPO 1
ESCALA 1:20



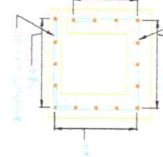
3D - DIMENSIONES
CARCAMO TIPO 1
ESCALA 1:20



CORTE B-B - DIMENSIONES
CARCAMO TIPO 1
ESCALA 1:20



CORTE A-A - REINFORZO
CARCAMO TIPO 1
ESCALA 1:20



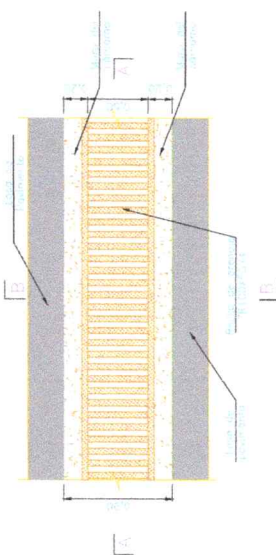
CORTE B-B - REINFORZO
CARCAMO TIPO 1
ESCALA 1:20

ITEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD
1	Concreto de $f'c=21$ MPa (3,000 psi), para muros y losas	m ³	0.48
2	Concreto de $f'c=10.5$ MPa (1,500 psi), para solado de limpieza	m ³	0.045
3	Acero de refuerzo $f_y=420$ MPa (60,000 psi)	kg	32.29

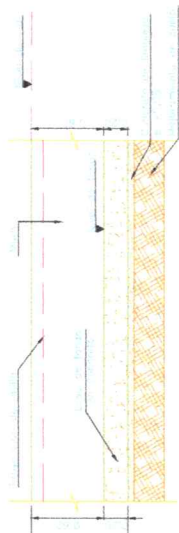
ITEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD
1	Concreto de $f'c=21$ MPa (3,000 psi), para muros y losas	m ³	139.00
2	Concreto de $f'c=10.5$ MPa (1,500 psi), para solado de limpieza	m ³	13.03
3	Acero de refuerzo $f_y=420$ MPa (60,000 psi)	kg	9,351.18



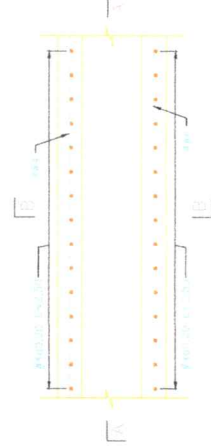




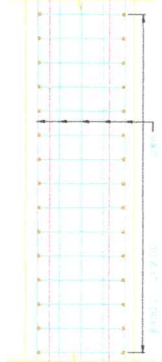
PLANTA - DIMENSIONES
CARGAMO TIPO 2
 ESCALA 1:50



CORTE A-A - DIMENSIONES
CARGAMO TIPO 2
 ESCALA 1:50



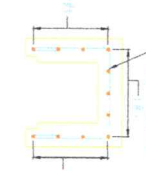
CORTE B-B - DIMENSIONES
CARGAMO TIPO 2
 ESCALA 1:50



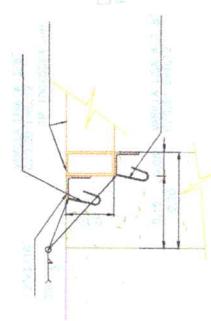
CORTE C-C - DIMENSIONES
CARGAMO TIPO 2
 ESCALA 1:50



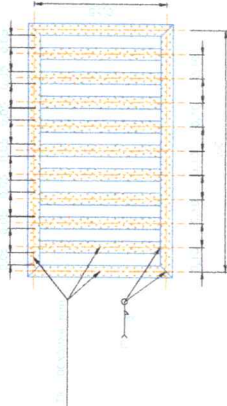
CORTE A-A - REFORZADO
CARGAMO TIPO 2
 ESCALA 1:50



CORTE B-B - REFORZADO
CARGAMO TIPO 2
 ESCALA 1:50



DETALLE 2
CARGAMO TIPO 2
 ESCALA 1:50

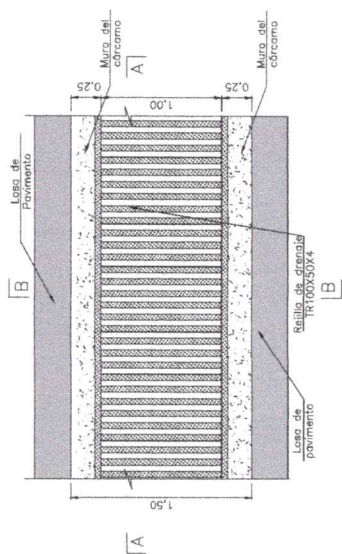


DETALLE 1
CARGAMO TIPO 2
 ESCALA 1:50

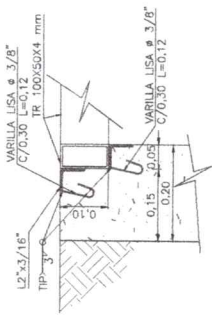
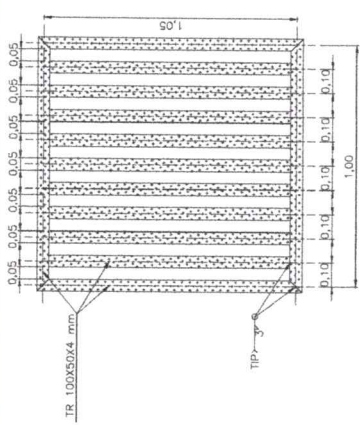
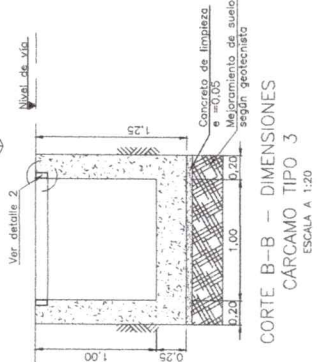
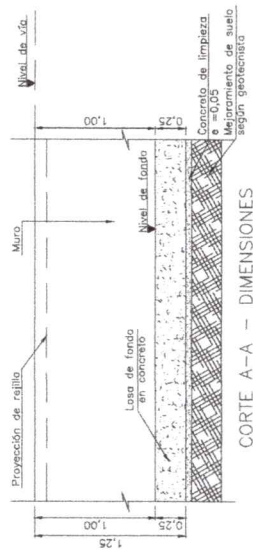
ITEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD
1	Concreto de $f'c=21$ MPa (3,000 psi), para muros y losas	m ³	0.43
2	Concreto de $f'c=10.5$ MPa (1,500 psi), para solado de limpieza	m ³	0.045
3	Acero de refuerzo A706 Gr-60 $f_y=420$ MPa (60,000 psi)	kg	23.36
4	Acero estructura A500 Gr-C $f_y=350$ MPa (50,000 psi)	kg	64.43

ITEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD
1	Concreto de $f'c=21$ MPa (3,000 psi), para muros y losas	m ³	11.29
2	Concreto de $f'c=10.5$ MPa (1,500 psi), para solado de limpieza	m ³	1.18
3	Acero de refuerzo A706 Gr-60 $f_y=420$ MPa (60,000 psi)	kg	613.20
4	Acero estructura A500 Gr-C $f_y=350$ MPa (50,000 psi)	kg	1,691.29





ISOMÉTRICO
CÁRCAMO TIPO 3
ESCALA A 1:20



ITEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD
1	Concreto de $f'c=21$ MPa (3,000 psi), para muros y losas	m ³	0.89
2	Concreto de $f'c=10.5$ MPa (1,500 psi), para solado de limpieza	m ³	0.075
3	Acero de refuerzo A706 Gr.60 $f_y=420$ MPa (60,000 psi)	kg	83.99
4	Acero estructura A500 Gr.C $f_y=350$ MPa (50,000 psi)	kg	111.67

ITEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD
1	Concreto de $f'c=21$ MPa (3,000 psi), para muros y losas	m ³	6.50
2	Concreto de $f'c=10.5$ MPa (1,500 psi), para solado de limpieza	m ³	0.55
3	Acero de refuerzo A706 Gr.60 $f_y=420$ MPa (60,000 psi)	kg	613.13
4	Acero estructura A500 Gr.C $f_y=350$ MPa (50,000 psi)	kg	558.35

