

**PROPUESTA DE DISEÑO DE UN SISTEMA DE DRENAJE VIAL PARA EL  
TRAMO DE CARRETERA TERCIARIA SAN JOAQUÍN ALTO DEL TIGRE EN EL  
MUNICIPIO DE LA MESA CUNDINAMARCA**

**ANDERSSON JADIR ROMERO VANEGAS  
YURY RONCHAQUIRA SABOGAL  
LUISA FERNANDA GOMEZ PACHON**

**UNIVERSIDAD LA GRAN COLOMBIA  
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL  
BOGOTÁ D. C.  
2017**

**PROPUESTA DE DISEÑO DE UN SISTEMA DE DRENAJE VIAL PARA EL  
TRAMO DE CARRETERA TERCIARIA SAN JOAQUIN ALTO DEL TIGRE EN EL  
MUNICIPIO DE LA MESA CUNDINAMARCA**

**ANDERSSONJADIR ROMERO VANEGAS  
YURY RONCHAQUIRA SABOGAL  
LUISA FERNANDA GOMEZ PACHON**

**Trabajo presentado como requisito parcial para optar el título de Ingeniero  
civil**

**Asesor Disciplinar  
Ing. Luis Efrén Ayala Rojas**

**Asesora Metodológico  
Lic. Laura Milena Cala Cristancho**

**UNIVERSIDAD LA GRAN COLOMBIA  
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL  
BOGOTÁ D. C.  
2017**

## CONTENIDO

INTRODUCCIÓN .....	8
1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	10
2 JUSTIFICACIÓN.....	12
3 OBJETIVOS.....	13
3.1 OBJETIVO GENERAL .....	13
3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	13
4 ANTECEDENTES.....	14
5 MARCO DE REFERENCIAL .....	15
5.1 MARCO CONCEPTUAL .....	15
5.1.1 TIPOS DE FLUJO.....	16
5.1.2 DRENAJE .....	17
5.1.3 CLASIFICACIÓN DE CUNETAS.....	17
5.1.4 TIPOS DE CUNETAS .....	18
5.1.5 OBRAS DE ARTE EN LAS VÍAS.....	19
5.2 MARCO GEOGRÁFICO.....	20
5.3 MARCO LEGAL .....	22
6 DISEÑO METODOLÓGICO .....	23
6.1 ENFOQUE DE INVESTIGACIÓN.....	23
6.2 TIPO DE INVESTIGACIÓN.....	23
6.3 FASES DE LA INVESTIGACIÓN .....	23
FASE 1 .....	23

FASE 2. ....	24
FASE 3. ....	24
6.4 INSTRUMENTOS Y TÉCNICAS DE RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN 24	
6.4.1 DOCUMENTACIÓN SECUNDARIA .....	24
6.4.2 OBSERVACIÓN DIRECTA.....	25
7 RESULTADOS Y ANÁLISIS.....	26
7.1 DESCRIPCIÓN DE LA TOPOGRAFÍA Y ESTADO DE LA VÍA EN EL TRAMO DE CARRETERA SAN JOAQUÍN – ALTO DEL TIGRE MUNICIPIO DE LA MESA CUNDINAMARCA. ....	26
7.1.1 Topografía. ....	26
7.1.2 Hidrología de la zona.....	27
7.1.3 DIAGNÓSTICO DEL ESTADO ACTUAL DEL SISTEMA DE DRENAJE .....	28
7.1.3.1 Estado de la vía:.....	28
7.1.4 Abscisado .....	31
7.2 PARÁMETROS DE DISEÑO DEL DRENAJE DEL TRAMO DE SAN JOAQUIN – ALTO DEL TIGRE .....	33
7.2.1 Área de drenaje .....	33
7.2.2 Caudal de diseño.....	34
7.2.3 Curvas de Intensidad - Duración – Frecuencia.....	35
7.2.4 Periodo de retorno de diseño .....	40
7.2.5 Intensidad de precipitación .....	41
7.2.6 Tiempo de concentración .....	41
7.2.7 Coeficiente de escorrentía.....	41

7.2.8	Velocidad mínima .....	42
7.2.9	Velocidad máxima .....	42
7.2.10	Pendiente mínima .....	43
7.2.11	Pendiente máxima.....	43
7.3	DISEÑO DE DRENAJE PARA EL TRAMO COMPRENDIDO ENTRE SAN JOAQUIN – ALTO DEL TIGRE.....	44
7.3.1	DISEÑO DE OBRA ESPECIAL- CÁMARA DE CAPTACIÓN .....	48
7.3.2	DISEÑO DE DRENAJE MEDIANTE PROGRAMA H CANALES.....	51
7.3.3	CALCULO DE CANTIDADES.....	55
7.3.4	PRESUPUESTO.....	57
8.	CONCLUSIONES.....	58
9.	RECOMENDACIONES .....	59
	BIBLIOGRAFIA .....	60

## LISTA DE FIGURAS

Figura1. Contracuneta.....	18
Figura2. Subdrenaje.....	18
Figura3 Sección en balcón.....	19
Figura4 Sección en cajón.....	19
Figura5 Canal de descarga.....	20
Figura 6 Mapa de la Mesa, Cundinamarca de la Mesa Cundinamarca.....	21
Figura7 Mapa de Ubicación.....	26
Figura8 Puente.....	28
Figura9 Muro en Gavión.....	29
Figura10 Estado de la vía.....	30
Figura11 Estado de la vía.....	30
Figura12 Vía.....	31
Figura13 Planímetro digital.....	33
Figura14 Planímetro digital.....	34
Figura15 Curva de Intensidades, Duración y Frecuencia.....	40

## LISTA DE TABLAS

Tabla 1 Datos generales de la zona de estudio .....	21
Tabla 2 Datos mensuales de precipitación máxima en 24 Hrs.....	27
Tabla 3 Latitud y longitud del abscisado .....	32
Tabla 4 Distribución de probabilidades pluviométricas mediante Gumbel .....	36
Tabla 5 Precipitaciones máximas para diferentes tiempos de duración de lluvias	37
Tabla 6 Intensidades de lluvia a partir de Pd, según Duración de precipitación y Frecuencia de la misma .....	38
Tabla 7 Resumen de la regresión para cada uno de los periodos de retorno .....	39
Tabla 8 Tabla de Intensidades, Duración y Frecuencia .....	39
Tabla 9 Periodos de retorno o grados de protección.....	41
Tabla 10 Coeficiente de escorrentía o Impermeabilidad .....	42
Tabla 11 Velocidades máximas permisibles .....	43
Tabla 12 Caudal de diseño .....	44
Tabla 13 Elementos geométricos de sección de canal .....	44
Tabla 14 Resultados cálculo de cada sección.....	45
Tabla 15 Resultados de los cálculos de la cámara de captación .....	49
Tabla 16 Espesor para obras en concreto simple .....	55
Tabla 17 Cuadro de cantidades de obra .....	56
Tabla 18 Presupuesto del proyecto .....	57

## INTRODUCCIÓN

El drenaje vial es principalmente el sistema que permite la retirada de las aguas que se acumulan en depresiones topográficas de los terrenos, causando inconvenientes a las áreas que pueden ser agrícolas, urbanizadas o las mismas carreteras. Principalmente el sistema de drenaje está compuesto por una red de canales que recogen y conducen las aguas a otra parte, fuera del área a ser drenada, impidiendo al mismo tiempo la entrada de las aguas externas. También se puede decir que el drenaje es el que permite reducir el máximo de agua en las carreteras.

Para realizar un correcto diseño de drenaje se recurre al uso de la hidrología como rama de la Ingeniería Civil que se ocupa de planificar, proyectar y construir las obras hidráulicas, entendiéndose que son éstas las que cumplirán la función de captar, conducir, regular y proteger los efectos que causan las aguas. Cualquier obra civil, cuyas dimensiones y características hayan sido establecidas atendiendo principalmente a criterios y normas hidráulicas e hidrológicas, es una obra o proyecto hidráulico<sup>1</sup>. Los estudios hidrológicos son fundamentales para este tipo de diseños de obras hidráulicas, pues para efectuar estos estudios se utilizan frecuentemente modelos matemáticos que dan solución al problema principalmente planeado.

El diseño y construcción de un sistema a superficie libre se basa en la profundidad del flujo proyectada a lo largo del canal, para ello es necesario tener en cuenta la geometría, las características generales de los perfiles de flujo de variación gradual que no solo dependen de la pendiente del fondo, sino que también de la profundidad del flujo, por lo tanto un canal abierto incluye secciones de distintas pendientes de fondo, así como varios tramos de diferentes perfiles de superficie, por ejemplo la forma de perfil de superficie en un tramo de pendiente decreciente es diferente a un tramo de pendiente ascendente.

La importancia de tener un adecuado drenaje es lograr que las vías se mantengan en buen estado para que así los usuarios transiten cómodos y seguros. Dado que el agua puede causarle algunos daños que afectan sus propiedades geomecánicas, mecanismos de transferencias de cargas e incrementa la

---

<sup>1</sup>Guevara P Edilberto, Cartaya Humberto. Hidrología Ambiental. Primera Edición. Venezuela: Facultad de Ingeniería de la Universidad de Carabobo, Mayo 2004

susceptibilidad de los cambios volumétricos, si esa misma se empoza y no fluye, por tal motivo se considera que es una de las causas más relevantes del deterioro prematuro de la infraestructura vial.

Este proyecto de investigación plantea el diseño de un sistema de drenaje para el municipio de la Mesa Cundinamarca, exactamente para el tramo comprendido entre las veredas de San Joaquín y Alto del Tigre. En el desarrollo de este, se podrá encontrar análisis del estado actual de la vía en estudio, el cálculo de los parámetros requeridos para la modelación en el Software H Canales, las cantidades de obra y el presupuesto.

## 1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Colombia cuenta con una red de vías terciarias (Veredales y Municipales) de aproximadamente 142.000 Km, esto representa el 69% de la extensión de la red vial nacional<sup>2</sup> de los cuales los departamentos están encargados de 72.761 Km, los municipios de 34.918 Km, el Instituto Nacional de Vías de 27.577, y los privados de 12.251 Km, sin embargo, la gran mayoría de las vías terciarias presentan un alto grado de deterioro (70%) provocado por diferentes factores tales como: mal manejo de drenajes de aguas lluvias, falta de mantenimiento y conservación, erosión e inestabilidad de taludes y terraplenes.

Uno de los principales factores que afecta el estado de la vía es el agua que se precipita en forma de lluvia, una parte de ella se filtra y discurre por el suelo, y la otra se evapora, produciendo efectos negativos en la vía, tales como:

- Formación de socavaciones (Baches).
- Afectación en las características mecánicas del suelo, cambiando su resistencia al cortante produciendo deformaciones o fallas en los taludes y terraplenes.
- Asentamientos diferenciales a lo largo del camino.
- Erosión sobre la superficie del camino, provocando daños notorios a la hora de transitar

Cuando se va a proyectar y diseñar una vía, camino o calle, hay que realizar estudios hidrológicos y geológicos para así obtener un sistema de drenaje funcional, económico y seguro, con esto se evita el deterioro progresivo de las capas de rodadura, base del pavimento, sub-base y subrasante para así prolongar la vida útil (20 años mínimo), de estas obras. En el país se observa cómo se destruyen las vías públicas por efecto de un "mal drenaje pluvial", antes de cumplir sus periodos de vida útil. Un mal drenaje en la vía afecta todas las actividades humanas tales como económicas, recreativas, turismo y transporte.

Específicamente, la vía terciaria que conduce al municipio de la Mesa Cundinamarca presenta un alto grado de deterioro por causa del mal drenaje vial,

---

<sup>2</sup>ALCALDÍA MUNICIPAL DE LA MESA. Esquema de ordenamiento territorial La Mesa – Cundinamarca. 3p.

afectando tanto a los habitantes del sector San Joaquín – Alto Del Tigre como a los transportadores y turistas. Esta vía terciaria es de gran importancia para el desarrollo económico y turístico de la región, ya que conecta las principales veredas del municipio de la Mesa Cundinamarca. No obstante, el paso de tránsito pesado afecta y desgasta la estructura complicando la situación aún más, sumado al escaso mantenimiento que se le realiza.

Por lo anterior, se plantea la siguiente pregunta de investigación:

¿Cuál es el diseño óptimo que permite mejorar el sistema de drenaje en la vía terciaria entre San Joaquín Alto del Tigre en el municipio de la Mesa (Cundinamarca)?

## 2 JUSTIFICACIÓN

Las obras de drenaje en Vías son elementos estructurales importantes que influyen directamente en la duración del camino, carretera, autopista u otra vía terrestre de comunicación, su objetivo principal es captar y eliminar las aguas que corren sobre el terreno natural o que de alguna u otra forma, llegan al mismo, principalmente las aguas pluviales y así mismo dar salida rápida a las aguas que lleguen al camino.

Como se mencionó en el planteamiento del problema, puede observarse que los efectos que produce el agua sobre las vías son muy notorios, modificando las condiciones de servicio.

En el tramo comprendido entre San Joaquín y Alto del Tigre esto al Oeste del casco urbano del Municipio de La Mesa (Cundinamarca) lo que se busca es analizar el diseño de drenaje actual de la vía para así presentar una alternativa de mejora teniendo en cuenta las especificaciones de construcción de sistemas de drenaje, ya que este se encuentra en un deterioro producido por fenómenos climatológicos, falta de mantenimiento, manejo inadecuado de aguas, aumento en el parque automotor ocasionando aumento en los tiempos de viaje e inseguridad para los habitantes de la región. Por otra parte, plantear una alternativa que cumpla con las normas y descripciones técnicas de diseño, principalmente que involucre minimizar costos de operación y mantenimiento.

Estas son las principales razones por las cuales se plantea este proyecto, por lo tanto a futuro se busca beneficiar a los habitantes, transportadores, comerciantes y turistas de la zona para ofrecerles un trayecto de vía más segura y cómoda, en una futura implementación.

### **3 OBJETIVOS**

#### **3.1 OBJETIVO GENERAL**

Diseñar el sistema de drenaje en vía terciaria en el sector de San Joaquín –Alto Del Tigre en La Mesa Cundinamarca 1,2 km.

#### **3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Describir la topografía, el estado de la vía y el sistema de drenaje actual del tramo de carretera San Joaquín – Alto Del Tigre en la Mesa Cundinamarca.
- Identificar las especificaciones técnicas para la construcción de obras de arte.
- Desarrollar una alternativa al diseño y drenaje del tramo de vía San Joaquín – Alto Del Tigre.

## 4 ANTECEDENTES

Se realizó una revisión sobre estudios e investigaciones en la zona y también referentes al sistema de drenaje y no se encontraron reportes. Por lo tanto, a continuación se presentan estudios en vías de otras regiones.

En cuanto a estudios en vías terciarias realizados por el Fonade titulado “*mejoramiento y adecuación de las vías en vereda El Payacal, El Caney, vereda el Hato Norte y desde Bomba Briovereda el Palmar del municipio de la Mesa Cundinamarca.*”<sup>3</sup>. Las cuales contempla las obras de mejoramiento en las vías de las veredas el Payanar, el Caney, vereda el Hato Norte y vereda el Palmar en el Municipio de la Mesa corresponden a la construcción de placa huellas. Las principales actividades que se ejecutaron en el desarrollo del proyecto son las siguientes: Mejoramiento de suelo piedra rajón, concreta placa de aproximación, concreto para empedrado huella, concreto placa en concreto, concreto riostras o viguetas, concreto cunetas, excavación, relleno material seleccionado.

Por otra parte, se analizó el estudio realizado por Humberto Ávila, PhD, titulado “***Perspectiva del manejo del drenaje pluvial frente al cambio climático - caso de estudio: ciudad de Barranquilla, Colombia.***”<sup>4</sup>, donde menciona uno de los aspectos que inciden directamente en la viabilidad del proyecto es el manejo del drenaje pluvial. Un sistema de drenaje pluvial en general debe proteger las vidas humanas, la infraestructura urbana, el entorno natural y mantener la movilidad vehicular y peatonal. El rumbo de manejo integral de drenaje urbano, implica no sólo el manejo de la cantidad de agua y la calidad, sino también la capacidad de adaptabilidad frente al cambio climático del sistema de drenaje que se proyecte para la ciudad.

Por último el proyecto de *complemento mejoramiento de la vía terciaria k 92 – divino niño vereda loma larga desde el k0+000 al k4+347 municipio de Nocaima*<sup>5</sup>. El cual incluye Las principales actividades que se ejecutaron en el desarrollo del proyecto del mejoramiento de la vía terciaria fueron, construcción de placa huella, construcción alcantarillas, construcción muros en gavión,

---

<sup>3</sup>FONADE. ESTUDIOS PREVIOS MCC [En línea]. <<http://bit.ly/2dO0yo0>> [citado en 3 de octubre de 2016]

<sup>4</sup>ÁVILA, Humberto. Revista de Ingeniería. Universidad de los Andes. Bogotá D.C. [En línea]. <<http://www.scielo.org.co/pdf/ring/n36/n36a11.pdf>> [citado en 12 de octubre de 2016]

<sup>5</sup>Ibid. P. 7, 8

construcción box coulvert, cunetas en concreto, filtro con geotextil, protección de taludes con césped.

## 5 MARCO DE REFERENCIAL

### 5.1 MARCO CONCEPTUAL

Para dar inicio a esta investigación se hace preciso conocer y diferenciar algunos términos que serán necesarios identificar a la hora de proponer un diseño de drenaje para una vía terciaria, en primer lugar uno de los conceptos relevantes es el de la Infraestructura vial, que se define como el conjunto de elementos que permite el desplazamiento de vehículos, bicicletas y personas en forma confortable y segura desde un punto a otro. Estos elementos que incluyen los pavimentos, puentes, túneles, dispositivos de seguridad, señalización, entre otros, cumplen una función específica y única indispensable dentro del buen funcionamiento de la infraestructura.<sup>6</sup>

Por otra parte, el mantenimiento vial, que es definido como el conjunto de actividades destinadas a prevenir daños o reparar defectos específicos de los componentes de una carretera, incluyendo calzada, bermas, zonas laterales dispositivos de drenajes, estructuras y elementos de control de tránsito.<sup>7</sup> A diferencia de la rehabilitación vial, implica cualquier actividad que restaure la vía a su condición o capacidad inicial. Son las medidas que se aplica con el fin de recuperar la capacidad estructural de los elementos que hacen parte de la infraestructura vial. Algunas implican el retiro de parte de la estructura existente para colocar posteriormente el refuerzo y con otras se busca aprovechar las condiciones superficiales existentes del pavimento.

Las obras de drenaje están diseñadas para remover el exceso de agua superficial sobre la franja de la carretera y restituir la red de drenaje natural, la cual puede verse afectada por el trazado.<sup>8</sup>

---

<sup>6</sup>JOFRE ALEJANDRO MARTINEZ. Infraestructura vial y pavimentos [En línea] <<http://pavimyvias77.blogspot.com.co/>> [Citado en 2016-09-20]

<sup>7</sup>WILFAN DE JESÚS PERAFÁN. Guía para el mantenimiento rutinario de vías no pavimentadas [En línea] <<http://bit.ly/2dpjfPi>>[Citado en 2016-09-20]

<sup>8</sup> INVIAS. Manual de diseño geométrico de carreteras, Bogotá D.C.: Ministerio de Transportes, Instituto Nacional de Vías, 2008a.

### **5.1.1 TIPOS DE FLUJO**

El flujo en canales abiertos puede clasificarse de acuerdo con el cambio de los parámetros profundidad, velocidad, área del flujo con respecto al tiempo y al espacio:

#### **5.1.1.1 Flujo permanente y flujo no permanente:**

El flujo es permanente si los parámetros (tirante, velocidad, área.), no cambian con respecto al tiempo, es decir, en una sección del canal en todos los tiempos los elementos del flujo permanecen constantes, si los parámetros cambian con respecto al tiempo el flujo se llama no permanente. En la mayoría de los casos de canales abiertos es necesario estudiar el comportamiento del flujo solo bajo condiciones permanentes. Sin embargo, si el cambio en la condición del flujo con respecto al tiempo es importante, el flujo debe tratarse como no permanente.<sup>9</sup>

#### **5.1.1.2 Flujo uniforme y flujo variado**

Esta clasificación obedece a la utilización del espacio como variable. El flujo es uniforme si los parámetros (tirante, velocidad, área) no cambian con respecto al espacio, es decir, en cualquier sección del canal los elementos del flujo permanecen constantes, si los parámetros varían de una sección a otra, el flujo se llama no uniforme o variado. Un flujo uniforme puede ser permanente o no permanente, según cambie o no la profundidad con respecto al tiempo.

#### **5.1.1.3 Flujo uniforme permanente:**

La profundidad del flujo no cambia durante el intervalo de tiempo bajo consideración, es el tipo de flujo fundamental que se considera en la hidráulica de canales abiertos.

#### **5.1.1.4 Flujo uniforme no permanente:**

El establecimiento de un flujo uniforme no permanente requeriría que la superficie del agua fluctuará de un tiempo a otro pero permaneciendo paralela al fondo del canal, como esta es una condición prácticamente imposible, el flujo uniforme no permanente es poco frecuente.

---

<sup>9</sup> RODRIGUEZ PEDRO. Clasificación de flujo en canales abiertos [En línea]<<https://goo.gl/1XbJnh>>[Citado en 2017-06-20]

#### 5.1.1.5 Flujo rápidamente variado:

El flujo es rápidamente variado si la profundidad del agua cambia de manera abrupta en distancias comparativamente cortas, como es el caso del resalto hidráulico.

#### 5.1.1.6 Flujo gradualmente variado:

El flujo gradualmente variado es aquel en el cual los parámetros cambian en forma gradual a lo largo del canal, como es el caso de una curva de remanso.

### 5.1.2 DRENAJE

El drenaje es un sistema de tuberías, sumideros o trampas y todas sus conexiones, que se utilizan para la supresión de líquidos, por lo general pluviales, en una población determinada.

### 5.1.3 CLASIFICACIÓN DE CUNETA

Se busca presentar una alternativa de mejora al diseño de drenaje vial dadas las siguientes estructuras:

- **Cuneta:** Estructura construida en la parte del talud, o corte superior usada para conducir las escorrentías durante los periodos de lluvia y evitar acumulación de agua sobre la vía (ver Figura1).

**Figura1. Cuneta**



Fuente: <http://bit.ly/2dS7ArR>

- **Canales:** Son zanjas construidas en terreno natural o revestidas en concreto, vegetación o piedra.

- **Contracuneta:** Las contracunetas son zanjas, generalmente paralelas al eje de la carretera (ver Figura 2).

**Figura 2. Contracuneta**



Fuente: <http://bit.ly/2dSbpNP>

- **Bombeo normal:** Inclínación transversal de la calzada en recta que permite que el agua drene hacia los costados.
- **Pendiente:** Inclínación que sirve para el bombeo normal y hace que el agua drene hacia los costados y evita que el agua se acumule en la mitad.
- **Subdrenaje:** Es un drenaje subterráneo construido para interceptar, conducir y/o desviar los flujos de agua subterráneos, que se encuentren en el suelo de fundación de la vía y/o provenientes de los taludes adyacentes (ver Figura 3).

**Figura 3. Subdrenaje**

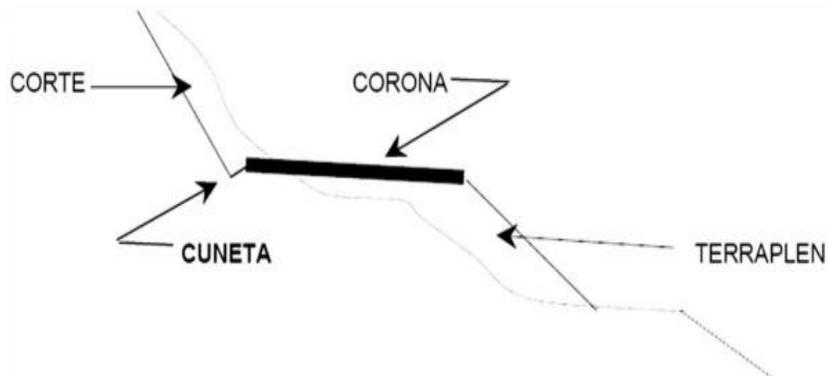


Fuente: <http://bit.ly/2eaq9vC>

#### 5.1.4 TIPOS DE CUNETAS

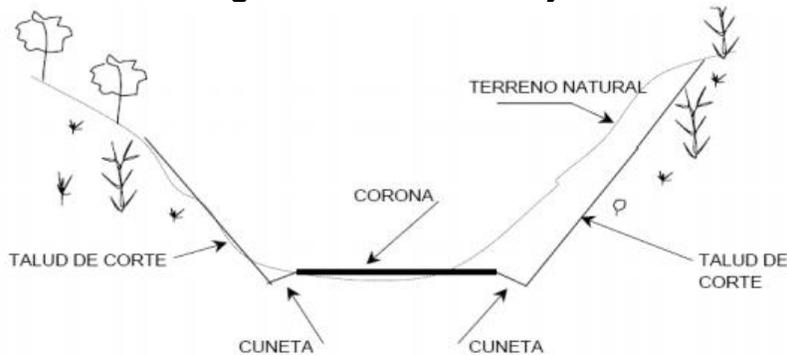
Se pueden presentar en dos tipos: en cortes en balcón donde hay cuneta en un solo lado y en cortes en cajón, donde hay cuneta en ambos lados (ver Figura 4-5).

**Figura 4 Sección en balcón**



Fuente <http://bit.ly/2dkMGBS> p. 25

**Figura 5 Sección en cajón**



Fuente: <http://bit.ly/2dkMGBS> p.26

### 5.1.5 OBRAS DE ARTE EN LAS VÍAS

Estas son algunas de las obras de arte más importantes que se encuentran en las vías:

**5.1.5.1 Obras de Arte:** Las vías no pavimentadas, generalmente están conformadas por elementos estructurales que cumplen funciones de contención, control de erosión y dar continuidad a las vías donde se presentan obstáculos. Las obras de arte en vías no pavimentadas generalmente son:

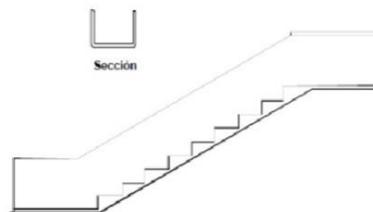
**5.1.5.2 Muros:** Son estructuras de contención, construidas con diferentes materiales, para soportar empujes horizontales de diversos materiales, sólidos, granulados y líquidos, utilizados para el control de la erosión de taludes en corte o terraplén, dar estabilidad al terreno natural y proteger o sostener otras obras o estructuras como puentes, pontones, alcantarillas.

**5.1.5.3 Puentes:** Los puentes son estructuras “de longitud igual o mayor a 10 metros”<sup>7</sup> construidas para salvar obstáculos como corrientes de agua, lagos, depresiones del terreno, vías férreas, carreteras, con el fin de unir caminos o vías garantizando así la continuidad de los mismos, brindando comodidad y seguridad a los usuarios.

**5.1.5.4 Alcantarillas:** Son obras de drenaje, cuya finalidad es evacuar el agua de las cunetas longitudinales de un lado del camino.<sup>10</sup>

**5.1.5.5 Canales de descarga:** Estructura en forma de canal liso o bien con graderíos, que se construye para descargar el agua que conducen las cunetas hacia los puntos bajos al lado del camino (ver Figura6).<sup>11</sup>

**Figura 6. Canal de descarga**



Fuente: <http://bit.ly/2dkMGBS>

## 5.2 MARCO GEOGRÁFICO

La población de La Mesa se encuentra 65 Km distante de la capital de la República, Bogotá D.C. Considerado como uno de los municipios intermedios de la geografía Nacional y del Departamento de Cundinamarca, se le conoció en otros tiempos como "La Mesa de Juan Díaz", puesto que a partir de este sitio se confirmó la fundación del municipio que hoy, después de 227 años, mantiene el nombre original de La Mesa<sup>12</sup>.

---

<sup>10</sup>CHOCANO JOSE. Definiciones de Estructuras de Obras de Arte de Una Carretera [en línea] <<http://bit.ly/2dAFPGe>> [citado en 2016-10-7]

<sup>11</sup>Ibid. P4

<sup>12</sup>ALCALDÍA MUNICIPAL DE LA MESA. Esquema de ordenamiento territorial La Mesa – Cundinamarca. 3p.

El municipio de La Mesa, cuenta con 20 barrios en el sector urbano, 3 Inspecciones (San Joaquín (10 Veredas), San Javier (7 Veredas) y La Esperanza (8 Veredas) en la zona rural.

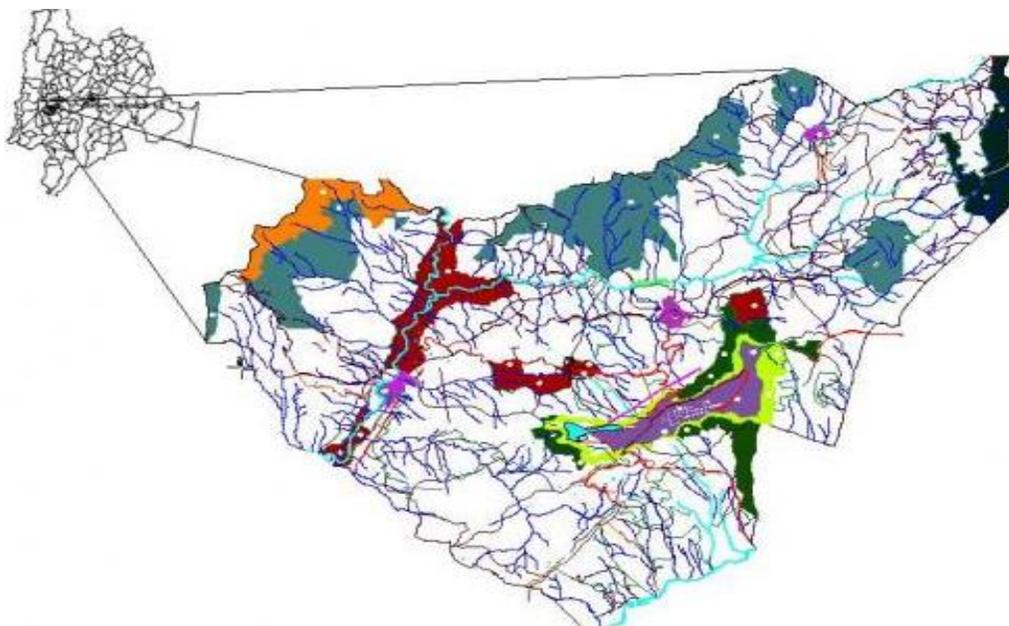
Limita al Norte con los Municipios de Quipile, Cachipay y Zipacón, al este con Bojacá y Tena, al sur con El Colegio y Anapoima y al oeste con Anapoima y Quipile. En la actualidad la habitan aproximadamente 30.250 habitantes.<sup>13</sup>

**Tabla 1 Datos generales de la zona de estudio**

Extensión total	148 Km <sup>2</sup>
Extensión área urbana	2.75 Km <sup>2</sup>
Extensión área rural	145 Km <sup>2</sup>
Altitud de la cabecera municipal	1200 m s.n.m
Temperatura media	22° C
Distancia de referencia	65 Km

Fuente: Alcaldía Municipal La Mesa Cundinamarca

**Figura7 Mapa de la Mesa, Cundinamarca**



Fuente: <http://bit.ly/2dp7NmP>

<sup>13</sup>Ibid. 3p

### 5.3 MARCO LEGAL

Para la realización del proyecto se debe contar con normas y especificaciones de construcción, diseño y drenajes de vías para obtener una buena calidad del mismo, las cuales se muestran a continuación:

NORMA	DESCRIPCIÓN
Decreto 302 de 2000(febrero 25) <sup>14</sup>	El presente decreto contiene el conjunto de normas que regulan las relaciones que se generan entre la entidad prestadora de los servicios públicos de acueducto y alcantarillado.
RAS-2.017. Titulo D. <sup>15</sup>	Parámetros para el diseño de Sistemas de Recolección y Evacuación de Aguas Residuales y Pluviales.
Decreto 769 del 22 de Abril de 2014 <sup>16</sup>	Actividades de mejoramiento en proyectos de infraestructura de transporte.
Manual de drenaje para carreteras. Diciembre 2009 <sup>17</sup>	Aplicación en el diseño y construcción de obras típicas para el drenaje y subdrenaje de carreteras.

Fuente: Propia

<sup>14</sup> COLOMBIA. NIVEL NACIONAL. Decreto 302 de 2000. (25, Febrero, 2000). Por el cual se reglamenta la Ley 142 de 1994, en materia de prestación de los servicios públicos domiciliarios de acueducto y alcantarillado.

<sup>15</sup> MINISTERIO DE DESARROLLO ECONOMICO. Dirección General de Agua Potable y Saneamiento Básico. RAS 2017. Bogotá D.C.

<sup>16</sup> COLOMBIA. MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE. Decreto 769. (22, Abril, 2014). Por el cual se listan las actividades de mejoramiento en proyectos de infraestructura de transporte.

<sup>17</sup> MINISTERIO DE TRANSPORTE INSTITUTO NACIONALDE VIAS. Subdirección general de apoyo técnico. Manual de drenaje para carreteras. Bogotá D.C.: Diciembre, 2009.

## 6 DISEÑO METODOLÓGICO

### 6.1 ENFOQUE DE INVESTIGACIÓN

El enfoque del proyecto corresponde a una investigación cuantitativa, ya que los diseños involucran dimensiones, áreas y volúmenes cuantificados, se está realizando para que de ser posible se le dé continuidad con las autoridades pertinentes, con el objetivo de crear un diseño de drenaje para el mejoramiento de la vía.

### 6.2 TIPO DE INVESTIGACIÓN

Tipo de investigación descriptiva, con este proyecto se busca mejorar las características de la vía la cual está en deplorables condiciones, el principal problema es el escaso mantenimiento que se realiza, la falta de drenaje para facilitar la salida rápida del agua que llega a la vía, todo lo anterior afectando gran parte de la economía del Municipio de la Mesa (Cundinamarca).

También es un tipo de investigación proyectiva, dado que según los problemas principales que presenta involucra creación, diseño y elaboración de planes, con base en los resultados de un proceso investigativo.

Este proyecto busca presentar la mejor alternativa al sistema de drenaje y mantenimiento de la vía.

### 6.3 FASES DE LA INVESTIGACIÓN

El método propuesto para esta investigación consiste en el desarrollo de las siguientes fases:

**FASE 1.** Describir la topografía y estado de la vía en estudio.

- Se solicitó en el IGAC el plano del sector a trabajar.
- Se identificó el trazado de la carreta.
- Se ajustó la topografía, curvas de nivel, abscisado, sitios de pase de drenajes, corrientes superficiales existentes (arroyos, quebradas, ríos)

- Se realizaron visitas de campo para reconocer el estado de la vía y así determinar los lugares afectados por la erosión.

**FASE 2.** Identificación de especificaciones técnicas para la construcción de obras de arte.

- Recopilación de información para la cual se seleccionaron los textos más recientes que tengan en cuenta el tema de drenajes, estabilidad de taludes, diseño de cunetas y diseño de alcantarillado.
- Diseño de drenaje, Consiste en calcular los caudales y determinar las obras hidráulicas indispensables para un drenaje correcto de una vía terciaria.

**FASE 3** Desarrollo de alternativa de diseño de drenaje en el tramo de vía San Joaquín - Alto del tigre.

- Iniciar cálculos y diseño del drenaje vial del tramo de carretera.
- Perfeccionamiento del diseño, el cual consiste en realizar los ajustes necesarios en el diseño del drenaje.
- Verificar si el diseño elaborado corresponde a la situación real de la vía.
- Cantidades de obra. En un esquema se elabora el despiece de las cantidades de obra que será necesario para la realización de esta.
- Presentar posible presupuesto.

## **6.4 INSTRUMENTOS Y TÉCNICAS DE RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN**

### **6.4.1 DOCUMENTACIÓN SECUNDARIA**

Las fuentes secundarias del presente estudio estuvieron constituidas por material bibliográfico relacionado con el estudio de diseños de drenaje viales, además de métodos de análisis para el procesamiento de información hidrológica, información

solicitada al Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC); y datos de la estación pluviométrica suministrada por el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia (IDEAM), estas fuentes fueron solicitadas para la realización del proyecto.

#### **6.4.2 OBSERVACIÓN DIRECTA**

Visitas de campo. Se realizaron 2 visitas de campo con los siguientes propósitos:

- Determinar los sitios de deterioro por falta de drenaje a través de topografía lineal en el tramo correspondiente.
- Localizar los sitios en los cuales se deban construir las alcantarillas transversales para evacuar las aguas lluvias de las canales laterales.
- Definir el tratamiento de los taludes especialmente aquellos que inciden directamente en la recolección de agua lluvia que fluye verdaderamente hacia la vía.

## 7 RESULTADOS Y ANÁLISIS

### 7.1 DESCRIPCIÓN DE LA TOPOGRAFÍA Y ESTADO DE LA VÍA EN EL TRAMO DE CARRETERA SAN JOAQUÍN – ALTO DEL TIGRE MUNICIPIO DE LA MESA CUNDINAMARCA.

Se realizó una inspección de la vía, donde se identifica el estado de cada elemento de la misma, como resultado se observa que existe un alto grado de deterioro (70%) en términos de compactación y un degradante estado del sistema de drenaje.

#### 7.1.1 Topografía.

Acorde a la información suministrada por el Instituto Geográfico Agustín Codazzi, se identificaron las zonas de estudio y las condiciones. En la plancha número 227IIC4 se observa el municipio de la Mesa Cundinamarca, en la que se identificó que la vía de estudio se encuentra entre los 600 y 650 m.s.n.m. Allí también se definió el trazado de la vía correspondiente a 1.150 km de largo y 5 m de ancho. (En la figura 7 se observa la longitud entre los dos puntos definidos como inicio, final). En el Anexo A se encuentran plano en planta de la ubicación de la vía en estudio, con un abscisado cada 50 m para su estudio.

Figura 8 Mapa de Ubicación



Fuente: IGAC, Plancha N° 227IIC4

### 7.1.2 Hidrología de la zona.

Con la información suministrada por el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM), sobre las precipitaciones máximas mensuales en la estación hidrológica 21202160 HIDROPARAISO (Lat.: 434 N; Long: 74°24' W), ubicada en el departamento de Cundinamarca, Municipio el Colegio, siendo esta la más cercana a la zona identificada, tomándose como referencia de análisis el período comprendido entre 1988 – 2016 (Tabla 2), a causa de que dicha entidad no posee la suficiente información de las estaciones SAN JOAQUIN (21206710) y LAS MERCEDES (21205660).

A continuación se muestra la tabla 2, precipitaciones mensuales (24Hrs) en la cual se utilizarán los datos máximos de cada año es decir la última columna.

**Tabla 2 Datos mensuales de precipitación máxima en 24 Hrs**

Año	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Máximo
1986	28,13	34,69	31,03	22	46,53	24,03	15,03	5,5	26,2	78	33,63	17,73	78,00
1987	103,01	11	31	19,6	41,31	22,5	25,83	6,4	54,6	84,7	81,53	30,9	103,01
1988	28,7	34	32,8	31	25,6	20	16,31	32,2	39,11	62,7	57	65	65,00
1989	40,3	12,8	41,23	20	37	11,4	24,31	12,5	35	41	35,31	22,81	41,23
1990	38	26,51	28,6	80	57,31	15	26,91	38	28	35,5	50	41	80,00
1991	17,61	7,21	44,81	43,33	36	20,46	55,43	22,69	67	47,68	67,03	38,07	67,03
1998	4,6	20	22	30	29	35	16	0,9	23	40	20	38,07	40,00
1999	53	70	33	58	33,03	16	10	30	40	45	25	18	70,00
2000	16	35	70	20	30	10	15	45	15	35	25	17	70,00
2001	14	60	41	48	52	16	10	25	19	49	30	53	60,00
2002	14	12	45	90	40	34	18	13	30	38	59	60	90,00
2003	7	31	24	70	28	9	18	17	8	43	19	18	70,00
2004	15	28	29	50	30	12	25	23	52	49	55	31	55,00
2005	18	45	19	19	59	32	31,2	14	40	60,5	51	19	60,50
2006	10	44	24,5	22	19,5	38	44	34,5	44,03	47,68	46,07	38,07	47,68
2007	29,5	24	22	33,5	18	18	11,03	13,1	34	71	30	56	71,00
2008	35	62	65,5	43,3	87	28	20,5	75	12,5	58	78	52	87,00
2009	34,5	34,69	38,13	27,9	5,5	19,9	52,4	37	18,7	52,43	46,07	38,07	52,43
2010	48,5	9	37,4	40,6	54,4	17	24,2	21,1	29,3	42	76,7	38	76,70
2011	27	43,3	43,2	67,9	48,8	42,3	14,3	22,1	24,3	44	34,5	41,3	67,90
2012	40,4	16,9	21,9	38,4	37,1	11,2	12,1	18,3	8,7	37,7	37,6	31,1	40,40
2013	35,93	55,8	42	55,9	30,1	13,9	13,8	26,7	64,7	48	52	55,1	64,70
2014	18,9	48,2	59,5	17,2	60,6	14	40,7	10,6	12,6	35,4	58,7	21,9	60,60
2015	14,7	72,5	55,5	37,4	24,5	17,3	17,33	15,1	6,8	23,8	6,3	72,53	72,53
2016	11,5	29,6	77,2	39,2	29,3	14,5	24,8	8,6	48,6	22,8	77,23	38,07	77,23
MAX	103,01	70,00	70,00	90,00	87,00	42,30	55,43	75,00	67,00	84,70	81,53	65,00	103,01

Fuente: IDEAM

En el **ANEXO 1** se muestra detalladamente el paso a paso de la construcción de la curva de intensidad duración frecuencia mediante la distribución teórica de frecuencias Gumbel, además en este anexo se encuentra la prueba de ajuste realizada mediante dos formas, la primera comparando los datos con

la tabla de Kolmogorov - Smirnov y la segunda por medio del software XLSTAT.

### **7.1.3 DIAGNÓSTICO DEL ESTADO ACTUAL DEL SISTEMA DE DRENAJE**

#### **7.1.3.1 Estado de la vía:**

De acuerdo a la visita de campo, se diagnosticó el estado actual de la vía, se identificaron los siguientes elementos o aspectos y se elaboró un abscisado cada 50 m.

- Pontón ubicado en el K0+180 que sobre pasa la Quebrada El Tigre. (ver Figura 8) esta es la principal quebrada que pasa por el municipio y desemboca en el río Apulo. Allí será donde se van a disponer las aguas recolectadas en el diseño de las cunetas.

**Figura 9 Pontón**



Fuente: Propia

- Muro de contención en gavión ubicado en el K0+500. (ver Figura 9), este muro cuenta con una cuneta, sin embargo se apreció que se encuentra sin mantenimiento, lo cual está llena de elementos que impiden el paso del agua evitando su correcto funcionamiento.

**Figura 10 Muro en Gavión 25 x 2.80 mts**



Fuente: Propia

- La vía se encuentra en estado de deterioro, y se observó que es transitada por vehículos particulares y motocicletas constantemente. (Figura11 y 12)

**Figura11 Estado de la vía**



Fuente: Propia

**Figura 12 Estado de la vía**



Fuente: Propia

Como se puede evidenciar en la Figura 12, la vía limita con un precipicio, con lo que se puede definir un área aferente de escorrentía de aguas lluvias e infiltradas en un solo costado de la vía para determinar el caudal que llegaría al sistema de drenaje de la vía.

**Figura 13 Vía en estudio**



Fuente: Propia

#### **7.1.4 Abscisado**

En la segunda visita a campo se realizó el abscisado de la vía cada 50 m con un instrumento de georreferenciación, además en el **ANEXO B** se encuentran las cotas en cada punto, obteniendo los siguientes datos (Tabla 3).

**Tabla 3 Latitud y longitud del abscisado**

ABCISADO	LATITUD			LONGITUD			COTAS m.s.n.m
	GRA (°)	MIN (')	SEG (")	GRA (°)	MIN (')	SEG (")	
K0+000	4	37	17,2	0,74	32	34,5	611,9
K0+050	4	38	18,5	0,74	32	32,5	610,3
K0+100	4	37	19,1	0,74	37	30,1	609,38
K0+150	4	37	19,8	0,74	32	27,7	606,67
K0+200	4	37	21,8	0,72	32	26,4	600
K0+250	4	37	24,1	0,74	32	25,1	608,33
K0+300	4	37	25,5	0,74	32	24,5	612,5
K0+350	4	37	26,3	0,74	32	25,8	618,75
K0+400	4	37	29,9	0,74	32	26,2	627,5
K0+450	4	37	31,4	0,74	32	27	628
K0+500	4	37	32,9	0,74	32	25,3	625
K0+550	4	37	34,8	0,74	32	24,3	625
K0+600	4	37	36,8	0,74	32	23,9	620,31
K0+650	4	37	40,1	0,74	32	23,1	618,25
K0+700	4	37	42,5	0,74	32	23,1	615,63
K0+750	4	37	43,2	0,74	32	21,7	618,25
K0+800	4	37	47,2	0,74	32	20,3	615,8
K0+850	4	37	49,2	0,74	32	17,5	616,41
K0+900	4	37	51,2	0,74	32	16,3	616,43
K0+950	4	37	53,5	0,74	32	15,9	612,5
K1+000	4	37	55,7	0,74	32	15,3	616,67
K1+050	4	37	58,1	0,74	32	14,5	618,19
K1+100	4	37	60,8	0,74	32	13,8	619
K1+130	4	37	60,17	0,74	32	13,3	619,89

## 7.2 PARÁMETROS DE DISEÑO DEL DRENAJE DEL TRAMO DE SAN JOAQUIN – ALTO DEL TIGRE

Teniendo en cuenta el Reglamento Técnico del Sector de agua potable y Saneamiento Básico RAS- 2017<sup>18</sup> Título D, se establecen los parámetros para realizar un diseño de Sistema de alcantarillado pluvia. A continuación, se explican los parámetros usados en el diseño del presente estudio:

### 7.2.1 Área de drenaje

Hace referencia al área aferente propia al tramo en consideración, esta podría ser determinada por medición directa en planos, teniendo en cuenta que debe ser consistentes al drenaje natural. Para este trabajo el área de drenaje fue medida tramo a tramo, para ello se utilizó un Planímetro digital, el cual permite tener una medida más precisa sobre el plano.

**Figura 14 Planímetro digital**



Fuente: Propia

<sup>18</sup> MINISTERIO DE DESARROLLO ECONOMICO. Dirección General de Agua Potable y Saneamiento Básico. RAS 2000. Bogotá D.C.: Noviembre, 2000.

**Figura 15 Planímetro digital**



Fuente: Propia

### 7.2.2 Caudal de diseño

Para determinar el caudal de diseño se utilizó el **Método Racional**, este es un modelo hidrometeorológico, con el cual se puede determinar el caudal máximo de escorrentía de una cuenca hidrográfica, la ecuación básica del método racional es, Ecuación 1:

Ecuación 1

$$Q = C * I * A$$

Dónde:

Q= Caudal máximo expresado en m<sup>3</sup>/seg.

C= Coeficiente de escorrentía.

I= Intensidad de lluvia correspondiente a un periodo de retorno dado en m/seg.

A= Superficie de la cuenca drenante en el punto de cálculo.

De acuerdo con el método racional, el caudal máximo ocurre cuando toda el área de drenaje está contribuyendo, el método racional es adecuado para áreas de drenaje pequeñas hasta de 700 ha, por tal motivo se utilizó este método para el cálculo del caudal de diseño.

### 7.2.3 Curvas de Intensidad - Duración – Frecuencia

Las Curvas de Intensidad-Duración-Frecuencia (IDF) constituyen la base climatológica para la estimación de los caudales de diseño. Estas curvas sintetizan las características de los eventos extremos máximos de precipitación de una determinada zona y definen la intensidad media de lluvia para diferentes duraciones de eventos de precipitación con periodos de retorno específicos. La obtención de las curvas IDF debe realizarse con información pluviográfica de estaciones ubicadas en la localidad, derivando las curvas de frecuencia correspondientes mediante análisis puntuales de frecuencia de eventos extremos máximos. La distribución de probabilidad de Gumbel se recomienda para estos análisis, aunque otras también pueden ser ajustadas.

Según los datos suministrados por el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM), sobre las precipitaciones máximas mensuales en 24 horas (Tabla 4), se realizó el cálculo para determinar la Curva de Intensidad, Duración, Frecuencia (IDF) mediante el método de Gumbel, donde se seleccionaron las intensidades máximas. Luego se realizó un ajuste de los datos con una función de distribución de probabilidad. (Ecuación 2)

Ecuación 2

$$F(x) = e^{-e^{-\frac{x-u}{\alpha}}}$$

Donde X, u, S y  $\alpha$  son variables probabilísticas que se calculan de la siguiente forma:

$$x = \frac{\sum Xi}{n}$$
$$\alpha = \frac{\sqrt{6}}{\pi} * S$$

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - X)^2}{n - 1}}$$

$$u = x - 0,5772 * \alpha$$

Los valores de n y Xi son tomados de la siguiente tabla 4.

**Tabla 4 Distribución de probabilidades pluviométricas mediante Gumbel**

Nº	Año	Mes Max. Precip.	Precipitación (mm)	
			xi	(xi - x)^2
1	1986	0	78,00	127,29
2	1987	0	103,01	1317,14
3	1988	0	65,00	2,95
4	1989	0	41,23	649,62
5	1990	0	80,00	176,42
6	1991	0	67,03	0,10
7	1998	0	40,00	713,83
8	1999	0	70,00	10,77
9	2000	0	70,00	10,77
10	2001	0	60,00	45,13
11	2002	0	90,00	542,07
12	2003	0	70,00	10,77
13	2004	0	55,00	137,30
14	2005	0	60,50	38,66
15	2006	0	47,68	362,43
16	2007	0	71,00	18,34
17	2008	0	87,00	411,38
18	2009	0	52,43	204,14
19	2010	0	76,70	99,65
20	2011	0	67,90	1,40
21	2012	0	40,40	692,62
22	2013	0	64,70	4,07
23	2014	0	60,60	37,43
24	2015	0	72,53	33,78
25	2016	0	77,23	110,51
<b>25</b>		<b>Suma</b>	<b>1667,9</b>	<b>5758,56</b>

Una vez realizado el ajuste con la función de distribución de probabilidad de Gumbel, se procede a graficar la intensidad de precipitación y la duración, para obtener los puntos de la curva asociada a un período de retorno de 2 años. Luego, se repite la misma operación con el período de retorno T= 5, 10, 25, 50,100, 500 años, para la estación 21202160 HIDROPARAISO (Tabla 5).

**Tabla 5 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	72,5155	87,9841	98,2256	111,1658	120,7655	130,2944	152,3142
18 hr	X18 = 91%	65,9891	80,0655	89,3853	101,1608	109,8966	118,5679	138,6059
12 hr	X12 = 80%	58,0124	70,3872	78,5805	88,9326	96,6124	104,2355	121,8514
8 hr	X8 = 68%	49,3106	59,8292	66,7934	75,5927	82,1206	88,6002	103,5737
6 hr	X6 = 61%	44,2345	53,6703	59,9176	67,8111	73,6670	79,4796	92,9117
5 hr	X5 = 57%	41,3338	50,1509	55,9886	63,3645	68,8363	74,2678	86,8191
4 hr	X4 = 52%	37,7081	45,7517	51,0773	57,8062	62,7981	67,7531	79,2034
3 hr	X3 = 46%	33,3571	40,4727	45,1838	51,1362	55,5521	59,9354	70,0645
2 hr	X2 = 39%	28,2811	34,3138	38,3080	43,3546	47,0986	50,8148	59,4025
1 hr	X1 = 30%	21,7547	26,3952	29,4677	33,3497	36,2297	39,0883	45,6943

Posteriormente se elabora la (Tabla 6), que muestra la relación entre la intensidad de precipitación en 1, 2, 4, 6, 8, 12 hr, y la intensidad de 24 hr, y esto para cada periodo de retorno considerado. Ello, porque la precipitación de 24 hr es la más común de encontrar y estas relaciones permitirían la extrapolación a zonas sin datos. Ecuación 3

Ecuación 3

$$I = \frac{P[mm]}{t_{duración}[hr]}$$

**Tabla 6 Intensidades de lluvia a partir de Pd, según Duración de precipitación y Frecuencia de la misma**

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	3,0215	3,6660	4,0927	4,6319	5,0319	5,4289	6,3464
18 hr	1080	3,6661	4,4481	4,9658	5,6200	6,1054	6,5871	7,7003
12 hr	720	4,8344	5,8656	6,5484	7,4111	8,0510	8,6863	10,1543
8 hr	480	6,1638	7,4786	8,3492	9,4491	10,2651	11,0750	12,9467
6 hr	360	7,3724	8,9450	9,9863	11,3019	12,2778	13,2466	15,4853
5 hr	300	8,2668	10,0302	11,1977	12,6729	13,7673	14,8536	17,3638
4 hr	240	9,4270	11,4379	12,7693	14,4515	15,6995	16,9383	19,8008
3 hr	180	11,1190	13,4909	15,0613	17,0454	18,5174	19,9785	23,3548
2 hr	120	14,1405	17,1569	19,1540	21,6773	23,5493	25,4074	29,7013
1 hr	60	21,7547	26,3952	29,4677	33,3497	36,2297	39,0883	45,6943

Una vez definidas las tablas de uso práctico y realizadas las curvas IDF para la estación HIDROPARAISO se procede analizar el comportamiento de las variables involucradas en este estudio, para representar la relación de intensidad, duración y frecuencia. Ecuación (4).

Ecuación 4

$$I = \frac{K * T^m}{t^n}$$

Donde, I es la intensidad k es un término de constante de regresión, m es un coeficiente de regresión, T periodo de retorno en años, t duración de la lluvia, en la Tabla 7 se encuentra el resumen de los cálculos correspondientes para hallar los parámetros de la ecuación 4.

**Tabla 7 Resumen de la regresión para cada uno de los periodos de retorno**

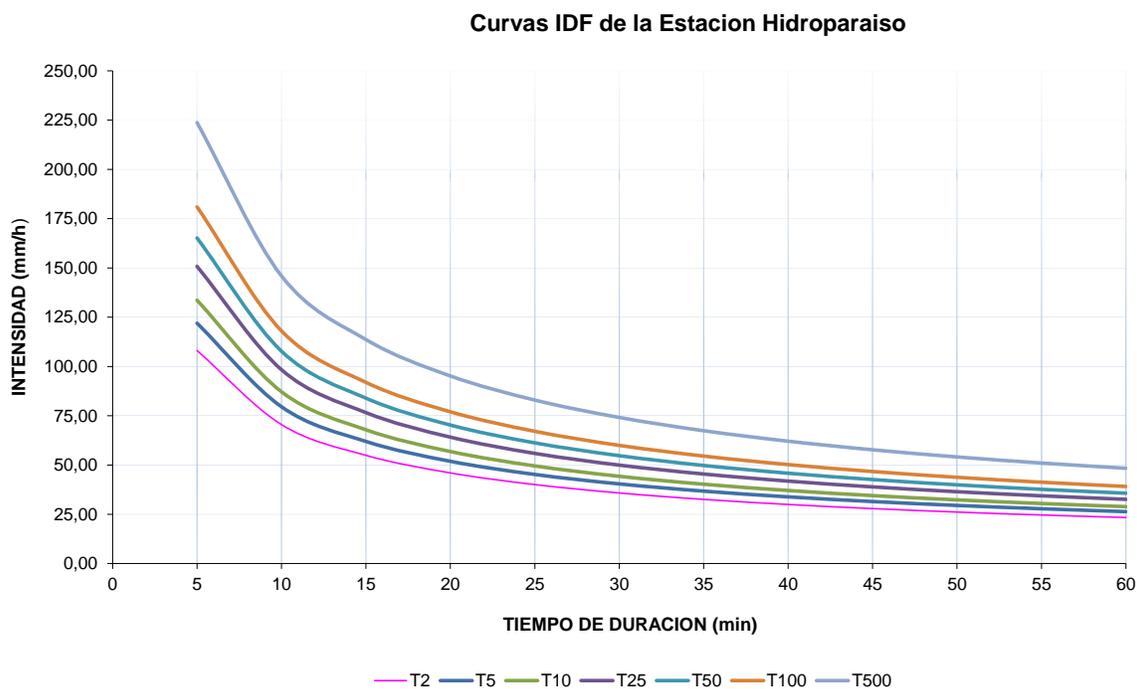
<b>Regresión potencial</b>						
<b>Nº</b>	<b>x</b>	<b>y</b>	<b>ln x</b>	<b>ln y</b>	<b>ln x*ln y</b>	<b>(lnx)^2</b>
1	2	274,1468	0,6931	5,6137	3,8911	0,4805
2	5	332,6259	1,6094	5,8070	9,3460	2,5903
3	10	371,3442	2,3026	5,9171	13,6247	5,3019
4	25	420,2649	3,2189	6,0409	19,4449	10,3612
5	50	456,5571	3,9120	6,1237	23,9561	15,3039
6	100	492,5813	4,6052	6,1997	28,5505	21,2076
7	500	575,8276	6,2146	6,3558	39,4989	38,6214
7	692	2923,3478	22,5558	42,0579	138,3121	93,8667
<b>Ln (K) = 5,5838</b>		<b>K = 266,0907</b>		<b>m = 0,1317</b>		

Finalmente se reemplazan los valores de la ecuación 4 y se diseña la tabla con los valores de intensidades y su respectiva curva para cada periodo de retorno (Tabla 8).

**Tabla 8 Tabla de Intensidades, Duración y Frecuencia**

<b>Tabla de intensidades - Tiempo de duración</b>												
<b>Periodo de Retorno</b>	<b>Duración en minutos</b>											
	<b>5</b>	<b>10</b>	<b>15</b>	<b>20</b>	<b>25</b>	<b>30</b>	<b>35</b>	<b>40</b>	<b>45</b>	<b>50</b>	<b>55</b>	<b>60</b>
2	108,10	70,52	54,92	46,00	40,09	35,83	32,58	30,00	27,90	26,15	24,66	23,37
5	121,97	79,56	61,97	51,90	45,23	40,42	36,76	33,85	31,48	29,50	27,82	26,37
10	133,63	87,17	67,89	56,86	49,55	44,29	40,27	37,09	34,49	32,32	30,48	28,89
25	150,77	98,35	76,60	64,15	55,91	49,97	45,44	41,85	38,92	36,47	34,39	32,59
50	165,19	107,75	83,92	70,29	61,26	54,74	49,78	45,85	42,64	39,96	37,68	35,71
100	180,98	118,05	91,95	77,01	67,11	59,98	54,54	50,23	46,71	43,78	41,28	39,12
500	223,72	145,93	113,66	95,19	82,96	74,14	67,42	62,09	57,75	54,11	51,03	48,36

**Figura 16 Curva de Intensidades, Duración y Frecuencia.**



#### 7.2.4 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. 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. Para este diseño se tomara el valor de 25 años de periodo de retorno (Tabla 9).

**Tabla 9 Periodos de retorno o grados 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

Fuente: RAS- Título D

### 7.2.5 Intensidad de precipitación

La intensidad de precipitación que debe usarse en la estimación del caudal máximo de aguas lluvias corresponde a la intensidad media de precipitación dada por las curvas IDF para el periodo de retorno de diseño definido con base en lo establecido en el numeral 7.3.4, y una duración equivalente al tiempo de concentración de la escorrentía, cuya estimación se define en el numeral 7.3.6.

### 7.2.6 Tiempo de concentración

Está compuesto por el tiempo de entrada y el tiempo de recorrido en el colector. El de entrada corresponde al tiempo requerido para que la escorrentía llegue al sumidero del colector, mientras que el de recorrido se asocia con el tiempo de viaje o tránsito del agua dentro del colector.

$$T_c = T_e + T_t$$

Para efectos prácticos del desarrollo del diseño, por sugerencia del ingeniero Luis Efrén Ayala, asesor disciplinar, se tomó un tiempo de concentración de 25 minutos.

### 7.2.7 Coeficiente de escorrentía

El coeficiente de escorrentía C, es función del tipo de suelo, del grado de permeabilidad de la zona, de la pendiente del terreno y de otros factores

que determinan la fracción de la precipitación que se convierte en escorrentía. En su determinación deben considerarse las pérdidas por infiltración en el suelo y demás efectos retardadores de la escorrentía. De igual manera, debe incluir consideraciones sobre el desarrollo urbano, los planes de ordenamiento territorial (POT) y las disposiciones legales locales sobre uso del suelo. El valor del coeficiente C (ver tabla 10) debe ser estimado tanto para la situación inicial como la futura, al final del periodo de diseño.

**Tabla 10 Coeficiente de escorrentía o Impermeabilidad**

Tipo de superficie	C
Cubiertas	0,75-0,95
Pavimentos asfálticos y superficies de concreto	0,70-0,95
Vías adoquinadas	0,70-0,85
Zonas comerciales o industriales	0,60-0,95
Residencial, con casas contiguas, predominio de zonas duras	0,75
Residencial multifamiliar, con bloques contiguos y zonas duras entre éstos	0,60-0,75
Residencial unifamiliar, con casas contiguas y predominio de jardines	0,40-0,60
Residencial, con casas rodeadas de jardines o multifamiliares apreciablemente separados	0,45
Residencial, con predominio de zonas verdes y parques-cementerios	0,30
Laderas sin vegetación	0,60
Laderas con vegetación	0,30
Parques recreacionales	0,20-0,35

Fuente: RAS, Título D

### 7.2.8 Velocidad mínima

Las aguas lluvias transportan sólidos que pueden depositarse en los colectores si el flujo tiene velocidades reducidas. Por lo tanto, debe disponerse de una velocidad suficiente para lavar los sólidos depositados durante periodos de caudal bajo. Para esto se establece la velocidad mínima como criterio de diseño. La velocidad mínima real permitida en el colector es 0,75 m/s para el caudal de diseño.

### 7.2.9 Velocidad máxima

Los valores máximos permisibles para la velocidad media en los colectores dependen del material, en función de su sensibilidad a la abrasión. Los valores típicos de velocidad máxima permisible para algunos materiales se presentan en la tabla 11.

**Tabla 11 Velocidades máximas permisibles**

<b>Tipo de material</b>	<b>V (m/s)</b>
Ladrillo común	3,0
Ladrillo vitrificado y gres	5,0
Concreto	5,0
PVC	10,0

**7.2.10 Pendiente mínima**

El valor de la pendiente mínima del colector debe ser aquel que permita tener condiciones de auto limpieza, de acuerdo con los criterios del numeral 7.2.8.

**7.2.11 Pendiente máxima**

El valor de la pendiente máxima admisible es aquella para la cual se tenga una velocidad máxima real, según el numeral 7.2.9.

### 7.3 DISEÑO DE DRENAJE PARA EL TRAMO COMPRENDIDO ENTRE SAN JOAQUIN – ALTO DEL TIGRE.

Una vez definidos los parámetros de diseño del canal de drenaje, se inicia con los cálculos de diseño. En la siguiente tabla se resumen los datos necesarios para obtener el caudal de diseño.

Los valores de intensidad fueron tomados de la tabla 8, para un periodo de retorno de 25 años y una duración de 25 minutos, este valor fue convertido de mm/h a m/seg.

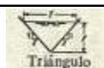
$$54,04 \frac{mm}{h} * \frac{1m}{1000mm} * \frac{1h}{3600seg} = 0,00001501 \frac{m}{seg}$$

**Tabla 12 Caudal de diseño**

CAUDAL DE DISEÑO			
<b>Caudal</b>	Q	0,29	M <sup>3</sup> /seg
<b>Intensidad de lluvia</b>	I	0,000015530	m/seg
<b>Coficiente</b>	C	0,3	
<b>Área aferente</b>	A	63300	M <sup>2</sup>

Para el tramo de vía en estudio, se precisó dividir en 4 Tramos de 250 m para definir una sección transversal de canal en cada tramo, además de eso se midió el área aferente, como se ve resumido en la tabla 14, donde se calculan todos los elementos geométricos necesarios para definir la sección triangular del canal, tabla 13.

**Tabla 13 Elementos geométricos de sección de canal**

SECCION	AREA A	PERIMETRO MOJADO P	RADIO HIDRAULICO R	ANCHO SUPERIOR T	PROFUNDIDAD HIDRAULICA D	FACTOR DE LA SECCION Z
	$zy^2$	$2z\sqrt{1+z^2}$	$\frac{zy}{2\sqrt{1+z^2}}$	$2zy$	$\frac{1}{2}y$	$\frac{\sqrt{2}}{2}zy^{2,5}$

Fuente: Ven te Chow, Hidráulica de Canales<sup>19</sup>

Una vez definido el caudal de diseño, se utiliza la Ecuación de Manning (Ecuación 5) para determinar la profundidad de la sección del canal, con este valor se pueden calcular los elementos geométricos de la sección como se ve resumido en la tabla 14, para calcular el valor de la profundidad (Y), escribimos la ecuación en términos de Y para así despejar la (Ecuación 6) y finalmente calcular Y.

<sup>19</sup> VEN TE CHOW. (2004). Hidráulica de canales abiertos, Bogotá, Colombia: Mc Graw Hill

Ecuación 5

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

Donde:

Q= caudal de diseño (m<sup>3</sup>/seg)

A= Área (m)

R= Radio hidráulico (m)

S= Pendiente del tramo

n= número de Manning

Ecuación 6

$$Y = \frac{n^{\frac{3}{10}} * Q^{\frac{3}{10}} * \sqrt{S}^{\frac{3}{10}}}{S^{\frac{3}{10}} * Z^{\frac{1}{2}}}$$

En las siguientes tablas se encuentran resumidos los resultados de los valores calculados para cada tramo de 250 m.

**Tabla 14 Resultados cálculo de cada sección**

<b>TRAMO 1</b>			
<b>VARIABLE</b>		<b>VALOR</b>	<b>UNIDAD</b>
Pendiente	S	6%	
Inclinación talud	z	2	
Área aferente	A	10666	m <sup>2</sup>
Número de Manning	n	0,015	
Caudal de diseño	Q	0,05	m <sup>3</sup> /seg
Profundidad	Y	0,124	m
Velocidad media	V	2,379	m/s
<b>ELEMENTOS GEOMÉTRICO DE LA SECCIÓN DE UN CANAL TRIANGULAR</b>			
Área de la sección	A	0,046	m <sup>2</sup>
Perímetro mojado	P	0,556	m
Radio hidráulico	Rh	0,056	m
Ancho superficial	T	0,497	m
Profundidad hidráulica	D	0,062	m
Factor de sección	Z	0,008	

<b>TRAMO 2</b>			
<b>VARIABLE</b>		<b>VALOR</b>	<b>UNIDAD</b>
Pendiente	S	6,7%	
Inclinación talud	z	2	
Número de Manning	n	0,015	
Área aferente	A	16666	m <sup>2</sup>
Caudal de diseño	Q	0,08	m <sup>3</sup> /seg
Profundidad	Y	0,140	m
Velocidad media	V	2,718	m/s
<b>ELEMENTOS GEOMÉTRICO DE LA SECCIÓN DE UN CANAL TRIANGULAR</b>			
Área de la sección	A	0,039	m <sup>2</sup>
Perímetro mojado	P	0,625	m
Radio hidráulico	Rh	0,063	m
Ancho superficial	T	0,559	m
Profundidad hidráulica	D	0,070	m
Factor de sección	Z	0,010	

<b>TRAMO 3</b>			
<b>VARIABLE</b>		<b>VALOR</b>	<b>UNIDAD</b>
Pendiente	S	3,0%	
Inclinación talud	z	2	
Número de Manning	n	0,015	
Área aferente	A	18000	m <sup>2</sup>
Caudal de diseño	Q	0,08	m <sup>3</sup> /seg
Profundidad	Y	0,161	m
Velocidad media	V	2,001	m/s
<b>ELEMENTOS GEOMÉTRICO DE LA SECCIÓN DE UN CANAL TRIANGULAR</b>			
Área de la sección	A	0,052	m <sup>2</sup>
Perímetro mojado	P	0,722	m
Radio hidráulico	Rh	0,072	m
Ancho superficial	T	0,645	m
Profundidad hidráulica	D	0,081	m
Factor de sección	Z	0,015	

<b>TRAMO 4</b>			
<b>VARIABLE</b>		<b>VALOR</b>	<b>UNIDAD</b>
Pendiente	S	1,0%	
Inclinación talud	z	2	
Número de Maning	n	0,015	
Área aferente	A	18666	m <sup>2</sup>
Caudal de diseño	Q	0,09	m <sup>3</sup> /seg
Profundidad	Y	0,192	m
Velocidad media	V	1,299	m/s
<b>ELEMENTOS GEOMÉTRICO DE LA SECCIÓN DE UN CANAL TRIANGULAR</b>			
Área de la sección	A	0,074	m <sup>2</sup>
Perímetro mojado	P	0,860	m
Radio hidráulico	Rh	0,086	m
Ancho superficial	T	0,769	m
Profundidad hidráulica	D	0,096	m
Factor de sección	Z	0,023	

Como se puede evidenciar en las tabla anteriores de los tramos 1,2,3 y 4,todos los tramos cumplen con los parametros establecidos en en numeral 7.2, estos resultados se exponen en el **ANEXO C**, donde se encuentran las secciones transversales de cada tramo definidas.

El tramo 1 inicia en el K0+000 y termina en el K0+250, el tramo 2 sigue desde el K0+250 hasta el K0+500, el tramo 3 sigue desde el K0+500 hasta el K0+750, y finalmente el tramo 4 es el más extenso ya que se ubica desde el K0+750 hasta el K1+120.

### 7.3.1 DISEÑO DE OBRA ESPECIAL- CÁMARA DE CAPTACIÓN

Por recomendación del ingeniero Luis Efrén Ayala se diseña una estructura de captación que permita recolectar el agua, para que luego pueda ser llevada mediante tuberías de conducción hacia el reservorio de almacenamiento, en este caso la Quebrada del Alto del Tigre.

#### 7.3.1.1 Vertedero de Salida

La altura de la lámina de agua sobre el vertedero se obtuvo con ayuda de la Ecuación 7

Ecuación 7

$$Hv = \left( \frac{Q}{1,85 * L} \right)^{\frac{3}{2}}$$

Esta ecuación es despejada de la ecuación de vertedero de pared delgada y a flujo libre, Ecuación 8

Ecuación 8

$$Q = 1,85 * L * H^{\frac{3}{2}}$$

Donde:

Q= Caudal de diseño (m<sup>3</sup>/seg)

L= Ancho superficial del canal (m)

H= Altura de la lámina sobre el vertedero (m)

La velocidad del agua cuando pase por el vertedero se obtuvo con ayuda de la ecuación 9

Ecuación 9

$$Vv = \frac{Q}{Hv * L}$$

Donde:

Vv= velocidad del agua al pasar por el vertedero (m<sup>2</sup>/seg)

L=Ancho superficial del canal (m)

H= Altura de la lámina sobre el vertedero (m)

Q= Caudal de diseño (m<sup>3</sup>/seg)

Se aplicó la ecuación del alcance horizontal de la vena vertiente para hallar el valor del ancho del vertedero, es decir, que para obtener dicho valor se usaron las ecuaciones 10 y 11.

Ecuación 10

$$Xs = 0,38Vv^{\frac{2}{3}} + 0,60Hv^{\frac{4}{7}}$$

Donde:

Xs= Alcance de la lámina de agua. (m)

Vv= Velocidad del vertedero. (m<sup>2</sup>/seg)

Hv= Altura de la lámina de agua sobre el vertedero. (m)

Ecuación 11

$$Lv = Xs + 0,10$$

Donde

Lv= Longitud de vertedero.

Xs= Alcance de la lámina de agua.

En la Tabla 15 se presentan los valores correspondientes a los cálculos anteriormente mencionados.

**Tabla 15 Resultados de los cálculos de la cámara de captación**

CAMARA DE CAPTACION			
VARIABLE		VALOR	UNIDAD
Caudal de diseño	Q	0,288	m3/seg
Ancho superficial del Canal	L	0,606	m
Altura de la lamina sobre el Vertedero	H	0,130	m
Velocidad del agua al pasar por el vertedero	Vv	3,649	m2/seg
Alcance de la lamina de agua	Xs	1,088	m
Longitud del vertedero	Lv	1,188	m

Según los resultados obtenidos se para la cámara de captación se adopta un ancho de cámara de 1,10 m y de longitud de 1,20 m, esta cámara está ubicada en el K0+180 en el tramo 1, ya que allí es donde se dispone el agua captada de las cunetas, estos resultados se evidencian en el **ANEXO D**.

### 7.3.1.2 Diseño del diámetro de tubería

La conducción de flujo en este caso trabaja por gravedad, por lo cual su función es disponer el agua captada en la cámara hasta la Quebrada del Alto del Tigre. Se establece que la conducción se puede hacer a superficie libre según la ecuación de Manning (Ver Ecuación 5). Para una sección circular de tubo, despejamos de la Ecuación de Manning y se obtiene lo siguiente

Ecuación 6

$$D = 1,548 * \left( \frac{n * Q}{S^{\frac{1}{2}}} \right)^{\frac{3}{8}}$$

Donde:

n= Rugosidad del material, en este caso se uso tubería en PVC y el valor correspondiente es de 0,009

Q= Caudal de diseño (m<sup>3</sup>/seg)

S= Pendiente

$$S = \frac{\text{Cota batea salida} - \text{Cota fondo de la camara}}{\text{Longitud}}$$

$$S = \frac{599,2 - 599}{2} = 0,1$$

Entonces el diámetro de la tubería para la salida de la cámara será de

$$D = 1,548 * \left( \frac{0,009 * 0,05}{0,1^{0,5}} \right)^{\frac{3}{8}}$$

$$D = 0,13m = 5,11"$$

Se adopta un diámetro de 6" para el diseño.

## 7.3.2 DISEÑO DE DRENAJE MEDIANTE PROGRAMA H CANALES

### 7.3.2.1 H CANALES<sup>20</sup>

Constituye una herramienta muy eficaz al momento de diseñar canales y estructuras hidráulicas. Permite calcular parámetros hidráulicos, variando cualquier dato como: diferentes condiciones de rugosidad, caudal, pendiente y forma.

Esta herramienta de H CANALES no es un software de uso libre ya que tiene un valor comercial en el país de aproximadamente US 10, por lo tanto se utilizó una licencia de tipo estudiantil por 30 días.

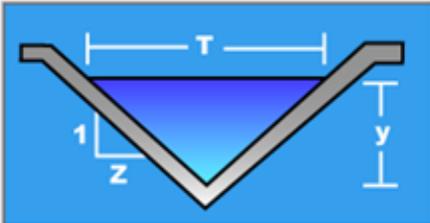
#### TRAMO 1

Cálculo de tirante normal secciones: trapezoidal, rectangular, triangular

Lugar:	LA MESA CUNDINAMARCA	Proyecto:	DRENAJE VIAL
Tramo:	SAN JOAQUIN-ALTO DEL TI	Revestimiento:	TRAMO 1

**Datos:**

Caudal (Q):	0.05	m <sup>3</sup> /s
Ancho de solera (b):	0	m
Talud (Z):	2	
Rugosidad (n):	0.015	
Pendiente (S):	0.06	m/m



**Resultados:**

Tirante normal (y):	0.1076	m	Perímetro (p):	0.4811	m
Area hidráulica (A):	0.0231	m <sup>2</sup>	Radio hidráulico (R):	0.0481	m
Espejo de agua (T):	0.4303	m	Velocidad (v):	2.1601	m/s
Número de Froude (F):	2.9737		Energía específica (E):	0.3454	m-Kg/Kg
Tipo de flujo:	Supercrítico				

Calculador Limpia Pantalla Imprimir Menú Principal Calculadora

Fuente: H Canales

<sup>20</sup> Software Desarrollado Por el Ingeniero MAXIMO VILLON BEJAR.

## TRAMO 2

Cálculo de tirante normal secciones: trapezoidal, rectangular, triangular

Lugar:	LA MESA CUNDINAMARCA	Proyecto:	DRENAJE VIAL
Tramo:	SAN JOAQUIN-ALTO DEL TI	Revestimiento:	TRAMO 2

**Datos:**

Caudal (Q):	0.08	m <sup>3</sup> /s
Ancho de solera (b):	0	m
Talud (Z):	2	
Rugosidad (n):	0.015	
Pendiente (S):	0.067	m/m



**Resultados:**

Tirante normal (y):	0.1257	m	Perímetro (p):	0.5621	m
Area hidráulica (A):	0.0316	m <sup>2</sup>	Radio hidráulico (R):	0.0562	m
Espejo de agua (T):	0.5027	m	Velocidad (v):	2.5321	m/s
Número de Froude (F):	3.2249		Energía específica (E):	0.4525	m-Kg/Kg
Tipo de flujo:	Supercrítico				

Calculador

Limpiar Pantalla

Imprimir

Menú Principal

Calculadora

Fuente: H Canales

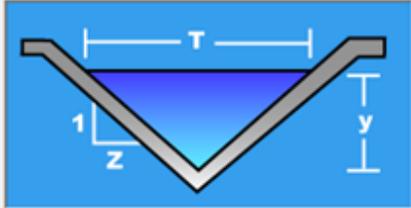
### TRAMO 3

Cálculo de tirante normal secciones: trapezoidal, rectangular, triangular

Lugar:	LA MESA CUNDINAMARCA	Proyecto:	DRENAJE VIAL
Tramo:	SAN JOAQUIN-ALTO DEL TI	Revestimiento:	TRAMO 3

**Datos:**

Caudal (Q):	0.08	m <sup>3</sup> /s
Ancho de solera (b):	0	m
Talud (Z):	2	
Rugosidad (n):	0.015	
Pendiente (S):	0.03	m/m



**Resultados:**

Tirante normal (y):	0.1461	m	Perímetro (p):	0.6535	m
Area hidráulica (A):	0.0427	m <sup>2</sup>	Radio hidráulico (R):	0.0653	m
Espejo de agua (T):	0.5845	m	Velocidad (v):	1.8734	m/s
Número de Froude (F):	2.2128		Energía específica (E):	0.3250	m-Kg/Kg
Tipo de flujo:	Supercrítico				

Calcular    Limpiar Pantalla    Imprimir    Menú Principal    Calculadora

Fuente: H Canales

## TRAMO 4

Cálculo de tirante normal secciones: trapezoidal, rectangular, triangular

Lugar: **LA MESA CUNDINAMARCA** Proyecto: **DRENAJE VIAL**  
Tramo: **SAN JOAQUIN-ALTO DEL TI** Revestimiento: **TRAMO 4**

**Datos:**

Caudal (Q):	<input type="text" value="0.09"/>	m <sup>3</sup> /s
Ancho de solera (b):	<input type="text" value="0"/>	m
Talud (Z):	<input type="text" value="2"/>	
Rugosidad (n):	<input type="text" value="0.015"/>	
Pendiente (S):	<input type="text" value="0.01"/>	m/m



**Resultados:**

Tirante normal (y):	<input type="text" value="0.1877"/>	m	Perímetro (p):	<input type="text" value="0.8392"/>	m
Area hidráulica (A):	<input type="text" value="0.0704"/>	m <sup>2</sup>	Radio hidráulico (R):	<input type="text" value="0.0839"/>	m
Espejo de agua (T):	<input type="text" value="0.7506"/>	m	Velocidad (v):	<input type="text" value="1.2779"/>	m/s
Número de Froude (F):	<input type="text" value="1.3320"/>		Energía específica (E):	<input type="text" value="0.2709"/>	m-Kg/Kg
Tipo de flujo:	<b>Supercritico</b>				

Calculador Limpia Pantalla Imprimir Menú Principal Calculadora

Fuente: H Canales

### 7.3.3 CALCULO DE CANTIDADES

Las cantidades de obra de este proyecto se definieron en la Tabla 17, para calcular el volumen de excavación se usó la Ecuación 12 en cada tramo.

Para calcular la cantidad de revestimiento se utilizó la Tabla 16, donde el espesor del revestimiento depende del caudal del tramo, y la ecuación correspondiente al cálculo del volumen del revestimiento es la número 13.

Ecuación 12

$$V_{exc} = (z * y^2) * L$$

Donde

$V_{exc}$ = Volumen de excavación (m<sup>3</sup>)

Z= inclinación del Talud del canal

Y= profundidad del canal (m)

L=longitud del tramo del canal (m)

**Tabla 16 Espesor para obras en concreto simple**

CONCRETO SIMPLE	
CAUDAL m3/seg	Espesor cm
<b>0 - 5,7</b>	<b>5,1</b>
5,7 - 14,2	6,4
14,2 - 42,6	7,6
42,6 - 99,3	8,9
mayo que 99,3	10,2

Fuente: **Bureau, Reclamation**

Para el cálculo del volumen de revestimiento se usó el primer valor, ya que el caudal de diseño es de 0,29 m<sup>3</sup>/seg

Ecuación 13

$$V_{rev} = P * e * L$$

Donde

$V_{rev}$ = Volumen de revestimiento para cada tramo (m<sup>3</sup>)

P= Perímetro de la sección del canal en cada tramo

E= Espesor de la tabla 16 (cm)

L= Longitud de cada tramo (m)

**Tabla 17 Cuadro de cantidades de obra**

ITEM	ACTIVIDAD	UNIDAD	CANTIDAD	TOTAL
1	Replanteo y localización	ml	2400	2400
2	Excavación (Incluye transporte)			114,91
2.1	Excavación para cuneta Tramo 1	m <sup>3</sup>	19,39	
2.2	Excavación para cuneta Tramo 2	m <sup>3</sup>	16,18	
2.3	Excavación para cuneta Tramo 3	m <sup>3</sup>	21,56	
2.4	Excavación para cuneta Tramo 4	m <sup>3</sup>	55,14	
2.5	Excavación para cámara de captación	m <sup>3</sup>	2,64	
3	Revestimiento en concreto simple e=5,1			45,18
3.1	Revestimiento para cuneta Tramo 1	m <sup>3</sup>	8,86	
3.2	Revestimiento para cuneta Tramo 2	m <sup>3</sup>	7,89	
3.3	Revestimiento para cuneta Tramo 3	m <sup>3</sup>	9,11	
3.4	Revestimiento para cuneta Tramo 4	m <sup>3</sup>	16,54	
4	Cámara de captación			0,37
4.1	Revestimiento para cámara de captación	m <sup>3</sup>	0,37	

### 7.3.4 PRESUPUESTO

El **ANEXO 2** contiene el análisis de precios unitarios de las actividades, en el que se estimó un presupuesto para el diseño propuesto en el presente proyecto.

**Tabla 18 Presupuesto del proyecto**

<b>PRESUPUESTO PROPUESTA DE DRENAJE VIAL PARA EL TRAMO DE CARRETERA TERCIARIA SAN JOAQUIN - ALTO DEL TIGRE</b>					
<b>ITEM</b>	<b>ACTIVIDAD</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>VALOR UNITARIO</b>	<b>VALOR TOTAL</b>
1	Replanteo y Localizacion	ml	2400	\$ 215.419,78	\$ 517.007.470,29
2	Excavacion(Incluye transporte)				
2.1	Excavacion para cuneta Tramo 1	m <sup>3</sup>	19,39	\$ 163.221,38	\$ 3.164.862,54
2.2	Excavacion para cuneta Tramo 2	m <sup>3</sup>	16,18	\$ 163.221,38	\$ 2.640.921,92
2.3	Excavacion para cuneta Tramo 3	m <sup>3</sup>	21,56	\$ 163.221,38	\$ 3.519.052,94
2.4	Excavacion para cuneta Tramo 4	m <sup>3</sup>	55,14	\$ 163.221,38	\$ 9.000.026,85
2.5	Excavacion para camara de captacion	m <sup>3</sup>	2,64	\$ 163.221,38	\$ 430.904,44
3	Revestimiento en concreto simple e=5.1				
3.1	Revestimiento para cuneta Tramo 1	m <sup>3</sup>	8,64	\$ 111.054,16	\$ 959.507,93
3.2	Revestimeinto para cuneta Tramo 2	m <sup>3</sup>	7,89	\$ 111.054,16	\$ 876.217,31
3.3	Revestimiento para cuneta Tramo 3	m <sup>3</sup>	9,11	\$ 111.054,16	\$ 1.011.703,38
3.4	Revestimiento para cuneta Tramo 4	m <sup>3</sup>	19,54	\$ 111.054,16	\$ 2.169.998,26
4	Camara de captacion				
4.1	Revestimiento para camara de captacion	m <sup>3</sup>	0,37	\$ 111.054,16	\$ 41.090,04
				<b>COSTO DIRECTO</b>	<b>\$ 540.821.755,91</b>
				<b>A</b>	<b>\$ 54.082.175,59</b>
				<b>I</b>	<b>\$ 16.224.652,68</b>
				<b>U</b>	<b>\$ 27.041.087,80</b>
				<b>IVA</b>	<b>\$ 102.756.133,62</b>
				<b>COSTO TOTAL</b>	<b>\$ 740.925.805,60</b>

Fuente: Propia

## 8. CONCLUSIONES

La vía que comprende el tramo del San Joaquín – Alto del Tigre actualmente se encuentra en estado de deterioro en algunos tramos debido de la falta de mantenimiento y drenaje, tiene presencia de material vegetal que puede causar daños u obstruir la vía, por lo tanto se hace necesario realizar un diseño adecuado de drenaje para mantener el afirmado en buen estado: según los planos suministrados por el IGAC se identifica en que cotas está comprendida la vía para así poder identificar la pendiente de la misma.

El drenaje en vías terciarias es de suma importancia, ya que cerca del 60% de las vías del país son de ese tipo y no se le presta la debida atención aun sabiendo que la estructura depende de dicho drenaje, es fundamental el comportamiento de los materiales no solo en el aspecto técnico, sino también el control de erosión de taludes que resultan ser muy importantes en la estabilidad de la vía. Además también se ven afectadas por diversos fenómenos naturales como inundaciones.

A través de los análisis realizados en campo se pudo observar que en los cuatro tramos de estudio la pendiente varía entre 1,0% y 6,7%, donde se presenta un caudal de diseño de 0,29 m<sup>3</sup>/seg, así mismo se logran determinar los parámetros propios para el desarrollo del proyecto, esto teniendo en cuenta especialidades propias de la ingeniería civil como lo son la hidrología, hidráulica y el diseño de canales.

Una vez analizados los datos y teniendo en cuenta los parámetros de diseño, se continuo a proponer un diseño de drenaje en cunetas con una sección triangular para facilitar su construcción debido a la topografía, además también se propuso el diseño de la cámara de captación, esta es la encargada de la recolección del drenaje producido por las cunetas, y se ubicó en el K0+180 donde se encuentra la Quebrada el Tigre. El buen funcionamiento de dicha cámara, así como del drenaje depende de la buena disposición de la subbase de la vía y el debido mantenimiento que se le realice a tales obras. Finalmente, se realizó el cálculo de cantidades de obra para estimar el presupuesto de este proyecto.

## 9. RECOMENDACIONES

- Al momento de iniciar un proyecto las visitas de campo son indispensables para un adecuado reconocimiento del sitio y obtención de datos reales con el fin de comparar la información obtenida de bases de datos u otros documentos.
- Realizar estudios de suelo apropiados para identificar el tipo de suelo que se va a excavar.
- Por la topografía del terreno se recomienda el diseño de cunetas triangulares debido a la facilidad constructiva en sitio.
- Es importante conocer el área de aferencia de la carretera para el diseño de los drenajes así como los coeficientes de escorrentía.
- No toda la información que suministran las instituciones es aceptable ya que esta puede estar desactualizada y al momento de utilizarla los resultados pueden ser desproporcionados al realizar un análisis con población real, además considerar los tiempos para la solicitud y entrega de esta información por parte de las entidades encargadas, ya que en ocasiones no son inmediatas las entregas.
- Como Ingenieros, un buen registro fotográfico es vital para el desarrollo de las actividades propuestas.
- El análisis de datos es importante hacerlo de una manera rigurosa ya que de esto depende la coherencia de los resultados.
- Realizar aforos para los vehículos, ya que con esta información se tendrían datos detallados del uso de la vía en estudio.
- Calcular la duración del proyecto para obtener un presupuesto más detallado, y así realizar una programación de la obra.

## BIBLIOGRAFIA

ALCALDÍA MUNICIPAL DE LA MESA. Esquema de ordenamiento territorial La Mesa – Cundinamarca. 3p.

COLOMBIA. MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE. Decreto 769. (22, Abril, 2014). Por el cual se listan las actividades de mejoramiento en proyectos de infraestructura de transporte.

COLOMBIA. NIVEL NACIONAL. Decreto 302 de 2000. (25, Febrero, 2000). Por el cual se reglamenta la Ley 142 de 1994, en materia de prestación de los servicios públicos domiciliarios de acueducto y alcantarillado.

FONADE. ESTUDIOS PREVIOS MCC [En línea]. <<http://bit.ly/2dO0yo0>> [citado en 3 de octubre de 2016]

Humberto Ávila. Revista de Ingeniería #36 Perspectiva del manejo del drenaje pluvial frente al cambio climático - caso de estudio: ciudad de Barranquilla, Colombia. Universidad de los Andes. Bogotá D.C. [En línea]. <<http://www.scielo.org.co/pdf/ring/n36/n36a11.pdf>> [citado en 12 de octubre de 2016]

JOFRE ALEJANDRO MARTINEZ. Infraestructura vial y pavimentos [En línea] <<http://pavimyvias77.blogspot.com.co/>> [Citado en 2016-09-20]

JOSE CHOCANO. Definiciones de Estructuras de Obras de Arte de Una Carretera [en línea] <<http://bit.ly/2dAFPG>> [citado en 2016-10-7]

MANUAL TÉCNICO. Mantenimiento Rutinario par la Red Vial Departamental no Pavimentada. PROVIAS Departamental. Programa de Caminos Departamentales. Dirección General de Caminos y Ferrocarriles. Ministerio de Transporte y Comunicaciones República del Perú. Lima. Mazo de 2006. p. 17.

MINISTERIO DE DESARROLLO ECONOMICO. Dirección General de Agua Potable y Saneamiento Básico. RAS 2017. Bogotá D.C.

MINISTERIO DE TRANSPORTE INSTITUTO NACIONALDE VIAS. Subdirección general de apoyo técnico. Manual de drenaje para carreteras. Bogotá D.C.: Diciembre, 2009.

VEN TE CHOW. Hidráulica de Canales abiertos: Mc Graw Hill, 1994. P 153.

WILFAN DE JESÚS PERAFÁN. Guía para el mantenimiento rutinario de vías no pavimentadas [En línea] <<http://bit.ly/2dpjfPi>> [Citado en 2016-09-20]

MÁXIMO VILLÓN BÉJAR. H CANALES (2016) Versión (3.0) [Software]. Disponible en <<https://civilfree.blogspot.com.co/2013/11/hcanales-v30-diseno-de-estructuras.html>>

**Diseño estructural de canales. BUREAUN RECLAMATION**

# **ANEXO 1**

## **TITULO: Cálculo de la Curva Intensidad, Duración y Frecuencia de la estación Hidroaparaíso**

## **ANEXO 2**

### **TITULO: Presupuesto del proyecto**