

**HERRAMIENTA COMPUTACIONAL PARA LA INCORPORACION DE OBRAS  
HIDRÁULICAS A LO LARGO DE UN CORREDOR VIAL**

**RICARDO TAFUR SÁNCHEZ – 560415  
ELBER DUVÁN ORJUELA DÍAZ - 560404**

**UNIVERSIDAD CATÓLICA DE COLOMBIA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
PROGRAMA DE ESPECIALIZACIÓN EN RECURSOS HÍDRICOS  
BOGOTÁ D.C – 2018**

**HERRAMIENTA COMPUTACIONAL PARA LA INCORPORACION DE OBRAS  
HIDRÁULICAS A LO LARGO DE UN CORREDOR VIAL**

**RICARDO TAFUR SÁNCHEZ – 560415  
ELBER DUVÁN ORJUELA DÍAZ - 560404**

**Trabajo de grado para optar al título de especialista en Recursos Hídricos**

**ASESORA  
GINA JULIANA RINCÓN RODRÍGUEZ  
Ingeniera Civil, MSC**

**UNIVERSIDAD CATÓLICA DE COLOMBIA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
PROGRAMA DE ESPECIALIZACIÓN EN RECURSOS HÍDRICOS  
BOGOTÁ D.C – 2018**



Atribución-NoComercial 2.5 Colombia (CC BY-NC 2.5)

La presente obra está bajo una licencia:  
**Atribución-NoComercial 2.5 Colombia (CC BY-NC 2.5)**

Para leer el texto completo de la licencia, visita:  
<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/2.5/co/>

**Usted es libre de:**



Compartir - copiar, distribuir, ejecutar y comunicar públicamente la obra

hacer obras derivadas

**Bajo las condiciones siguientes:**



**Atribución** — Debe reconocer los créditos de la obra de la manera especificada por el autor o el licenciante (pero no de una manera que sugiera que tiene su apoyo o que apoyan el uso que hace de su obra).



**No Comercial** — No puede utilizar esta obra para fines comerciales.

## **Dedicatoria**

El presente trabajo investigativo lo dedicamos principalmente a Dios, por ser el inspirador y darnos fuerza para continuar en este proceso de obtener uno de los anhelos más deseados.

A nuestros padres, por su amor, trabajo y sacrificio en todos estos años, gracias a ustedes hemos logrado llegar hasta aquí y convertirnos en lo que somos. Ha sido el orgullo y el privilegio de ser sus hijos, son los mejores padres.

A nuestros hermanos por estar siempre presentes, acompañándonos y por el apoyo moral, que nos brindaron a lo largo de esta etapa de nuestras vidas.

A todas las personas que nos han apoyado y han hecho que el trabajo se realice con éxito en especial a aquellos que nos abrieron las puertas y compartieron sus conocimientos.

### **Agradecimientos**

Agradecemos a Dios por bendecirnos la vida, por guiarnos a lo largo de nuestra existencia, ser el apoyo y fortaleza en aquellos momentos de dificultad y de debilidad.

Agradecemos a nuestros docentes de la Especialización en Recursos Hídricos de la Universidad Católica de Colombia, por haber compartido sus conocimientos a lo largo de la preparación de nuestra especialidad, de manera especial, a la Ingeniera Gina Juliana Rincón Rodríguez tutor de nuestro proyecto de investigación quien ha guiado con su paciencia, y su rectitud como docente y por su valioso aporte para nuestra investigación.

## CONTENIDO

INTRODUCCIÓN .....	10
1. GENERALIDADES DEL TRABAJO DE GRADO .....	12
1.1. LÍNEA DE INVESTIGACIÓN .....	12
1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	12
1.2.1. Antecedentes del problema .....	12
1.2.1.1 Reseña histórica de los programas de diseño vial .....	13
1.2.2. Pregunta de investigación.....	14
1.3. JUSTIFICACIÓN .....	14
1.4. OBJETIVOS .....	15
1.4.1. General .....	15
1.4.2. Específicos .....	15
2. MARCOS DE REFERENCIA.....	16
2.1. MARCO CONCEPTUAL.....	16
2.2. MARCO TEÓRICO.....	18
2.2.1. Manual de drenaje para carreteras, Invías - 2009.....	18
2.2.1.1 Cunetas .....	18
2.2.1.2 Caudal de diseño .....	19
2.2.1.3 Tipos de sección y seguridad vial .....	20
2.2.1.4 Diseño de cunetas.....	22
2.2.2. A propósito de Visual Basic.....	26
2.3. MARCO JURÍDICO .....	26
3. METODOLOGÍA .....	27
3.1. FASES DE DESARROLLO DE LA HERRAMIENTA .....	27
3.1.1. Fase 1. Justificación de la necesidad (consulta a profesionales en vías e hidráulica).....	27
3.1.2. Fase 2. Modelación de algoritmos, comprobación y programación .....	27
3.1.3. Fase 3. Presentación de algoritmos en la interfaz – Manual del usuario .....	28
3.1.4. Fase 4. Validación de funcionamiento de la herramienta .....	28
3.2. INSTRUMENTOS O HERRAMIENTAS UTILIZADAS .....	28
4. RESULTADOS – FASES DE DESARROLLO DE LA HERRAMIENTA.....	29

4.1. RESULTADOS FASE 1. JUSTIFICACIÓN DE LA NECESIDAD (CONSULTA A PROFESIONALES EN VÍAS E HIDRÁULICA).....	29
4.2. RESULTADOS FASE 2. MODELACIÓN DE ALGORITMOS, COMPROBACIÓN Y PROGRAMACIÓN .....	31
4.3. RESULTADOS FASE 3. PRESENTACIÓN DE ALGORITMOS EN LA INTERFAZ – MANUAL DEL USUARIO.....	51
4.3.1. Hoja 1 “CUNETAS” .....	51
4.3.2. Hoja 2 “PIV’s” .....	53
4.3.3. Hoja 3 “INVENTARIO” .....	54
4.3.4. Hoja 4 “RASANTE” .....	56
4.3.5. Hoja 5 “OBRAS” .....	56
4.3.6. Hoja 6 “CAL” .....	57
4.4. EJECUCIÓN DE LA HERRAMIENTA .....	59
4.5. RESULTADOS FASE 4. VALIDACIÓN DE FUNCIONAMIENTO DE LA HERRAMIENTA.....	62
5. CONCLUSIONES .....	72
BIBLIOGRAFÍA.....	73
ANEXOS.....	74

**LISTA DE TABLAS**

Tabla 1. Programas de cómputo relacionados con diseño vial .....	13
Tabla 2. Hoja 1 “CUNETAS”. Variabilidad cambio entre obras de la distancia Vs cambio de pendiente .....	52
Tabla 3. Hoja 2 “Puntos de Inflexión Vertical” .....	53
Tabla 4. Hoja 3 “INVENTARIO” – Obras existentes .....	55
Tabla 5. Hoja 4. “RASANTE” – Rasante de diseño de la vía.....	56
Tabla 6. Información temporal del diseño en ejecución en la herramienta.....	57
Tabla 7. Información requerida para los informes de diseño .....	58
Tabla 8. Hoja 1 “CUNETAS” – PROYECTO VIAL SUMAPAZ .....	63
Tabla 9. Localización de Cunetas de Diseño – PROYECTO VIAL SUMAPAZ.....	63
Tabla 10. Listado de obras hidráulicas tramo La Unión – Tunales sector 1 .....	64
Tabla 11. Listado de obras hidráulicas tramo La Unión – Tunales sector 2 .....	64
Tabla 12. Listado de obras hidráulicas tramo La Unión – Tunales sector 3 .....	65
Tabla 13. Listado de obras hidráulicas tramo La Unión – Tunales sector 4 .....	65
Tabla 14. Listado de obras hidráulicas tramo Capitolio.....	65
Tabla 15. Listado de obras hidráulicas tramo La Unión – Tunales sector 5 .....	66
Tabla 16. Listado de obras hidráulicas tramo Laguna Verde.....	67
Tabla 17. Listado de obras hidráulicas tramo Ánimas Bajas .....	68
Tabla 18. Listado de obras hidráulicas tramo San Antonio .....	69
Tabla 19. Listado de obras hidráulicas tramo San Antonio .....	70



**LISTA DE FIGURAS**

Figura 1. Áreas aferentes a las cunetas .....	19
Figura 2. Bordillos de seguridad en cunetas .....	20
Figura 3. Secciones cunetas típicas y propiedades geométricas .....	21
Figura 4. Caja colectora típica.....	24
Figura 5. Alternativas para localización en planta de alcantarillas .....	25
Figura 6. Dimensionamiento geométrico de cunetas .....	51
Figura 7. Ancho de corona y distancia transversal.....	52
Figura 8. Graficación hoja 2 “Puntos de Inflexión Vertical” .....	54
Figura 9. Diagrama de ejecución de la herramienta Computacional .....	59
Figura 10. Hoja 1 “CUNETAS” – Módulos programados.....	60
Figura 11. Resultado de la ejecución en el paso 3 de la herramienta.....	61
Figura 12. Perfil de diseño con inclusión de obras .....	61
Figura 13. Resultados de AutoCad para el Sector 7 .....	71
Figura 14. Resultado en Plancha .....	71

## INTRODUCCIÓN

El uso de las herramientas computacionales se da a partir de la necesidad de crear una relación directa entre las actividades diarias que demandan las diferentes profesiones y la generación de productos con un alto rendimiento en cuanto a tiempo, calidad y costos. Países como Colombia, Perú y Ecuador han tenido que hacer uso de recursos informáticos y desarrollar herramientas para la ejecución de proyectos de infraestructura vial y poder así competir con el desarrollo acelerado de países potencia como Estados Unidos, China, Rusia.

En Colombia pequeñas empresas ejecutoras de proyectos viales han venido explotando el ingenio y el desarrollo intelectual propio, generando alternativas para darle un manejo eficaz y eficiente a proyectos de gran envergadura y de esta manera poder competir con otras empresas de gran potencial; es decir la propiedad intelectual de cada empresa se enmarca como el “valor-plus” y ningún particular o persona ajena a la empresa puede tener acceso a estas herramientas.

Uno de los problemas que actualmente se presenta en la consultoría de diseño vial tiene que ver con la implementación de las obras hidráulicas u obras de drenaje a lo largo de un tramo vial. En todo proyecto vial el diseñador hidráulico necesita como insumo principal un diseño geométrico definido con las características geométricas del corredor y a partir de este realiza el diseño hidráulico para determinar la ubicación de las obras, el dimensionamiento y capacidad de las cunetas. Todo Ingeniero Civil que tenga conocimiento sobre diseño vial, sabe que es un proceso dinámico que está sujeto a cambios considerables durante el desarrollo del proyecto y que afectan directamente el diseño hidráulico; es decir cada vez que el diseño geométrico se modifica se tiene que iniciar un nuevo diseño hidráulico, lo cual demanda el uso excesivo de recursos en cuanto a personal, tiempo y costos del proyecto.

En el presente documento se esboza la metodología para desarrollo de una solución práctica a la problemática generada dentro un proyecto de diseño vial, dada por la variabilidad del diseño geométrico y la articulación de los cambios en el diseño hidráulico, para lo cual se desarrolló una herramienta computacional que genera las condiciones ideales como elemento de apoyo gráfico para el diseño vial donde se tiene en cuenta la necesidad del diseñador hidráulico, facilitando la incorporación de las obras hidráulicas cuantas veces sea necesario y según sean la modificaciones realizadas al diseño geométrico; el desarrollo de la herramienta se da con la aplicación de los conocimientos adquiridos en el programa de posgrado Recursos Hídricos de la Universidad

Católica de Colombia y haciendo uso de herramientas de programación y dibujo, aplicando los criterios de drenaje vial y el juicio de los expertos.

## **1. GENERALIDADES DEL TRABAJO DE GRADO**

### **1.1. LÍNEA DE INVESTIGACIÓN**

Software inteligente y convergencia tecnológica.

### **1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

#### **1.2.1. Antecedentes del problema**

Con el transcurso los años el diseño vial se ha venido fortaleciendo en temas de ingeniería puesto que varios países de la región se han visto obligados a tener un desarrollo vial para poder competir con la economía y los mercados de otros países. La durabilidad de las vías se ve directamente vinculada a una buena implementación de obras hidráulicas y a un drenaje adecuado.

Como parte de la planificación en la consultoría de proyectos viales se reconoce la importancia del diseñador geométrico y el diseñador hidráulico en su estructura de trabajo (EDT), donde estos cumplen con la entrega de paquetes de trabajo que son la base fundamental para el cumplimiento del objetivo final del proyecto. El tiempo dispuesto para la ejecución de un proyecto juega un papel importante en la entrega de dichos paquetes de trabajo puesto que se revisa si hay actividades que se puedan trabajar en paralelo y se revisa si el diseño hidráulico se puede ejecutar a la par con el diseño geométrico.

Un insumo importante del diseñador hidráulico vial es el paquete de trabajo adelantado por el diseñador geométrico que sirve como base principal para la realización de los cálculos y la aplicación de los conceptos hidráulicos teniendo en cuenta el cumplimiento de los criterios de drenaje vial donde se entra a revisar la distribución correcta y la adecuada implementación de las obras de drenaje.

Actualmente, el diseñador hidráulico basado en el diseño geométrico hace uso de tablas dinámicas muy básicas donde inserta uno a uno datos característicos de la geometría de la vía para poder los conceptos hidráulicos y de esta manera poder determinar la capacidad de las cunetas y la ubicación de las obras; metodología que puede ser muy demorada y poco eficiente, aun cuando se modifica el diseño geométrico y toca realizar un nuevo diseño hidráulico perdiendo el diseño adelantado anteriormente.

Pequeñas empresas ejecutoras de proyectos viales han querido aportar con la solución del problema, mejorando y agilizando el procesamiento de la información, explotando el ingenio y el desarrollo intelectual propio, generando alternativas para darle un manejo eficaz y eficiente a

proyectos de gran envergadura y de esta manera poder competir con otras empresas de gran potencial; es decir cada empresa desarrolla su propiedad intelectual, obteniendo un valor agregado o “valor-plus” al cual ningún particular o persona ajena a la empresa puede tener acceso, es decir no es de uso libre o público.

“Como apoyo al diseño vial actualmente se utilizan programas de cómputo que proporcionan análisis hidrológicos e hidráulicos de los diferentes componentes de un sistema de drenaje vial. El manual de drenaje vial presenta unos programas de descarga libre elaborados por el sector público norteamericano”. (Instituto Nacional de Vías, 2009), ver tabla 1. Cabe aclarar que no existe un programa que trabaje en la implementación de las obras hidráulicas.

**Tabla 1. Programas de cómputo relacionados con diseño vial**

PROGRAMA	HIDROLOGÍA	DRENAJE DE LA CORONA	CANALES LATERALES	ALCANTARILLAS	DRENAJE DEL PAVIMENTO	SOCAVACIÓN
HEC-1	•					
HEC-HMS	•					
HEC-RAS			•	•		•
DRIP					•	
PAVDNRN		•				
HY-8				•		

**Fuente: Instituto Nacional de Vías, 2008**

*1.2.1.1 Reseña histórica de los programas de diseño vial.* Desde el año 1995 con la entrada de los sistemas a las empresas de consultoría del país, se ha venido trabajando en el mejoramiento de los procesos en el diseño de carreteras, pero se ha presentado la problemática de la implementación de las obras hidráulicas a los diseños geométricos viales.

En el año 1998 se da la entrada del software EDSC mejorando los tiempos del diseño geométrico en vías en un 50% de los tiempos que se manejaban anterior a la entrada de este programa en el AutoCAD V-10, dejando en los diseños viales como punto crítico, el diseño hidráulico.

En el año 2000 se da la entrada del software EaglePoint, agilizando aun los proyectos viales. A partir de este punto programadores en lenguajes como el Autolisp han intentado la

implementación de las obras hidráulicas a través de herramientas generadas con un fin específico, aunque estos desarrollos se dieron en diferentes empresas en el país nunca se han dado a conocer fuera de las empresas por considerarse como capital intelectual de cada una de ellas. (Eaglepoint, 2018).

En el año 2004 entra en el mercado un software de la misma casa del AutoCAD, conocido como AutoCAD LAND que mejoro los proyectos de diseños viales dejando aún más rezagado los componentes del diseño hidráulico longitudinal en vías. (Bloggingenieria, 2018).

En la actualidad se realizan los diseños viales en Colombia con el software AutoCAD Civil 3D, que es un software que genera listas y documentos de las memorias del diseño geométrico que se pueden utilizar como complemento de herramientas computacionales. (Autodesk, 2018).

### **1.2.2. Pregunta de investigación**

*¿Qué beneficios o solución práctica trae el desarrollo de una herramienta computacional que incorpore las obras hidráulicas a lo largo de un corredor vial y que funcione como apoyo gráfico para el diseño?*

### **1.3. JUSTIFICACIÓN**

En un proyecto de diseño vial, el diseñador hidráulico está sujeto a cambios frecuentes en el diseño geométrico, teniendo que iniciar un nuevo diseño de drenaje vial cada vez que se requiera. En el ejercicio del diseño geométrico se presentan modificaciones a medida que se ejecuta el mismo por razones de componente ambiental, predial o por componente presupuestal en el manejo de tierras en cortes y volúmenes; cambios constantes y drásticos dentro de los diseños geométricos proyectados, causando un uso exagerado de los recursos disponibles; para reducir dichos recursos se puede hacer uso de una herramienta computacional efectiva, de acceso libre que facilite la incorporación de las obras de drenaje cumpliendo con los criterios de diseño y minimizando notoriamente el tiempo y los costos disponibles.

Además, existe la necesidad de realizar una inclusión de la programación computacional a las actividades académicas, dado que en este tiempo la vinculación de elementos computacionales a los temas académicos es de amplia relevancia. La herramienta computacional creada se encuentra directamente vinculada a los temas de hidráulica e hidrología que son materia del enfoque principal de la Especialización en Recursos Hídricos.

## **1.4. OBJETIVOS**

### **1.4.1. General**

Crear una herramienta computacional para la incorporación de obras hidráulicas a lo largo de un corredor vial, que sirva como recurso principal para el diseño, identificando y ubicando preliminarmente los puntos donde deben ir ubicadas las obras de drenaje.

### **1.4.2. Específicos**

- Realizar una consulta a profesionales en vías e hidráulica que realicen labores dentro de los procesos aplicativos de la herramienta a desarrollar y que ayuden a determinar la necesidad.
- Plantear y programar la herramienta computacional de acuerdo a los criterios normativos vigentes, relacionados con “drenaje vial”, cumpliendo de esta manera con los requerimientos.
- Desarrollar y programar la herramienta basados en los software Visual Basic, Auto CAD y Excel.
- Validar la herramienta computacional, haciendo uso y corriendo proyectos viales reales, demostrando la eficiencia y efectividad durante la ejecución.

## 2. MARCOS DE REFERENCIA

### 2.1. MARCO CONCEPTUAL

- **Carretera.** Infraestructura de transporte suburbana o rural, cuya finalidad es permitir la circulación de automotores en condiciones de continuidad en el espacio y el tiempo, con niveles adecuados de seguridad y de comodidad. Puede estar constituida por una o varias calzadas, uno o varios sentidos de circulación y uno o varios carriles en cada sentido, de acuerdo con las exigencias de la demanda de tránsito y la clasificación funcional de la misma.
- **Superficie deslizante.** Superficie de rodadura propensa al deslizamiento incontrolado de los neumáticos de los vehículos, en particular cuando se encuentra húmeda. Se conoce también como superficie resbalosa o resbaladiza.
- **Sección en corte.** Sección transversal correspondiente a una explanación situada bajo la línea el terreno natural.
- **Sección en terraplén.** Sección transversal correspondiente a una explanación situada en su totalidad sobre la línea del terreno natural.
- **Peralte.** Inclinación dada al perfil transversal de una carretera en los tramos en curva horizontal para contrarrestar el efecto de la fuerza centrífuga que actúa sobre un vehículo en movimiento. También contribuye al escurrimiento del agua lluvia.
- **Pendiente resultante.** Pendiente a través de la cual fluye el agua superficial, que se obtiene como resultado de la combinación de las pendientes transversal y longitudinal de la corona.
- **Orientación de la trayectoria de flujo.** Ángulo entre la pendiente transversal de la carretera y la pendiente resultante.
- **Márgenes (a la izquierda o la derecha).** (a) Lados de un cauce como se ve en la dirección hacia aguas abajo. (b) Lados de un cauce entre los que el flujo es normalmente confinado.
- **Longitud resultante.** Longitud de la trayectoria de flujo que sigue la línea de la pendiente resultante, medida desde el punto más alto de la pendiente hasta el punto en que el agua abandona la corona.
- **Escorrentía.** Agua que escurre por los terrenos de la hoya hidrográfica superficialmente (escorrentía superficial) o subterráneamente (escorrentía subterránea).



- **Escorrentía superficial.** Agua que escurre laminarmente sobre el suelo o sobre depresiones (canales o corrientes de agua).
- **Drenaje.** Remoción natural o artificial del agua superficial y subsuperficial de un área determinada.
- **Corona.** Es la superficie visible de una carretera, formada por su(s) calzada(s), bermas y sobre anchos, así como el separador central o mediana, en caso de que este último forme parte de la sección transversal típica. También se conoce como plataforma.
- **Velocidad de diseño.** Velocidad guía o de referencia de un tramo homogéneo de carretera, que permite definir las características geométricas mínimas de todos los elementos del trazado, en condiciones de seguridad y comodidad.
- **Rasante.** Es la proyección vertical del desarrollo del eje de la superficie de rodadura de la vía.
- **Diseño en planta.** Proyección sobre un plano horizontal de su eje real o espacial. Dicho eje horizontal está constituido por una serie de tramos rectos denominados tangentes, enlazados entre sí por trayectorias curvas.
- **Diseño en perfil.** Proyección del eje real o espacial de la vía sobre una superficie vertical paralela al mismo.
- **Diseño de la sección transversal.** Definición de la ubicación y dimensiones de los elementos que forman la carretera, y su relación con el terreno natural, en cada punto de ella sobre una sección normal al alineamiento horizontal.
- **Curva horizontal.** Trayectoria que une dos tangentes horizontales consecutivas. Puede estar constituida por un empalme básico o por la combinación de dos o más de ellos.
- **Curva vertical.** Curvas utilizadas para empalmar dos tramos de pendientes constantes determinadas, con el fin de suavizar la transición de una pendiente a otra en el movimiento vertical de los vehículos; permiten la seguridad, comodidad y la mejor apariencia de la vía. Casi siempre se usan arcos parabólicos porque producen un cambio constante de la pendiente.
- **Cuneta.** Zanjas, revestidas o no, construidas paralelamente a las bermas, destinadas a facilitar el drenaje superficial longitudinal de la carretera. Su geometría puede variar según las condiciones de la vía y del área que drenan.

- **Alcantarilla.** Tipo de obra de cruce o de drenaje transversal, que tienen por objeto dar paso rápido al agua que, por no poder desviarse en otra forma, tenga que cruzar de un lado a otro del camino. (Instituto Nacional de Vías, 2009).

## 2.2. MARCO TEÓRICO

El “drenaje vial” es fundamental y contribuye en forma determinante en la prolongación de la vida útil de las vías. Las estructuras de drenaje calculadas y distribuidas espacialmente en un tramo vial, conducen las aguas de escorrentía o de flujo superficial, rápida y controladamente hasta su disposición final. De esta manera, se convierten en un soporte importante para el control de la erosión en taludes y la protección de la estructura del pavimento, permitiendo la rápida evacuación del agua, que además de afectar la estructura, afecta la seguridad de los usuarios.

En este contexto, un buen diseño vial desde los puntos de vista geométrico e hidráulico es fundamental para la sostenibilidad y durabilidad de las vías en el territorio, puesto que de estos dependen el crecimiento económico territorial, al generar condiciones de confort y seguridad para el transporte de carga, contribuyendo en el desarrollo comercial e industrial del país.

Para efectos del desarrollo del proyecto, se encuentra regido por

- Manual de drenaje para carreteras, Invías, 2009.
- Manual de Diseño Geométrico para Carreteras, Invías, 2008.

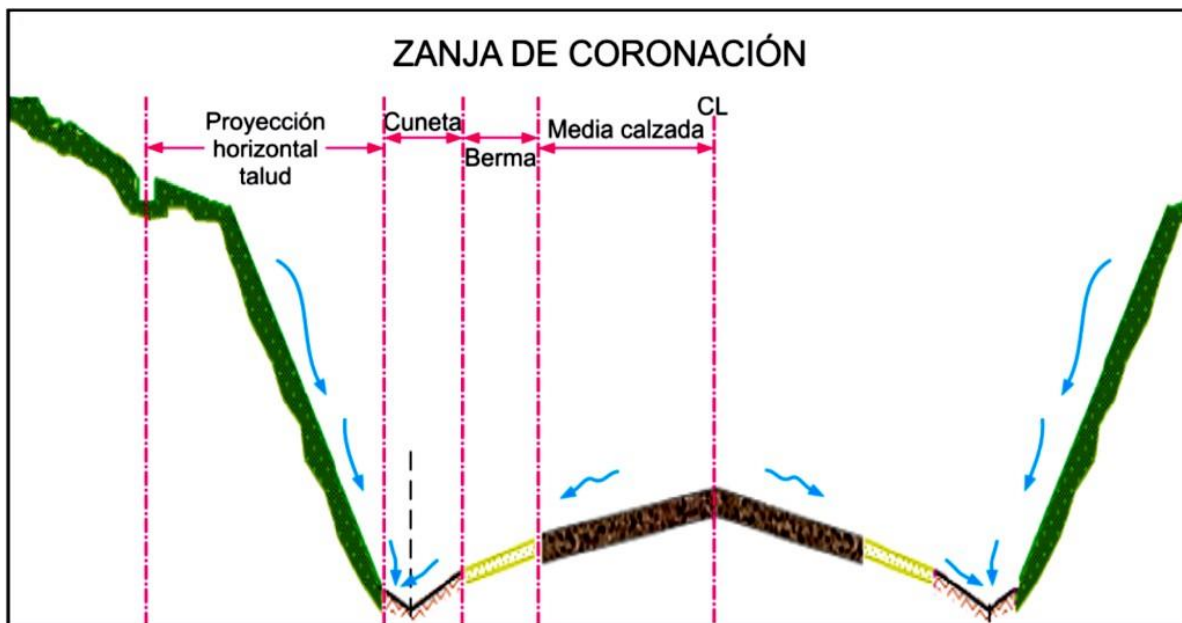
### 2.2.1. Manual de drenaje para carreteras, Invías - 2009

En el capítulo cuatro (4) del manual de drenaje vial para carreteras se hace referencia al drenaje superficial y al tipo de obras de drenaje que se utilizan para evacuar las aguas a lo largo de un tramo vial; dentro de las obras principales se encuentran las cunetas, que se proyectan a partir de un análisis y estudio hidrológico previo al diseño y donde se tiene en cuenta las características topográficas del diseño geométrico en su trazado horizontal como vertical para el dimensionamiento de las mismas.

**2.2.1.1 Cunetas.** Las cunetas son estructuras de drenaje que captan las aguas de escorrentía superficial proveniente de la plataforma de la vía y de los taludes de corte, conduciéndolas longitudinalmente hasta asegurar su adecuada disposición. Las cunetas construidas en zonas en terraplén protegen también los bordes de la berma y los taludes del terraplén de la erosión causada por el agua lluvia, además de servir, en muchas ocasiones, para continuar las cunetas de corte hasta una corriente natural, en la cual entregar. Para las cunetas en zonas de corte, los puntos de disposición son cajas colectoras de alcantarillas y salidas laterales al terreno natural en

un cambio de corte a terraplén. En las cunetas en terraplén, las aguas se disponen al terreno natural mediante bajantes o aliviós y en las cunetas de un separador central las aguas también son conducidas a la caja colectora de una alcantarilla. Las cunetas se deben localizar esencialmente en todos los cortes, en aquellos terraplenes susceptibles a la erosión y en toda margen interna de un separador que reciba las aguas lluvias de las calzadas. Las abscisas en las cuales se deben ubicar cunetas y puntos de desagüe deben ser obtenidas a partir del análisis de los perfiles de la vía (con sus líneas de chaflán de corte y de relleno) y del diagrama de peraltes en donde se indica el sentido del bombeo (pendiente transversal) para el caso de dobles calzadas.

**2.2.1.2 Caudal de diseño.** Considerando que por lo general el área aferente a las cunetas es inferior a una hectárea (1.0 ha), para la obtención de los caudales de diseño se emplea el método racional explicado en el Capítulo 2 (Manual de drenaje para carreteras). El área aferente a la cuneta debe incluir la calzada o media calzada de la vía, más la proyección horizontal del talud de corte hasta la zanja de coronación (Ver Figura 1). En caso de no proyectarse esta zanja, la cuneta debe contemplar el área topográfica aferente a la misma. En la definición de esta área se debe considerar el perfil del diseño geométrico que establece los límites o puntos altos que definen los sentidos de drenaje hacia las cunetas. El coeficiente de escorrentía corresponderá al coeficiente ponderado de los diferentes tipos de área aportante, en función del tipo de suelo, de la cobertura y de la pendiente.

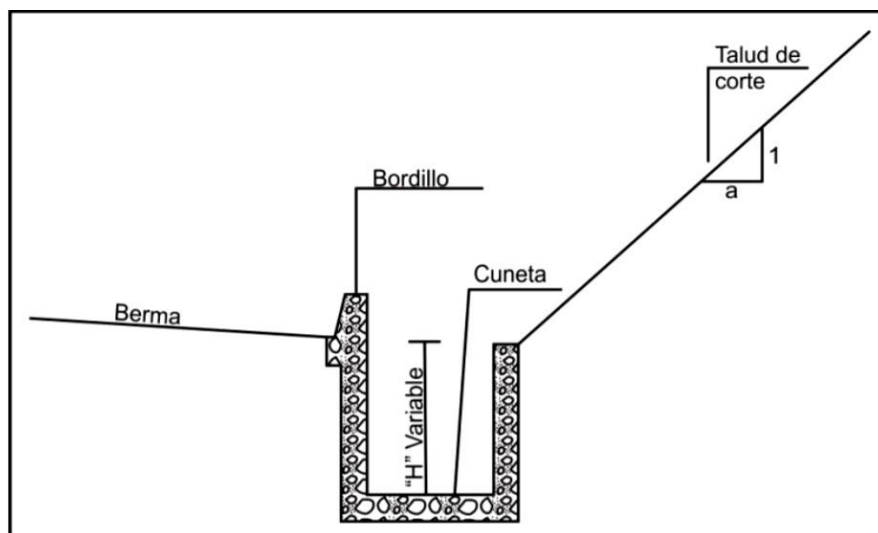


**Figura 1. Áreas aferentes a las cunetas**

Fuente: Instituto Nacional de Vías, 2009.

Finalmente, la intensidad es calculada a partir de la curva intensidad-duración-frecuencia, (IDF) del proyecto, para el período de retorno seleccionado y un tiempo de concentración mínimo (por ejemplo, 15 minutos).

**2.2.1.3 Tipos de sección y seguridad vial.** La sección transversal de la vía y dentro de ella la de la cuneta, juega un papel fundamental en la seguridad vial, por lo que, al proyectar las cunetas con una determinada sección, este aspecto debe ser considerado. Cunetas con una sección inadecuada pueden originar problemas de encunetamiento de los vehículos y, en los casos más graves, hasta vuelco, más aún si por limitaciones de espacio se proyectan berma-cunetas, las que necesariamente implican circulación o permanencia de vehículos cerca a la cuneta. Secciones rectangulares o trapezoidales profundas o con taludes altos hacen infranqueables o dificultan en gran manera la salida de vehículos, por lo que, en caso de ser empleadas, deben estar acompañadas de barreras de seguridad, bordillos o guardarruedas (Figura 2) o, como mínimo, de señales de advertencia con el adecuado manejo desde el punto de vista de seguridad de estos elementos que obstaculizan el tránsito vial (separación mínima desde el borde de la calzada de 60 centímetros).

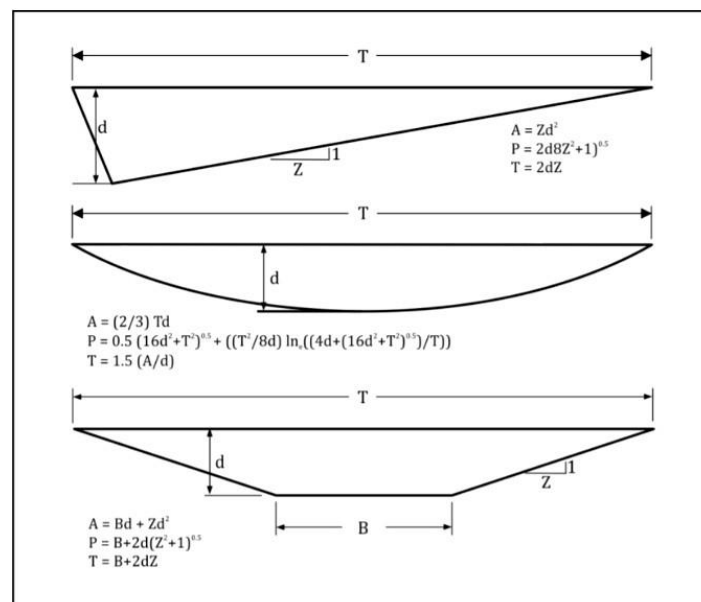


**Figura 2. Bordillos de seguridad en cunetas**

Fuente: Instituto Nacional de Vías, 2009.

Las secciones más recomendadas son, entonces, las parabólicas (con una construcción complicada y baja capacidad hidráulica), las cuales son las más adecuadas en aquellos tramos viales donde se presenta entrada y salida permanente de vehículos (estaciones de servicio, locales comerciales, etc.) y las triangulares (las más sencillas de construir), donde es esporádica o nula la

circulación vial. Dentro de las cunetas triangulares, es necesario limitar las pendientes de la cuneta y la profundidad de la misma, existiendo para ello diferentes normas a nivel internacional. Dentro de las más exigentes se imponen pendientes máximas del lado de la calzada de 5H : 1V y del lado del talud 3H:2V. Otras normas limitan la pendiente del lado de la calzada a 4H : 1V y las profundidades a 20 cm o 1/5 del ancho total, mientras que las recomendaciones más usuales limitan la pendiente por el lado de la calzada a 25%. En el medio colombiano es usual la cuneta triangular de 1.0 m de ancho total, distribuido 0.96 m al lado de la calzada y 0.04 m del lado del talud y 0.20 m de profundidad (constituyendo un vértice de 90°), con lo que se obtiene una pendiente lateral de 20.8%. Modificaciones a estas dimensiones, siempre y cuando la pendiente al lado de la calzada sea menor o igual al 25%, son también aceptables. Cuando la sección de la cuneta triangular para el ancho máximo disponible en la sección de la vía es insuficiente, se debe emplear una cuneta trapezoidal, deseablemente con una pendiente o talud hacia la calzada menor del 25%, condición que de no cumplirse implica el empleo de barreras de seguridad o de bordillos debidamente espaciados para permitir la entrada del agua. Otra alternativa, cuando la cuneta triangular es insuficiente o cuando el terreno es rocoso, es el empleo de cunetas rectangulares, las cuales se deben proveer de los elementos de protección para impedir que los vehículos tiendan a caer dentro de ellas (barreras de seguridad y bordillos).



**Figura 3. Secciones cunetas típicas y propiedades geométricas**

Fuente: Instituto Nacional de Vías, 2009.

En el caso de berma-cunetas, se indica que la pendiente de la berma coincide con la del carril de circulación adyacente; es decir, la pendiente del bombeo, la cual es máximo del 4% en entre tangencias, 8% en peraltes de vías principales y secundarias y 6% en vías terciarias. Esta limitación en la profundidad de la cuneta trae como consecuencia una limitación en la capacidad hidráulica de la cuneta, siendo necesario el empleo de zanjas de coronación y de una menor distancia entre alcantarillas para desaguar las cunetas.

#### *2.2.1.4 Diseño de cunetas.*

- **Funcionamiento hidráulico.** El dimensionamiento o diseño hidráulico de la cuneta consiste en verificar que la capacidad hidráulica de la estructura, estimada con la expresión de Manning, sea superior al caudal de diseño. La expresión de Manning es:

$$Q = \frac{1}{n} (A R^{2/3} S^{1/2})$$

#### **Ecuación 1. Manning**

Siendo:

Q: Caudal de diseño, en metros cúbicos por segundo (m<sup>3</sup>/s).

n: Coeficiente de rugosidad de Manning.

A: Área mojada, en metros cuadrados (m<sup>2</sup>).

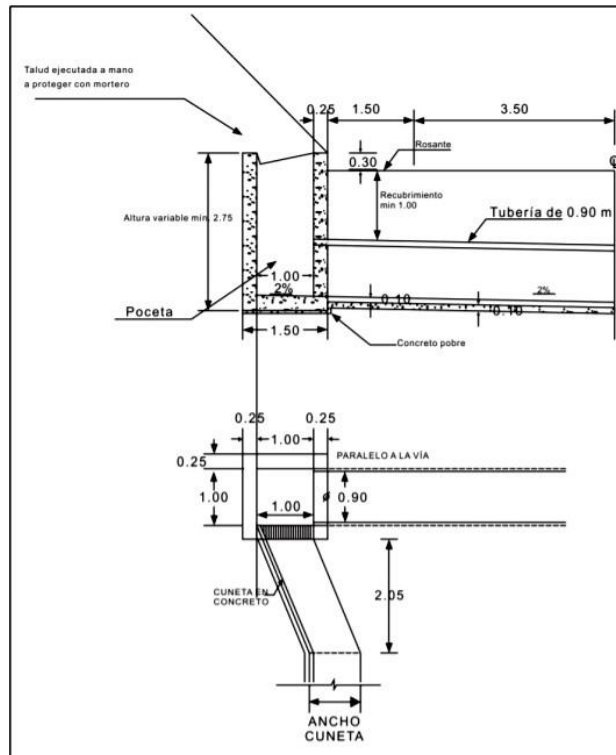
R: Radio hidráulico, en metros (m).

S: Pendiente, en metros por metro (m/m).

La pendiente coincide usualmente con la pendiente longitudinal de la vía, salvo en aquellos casos en que se requiere una mayor capacidad hidráulica o por facilidad de desagüe se proyecta la cuneta en contrapendiente por un corto tramo. En estos casos especiales se debe verificar que la pendiente sea, como mínimo, la menor recomendada por el INVIAS, es decir 0.5% y 0.3% en zonas planas. A partir de la ecuación de Manning, es posible obtener la lámina de agua y la velocidad en la sección para el caudal de diseño. La lámina de agua debe ser inferior o igual a la profundidad de la cuneta y la velocidad debe ser, a su vez, menor que la máxima admisible para el material de la cuneta, pero mayor que la velocidad que favorezca la sedimentación y el crecimiento vegetal. Es necesario verificar, también, que la velocidad en el descole o canal de salida se encuentre dentro del rango permisible, sin originar sedimentación o inestabilidad en la corriente o terreno receptor.

- **Descole de cunetas.** El descole de las cunetas y en general el de las estructuras hidráulicas, se debe realizar sin alterar drásticamente los patrones de flujo del cuerpo de agua receptor y sin originar problemas de socavación. Así, en cada punto de desagüe de un tramo de cuneta es necesario evaluar el impacto potencial sobre la corriente receptora en cuanto a cambios de velocidad y caudal y minimizar la erosión, ya sea con un mejor ángulo de entrega del canal y/o una velocidad igual o menor a la de la corriente receptora. Esto último se logra con disminuciones en la pendiente del canal de entrega o con incrementos en la rugosidad del revestimiento o en la sección transversal del canal. Las condiciones para asegurar un adecuado descole de cunetas deben ser analizadas cuidadosamente en el terreno, pues pueden ser proyectadas más allá del derecho de vía, requiriendo de servidumbres.

- **Pocetas o cajas colectoras.** Las pocetas o cajas colectoras son un tipo de estructura de entrada de las alcantarillas (Figura 4), que captan las aguas provenientes de cunetas de corte, cunetas en separadores, bajantes o filtros, permitiendo su cruce bajo la vía, donde desaguan atendiendo los criterios de minimización de impactos y de socavación en la corriente receptora. Adicionalmente, las cajas colectoras confinan la vía y dan estabilidad al extremo de la tubería al actuar como contrapeso ante posibles fuerzas de subpresión. En vías de doble calzada, la poceta o caja colectora permite, también, la unión de la alcantarilla con tuberías aferentes o el cambio de cota entre las tuberías entrante y saliente. Para el dimensionamiento de una poceta o caja colectora es necesario considerar las dimensiones y profundidad de la tubería de la alcantarilla, la profundidad del filtro entrante o el tamaño de la estructura de encole y la facilidad de mantenimiento de la obra.



**Figura 4. Caja colectora típica**

Fuente: Instituto Nacional de Vías, 2009.

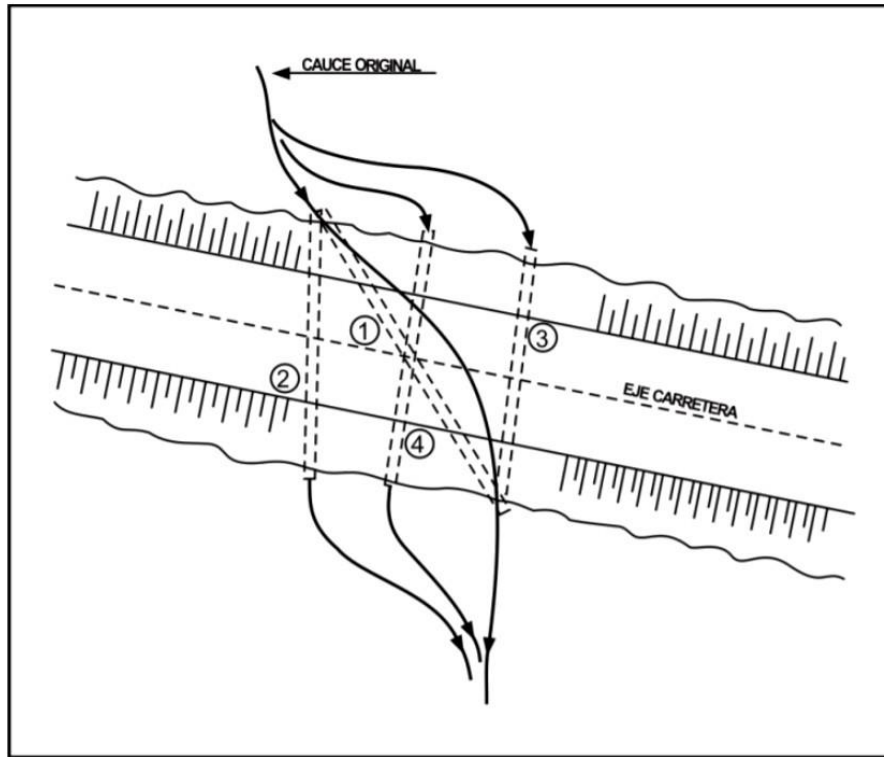
- **Alcantarillas.** Una alcantarilla es un conducto relativamente corto a través del cual se cruza el agua bajo la vía de un costado a otro. Incluye, por lo tanto, conductos con cualquier sección geométrica: circulares y alcantarillas de cajón principalmente. El diseño de la alcantarilla consiste en determinar el diámetro más económico que permita pasar el caudal de diseño sin exceder la carga máxima a la entrada<sup>12</sup> ( $H_w$ ) atendiendo también criterios de arrastre de sedimentos y de facilidad de mantenimiento.

- **Localización.** Las alcantarillas están compuestas por las estructuras de entrada y salida, el conducto o tubería de cruce propiamente dicho y las obras complementarias de encoles y descoles que conducen el agua hacia o desde la alcantarilla, respectivamente.

Se proyectan en los cruces de corrientes, para desaguar pocetas o cajas colectoras de cunetas, filtros o zanjas de coronación, en los puntos bajos<sup>13</sup> cuando el drenaje confluye hacia la vía y en los terraplenes proyectados en planicies inundables para permitir el paso de las aguas, evitando que el terraplén actúe como dique. Con respecto al eje de la vía, las alcantarillas pueden ser preferiblemente normales, aunque pueden presentar un ángulo de sesgo o esviaje cuando se trata de cruces de corrientes en los cuales se conserva la dirección del drenaje natural o corriente



(ver Figura 5). En los casos en que no se puede mantener el patrón de drenaje natural o resulte muy larga la estructura, es necesario proyectar la alcantarilla normal al eje de la vía o con un menor sesgo y construir las obras adicionales necesarias, tales como canales, que aseguren la entrega y la continuidad de la corriente intersectada por la vía.



**Figura 5. Alternativas para localización en planta de alcantarillas**

Fuente: Instituto Nacional de Vías, 2009.

El diseño geométrico de la vía debe evitar puntos bajos en zonas de cajón, donde el desagüe de las cunetas implica grandes cortes para proyectar los descoles de las alcantarillas.

En cuanto a su alineamiento vertical, en general las alcantarillas deben conservar la pendiente de la corriente o del terreno natural, pero si ésta es muy fuerte, se podrá disminuir siguiendo los criterios, considerando nuevamente las obras necesarias en la salida para asegurar la continuidad y la entrega adecuada de las aguas. Asimismo, las alcantarillas se deben proyectar con una pendiente mínima que garantice su autolimpieza. (Instituto Nacional de Vías, 2009).

Para la programación de la herramienta computacional se dispone de complementos (librerías de Visual Basic para Excel y AutoCAD), para lo cual se utiliza el Manual de desarrollador ActiveX y VBA en la generación de la interfaz entre AutoCAD y Visual Basic para aplicaciones (VBA).

### **2.2.2. A propósito de Visual Basic**

Visual Basic para aplicaciones es una combinación de un entorno de programación integrado denominado Editor de Visual Basic y del lenguaje de programación Visual Basic, permitiendo diseñar y desarrollar con facilidad programas en Visual Basic. El término “para aplicaciones” hace referencia al hecho de que el lenguaje de programación y las herramientas de desarrollo están integrados con las aplicaciones del Microsoft Office (en este caso, el Microsoft Excel), de forma que se puedan desarrollar nuevas funcionalidades y soluciones a medida, con el uso de estas aplicaciones.

El Editor de Visual Basic contiene todas las herramientas de programación necesarias para escribir código en Visual Basic y crear soluciones personalizadas.

El Manual de desarrollador Manual de desarrollador ActiveX – AutoCAD contempla los siguientes ítems introductorios:

- Presentación general de la tecnología ActiveX de AutoCAD.
- Presentación general de la interfaz entre AutoCAD y Visual Basic para aplicaciones (VBA).
- Uso combinado de ActiveX y VBA en AutoCAD.
- Migración de proyectos de automatización.

### **2.3. MARCO JURÍDICO**

La normatividad contemplada para el desarrollo de la herramienta computacional, se basa en El manual de drenaje para carreteras (Instituto Nacional de Vías, 2009), el Manual de diseño geométrico para carreteras (Instituto Nacional de Vías, 2008) y Manuales del usuario (librerías de Visual Basic para Excel y AutoCAD), para lo cual se utiliza el Manual de desarrollador ActiveX y VBA en la generación de la interfaz entre AutoCAD y Visual Basic para aplicaciones (VBA) y el editor de Visual Basic integrado con las aplicaciones del Microsoft Office (en este caso, el Microsoft Excel).

### 3. METODOLOGÍA

#### 3.1. FASES DE DESARROLLO DE LA HERRAMIENTA

La metodología de este proyecto se fundamenta en las siguientes fases:

##### 3.1.1. Fase 1. Justificación de la necesidad (consulta a profesionales en vías e hidráulica)

Se consultó con profesionales expertos que trabajan en el área de diseño vial e hidráulica sobre la necesidad y la importancia de desarrollar una herramienta; la consulta se realizó con el fin de justificar la necesidad de implementar una herramienta de apoyo grafico en el diseño hidráulico vial.

Las preguntas planteadas a los expertos fueron las siguientes:

1. ¿Conoce usted si actualmente existe un software que incluya las obras hidráulicas a lo largo de un corredor vial?
2. ¿Bajo su experiencia considera usted que sería de beneficio tener una herramienta que realice la implementación de las obras hidráulicas a lo largo de un corredor vial?
3. ¿Es de su conocimiento si en otros países existen este tipo de herramientas y que sean de uso libre?
4. ¿En qué ámbito considera usted que puede aportar la herramienta en desarrollo de proyectos viales?

##### 3.1.2. Fase 2. Modelación de algoritmos, comprobación y programación

Con la información teórica necesaria relacionada con la hidráulica y el cálculo de los sistemas de drenaje para carreteras, realizar la modelación de los respectivos algoritmos en el software Excel y el componente Actives de Visual Basic para Excel y AutoCAD con el fin de verificar el funcionamiento de los mismos. Una vez verificado el funcionamiento de estos algoritmos pasarlos al lenguaje de programación de Visual Basic y agruparlos como una sola herramienta.

Se dimensiona una cuneta la cual se evalúa a través de la fórmula de Manning que involucra las constantes de “**n**”: N° de Manning que depende de la rugosidad del material del cual está hecha la cuneta, el “**A**” área y “**R**” radio Hidráulico que dependen de la geometría de la cuneta y la variable “**s**” que depende de las pendientes de la vía; entonces a mayor pendiente es mayor el caudal de transporte y a menor pendiente es menor el caudal de transporte, pues esta variable es directamente proporcional al caudal.

Tomando como referencia estos resultados es posible estimar la longitud de las cunetas a lo largo del corredor vial y prever la ubicación de las obras hidráulicas de acuerdo a la capacidad de la cuneta. Sin embargo, este concepto sería aplicable solo para corredores viales nuevos en donde no existe infraestructura.

Por esta razón es necesario involucrar la información referente al inventario de obras existentes para poder modelar la condición real de la vía y obtener resultados que involucren tanto la capacidad de las cunetas como las obras existentes.

Cabe destacar que el software en ningún momento se encuentra verificando la capacidad de las obras transversales, ya que como generalidad el drenaje de la corona de la vía en tramos donde la cuneta no presenta desborde, resulta ser inferior a la capacidad total de la obra transversal mínima, que para vías es de 36 in (0.90 m) de diámetro según el manual de drenaje de carreteras de Colombia.

### **3.1.3. Fase 3. Presentación de algoritmos en la interfaz – Manual del usuario**

Parte del trabajo está basado en la presentación de los algoritmos en una interfaz de uso fácil, complementada con un manual del usuario donde se presenta la explicación clara y concisa del uso de la herramienta; se muestran los espacios habilitados para insertar los datos y la forma correcta como se deben ingresar los datos. Además se cuenta con un diagrama de flujo que hace más entendible la forma como se debe usar herramienta.

### **3.1.4. Fase 4. Validación de funcionamiento de la herramienta**

Presentar la validación de funcionamiento de la herramienta, ingresando información base de un proyecto real.

## **3.2. INSTRUMENTOS O HERRAMIENTAS UTILIZADAS**

- Manual de drenaje para carreteras (2009)
- Manual de diseño geométrico para carreteras (2008)
- Manuales del usuario (librerías de Visual Basic para Excel y AutoCAD)
- Manual de desarrollador ActiveX y VBA, interfaz entre AutoCAD y Visual Basic para aplicaciones (VBA).
- Editor de Visual Basic integrado con las aplicaciones del Microsoft Office (en este caso, el Microsoft Excel).

#### **4. RESULTADOS – FASES DE DESARROLLO DE LA HERRAMIENTA**

A continuación, se presentan los resultados para el desarrollo de la herramienta en cada una de sus fases.

##### **4.1. RESULTADOS FASE 1. JUSTIFICACIÓN DE LA NECESIDAD (CONSULTA A PROFESIONALES EN VÍAS E HIDRÁULICA)**

De los expertos consultados se recibieron las siguientes respuestas a las preguntas propuestas:

- **Ingeniero Civil – Especialista en Hidráulica**

1. ¿Conoce usted si actualmente existe un software que incluya las obras hidráulicas a lo largo de un corredor vial?

*En el tiempo que llevo trabajando en diseño hidráulico vial no he visto que se utilice una herramienta que facilite la implementación de obras de drenaje vial.*

*Esta actividad importante que hace parte del diseño siempre se ha realizado de forma muy mecánica demandando bastante tiempo y recursos.*

2. ¿Bajo su experiencia considera usted que sería de beneficio tener una herramienta que realice la implementación de las obras hidráulicas a lo largo de un corredor vial?

*Sería bueno que profesionales interesados en el área de hidráulica desarrollaran herramientas contundentes y de uso fácil puesto que se reduciría mucho en el tiempo requerido para la ejecución de las actividades y así mismo se reducirían los costos.*

3. ¿Es de su conocimiento si en otros países existen este tipo de herramientas y que sean de uso libre?

*He observado que se utilizan herramientas elaboradas dentro de las mismas empresas, pero son herramientas que no son de uso libre y se utilizan única y exclusivamente para la empresa, ya que en su mayoría ellos patentan el uso de estas aplicaciones.*

4. ¿En qué ámbito considera usted que puede aportar la herramienta en el desarrollo de proyectos viales?

*Me parece que se puede aportar mucho en cuanto a tiempos y calidad del trabajo, puesto que se agiliza en el procesamiento de grandes volúmenes de datos.*

- **Ingeniero Civil – Especialista en diseño geométrico vial**

1. ¿Conoce usted si actualmente existe un software que incluya las obras hidráulicas a lo largo de un corredor vial?

*En mi experiencia en el diseño de diferentes proyectos viales del país, me he dado cuenta que por el momento no se cuenta con una aplicación que facilite el diseño vial y la inserción de las obras; sé que existen programas para diseño hidráulico de obras, pero no un programa que implemente las obras en el corredor vial.*

2. ¿Bajo su experiencia considera usted que sería de beneficio tener una herramienta que realice la implementación de las obras hidráulicas a lo largo de un corredor vial?

*Serían muchos los beneficios que traería para el desarrollo de los diferentes proyectos viales, puesto que me he dado cuenta que la inclusión de obras es muy lenta en el diseño y que se tiene que repetir muchas veces el mismo trabajo, perdiendo los avances realizados por efecto de los cambios que nosotros realizamos al diseño durante la misma ejecución*

3. ¿Es de su conocimiento si en otros países existen este tipo de herramientas y que sean de uso libre?

*No es de mi conocimiento, pero aquí en Colombia sé que hay personas que desarrollan herramientas para uso propio en todo lo relacionado con diseño.*

4. ¿En qué ámbito considera usted que puede aportar la herramienta en el desarrollo de proyectos viales?

*Nos puede ayudar bastante en el desarrollo de los proyectos en cuanto la entrega oportuna de los diseños.*

#### **• Ingeniero Civil – Magister en Infraestructura Vial**

1. ¿Conoce usted si actualmente existe un software que incluya las obras hidráulicas a lo largo de un corredor vial?

No tengo el conocimiento de que exista un software que realice estas tareas.

2. ¿Bajo su experiencia considera usted que sería de beneficio tener una herramienta que realice la implementación de las obras hidráulicas a lo largo de un corredor vial?

Considero que, si se pudiese crear una buena herramienta de este tipo, sería de gran ayuda al diseñador hidráulico para la ejecución simplificada de estas tareas tan dispendiosas.

3. ¿Es de su conocimiento si en otros países existen este tipo de herramientas y que sean de uso libre?

*Sé que, en Estados Unidos y países de Europa se está trabajando en el desarrollo de nuevas herramientas que faciliten las actividades que demanda la obra civil, pero no tengo conocimiento alguna herramienta que facilite la implementación de obras en el diseño vial.*

4. ¿En qué ámbito considera usted que puede aportar la herramienta en el desarrollo de proyectos viales?

*El desarrollo de una nueva herramienta de este tipo ayudaría mucho en la versatilidad en la ejecución de los proyectos viales.*

• **Ingeniero Civil – Diseñador Hidráulico**

1. ¿Conoce usted si actualmente existe un software que incluya las obras hidráulicas a lo largo de un corredor vial?

*En mi caso utilizo tablas dinámicas muy básicas para cálculos hidráulicos, pero no tengo conocimiento de que exista un software que trabaje en la inserción de obras de drenaje vial.*

2. ¿Bajo su experiencia considera usted que sería de beneficio tener una herramienta que realice la implementación de las obras hidráulicas a lo largo de un corredor vial?

*Sería de gran ayuda para nosotros los diseñadores hidráulicos que se desarrollara una herramienta que trabajara en la implementación de obras puesto que no existe una que realice esta tarea.*

3. ¿Es de su conocimiento si en otros países existen este tipo de herramientas y que sean de uso libre?

*No tengo el conocimiento de que se hayan desarrollado herramientas de uso libre que trabajen en la implementación de obras.*

4. ¿En qué ámbito considera usted que puede aportar la herramienta en el desarrollo de proyectos viales?

*Puede aportar bastante en la facilidad con que se puede ejecutar el diseño hidráulico sin tener que invertir mucho tiempo y personal en esta actividad. Además, es importante cuando el diseño requiere de tantos cambios que demandan mucho tiempo e inversión de recursos.*

## **4.2. RESULTADOS FASE 2. MODELACIÓN DE ALGORITMOS, COMPROBACIÓN Y PROGRAMACIÓN**

A continuación, se presenta el código de programación de la modelación de los respectivos algoritmos de los tres módulos que hacen parte de la programación de la herramienta en el software Excel y el componente Activos de Visual Basic para Excel y AutoCAD.

Sub PEND2()

'-----

'DATOS CUNETAS

'-----

Dim NCUN, ACUN, RCUN, ICUN, CCUN, ANCUN As Double

```

NCUN = Worksheets("CUNETAS").Cells(4, 2).Value
ACUN = Worksheets("CUNETAS").Cells(5, 2).Value
RCUN = Worksheets("CUNETAS").Cells(7, 2).Value
ICUN = Worksheets("CUNETAS").Cells(8, 2).Value
CCUN = Worksheets("CUNETAS").Cells(9, 2).Value
ANCUN = Worksheets("CUNETAS").Cells(10, 2).Value
RECU = Worksheets("CUNETAS").Cells(11, 2).Value
LTRAN = Worksheets("CUNETAS").Cells(12, 2).Value
'-----
'DEFINE INICIO DE VARIABLES
'-----
ABS10 = 0
COT10 = 0
ABS11 = 0
CONT0 = 0
COT11 = 0
CONT1 = 0
CONT3 = 1
CONT4 = 1
CONT1 = 2
CON2 = 1
ABS10 = Worksheets("OBRAS").Cells(CONT1, 2).Value
COT10 = Worksheets("OBRAS").Cells(CONT1, 3).Value
'-----
'DEFINE FINAL DE LISTA
'-----
For CONT0 = 1 To 1000 Step 1

LIS1 = Worksheets("OBRAS").Cells(CONT0, 1).Value
If LIS1 = "" Then
CONT0 = 1001
Else
CONT0 = CONT0 + 1
CON = CONT0
End If
Next CONT0
CON = CON - 1
'-----
'LEE PENDIENTES
'-----
For CONT1 = 1 To (CON - 2) Step 1
  ABS1 = Worksheets("OBRAS").Cells(CONT1, 2).Value
  COT1 = Worksheets("OBRAS").Cells(CONT1, 3).Value
  TIT1 = Worksheets("OBRAS").Cells(CONT1, 4).Value
  ABS2 = Worksheets("OBRAS").Cells(CONT1 + 1, 2).Value
  COT2 = Worksheets("OBRAS").Cells(CONT1 + 1, 3).Value
  ABS3 = Worksheets("OBRAS").Cells(CONT1 + 2, 2).Value

```



```

COT3 = Worksheets("OBRAS").Cells(CONT1 + 2, 3).Value
PEN1 = (COT2 - COT1) / (ABS2 - ABS1)
PEN2 = (COT3 - COT2) / (ABS3 - ABS2)
TIP1 = Worksheets("OBRAS").Cells(CONT1, 5).Value
DIA1 = Worksheets("OBRAS").Cells(CONT1, 6).Value
OBS1 = Worksheets("OBRAS").Cells(CONT1, 7).Value

```

```

'-----
'DEFINE ALTOS"A" Y BAJOS"B"
'-----
'TRAMO BAJANDO
'-----

```

```

If (PEN1 < 0 And PEN2 < 0) Then

```

```

'-----
'CALCULO CUNETAS
'-----

```

```

If TIT1 = "I" Then

```

```

Worksheets("CAL").Cells(CONT3, 1).Value = CONT3
Worksheets("CAL").Cells(CONT3, 2).Value = ABS1
Worksheets("CAL").Cells(CONT3, 3).Value = LTRAN
Worksheets("CAL").Cells(CONT3, 4).Value = TIP1
Worksheets("CAL").Cells(CONT3, 5).Value = DIA1
Worksheets("CAL").Cells(CONT3, 6).Value = "EXISTENTE"
Worksheets("CAL").Cells(CONT3, 7).Value = COT1
Worksheets("CAL").Cells(CONT3, 8).Value = OBS1

```

```

CONT3 = CONT3 + 1

```

```

ElseIf TIT1 = "B" Then

```

```

Worksheets("CAL").Cells(CONT3, 1).Value = CONT3
Worksheets("CAL").Cells(CONT3, 2).Value = ABS1
Worksheets("CAL").Cells(CONT3, 3).Value = LTRAN
Worksheets("CAL").Cells(CONT3, 4).Value = TIP1
Worksheets("CAL").Cells(CONT3, 5).Value = DIA1
Worksheets("CAL").Cells(CONT3, 6).Value = "PROYECTADA"
Worksheets("CAL").Cells(CONT3, 7).Value = COT1
Worksheets("CAL").Cells(CONT3, 8).Value = OBS1

```

```

CONT3 = CONT3 + 1

```

```

End If

```

```

If Abs(PEN1) < 0.03 Then PEN1 = 0.03 Else PEN1 = PEN1

QCUN = NCUN * ACUN * RCUN ^ (2 / 3) * Abs(PEN1) ^ (0.5)
VCUN = QCUN / ACUN
LCUN = (QCUN * 360 * 10000) / (ICUN * CCUN * ANCUN)
Dis1 = ABS2 - ABS1

If Dis1 / LCUN > 1 Then

  If (Dis1 / LCUN) - Int(Dis1 / LCUN) > 0.6 Then
    SEP1 = (Dis1 / LCUN) + 1
  Else
    SEP1 = (Dis1 / LCUN)
  End If
  For CONT4 = 1 To Int(SEP1) Step 1
    Worksheets("CAL").Cells(CONT3, 1).Value = CONT3
    Worksheets("CAL").Cells(CONT3, 2).Value = Int(ABS1 + (Dis1 / (Int(SEP1) +
1)) * CONT4)
    Worksheets("CAL").Cells(CONT3, 3).Value = LTRAN
    Worksheets("CAL").Cells(CONT3, 4).Value = "ALC"
    Worksheets("CAL").Cells(CONT3, 5).Value = "36"
    Worksheets("CAL").Cells(CONT3, 6).Value = "PROYECTADA"
    Worksheets("CAL").Cells(CONT3, 7).Value = "COTA"
    Worksheets("CAL").Cells(CONT3, 8).Value = "Proy X drenaje Cunetas"
    CONT3 = CONT3 + 1
  Next CONT4

End If

'-----
'TRAMO SUBIENDO
'-----

ElseIf (PEN1 > 0 And PEN2 > 0) Then
'-----
'CALCULO CUNETAS
'-----

If TIT1 = "I" Then

Worksheets("CAL").Cells(CONT3, 1).Value = CONT3
Worksheets("CAL").Cells(CONT3, 2).Value = ABS1
Worksheets("CAL").Cells(CONT3, 3).Value = LTRAN
Worksheets("CAL").Cells(CONT3, 4).Value = TIP1
Worksheets("CAL").Cells(CONT3, 5).Value = DIA1
Worksheets("CAL").Cells(CONT3, 6).Value = "EXISTENTE"
Worksheets("CAL").Cells(CONT3, 7).Value = COT1

```

```
Worksheets("CAL").Cells(CONT3, 8).Value = OBS1
```

```
CONT3 = CONT3 + 1
```

```
ElseIf TIT1 = "B" Then
```

```
Worksheets("CAL").Cells(CONT3, 1).Value = CONT3
```

```
Worksheets("CAL").Cells(CONT3, 2).Value = ABS1
```

```
Worksheets("CAL").Cells(CONT3, 3).Value = LTRAN
```

```
Worksheets("CAL").Cells(CONT3, 4).Value = TIP1
```

```
Worksheets("CAL").Cells(CONT3, 5).Value = DIA1
```

```
Worksheets("CAL").Cells(CONT3, 6).Value = "PROYECTADA"
```

```
Worksheets("CAL").Cells(CONT3, 7).Value = COT1
```

```
Worksheets("CAL").Cells(CONT3, 8).Value = OBS1
```

```
CONT3 = CONT3 + 1
```

```
End If
```

```
If Abs(PEN1) < 0.03 Then PEN1 = 0.03 Else PEN1 = PEN1
```

```
QCUN = NCUN * ACUN * RCUN ^ (2 / 3) * Abs(PEN1) ^ (0.5)
```

```
VCUN = QCUN / ACUN
```

```
LCUN = (QCUN * 360 * 10000) / (ICUN * CCUN * ANCUN)
```

```
Dis1 = ABS2 - ABS1
```

```
If Dis1 / LCUN > 1 Then
```

```
  If (Dis1 / LCUN) - Int(Dis1 / LCUN) > 0.6 Then
```

```
    SEP1 = (Dis1 / LCUN) + 1
```

```
  Else
```

```
    SEP1 = (Dis1 / LCUN)
```

```
  End If
```

```
For CONT4 = 1 To Int(SEP1) Step 1
```

```
  Worksheets("CAL").Cells(CONT3, 1).Value = CONT3
```

```
  Worksheets("CAL").Cells(CONT3, 2).Value = Int(ABS1 + (Dis1 / (Int(SEP1) + 1)) * CONT4)
```

```
  Worksheets("CAL").Cells(CONT3, 3).Value = LTRAN
```

```
  Worksheets("CAL").Cells(CONT3, 4).Value = "ALC"
```

```
  Worksheets("CAL").Cells(CONT3, 5).Value = "36"
```

```
  Worksheets("CAL").Cells(CONT3, 6).Value = "PROYECTADA"
```

```
  Worksheets("CAL").Cells(CONT3, 7).Value = "COTA"
```

```
  Worksheets("CAL").Cells(CONT3, 8).Value = "Proy X drenaje Cunetas"
```

CONT3 = CONT3 + 1

Next CONT4

End If

'-----  
'PUNTO ALTO  
'-----

ElseIf (PEN1 < 0 And PEN2 > 0) Then

'-----  
'CALCULO CUNETAS  
'-----

If TIT1 = "I" Then

Worksheets("CAL").Cells(CONT3, 1).Value = CONT3  
Worksheets("CAL").Cells(CONT3, 2).Value = ABS1  
Worksheets("CAL").Cells(CONT3, 3).Value = LTRAN  
Worksheets("CAL").Cells(CONT3, 4).Value = TIP1  
Worksheets("CAL").Cells(CONT3, 5).Value = DIA1  
Worksheets("CAL").Cells(CONT3, 6).Value = "EXISTENTE"  
Worksheets("CAL").Cells(CONT3, 7).Value = COT1  
Worksheets("CAL").Cells(CONT3, 8).Value = OBS1

CONT3 = CONT3 + 1

ElseIf TIT1 = "B" Then

Worksheets("CAL").Cells(CONT3, 1).Value = CONT3  
Worksheets("CAL").Cells(CONT3, 2).Value = ABS1  
Worksheets("CAL").Cells(CONT3, 3).Value = LTRAN  
Worksheets("CAL").Cells(CONT3, 4).Value = TIP1  
Worksheets("CAL").Cells(CONT3, 5).Value = DIA1  
Worksheets("CAL").Cells(CONT3, 6).Value = "PROYECTADA"  
Worksheets("CAL").Cells(CONT3, 7).Value = COT1  
Worksheets("CAL").Cells(CONT3, 8).Value = OBS1

CONT3 = CONT3 + 1

End If

If Abs(PEN1) < 0.03 Then PEN1 = 0.03 Else PEN1 = PEN1

QCUN = NCUN \* ACUN \* RCUN ^ (2 / 3) \* Abs(PEN1) ^ (0.5)

VCUN = QCUN / ACUN

LCUN = (QCUN \* 360 \* 10000) / (ICUN \* CCUN \* ANCUN)

Dis1 = ABS2 - ABS1

If Dis1 / LCUN > 1 Then

If (Dis1 / LCUN) - Int(Dis1 / LCUN) > 0.6 Then

SEP1 = (Dis1 / LCUN) + 1

Else

SEP1 = (Dis1 / LCUN)

End If

For CONT4 = 1 To Int(SEP1) Step 1

Worksheets("CAL").Cells(CONT3, 1).Value = CONT3

Worksheets("CAL").Cells(CONT3, 2).Value = Int(ABS1 + (Dis1 / (Int(SEP1) + 1)) \* CONT4)

Worksheets("CAL").Cells(CONT3, 3).Value = LTRAN

Worksheets("CAL").Cells(CONT3, 4).Value = "ALC"

Worksheets("CAL").Cells(CONT3, 5).Value = "36"

Worksheets("CAL").Cells(CONT3, 6).Value = "PROYECTADA"

Worksheets("CAL").Cells(CONT3, 7).Value = "COTA"

Worksheets("CAL").Cells(CONT3, 8).Value = "Proy X drenaje Cunetas"

CONT3 = CONT3 + 1

Next CONT4

End If

'-----  
'PUNTO BAJO  
'-----

ElseIf (PEN1 > 0 And PEN2 < 0) Then

'-----  
'CALCULO CUNETAS  
'-----

If TIT1 = "I" Then

Worksheets("CAL").Cells(CONT3, 1).Value = CONT3

Worksheets("CAL").Cells(CONT3, 2).Value = ABS1

Worksheets("CAL").Cells(CONT3, 3).Value = LTRAN

Worksheets("CAL").Cells(CONT3, 4).Value = TIP1

Worksheets("CAL").Cells(CONT3, 5).Value = DIA1

Worksheets("CAL").Cells(CONT3, 6).Value = "EXISTENTE"

Worksheets("CAL").Cells(CONT3, 7).Value = COT1

Worksheets("CAL").Cells(CONT3, 8).Value = OBS1

CONT3 = CONT3 + 1

ElseIf TIT1 = "B" Then

Worksheets("CAL").Cells(CONT3, 1).Value = CONT3  
 Worksheets("CAL").Cells(CONT3, 2).Value = ABS1  
 Worksheets("CAL").Cells(CONT3, 3).Value = LTRAN  
 Worksheets("CAL").Cells(CONT3, 4).Value = TIP1  
 Worksheets("CAL").Cells(CONT3, 5).Value = DIA1  
 Worksheets("CAL").Cells(CONT3, 6).Value = "PROYECTADA"  
 Worksheets("CAL").Cells(CONT3, 7).Value = COT1  
 Worksheets("CAL").Cells(CONT3, 8).Value = OBS1

CONT3 = CONT3 + 1

End If

If Abs(PEN1) < 0.03 Then PEN1 = 0.03 Else PEN1 = PEN1

QCUN = NCUN \* ACUN \* RCUN ^ (2 / 3) \* Abs(PEN1) ^ (0.5)  
 VCUN = QCUN / ACUN  
 LCUN = (QCUN \* 360 \* 10000) / (ICUN \* CCUN \* ANCUN)  
 Dis1 = ABS2 - ABS1

If Dis1 / LCUN > 1 Then

If (Dis1 / LCUN) - Int(Dis1 / LCUN) > 0.6 Then  
 SEP1 = (Dis1 / LCUN) + 1  
 Else  
 SEP1 = (Dis1 / LCUN)  
 End If

For CONT4 = 1 To Int(SEP1) Step 1

Worksheets("CAL").Cells(CONT3, 1).Value = CONT3  
 Worksheets("CAL").Cells(CONT3, 2).Value = Int(ABS1 + (Dis1 / (Int(SEP1) +  
 1)) \* CONT4)  
 Worksheets("CAL").Cells(CONT3, 3).Value = LTRAN  
 Worksheets("CAL").Cells(CONT3, 4).Value = "ALC"  
 Worksheets("CAL").Cells(CONT3, 5).Value = "36"  
 Worksheets("CAL").Cells(CONT3, 6).Value = "PROYECTADA"  
 Worksheets("CAL").Cells(CONT3, 7).Value = "COTA"  
 Worksheets("CAL").Cells(CONT3, 8).Value = "Proy X drenaje Cunetas"

CONT3 = CONT3 + 1

Next CONT4

```

End If
'-----

ABS10 = ABS2
COT10 = COT2
End If

CON = CON + 1
Next CONT1

Worksheets("CAL").Cells(CONT3, 1).Value = CONT3
Worksheets("CAL").Cells(CONT3, 2).Value = Int(ABS1 + (Dis1 / (Int(SEP1) + 1)) *
CONT4)
Worksheets("CAL").Cells(CONT3, 3).Value = LTRAN
Worksheets("CAL").Cells(CONT3, 4).Value = "ALC"
Worksheets("CAL").Cells(CONT3, 5).Value = "36"
Worksheets("CAL").Cells(CONT3, 6).Value = "PROYECTADA"
Worksheets("CAL").Cells(CONT3, 7).Value = "COTA"
Worksheets("CAL").Cells(CONT3, 8).Value = "Proy X drenaje Cunetas"

COTAS1
End Sub

Sub COTAS1()

RECU = Worksheets("CUNETAS").Cells(11, 2).Value
'-----
'DEFINE FINAL DE LISTA HOJA DE OBRAS
'-----

For CONT2 = 1 To 1000 Step 1

LIS1 = Worksheets("CAL").Cells(CONT2, 1).Value

If LIS1 = "" Then
CONT2 = 1001
Else
CONT2 = CONT2 + 1
CON2 = CONT2
End If
Next CONT2

'-----
'-----

```

```
'DEFINE FINAL DE LISTA HOJA DE RASANTE
```

```
'-----
```

```
For CONT01 = 1 To 2000 Step 1
```

```
LIS2 = Worksheets("RASANTE").Cells(CONT01, 1).Value
```

```
If LIS2 = "" Then
```

```
CONT01 = 2001
```

```
Else
```

```
CONT01 = CONT01 + 1
```

```
CON01 = CONT01
```

```
End If
```

```
Next CONT01
```

```
'-----
```

```
For CON6 = 1 To CON2 - 1 Step 1
```

```
ABA = Worksheets("CAL").Cells(CON6, 2).Value
```

```
For CON5 = 1 To CON01 Step 1
```

```
ABR1 = Worksheets("RASANTE").Cells(CON5, 1).Value
```

```
ABR2 = Worksheets("RASANTE").Cells(CON5 + 1, 1).Value
```

```
If ABA > (ABR1 - 0.1) And ABA < (ABR2 + 0.1) Then
```

```
COT1 = Worksheets("RASANTE").Cells(CON5, 2).Value
```

```
COT2 = Worksheets("RASANTE").Cells(CON5 + 1, 2).Value
```

```
ABS3 = ((ABR2) - (ABR1))
```

```
ABS4 = (ABA - ABR1)
```

```
COT3 = (COT2 - COT1)
```

```
COT4 = COT1 + (ABS4 * COT3 / ABS3) - RECU
```

```
End If
```

```
Next CON5
```

```
Worksheets("CAL").Cells(CON6, 7).Value = COT4
```

```
Next CON6
```

```
End Su
```

```
Public LCUN
```

```
Public Dis1
```

```
Public ABS2
```

```
Public ABS10
```

```
Public CONT3
```



Public CONT4

Public ABS11

Sub PEND3()

```
Sheets("OBRAS").Select
Cells.Select
Selection.ClearContents
Selection.Delete Shift:=xlUp
```

```
Sheets("CAL").Select
Cells.Select
Selection.ClearContents
Selection.Delete Shift:=xlUp
```

```
'-----
'DATOS CUNETAS
'-----
```

Dim NCUN, ACUN, RCUN, ICUN, CCUN, ANCUN As Double

NCUN = Worksheets("CUNETAS").Cells(4, 2).Value

ACUN = Worksheets("CUNETAS").Cells(5, 2).Value

RCUN = Worksheets("CUNETAS").Cells(7, 2).Value

ICUN = Worksheets("CUNETAS").Cells(8, 2).Value

CCUN = Worksheets("CUNETAS").Cells(9, 2).Value

ANCUN = Worksheets("CUNETAS").Cells(10, 2).Value

RECU = Worksheets("CUNETAS").Cells(11, 2).Value

```
'-----
'DEFINE INICIO DE VARIABLES
'-----
```

ABS10 = 0

COT10 = 0

ABS11 = 0

CONT0 = 0

COT11 = 0

CONT1 = 0

CONT3 = 1

CONT4 = 1

CONT1 = 2

CON2 = 1

ABS10 = Worksheets("PIV-S").Cells(CONT1, 2).Value

COT10 = Worksheets("PIV-S").Cells(CONT1, 3).Value

```
'-----
'DEFINE FINAL DE LISTA
```

```

'-----
For CONT0 = 1 To 1000 Step 1

LIS1 = Worksheets("PIV-S").Cells(CONT0, 1).Value

If LIS1 = "" Then
CONT0 = 1001
Else
CONT0 = CONT0 + 1
CON = CONT0
End If
Next CONT0
CON = CON - 1

'-----
'LEE PENDIENTES
'-----

For CONT1 = 2 To (CON - 1) Step 1

    ABS1 = Worksheets("PIV-S").Cells(CONT1, 2).Value
    COT1 = Worksheets("PIV-S").Cells(CONT1, 3).Value

    ABS2 = Worksheets("PIV-S").Cells(CONT1 + 1, 2).Value
    COT2 = Worksheets("PIV-S").Cells(CONT1 + 1, 3).Value

    ABS3 = Worksheets("PIV-S").Cells(CONT1 + 2, 2).Value
    COT3 = Worksheets("PIV-S").Cells(CONT1 + 2, 3).Value

    PEN1 = (COT2 - COT1) / (ABS2 - ABS1)
    PEN2 = (COT3 - COT2) / (ABS3 - ABS2)

'-----
'DEFINE ALTOS"A" Y BAJOS"B"
'-----
    If (PEN1 < 0 And PEN2 < 0) Then
        Worksheets("PIV-S").Cells(CONT1 + 1, 5).Value = ""

'-----
        ElseIf (PEN1 > 0 And PEN2 > 0) Then
            Worksheets("PIV-S").Cells(CONT1 + 1, 5).Value = ""

'-----
        ElseIf (PEN1 < 0 And PEN2 > 0) Then
'-----

```

## 'CALCULO CUNETAS PUNTO BAJO

'-----

$$PEN3 = (COT2 - COT10) / (ABS2 - ABS10)$$

$$QCUN = NCUN * ACUN * RCUN ^ (2 / 3) * Abs(PEN3) ^ (0.5)$$

$$VCUN = QCUN / ACUN$$

$$LCUN = (QCUN * 360 * 10000) / (ICUN * CCUN * ANCUN)$$

$$Dis1 = ABS2 - ABS10$$

INVENTARIO

'-----

Worksheets("PIV-S").Cells(CONT1 + 1, 5).Value = "B"

If ABS2 - ABS11 &gt; 20 Then

Worksheets("OBRAS").Cells(CONT3, 1).Value = CONT3

Worksheets("OBRAS").Cells(CONT3, 2).Value = ABS2

Worksheets("OBRAS").Cells(CONT3, 3).Value = "COTA"

Worksheets("OBRAS").Cells(CONT3, 4).Value = "B"

Worksheets("OBRAS").Cells(CONT3, 5).Value = "ALC-B"

Worksheets("OBRAS").Cells(CONT3, 6).Value = "36"

Worksheets("OBRAS").Cells(CONT3, 7).Value = "Punto bajo DG"

$$ABS11 = ABS2$$

$$CONT3 = CONT3 + 1$$

End If

$$ABS10 = ABS2$$

$$COT10 = COT2$$

'-----

ElseIf (PEN1 &gt; 0 And PEN2 &lt; 0) Then

'-----

## 'CALCULO CUNETAS PUNTO ALTO

'-----

$$PEN3 = (COT2 - COT10) / (ABS2 - ABS10)$$

$$QCUN = NCUN * ACUN * RCUN ^ (2 / 3) * Abs(PEN3) ^ (0.5)$$

```
VCUN = QCUN / ACUN
LCUN = (QCUN * 360 * 10000) / (ICUN * CCUN * ANCUN)
Dis1 = ABS2 - ABS10
```

```
INVENTARIO
```

```
'-----
Worksheets("PIV-S").Cells(CONT1 + 1, 5).Value = "A"
ABS10 = ABS2
COT10 = COT2

Worksheets("OBRAS").Cells(CONT3, 1).Value = CONT3
Worksheets("OBRAS").Cells(CONT3, 2).Value = ABS2
Worksheets("OBRAS").Cells(CONT3, 3).Value = "COTA"
Worksheets("OBRAS").Cells(CONT3, 4).Value = "A"
ABS11 = ABS2

CONT3 = CONT3 + 1

End If

Worksheets("PIV-S").Cells(CONT1 + 1, 4).Value = PEN1
CON = CON + 1
Next CONT1

ELIM1

COTAS
End Sub

Sub INVENTARIO()

'-----
'DEFINE FINAL DE LISTA HOJA DE OBRAS
'-----

For CONT5 = 1 To 1000 Step 1

LIS1 = Worksheets("INVENTARIO").Cells(CONT5, 1).Value

If LIS1 = "" Then
CONT2 = 1001
Else
con3 = CONT5
End If
```

Next CONT5

'-----

For CON8 = 1 To con3 Step 1

ABS21 = Worksheets("INVENTARIO").Cells(CON8, 2).Value  
TIP21 = Worksheets("INVENTARIO").Cells(CON8, 3).Value  
DIA21 = Worksheets("INVENTARIO").Cells(CON8, 4).Value  
OBS21 = Worksheets("INVENTARIO").Cells(CON8, 5).Value

If ABS21 < ABS2 And ABS21 > ABS10 Then

Worksheets("OBRAS").Cells(CONT3, 1).Value = CONT3  
Worksheets("OBRAS").Cells(CONT3, 2).Value = ABS21  
Worksheets("OBRAS").Cells(CONT3, 3).Value = "COTA"  
Worksheets("OBRAS").Cells(CONT3, 4).Value = "I"  
Worksheets("OBRAS").Cells(CONT3, 5).Value = TIP21  
Worksheets("OBRAS").Cells(CONT3, 6).Value = DIA21  
Worksheets("OBRAS").Cells(CONT3, 7).Value = OBS21

CONT3 = CONT3 + 1

End If

Next CON8

CON8 = 0

End Sub

Sub COTAS()

RECU = Worksheets("CUNETAS").Cells(11, 2).Value

'-----

'DEFINE FINAL DE LISTA HOJA DE OBRAS

'-----

For CONT1 = 1 To 1000 Step 1

LIS1 = Worksheets("OBRAS").Cells(CONT1, 1).Value

If LIS1 = "" Then

CONT1 = 1001

Else

CONT1 = CONT1 + 1

CON1 = CONT1

End If

Next CONT1

'-----

'-----

'DEFINE FINAL DE LISTA HOJA DE RASANTE

'-----

For CONT01 = 1 To 2000 Step 1

LIS2 = Worksheets("RASANTE").Cells(CONT01, 1).Value

If LIS2 = "" Then

CONT01 = 2001

Else

CONT01 = CONT01 + 1

CON01 = CONT01

End If

Next CONT01

'-----

'CON01 = CON01 - 1

For CON6 = 1 To CON1 - 1 Step 1

ABA = Worksheets("OBRAS").Cells(CON6, 2).Value

For CON5 = 1 To CON01 Step 1

ABR1 = Worksheets("RASANTE").Cells(CON5, 1).Value

ABR2 = Worksheets("RASANTE").Cells(CON5 + 1, 1).Value

If ABA > (ABR1 - 0.1) And ABA < (ABR2 + 0.1) Then

COT1 = Worksheets("RASANTE").Cells(CON5, 2).Value

COT2 = Worksheets("RASANTE").Cells(CON5 + 1, 2).Value

ABS3 = ((ABR2) - (ABR1))

ABS4 = (ABA - ABR1)

COT3 = (COT2 - COT1)

COT4 = COT1 + (ABS4 \* COT3 / ABS3) - RECU

End If

Next CON5

Worksheets("OBRAS").Cells(CON6, 3).Value = COT4

```
Next CON6
End Sub
```

```
Sub ELIM1()
```

```
'-----
'DEFINE FINAL DE LISTA
'-----
```

```
For CONT0 = 1 To 1000 Step 1
```

```
LIS1 = Worksheets("OBRAS").Cells(CONT0, 1).Value
```

```
If LIS1 = "" Then
```

```
CONT0 = 1001
```

```
Else
```

```
CONT0 = CONT0 + 1
```

```
CON = CONT0
```

```
End If
```

```
Next CONT0
```

```
CON = CON - 1
```

```
'-----
```

```
For CON7 = 1 To CON Step 1
```

```
ERR1 = Worksheets("OBRAS").Cells(CON7, 2).Value
```

```
ERR2 = Worksheets("OBRAS").Cells(CON7 + 1, 2).Value
```

```
ERR3 = Worksheets("OBRAS").Cells(CON7, 4).Value
```

```
ERR4 = Worksheets("OBRAS").Cells(CON7 + 1, 4).Value
```

```
If Abs(ERR2 - ERR1) < 20 And ERR4 = "B" Then
```

```
Sheets("OBRAS").Select
```

```
Rows(CON7 + 1).Select
```

```
Selection.Delete Shift:=xlUp
```

```
ElseIf Abs(ERR1 - ERR2) < 20 And ERR3 = "B" Then
```

```
Sheets("OBRAS").Select
```

```
Rows(CON7).Select
```

```
Selection.Delete Shift:=xlUp
```

```
End If
```

```
Next CON7
```

```
Sheets("CUNETAS").Select
End Sub
'RUTINA DE CALCULO DE DATOS

Public acad As Object
Public arch01 As Object
Public pl, lt As AcadLine
Public pl1, pl2, pl3, pl4, pl5, pl6, pl7, pl8, pl9, pl10, pl11, PL12, PL13, PL14, PL15, PL16,
PL17, PL18, PL19, PL20 As AcadPolyline
Public txtD As AcadText
Public ruta
Public hatchObj As AcadHatch
Public patternName As String
Public PatternType As Long
Public bAssociativity As Boolean

Sub insert()

carga_a

CON2 = 0
CONT2 = 0

Dim bloque As AcadBlockReference
Dim INS1(0 To 2) As Double
Dim INS2(0 To 2) As Double
'Dim ATT1(0 To 5) As Double

'-----
'DEFINE FINAL DE LISTA HOJA DE CAL
'-----

For CONT2 = 1 To 1000 Step 1

LIS1 = Worksheets("CAL").Cells(CONT2, 1).Value

If LIS1 = "" Then
CONT2 = 1001
Else
CONT2 = CONT2 + 1
CON2 = CONT2
End If
Next CONT2

'-----

For CONT3 = 1 To CON2 - 1 Step 1
```



```
DT1 = Worksheets("CAL").Cells(CONT3, 1).Value
DT2 = Worksheets("CAL").Cells(CONT3, 2).Value
DT3 = Worksheets("CAL").Cells(CONT3, 3).Value
DT4 = Worksheets("CAL").Cells(CONT3, 4).Value
DT5 = Worksheets("CAL").Cells(CONT3, 5).Value
DT6 = Worksheets("CAL").Cells(CONT3, 6).Value
DT7 = Worksheets("CAL").Cells(CONT3, 7).Value
DT8 = Worksheets("CAL").Cells(CONT3, 8).Value
```

```
If DT2 < 100 Then
ABS1 = "K0+0" & DT2
ElseIf DT2 > 100 And DT2 < 1000 Then
ABS1 = "K0+" & DT2
ElseIf DT2 > 1000 And DT2 < 1000000 Then
ABS2 = Int(DT2 / 1000)
ABS3 = Int(((DT2 / 1000) - ABS2) * 1000)
ABS1 = "K" & ABS2 & "+" & ABS3
End If
```

```
If DT4 = "ALC" Then
DT5 = DT5 & ""
End If
INS1(0) = DT2: INS1(1) = (DT7 * 10): INS1(2) = 0
```

```
DT9 = "OBRA N°" & DT1 & " - " & DT6
DT10 = ABS1 & " - Z=" & DT7 & "m"
DT11 = DT4 & " " & DT5 & " - L=" & DT3 & "m"
DT12 = DT8
```

```
Dim ATT1 As Variant
If DT4 = "ALC" Or DT4 = "ALC-B" Then
Set bloque1 = arch01.ModelSpace.InsertBlock(INS1, "ALC", 1, 1, 1, 0)
ATT1 = bloque1.GetAttributes
ATT1(0).TextString = DT9
ATT1(1).TextString = DT10
ATT1(2).TextString = DT11
ATT1(3).TextString = DT12
```

```
ElseIf DT4 = "BOX" Then
```

```
Set bloque1 = arch01.ModelSpace.InsertBlock(INS1, "BOX", 1, 1, 1, 0)
Dim ATT1 As Variant
ATT1 = bloque1.GetAttributes
ATT1(0).TextString = DT9
ATT1(1).TextString = DT10
ATT1(2).TextString = DT11
ATT1(3).TextString = DT12
```

```
ElseIf DT4 = "PUE" Then
```

```
Set bloque1 = arch01.ModelSpace.InsertBlock(INS1, "PUE", 1, 1, 1, 0)
```

```
'Dim ATT1 As Variant
```

```
ATT1 = bloque1.GetAttributes
```

```
ATT1(0).TextString = DT9
```

```
ATT1(1).TextString = DT10
```

```
ATT1(2).TextString = DT11
```

```
ATT1(3).TextString = DT12
```

```
Else
```

```
Set bloque1 = arch01.ModelSpace.InsertBlock(INS1, "ALC", 1, 1, 1, 0)
```

```
'Dim ATT1 As Variant
```

```
ATT1 = bloque1.GetAttributes
```

```
ATT1(0).TextString = DT9
```

```
ATT1(1).TextString = DT10
```

```
ATT1(2).TextString = DT11
```

```
ATT1(3).TextString = DT12
```

```
End If
```

```
Next CONT3
```

```
ZoomExtents
```

```
'Set arch01 = acad.ActiveDocument
```

```
'arch01.ZoomExtents
```

```
'arch01 = acad.ZoomExtents
```

```
End Sub
```

```
Sub carga_a()
```

```
  'inicializacion de autocad
```

```
  '-----
```

```
  Set acad = CreateObject("AutoCAD.Application")
```

```
  Set acad = GetObject(, "AutoCAD.Application")
```

```
  acad.Visible = True
```

```
  Set arch01 = acad.ActiveDocument
```

```
  ruta = "D:\EJEMPLO\ALC"
```

```
  Set arch01 = acad.Documents.Open(ruta & "\OBRAS.dwg")
```

```
End Sub
```

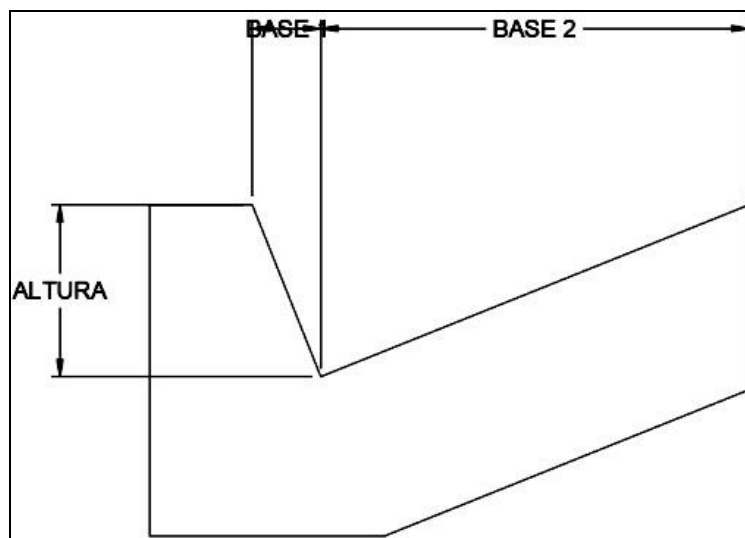
### 4.3. RESULTADOS FASE 3. PRESENTACIÓN DE ALGORITMOS EN LA INTERFAZ – MANUAL DEL USUARIO

La herramienta computacional para la inclusión de obras de drenaje de corona vial en el perfil del diseño geométrico está compuesta de seis hojas de cálculo y tres módulos de programación; a continuación, se describe la información que se debe incluir en cada hoja de cálculo y se hace una breve reseña del desarrollo de cada módulo.

#### 4.3.1. Hoja 1 “CUNETAS”

Esta hoja contiene el dimensionamiento geométrico de cunetas, en donde se debe incluir los datos necesarios para el diseño de las cunetas y la incorporación de las obras, estos datos se encuentran descritos a continuación:

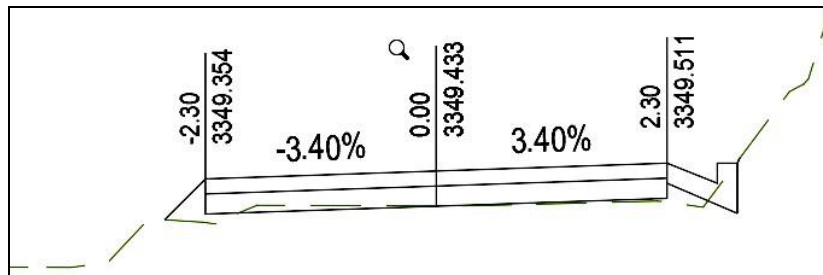
- Base 1 y 2: se planteó utilizar dos bases con el fin de calcular el área a través de dos triángulos; en caso de solo necesitar una base, el dato de la base 2 deberá dejarse el “0”



**Figura 6. Dimensionamiento geométrico de cunetas**

Fuente: Instituto Nacional de Vías, 2009.

- Altura: es la altura hidráulica de la cuneta
- Coeficiente de Manning, depende del material seleccionado para la conformación de la cuneta.
- Intensidad: dato proveniente del estudio hidrológico.
- Coeficiente de escorrentía: dato proveniente de la hidrología y el análisis del suelo de la cuenca de drenaje.



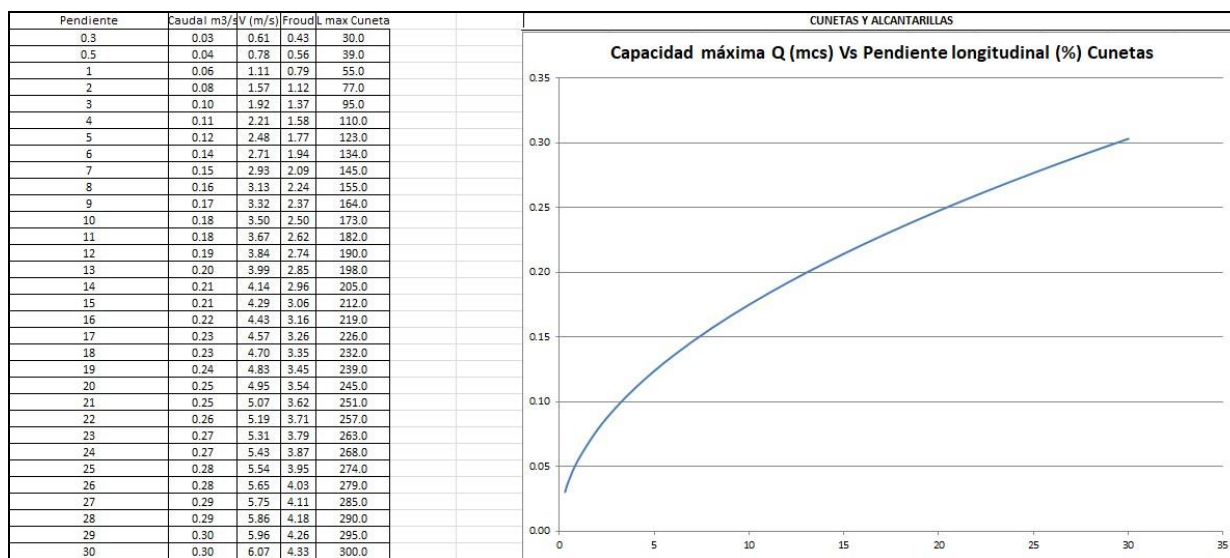
**Figura 7. Ancho de corona y distancia transversal**

Fuente: Instituto Nacional de Vías, 2009.

- Ancho de la zona: este ancho incluye el ancho de la corona de la vía y la distancia trasversal de los taludes que drenan a la vía.
- Recubrimiento Obras: es la distancia requerida entre la rasante de la vía y la cota clave (Instituto Nacional de vías, Manual de drenaje para carreteras, 2009) (Instituto Nacional de vías, Manual de drenaje para carreteras, 2009) de la obra.
- Longitud transversal de Obras: es la distancia requerida para que la obra pase desde el talud, hasta el punto de ubicación del cabezal de salida.

Con los datos suministrados en el paso anterior, la herramienta presenta una tabla y una curva del resultado de la variabilidad de la distancia entre obras vs cambio de pendiente. Esta información es netamente visual pues la herramienta no la utiliza, pero es necesaria para inclusión de esta en el informe de diseño.

**Tabla 2. Hoja 1 “CUNETAS”. Variabilidad cambio entre obras de la distancia Vs cambio de pendiente**



Fuente: elaboración propia.

### 4.3.2. Hoja 2 “PIV’s”

En esta hoja es necesario la inclusión de información proveniente de la rasante de diseño de la vía respecto a los PIV’s “puntos de inflexión vertical” la información que se debe diligenciar es la anunciada a continuación:

Columna **A** - Consecutivo PIV’s

Columna **B** - Abscisa PIV’s

Columna **C** - Cota PIV’s

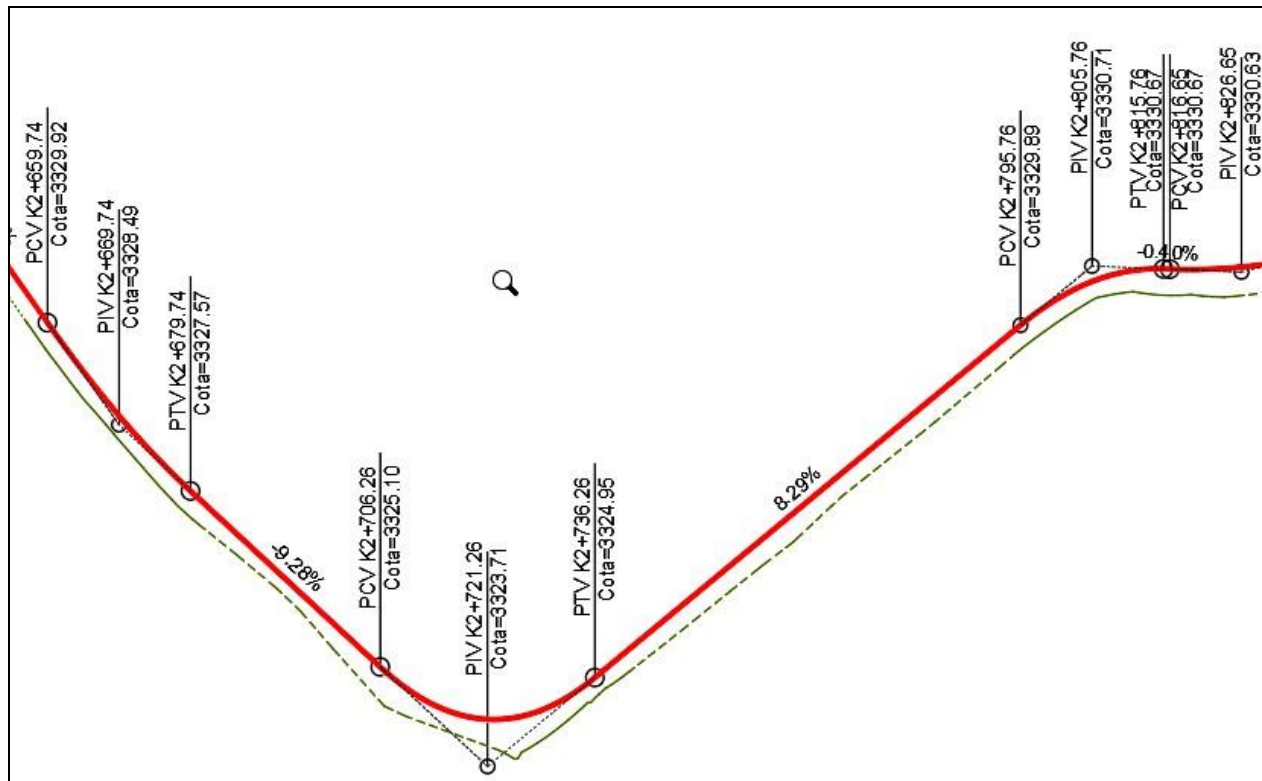
**Tabla 3. Hoja 2 “Puntos de Inflexión Vertical”**

	A	B	C	D	E
	PVI	Station	Elevation (m)	Pendiente %	CRESTA O DEPRESION
1					
2	1	KO+000.00	3586.425		
3	2	KO+021.99	3582.685	-17.01%	
4	3	KO+108.71	3572.527	-11.71%	
5	4	KO+144.54	3569.552	-8.30%	
6	5	KO+193.93	3561.985	-15.32%	
7	6	KO+229.92	3561.344	-1.78%	
8	7	KO+282.40	3554.452	-13.13%	
9	8	KO+315.80	3553.63	-2.46%	
10	9	KO+388.11	3549.129	-6.22%	
11	10	KO+532.95	3532.892	-11.21%	
12	11	KO+588.70	3530.785	-3.78%	
13	12	KO+640.10	3526.648	-8.05%	
14	13	KO+738.41	3521.327	-5.41%	
15	14	KO+784.94	3516.939	-9.43%	
16	15	KO+828.04	3514.467	-5.74%	
17	16	KO+921.29	3503.905	-11.33%	
18	17	KO+955.89	3502.516	-4.02%	
19	18	K1+006.34	3498.603	-7.76%	
20	19	K1+059.56	3493.525	-9.54%	
21	20	K1+098.36	3491.193	-6.01%	
22	21	K1+141.85	3485.461	-13.18%	
23	22	K1+180.74	3480.916	-11.69%	
24	23	K1+208.08	3478.007	-10.64%	
25	24	K1+238.68	3473.298	-15.39%	
26	25	K1+267.36	3469.942	-11.70%	
27	26	K1+295.42	3466.055	-13.85%	
28	27	K1+332.15	3462.061	-10.87%	
29	28	K1+352.70	3458.177	-18.90%	
30	29	K1+403.20	3450.027	-16.14%	
31	30	K1+455.71	3446.155	-7.37%	
32	31	K1+485.66	3445.943	-0.71%	
33	32	K1+517.36	3441.88	-12.82%	
34	33	K1+554.85	3439.64	-5.97%	
35	34	K1+590.70	3436.608	-8.46%	
36	35	K1+620.84	3434.389	-7.36%	
37	36	K1+658.18	3432.577	-4.85%	
38	37	K1+705.92	3427.729	-10.16%	B
39	38	K1+763.45	3429.365	2.84%	A
40	39	K1+812.39	3425.367	-8.17%	
41	40	K1+892.97	3412.526	-15.94%	
42	41	K1+920.61	3410.195	-8.43%	
43	42	K1+964.01	3404.624	-12.84%	
44	43	K1+989.92	3402.203	-9.34%	
45	44	K2+035.91	3396.865	-11.61%	

Fuente: elaboración propia.

La información que se encuentra en las columnas **D** y **E** es calculada por la herramienta.

Por lo general la información es suministrada por el especialista en diseño geométrico del proyecto en carteras y el perfil de diseño como se evidencia en la siguiente imagen.



**Figura 8. Graficación hoja 2 “Puntos de Inflexión Vertical”**

Fuente: elaboración propia.

### 4.3.3. Hoja 3 “INVENTARIO”

En esta hoja se debe incorporar toda la información proveniente del inventario de obras existentes; a continuación, se describe la información que se deberá incluir:

Columna **A** - Consecutivo Obras existentes

Columna **B** - Abscisa Obras existentes

Columna **C** - Tipo de Obra existente “ALC” si es alcantarilla, “BOX” si es un box culvert T, “PUE” si es un puente o pontón.

Columna **D** - Dimensión de la obra existente

Columna **E** - Observación del inventario no mayo a 30 caracteres. Se coloca la limitante de caracteres pues se ha observado que más extenso satura de información los planos planta perfil.

**Tabla 4. Hoja 3 “INVENTARIO” – Obras existentes**

	A	B	C	D	E
1	NUMERO	ABSCISA	TIPO	DIAMETRO	OBS
2	1	K0+097	ALC	24	Reemplazar por D mínimo (36")
3	2	K0+164	ALC	36	Buen estado, Mantenimiento
4	3	K0+280	ALC	24	Reemplazar por D mínimo (36")
5	4	K0+327	ALC	24	Reemplazar por D mínimo (36")
6	5	K0+370	ALC	24	Reemplazar por D mínimo (36")
7	6	K0+542	ALC	24	Reemplazar por D mínimo (36")
8	7	K0+624	ALC	28	Reemplazar por D mínimo (36")
9	8	K0+803	ALC	24	Reemplazar por D mínimo (36")
10	9	K0+924	ALC	24	Reemplazar por D mínimo (36")
11	10	K0+990	ALC	24	Reemplazar por D mínimo (36")
12	11	K1+059	ALC	24	Reemplazar por D mínimo (36")
13	12	K1+180	ALC	24	Reemplazar por D mínimo (36")
14	13	K1+260	ALC	24	Reemplazar por D mínimo (36")
15	14	K1+420	ALC	24	Reemplazar por D mínimo (36")
16	15	K1+457	ALC	28	Reemplazar por D mínimo (36")
17	16	K1+636	ALC	24	Reemplazar por D mínimo (36")
18	17	K1+713	ALC	24	Reemplazar por D mínimo (36")
19	18	K1+873	ALC	24	Reemplazar por D mínimo (36")
20	19	K2+048	ALC	24	Reemplazar por D mínimo (36")
21	20	K2+332	ALC	24	Reemplazar por D mínimo (36")
22	21	K2+475	ALC	24	Reemplazar por D mínimo (36")
23	22	K2+725	BOX	2X2	Buen estado, Mantenimiento
24	23	K2+866	ALC	24	Reemplazar por D mínimo (36")
25	24	K2+932	BOX	2X2	Buen estado, Mantenimiento
26	25	K3+118	ALC	28	Reemplazar por D mínimo (36")
27	26	K3+282	ALC	34	Reemplazar por D mínimo (36")
28	27	K3+355	BOX	2X2	Buen estado, Mantenimiento
29	28	K3+524	BOX	2X2	Buen estado, Mantenimiento
30	29	K3+693	ALC	32	Reemplazar por D mínimo (36")
31	30	K3+830	ALC	32	Reemplazar por D mínimo (36")
32	31	K3+984	ALC	34	Reemplazar por D mínimo (36")
33	32	K4+004	ALC	36	Buen estado, Mantenimiento
34	33	K4+292	ALC	36	Buen estado, Mantenimiento
35	34	K4+320	ALC	36	Buen estado, Mantenimiento
36	35	K4+366	ALC	36	Buen estado, Mantenimiento
37	36	K4+385	ALC	36	Buen estado, Mantenimiento
38	37	K4+515	ALC	36	Buen estado, Mantenimiento
39	38	K4+575	ALC	36	Buen estado, Mantenimiento
40	39	K4+732	ALC	36	Buen estado, Mantenimiento
41	40	K4+980	BOX	2X2	Buen estado, Mantenimiento

Fuente: elaboración propia.

#### 4.3.4. Hoja 4 “RASANTE”

En esta hoja es necesaria la inclusión de información proveniente de la rasante de diseño de la vía respecto a la cartera de incrementos de la rasante de diseño la información que se debe diligenciar es la anunciada a continuación:

Columna **A** - Abscisa, Columna **B** - Cota

**Tabla 5. Hoja 4. “RASANTE” – Rasante de diseño de la vía**

	A	B	C	D	E
1	K0+000.00	3,586.43			
2	K0+010.00	3,584.72			
3	K0+020.00	3,583.11			
4	K0+030.00	3,581.75			
5	K0+040.00	3,580.58			
6	K0+050.00	3,579.40			
7	K0+060.00	3,578.23			
8	K0+070.00	3,577.06			
9	K0+080.00	3,575.89			
10	K0+090.00	3,574.72			
11	K0+100.00	3,573.55			
12	K0+110.00	3,572.48			
13	K0+120.00	3,571.59			
14	K0+130.00	3,570.73			
15	K0+140.00	3,569.72			
16	K0+150.00	3,568.53			
17	K0+160.00	3,567.17			
18	K0+170.00	3,565.65			
19	K0+180.00	3,564.12			
20	K0+190.00	3,562.71			
21	K0+200.00	3,561.93			
22	K0+210.00	3,561.70			
23	K0+220.00	3,561.52			
24	K0+230.00	3,561.05			
25	K0+240.00	3,560.02			
26	K0+250.00	3,558.71			
27	K0+260.00	3,557.39			
28	K0+270.00	3,556.16			
29	K0+280.00	3,555.18			
30	K0+290.00	3,554.47			
31	K0+300.00	3,554.03			
32	K0+310.00	3,553.76			
33	K0+320.00	3,553.34			
34	K0+330.00	3,552.75			
35	K0+340.00	3,552.12			
36	K0+350.00	3,551.50			
37	K0+360.00	3,550.88			
38	K0+370.00	3,550.26			
39	K0+380.00	3,549.60			
40	K0+390.00	3,548.78			
41	K0+400.00	3,547.79			

Fuente: elaboración propia.

De la misma forma que la información de los PIV's, está es suministrada por el especialista en diseño geométrico del proyecto en carteras y el perfil de diseño como se evidencia en la siguiente imagen.

#### 4.3.5. Hoja 5 “OBRAS”

En esta hoja no hay que diligenciar nada, esta fue creada para disponer de información temporal del “Paso 1” la herramienta computacional.



**Tabla 6. Información temporal del diseño en ejecución en la herramienta**

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1	1	K0+097.00	3572.7	I	ALC	24	Reemplazar por D mínimo (36")		
2	2	K0+164.00	3565.3594	I	ALC	36	Buen estado, Mantenimiento		
3	3	K0+280.00	3553.981	I	ALC	24	Reemplazar por D mínimo (36")		
4	4	K0+327.00	3551.7233	I	ALC	24	Reemplazar por D mínimo (36")		
5	5	K0+370.00	3549.056	I	ALC	24	Reemplazar por D mínimo (36")		
6	6	K0+542.00	3531.4126	I	ALC	24	Reemplazar por D mínimo (36")		
7	7	K0+624.00	3526.744	I	ALC	28	Reemplazar por D mínimo (36")		
8	8	K0+803.00	3514.695	I	ALC	24	Reemplazar por D mínimo (36")		
9	9	K0+924.00	3502.7372	I	ALC	24	Reemplazar por D mínimo (36")		
10	10	K0+990.00	3498.67	I	ALC	24	Reemplazar por D mínimo (36")		
11	11	K1+059.00	3492.4638	I	ALC	24	Reemplazar por D mínimo (36")		
12	12	K1+180.00	3479.824	I	ALC	24	Reemplazar por D mínimo (36")		
13	13	K1+260.00	3469.599	I	ALC	24	Reemplazar por D mínimo (36")		
14	14	K1+420.00	3447.588	I	ALC	24	Reemplazar por D mínimo (36")		
15	15	K1+457.00	3445.1071	I	ALC	28	Reemplazar por D mínimo (36")		
16	16	K1+636.00	3432.4534	I	ALC	24	Reemplazar por D mínimo (36")		
17	18	K1+713.00	3426.8103	I	ALC	24	Reemplazar por D mínimo (36")		
18	19	K1+763.45	3427.82763	A					
19	20	K1+873.00	3414.5081	I	ALC	24	Reemplazar por D mínimo (36")		
20	21	K2+048.00	3395.406	I	ALC	24	Reemplazar por D mínimo (36")		
21	22	K2+332.00	3370.4504	I	ALC	24	Reemplazar por D mínimo (36")		
22	23	K2+475.00	3352.299	I	ALC	24	Reemplazar por D mínimo (36")		
23	25	K2+725.00	3323.265	I	BOX	2X2	Buen estado, Mantenimiento		
24	26	K2+805.76	3329.24353	A					
25	27	K2+826.65	3329.51452	B	ALC-B	36	Punto bajo DG		
26	28	K2+847.78	3329.7629	A					
27	29	K2+866.00	3329.4514	I	ALC	24	Reemplazar por D mínimo (36")		
28	31	K2+891.87	3330.16383	A					
29	32	K2+932.00	3329.1616	I	BOX	2X2	Buen estado, Mantenimiento		
30	34	K3+093.63	3346.47044	A					
31	35	K3+118.00	3346.3434	I	ALC	28	Reemplazar por D mínimo (36")		
32	37	K3+153.20	3347.30248	A					
33	38	K3+282.00	3340.5834	I	ALC	34	Reemplazar por D mínimo (36")		
34	40	K3+355.00	3334.3555	I	BOX	2X2	Buen estado, Mantenimiento		
35	41	K3+524.00	3350.7946	I	BOX	2X2	Buen estado, Mantenimiento		
36	42	K3+693.00	3362.737	I	ALC	32	Reemplazar por D mínimo (36")		
37	43	K3+830.00	3370.463	I	ALC	32	Reemplazar por D mínimo (36")		
38	44	K3+984.00	3386.5016	I	ALC	34	Reemplazar por D mínimo (36")		
39	45	K4+004.00	3387.9628	I	ALC	36	Buen estado, Mantenimiento		
40	46	K4+094.17	3397.98682	A					
41	47	K4+292.00	3377.1366	I	ALC	36	Buen estado, Mantenimiento		

Fuente: elaboración propia.

#### 4.3.6. Hoja 6 "CAL"

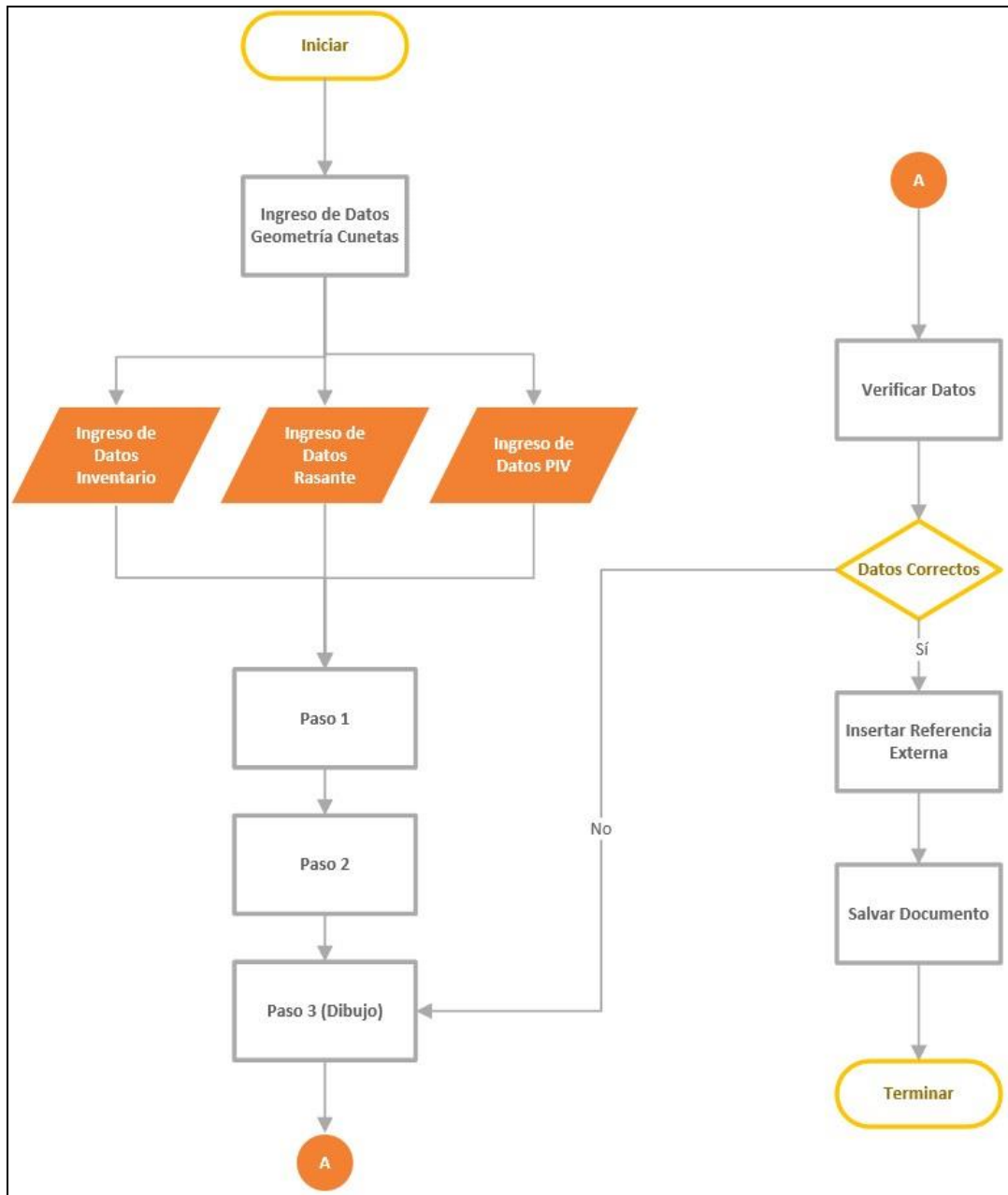
Esta es la hoja de resultados provenientes de la ejecución de los Pasos 1 y 2 de la herramienta y es donde se dispone la información requerida para los informes de diseño.

**Tabla 7. Información requerida para los informes de diseño**

	A	B	C	D	E	F	G	H
1	1	K0+097.00	8.00	ALC	24	EXISTENTE	3572.7	Reemplazar por D mínimo (36")
2	2	K0+164.00	8.00	ALC	36	EXISTENTE	3565.3594	Buen estado, Mantenimiento
3	3	K0+280.00	8.00	ALC	24	EXISTENTE	3553.981	Reemplazar por D mínimo (36")
4	4	K0+327.00	8.00	ALC	24	EXISTENTE	3551.7233	Reemplazar por D mínimo (36")
5	5	K0+370.00	8.00	ALC	24	EXISTENTE	3549.056	Reemplazar por D mínimo (36")
6	6	K0+542.00	8.00	ALC	24	EXISTENTE	3531.4126	Reemplazar por D mínimo (36")
7	7	K0+624.00	8.00	ALC	28	EXISTENTE	3526.744	Reemplazar por D mínimo (36")
8	8	K0+713.00	8.00	ALC	36	PROYECTADA	3521.5027	Proy X drenaje Cunetas
9	9	K0+803.00	8.00	ALC	24	EXISTENTE	3514.695	Reemplazar por D mínimo (36")
10	10	K0+924.00	8.00	ALC	24	EXISTENTE	3502.7372	Reemplazar por D mínimo (36")
11	11	K0+990.00	8.00	ALC	24	EXISTENTE	3498.67	Reemplazar por D mínimo (36")
12	12	K1+059.00	8.00	ALC	24	EXISTENTE	3492.4638	Reemplazar por D mínimo (36")
13	13	K1+180.00	8.00	ALC	24	EXISTENTE	3479.824	Reemplazar por D mínimo (36")
14	14	K1+260.00	8.00	ALC	24	EXISTENTE	3469.599	Reemplazar por D mínimo (36")
15	15	K1+420.00	8.00	ALC	24	EXISTENTE	3447.588	Reemplazar por D mínimo (36")
16	16	K1+457.00	8.00	ALC	28	EXISTENTE	3445.1071	Reemplazar por D mínimo (36")
17	17	K1+546.00	8.00	ALC	36	PROYECTADA	3438.9586	Proy X drenaje Cunetas
18	18	K1+636.00	8.00	ALC	24	EXISTENTE	3432.4534	Reemplazar por D mínimo (36")
19	19	K1+713.00	8.00	ALC	24	EXISTENTE	3426.8103	Reemplazar por D mínimo (36")
20	20	K1+873.00	8.00	ALC	24	EXISTENTE	3414.5081	Reemplazar por D mínimo (36")
21	21	K2+048.00	8.00	ALC	24	EXISTENTE	3395.406	Reemplazar por D mínimo (36")
22	22	K2+142.00	8.00	ALC	36	PROYECTADA	3388.4046	Proy X drenaje Cunetas
23	23	K2+237.00	8.00	ALC	36	PROYECTADA	3380.795	Proy X drenaje Cunetas
24	24	K2+332.00	8.00	ALC	24	EXISTENTE	3370.4504	Reemplazar por D mínimo (36")
25	25	K2+475.00	8.00	ALC	24	EXISTENTE	3352.299	Reemplazar por D mínimo (36")
26	26	K2+600.00	8.00	ALC	36	PROYECTADA	3336.414	Proy X drenaje Cunetas
27	27	K2+725.00	8.00	BOX	2X2	EXISTENTE	3323.265	Buen estado, Mantenimiento
28	28	K2+826.65	8.00	ALC-B	36	PROYECTADA	3329.514517	Punto bajo DG
29	29	K2+866.00	8.00	ALC	24	EXISTENTE	3329.4514	Reemplazar por D mínimo (36")
30	30	K2+932.00	8.00	BOX	2X2	EXISTENTE	3329.1616	Buen estado, Mantenimiento
31	31	K3+118.00	8.00	ALC	28	EXISTENTE	3346.3434	Reemplazar por D mínimo (36")
32	32	K3+217.00	8.00	ALC	36	PROYECTADA	3344.0804	Proy X drenaje Cunetas
33	33	K3+282.00	8.00	ALC	34	EXISTENTE	3340.5834	Reemplazar por D mínimo (36")
34	34	K3+355.00	8.00	BOX	2X2	EXISTENTE	3334.3555	Buen estado, Mantenimiento
35	35	K3+524.00	8.00	BOX	2X2	EXISTENTE	3350.7946	Buen estado, Mantenimiento
36	36	K3+608.00	8.00	ALC	36	PROYECTADA	3357.6114	Proy X drenaje Cunetas
37	37	K3+693.00	8.00	ALC	32	EXISTENTE	3362.737	Reemplazar por D mínimo (36")
38	38	K3+761.00	8.00	ALC	36	PROYECTADA	3366.319	Proy X drenaje Cunetas
39	39	K3+830.00	8.00	ALC	32	EXISTENTE	3370.463	Reemplazar por D mínimo (36")
40	40	K3+984.00	8.00	ALC	34	EXISTENTE	3386.5016	Reemplazar por D mínimo (36")
41	41	K4+004.00	8.00	ALC	36	EXISTENTE	3387.9628	Buen estado, Mantenimiento

Fuente: elaboración propia.

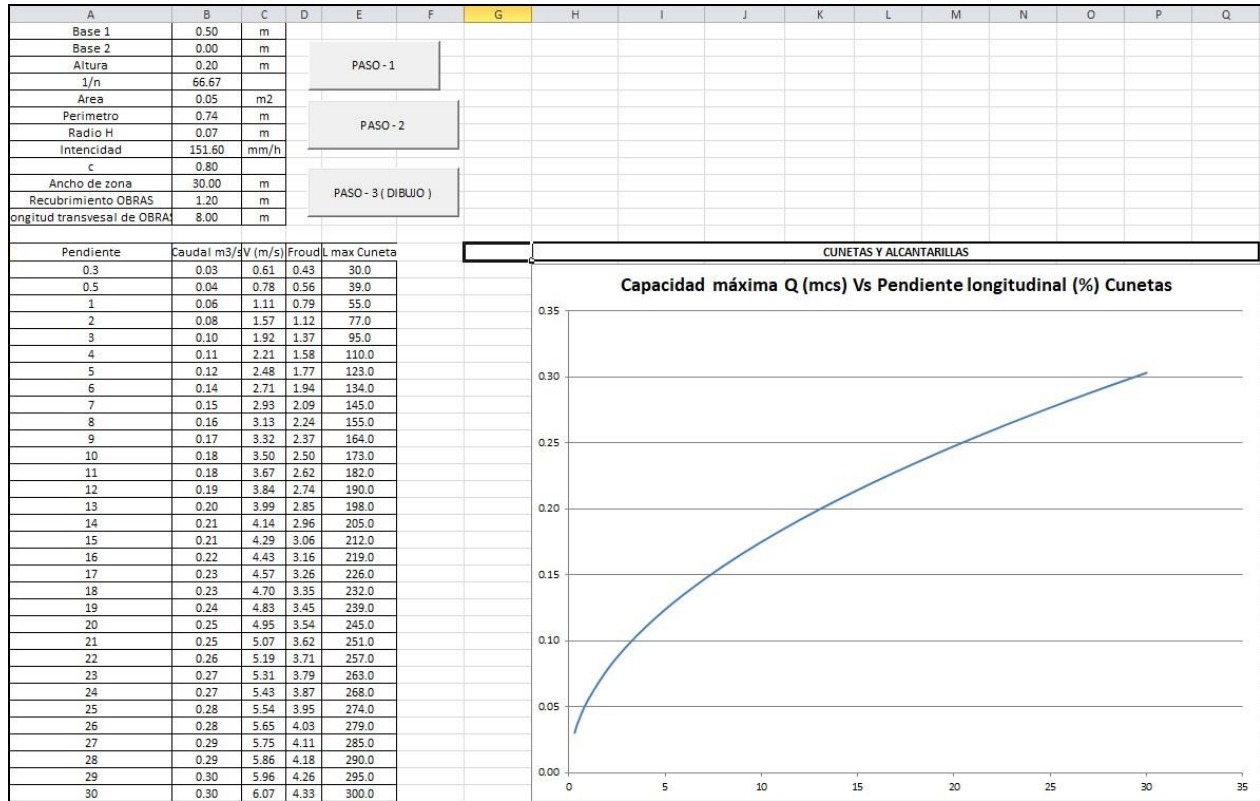
#### 4.4. EJECUCIÓN DE LA HERRAMIENTA



**Figura 9. Diagrama de ejecución de la herramienta Computacional**

Fuente: elaboración propia.

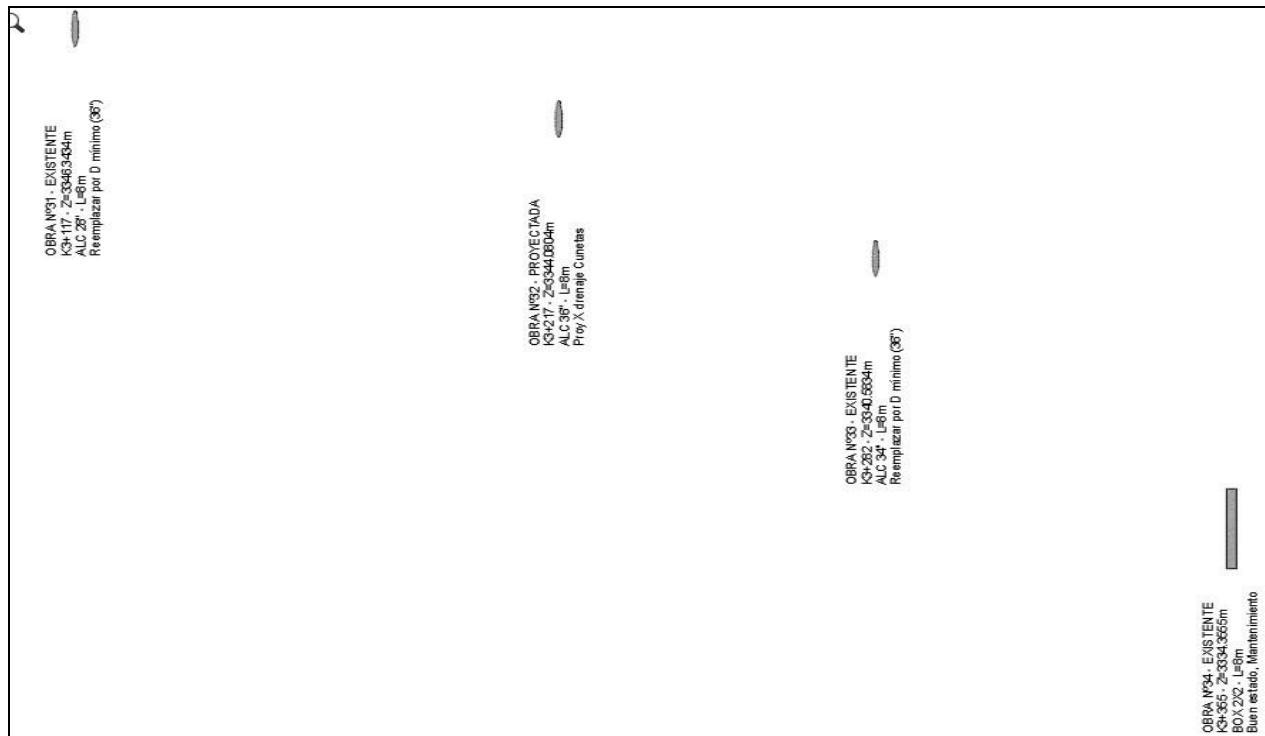
En la hoja 1 “CUNETAS” se presentan tres botones, los cuales ejecutan los tres módulos programados. A continuación, se presenta una reseña de la función que ejecuta cada uno de los módulos:



**Figura 10. Hoja 1 “CUNETAS” – Módulos programados**

Fuente: elaboración propia.

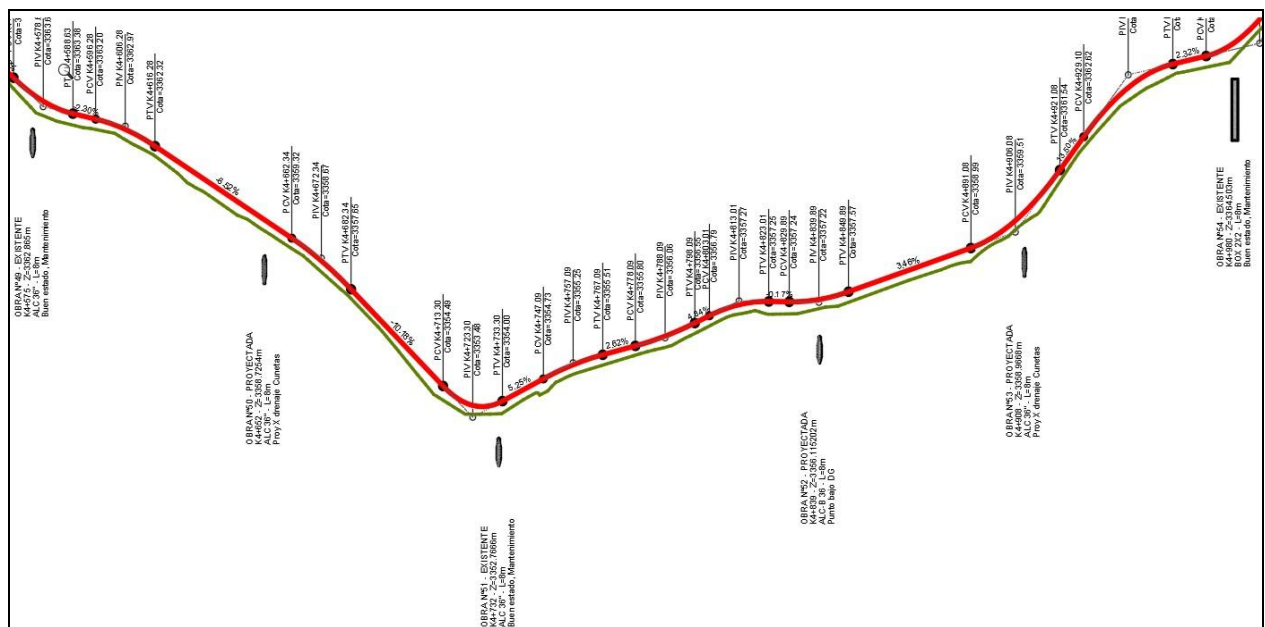
- PASO 1 - Este botón ejecuta el módulo 2 de programación el cual compara las hojas de PIV's (rasante e inventario) para determinar la localización de obras de acuerdo a los datos geométricos provenientes del diseño geométrico y datos obtenidos en campo a través del inventario de obras existentes. Los resultados de la ejecución del paso 1 se presentan en la Hoja 5 “OBRAS”.
- PASO 2 - Este botón ejecuta el módulo 1 de programación, entremezcla y compara la información consignada en la Hoja 5 “OBRAS” con la información proveniente del diseño de cunetas para generar la tabla de ubicación de obras final que se consigna en Hoja 6 “CAL”.
- PASO 3 - Este botón ejecuta el módulo 3 de programación, el cual se encarga de plasmar la información contenida en la Hoja 6 “CAL” en AUTOCAD 2017.



**Figura 11. Resultado de la ejecución en el paso 3 de la herramienta**

Fuente: elaboración propia.

Posteriormente se incluyó el perfil de diseño como referencia externa, donde se puede observar gráficamente la inclusión de las obras en todo el tramo.



**Figura 12. Perfil de diseño con inclusión de obras**

Fuente: elaboración propia.

#### **4.5. RESULTADOS FASE 4. VALIDACIÓN DE FUNCIONAMIENTO DE LA HERRAMIENTA**

La herramienta computacional se validó en el proyecto de responsabilidad del ministerio de transporte y recursos de vías para la PAZ.

Nombre del proyecto: MEJORAMIENTO DE VÍAS TERCIARIAS EN BOGOTÁ

Código BPIN: 2018000050020

OCAD: ASIGNACIÓN PARA LA PAZ

REGION: Centro oriente

Departamento: CUNDINAMARCA

Municipio: BOGOTÁ D.C.

Localidad: Sumapaz

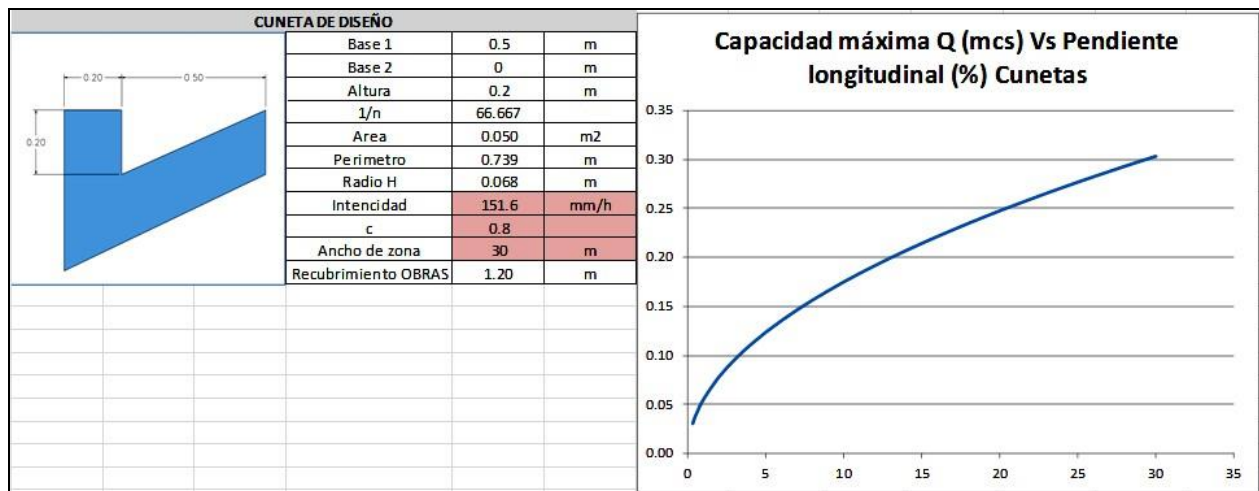
Subsector: RED VIAL TERCIARIA

Proyecto: Mejoramiento de Vías Terciarias (Estabilización Suelo- Cemento + Lechada Asfáltica -Slurry Seal). El mejoramiento de la infraestructura a realizar comprende las intervenciones lineales y las puntuales, en 33.1 km de Red Vial Terciaria. Como se discriminan a continuación.

- La unión Tunales (LT=7466m)
  - o Sector 1 L=2940m
  - o Sector 2 L=2043m
  - o Sector 3 L=250m
  - o Sector 4 L=703m
  - o Sector 5 L=1530m
- Sector 6 - Capitolio L=4555m
- Sector 7 - Laguna Verde L=2958m
- Sector 8 - Animas Baja L=4280m
- Sector 9 - San Antonio L=13820m

Los resultados son los presentados a continuación:

**Tabla 8. Hoja 1 “CUNETAS” – PROYECTO VIAL SUMAPAZ**



Fuente: elaboración propia.

**Tabla 9. Localización de Cunetas de Diseño – PROYECTO VIAL SUMAPAZ**

TRAMO	EJE	ABSCISA		COSTADO	
		INICIO	FIN	IZQUIERDO	DERECHO
LA UNION - TUNALES	EJE-01	K0+000.00	K2+120.00		X
LA UNION - TUNALES		K2+120.00	K2+949.00	X	X
LA UNION - TUNALES	EJE-02	K0+000.00	K2+043.66	X	
LA UNION - TUNALES	EJE-03	K0+000.00	K0+254.09	X	
LA UNION - TUNALES	EJE-04	K0+000.00	K0+703.08	X	
LA UNION - TUNALES	EJE-05	K0+000.00	K0+580.00	X	
		K0+580.00	K1+667.17		X
CAPITOLIO	EJE-06	K0+000.00	K4+555.48		X
LAGUNA VERDE	EJE-07	K0+000.00	K2+958.65	X	
ANIMAS BAJAS	EJE-08	K0+000.00	K4+281.94		X
SAN ANTONIO	EJE-09	K0+000.00	K1+510.00		X
		K1+510.00	K2+640.00	X	
		K2+640.00	K11+180.00		X
		K11+180.00	K11+410.00	X	
		K11+410.00	K13+823.50		X

Fuente: elaboración propia.

**Tabla 10. Listado de obras hidráulicas tramo La Unión – Tunales sector 1**

Periodo de retorno		10	Años										
TC		20	min										
Intencidad		49.9	mm/h										
C		0.5											
LISTADO DE OBRAS HIDRAULICAS - TRAMO LA UNION - TUNALES SECTOR 1										AREA			
ID	ABSCIDA	LONGITUD	TIPO	DIAMETRO	ESTADO	COTA	OBSERVACION	m2	Km2	Q (m3/s)	ALC D=0.90		
1	K0+025.00	8	ALC	24	EXISTENTE	3410.8145	Reemplazar por D mínimo (36")	18057	0.02	0.13	CUMPLE		
2	K0+107.00	8	ALC	36	PROYECTADA	3405.4675	Proy X drenaje Cunetas	23101	0.02	0.16	CUMPLE		
3	K0+190.00	8	ALC	24	EXISTENTE	3399.874	Reemplazar por D mínimo (36")	26583	0.03	0.18	CUMPLE		
4	K0+276.00	8	ALC	36	PROYECTADA	3408.3646	Proy X drenaje Cunetas	14816	0.01	0.10	CUMPLE		
5	K0+433.00	8	ALC	24	EXISTENTE	3411.3248	Reemplazar por D mínimo (36")	12089	0.01	0.08	CUMPLE		
6	K0+526.00	8	ALC	36	PROYECTADA	3408.497	Proy X drenaje Cunetas	4309	0.00	0.03	CUMPLE		
7	K0+590.00	8	ALC	24	EXISTENTE	3407.214	Reemplazar por D mínimo (36")	3297	0.00	0.02	CUMPLE		
8	K0+657.00	8	ALC	36	PROYECTADA	3408.8824	Proy X drenaje Cunetas	3130	0.00	0.02	CUMPLE		
9	K0+784.02	8	ALC-B	36	PROYECTADA	3407.822827	Punto bajo DG	4810	0.00	0.03	CUMPLE		
10	K0+955.00	8	ALC	36	PROYECTADA	3404.7075	Proy X drenaje Cunetas	6102	0.01	0.04	CUMPLE		
11	K1+036.65	8	ALC-B	36	PROYECTADA	3402.321256	Punto bajo DG	4281	0.00	0.03	CUMPLE		
12	K1+189.00	8	ALC	36	PROYECTADA	3399.9183	Proy X drenaje Cunetas	10302	0.01	0.07	CUMPLE		
13	K1+303.00	8	ALC	36	PROYECTADA	3391.5982	Proy X drenaje Cunetas	10198	0.01	0.07	CUMPLE		
14	K1+418.00	8	ALC	24	EXISTENTE	3383.645	Reemplazar por D mínimo (36")	11766	0.01	0.08	CUMPLE		
15	K1+578.00	8	ALC	24	EXISTENTE	3368.7102	Reemplazar por D mínimo (36")	15385	0.02	0.11	CUMPLE		
16	K1+664.00	8	ALC	36	PROYECTADA	3362.139	Proy X drenaje Cunetas	4974	0.00	0.03	CUMPLE		
17	K1+750.00	8	ALC	24	EXISTENTE	3352.602	Reemplazar por D mínimo (36")	3549	0.00	0.02	CUMPLE		
18	K1+907.00	8	ALC	24	EXISTENTE	3327.006	Reemplazar por D mínimo (36")	11597	0.01	0.08	CUMPLE		
19	K2+025.00	8	ALC	36	PROYECTADA	3321.149	Proy X drenaje Cunetas	17413	0.02	0.12	CUMPLE		
20	K2+143.00	8	ALC	36	PROYECTADA	3316.3775	Proy X drenaje Cunetas	7534	0.01	0.05	CUMPLE		
21	K2+261.00	8	ALC	36	PROYECTADA	3300.8482	Proy X drenaje Cunetas	12584	0.01	0.09	CUMPLE		
22	K2+380.00	8	ALC	36	PROYECTADA	3283.901	Proy X drenaje Cunetas	11398	0.01	0.08	CUMPLE		
23	K2+592.00	8	ALC	36	PROYECTADA	3254.3752	Proy X drenaje Cunetas	18947	0.02	0.13	CUMPLE		
24	K2+804.00	8	ALC	36	PROYECTADA	3239.3404	Proy X drenaje Cunetas	21554	0.02	0.15	CUMPLE		
25	K2+951.00	8	ALC	36	PROYECTADA	3221.32206	Proy X drenaje Cunetas	15779	0.02	0.11	CUMPLE		

Fuente: elaboración propia.

**Tabla 11. Listado de obras hidráulicas tramo La Unión – Tunales sector 2**

Periodo de retorno		10	Años										
TC		20	min										
Intencidad		49.9	mm/h										
C		0.5											
LISTADO DE OBRAS HIDRAULICAS - TRAMO LA UNION - TUNALES SECTOR 2										AREA			
ID	ABSCIDA	LONGITUD	TIPO	DIAMETRO	ESTADO	COTA	OBSERVACION	m2	Km2	Q (m3/s)	ALC D=0.90		
1	K0+225.00	8.00	ALC	28	EXISTENTE	3182.097	Reemplazar X D=0.90m	11950	0.01	0.08	CUMPLE		
2	K0+408.00	8.00	ALC	24	EXISTENTE	3160.6676	Reemplazar X D=0.90m	11980	0.01	0.08	CUMPLE		
3	K0+438.00	8.00	ALC	24	EXISTENTE	3157.669	Reemplazar X D=0.90m	2825	0.00	0.02	CUMPLE		
4	K0+608.00	8.00	ALC	24	EXISTENTE	3138.2332	Reemplazar X D=0.90m	7852	0.01	0.05	CUMPLE		
5	K0+645.00	8.00	ALC	24	EXISTENTE	3135.7405	Reemplazar X D=0.90m	1461	0.00	0.01	CUMPLE		
6	K0+727.00	8.00	ALC	24	EXISTENTE	3123.2711	Reemplazar X D=0.90m	5851	0.01	0.04	CUMPLE		
7	K0+891.00	8.00	ALC	24	EXISTENTE	3097.743	Reemplazar X D=0.90m	9387	0.01	0.07	CUMPLE		
8	K0+975.00	8.00	ALC	30	EXISTENTE	3083.671	Reemplazar X D=0.90m	4754	0.00	0.03	CUMPLE		
9	K1+067.00	8.00	ALC	28	EXISTENTE	3068.3351	Reemplazar X D=0.90m	6752	0.01	0.05	CUMPLE		
10	K1+159.00	8.00	ALC	24	EXISTENTE	3056.7504	Reemplazar X D=0.90m	11413	0.01	0.08	CUMPLE		
11	K1+247.00	8.00	ALC	36	EXISTENTE	3045.0665	B estado, manten imineto	3602	0.00	0.02	CUMPLE		
12	K1+428.00	8.00	ALC	24	EXISTENTE	3023.268	Reemplazar X D=0.90m	21033	0.02	0.15	CUMPLE		
13	K1+544.00	8.00	ALC	36	PROYECTADA	3011.1966	Por drenaje de cunetas	8231	0.01	0.06	CUMPLE		
14	K1+660.00	8.00	ALC	28	EXISTENTE	2999.783	Reemplazar X D=0.90m	5578	0.01	0.04	CUMPLE		
15	K1+760.00	8.00	ALC	28	EXISTENTE	2987.134	Reemplazar X D=0.90m	4630	0.00	0.03	CUMPLE		

Fuente: elaboración propia.



**Tabla 12. Listado de obras hidráulicas tramo La Unión – Tunales sector 3**

Periodo de retorno		10	Años									
TC		20	min									
Intencidad		49.9	mm/h									
C		0.5										
LISTADO DE OBRAS HIDRAULICAS - TRAMO LA UNION - TUNALES SECTOR 3										AREA		
ID	ABSCIDA	LONGITUD	TIPO	DIAMETRO	ESTADO	COTA	OBSERVACION	m2	Km2	Q (m3/s)	ALC D=0.90	
1	K0+129.00	8.00	ALC	32	EXISTENTE	2910.89872	Reempalzar X D=0.90m	50941	0.05	0.35	CUMPLE	
2	K0+241.00	8.00	ALC	28	EXISTENTE	2893.15	Reempalzar X D=0.90m	17662	0.02	0.12	CUMPLE	

Fuente: elaboración propia.

**Tabla 13. Listado de obras hidráulicas tramo La Unión – Tunales sector 4**

Periodo de retorno		10	Años									
TC		20	min									
Intencidad		49.9	mm/h									
C		0.5										
LISTADO DE OBRAS HIDRAULICAS - TRAMO LA UNION - TUNALES SECTOR 4										AREA		
ID	ABSCIDA	LONGITUD	TIPO	DIAMETRO	ESTADO	COTA	OBSERVACION	m2	Km2	Q (m3/s)	ALC D=0.90	
1	K0+036.00	8.00	ALC	30	EXISTENTE	2850.4104	Reempalzar X D=0.90m	11880	0.01	0.08	CUMPLE	
2	K0+171.00	8.00	ALC	24	EXISTENTE	2827.493	Reempalzar X D=0.90m	4535	0.00	0.03	CUMPLE	
3	K0+200.00	8.00	ALC	24	EXISTENTE	2823.371	Reempalzar X D=0.90m	500	0.00	0.00	CUMPLE	
4	K0+289.00	8.00	ALC	36	EXISTENTE	2814.2469	Bestado, mantenimineto	97648	0.10	0.68	CUMPLE	
5	K0+344.00	8.00	ALC	36	PROYECTADA	2817.579	Por drenaje de cunetas	16256	0.02	0.11	CUMPLE	
6	K0+400.00	8.00	ALC	24	EXISTENTE	2818.568	Reempalzar X D=0.90m	12747	0.01	0.09	CUMPLE	
7	K0+439.05	8.00	ALC	24	PROYECTADA	2817.658585	Punto Bajo Diseño geométrico	14406	0.01	0.10	CUMPLE	
8	K0+496.00	8.00	ALC	24	EXISTENTE	2817.7916	Reempalzar X D=0.90m	19590	0.02	0.14	CUMPLE	
9	K0+636.00	8.00	ALC	24	EXISTENTE	2815.9508	Reempalzar X D=0.90m	13486	0.01	0.09	CUMPLE	
10	K0+703.08	8.00	ALC	36	PROYECTADA	2805.61	Por drenaje de cunetas	3419	0.00	0.02	CUMPLE	

Fuente: elaboración propia.

**Tabla 14. Listado de obras hidráulicas tramo Capitolio**

Periodo de retorno		10	Años									
TC		20	min									
Intencidad		49.9	mm/h									
C		0.5										
LISTADO DE OBRAS HIDRAULICAS - TRAMO LA UNION - TUNALES SECTOR 5										AREA		
ID	ABSCIDA	LONGITUD	TIPO	DIAMETRO	ESTADO	COTA	OBSERVACION	m2	Km2	Q (m3/s)	ALC D=0.90	
1	K0+020.00	8.00	ALC	24	EXISTENTE	2771.679	Reempalzar X D=0.90m	3063	0.00	0.02	CUMPLE	
2	K0+127.00	8.00	ALC	36	EXISTENTE	2761.2278	Bestado, mantenimineto	18366	0.02	0.13	CUMPLE	
3	K0+311.00	8.00	ALC	24	EXISTENTE	2749.6827	Reempalzar X D=0.90m	46890	0.05	0.33	CUMPLE	
4	K0+360.00	8.00	ALC	24	EXISTENTE	2746.854	Reempalzar X D=0.90m	13363	0.01	0.09	CUMPLE	
5	K0+453.00	8.00	ALC	24	EXISTENTE	2745.3299	Reempalzar X D=0.90m	41607	0.04	0.29	CUMPLE	
6	K0+500.00	8.00	ALC	24	EXISTENTE	2742.749	Reempalzar X D=0.90m	10208	0.01	0.07	CUMPLE	
7	K0+571.00	8.00	ALC	26	EXISTENTE	2734.5188	Reempalzar X D=0.90m	25032	0.03	0.17	CUMPLE	
8	K0+627.00	8.00	ALC	26	EXISTENTE	2726.0823	Reempalzar X D=0.90m	1436	0.00	0.01	CUMPLE	
9	K0+778.00	8.00	ALC	24	EXISTENTE	2706.6346	Reempalzar X D=0.90m	9174	0.01	0.06	CUMPLE	
10	K0+853.00	8.00	ALC	24	EXISTENTE	2697.4549	Reempalzar X D=0.90m	9508	0.01	0.07	CUMPLE	
11	K0+885.00	8.00	BOX	2X2	EXISTENTE	2695.76	Bestado, mantenimineto	6944	0.01	0.05	CUMPLE	
12	K1+038.00	8.00	ALC	24	EXISTENTE	2681.7938	Reempalzar X D=0.90m	28938	0.03	0.20	CUMPLE	
13	K1+204.00	8.00	ALC	24	EXISTENTE	2658.9052	Reempalzar X D=0.90m	42160	0.04	0.29	CUMPLE	
14	K1+338.00	8.00	ALC	24	EXISTENTE	2649.379	Reempalzar X D=0.90m	43376	0.04	0.30	CUMPLE	
15	K1+438.00	8.00	ALC	36	PROYECTADA	2645.4564	Por drenaje de cunetas	41175	0.04	0.29	CUMPLE	
16	K1+538.00	8.00	ALC	24	EXISTENTE	2637.644	Reempalzar X D=0.90m	18215	0.02	0.13	CUMPLE	
17	K1+667.00	8.00	PUE	25	EXISTENTE	2622.909434	Bestado, mantenimineto					

Fuente: elaboración propia.

Tabla 15. Listado de obras hidráulicas tramo La Unión – Tunales sector 5

Periodo de retorno	10	Años										
TC	20	min										
Intensidad	49.9	mm/h										
C	0.5											
LISTADO DE OBRAS HIDRAULICAS - TRAMO CAPITOLIO											AREA	
ID	ABSCIDA	LONGITUD	TIPO	DIAMETRO	ESTADO	COTA	OBSERVACION	m2	Km2	Q (m3/s)	ALC D=0.90	
1	K0+142.00	8.00	ALC	24	EXISTENTE	3229.7606	Reempalzar X D=0.90m	85344	0.09	0.59	CUMPLE	
2	K0+241.00	8.00	ALC	36	PROYECTADA	3218.2301	Por drenaje de cunetas	33396	0.03	0.23	CUMPLE	
3	K0+340.00	8.00	ALC	24	EXISTENTE	3206.174	Reempalzar X D=0.90m	26191	0.03	0.18	CUMPLE	
4	K0+480.00	8.00	ALC	36	EXISTENTE	3187.542	B estado, mantenimineto	14420	0.01	0.10	CUMPLE	
5	K0+610.00	8.00	ALC	28	EXISTENTE	3175.663	Reempalzar X D=0.90m	130144	0.13	0.90	CUMPLE	
6	K0+697.76	8.00	ALC	28	EXISTENTE	3176.22096	Reempalzar X D=0.90m	65387	0.07	0.45	CUMPLE	
7	K0+795.00	8.00	ALC	24	EXISTENTE	3177.515	Reempalzar X D=0.90m	41329	0.04	0.29	CUMPLE	
8	K0+875.00	8.00	ALC	36	PROYECTADA	3181.6625	Por drenaje de cunetas	30712	0.03	0.21	CUMPLE	
9	K0+955.00	8.00	ALC	24	EXISTENTE	3184.8195	Reempalzar X D=0.90m	20543	0.02	0.14	CUMPLE	
10	K1+080.00	8.00	ALC	24	EXISTENTE	3172.732	Reempalzar X D=0.90m	18783	0.02	0.13	CUMPLE	
11	K1+155.00	8.00	ALC	24	EXISTENTE	3164.734	Reempalzar X D=0.90m	13213	0.01	0.09	CUMPLE	
12	K1+320.00	8.00	ALC	36	EXISTENTE	3146.595	B estado, mantenimineto	14229	0.01	0.10	CUMPLE	
13	K1+362.00	8.00	ALC	24	EXISTENTE	3145.9292	Reempalzar X D=0.90m	6190	0.01	0.04	CUMPLE	
14	K1+510.00	8.00	ALC	36	PROYECTADA	3135.442	Por drenaje de cunetas	12729	0.01	0.09	CUMPLE	
15	K1+628.00	8.00	ALC	28	EXISTENTE	3125.2814	Reempalzar X D=0.90m	84435	0.08	0.59	CUMPLE	
16	K1+726.00	8.00	ALC	36	PROYECTADA	3116.4298	Por drenaje de cunetas	115409	0.12	0.80	CUMPLE	
17	K1+824.30	8.00	ALC	28	EXISTENTE	3106.614907	Reempalzar X D=0.90m	1846705	1.85	12.81	OBRA MAYOR	
18	K1+910.00	8.00	ALC	24	EXISTENTE	3109.384	Reempalzar X D=0.90m	90456	0.09	0.63	CUMPLE	
19	K2+037.72	8.00	ALC	24	PROYECTADA	3117.672169	Punto Bajo Diseño geométrico	195557	0.20	1.36	OBRA MAYOR	
20	K2+087.00	8.00	ALC	20	EXISTENTE	3123.4605	Reempalzar X D=0.90m	13485	0.01	0.09	CUMPLE	
21	K2+174.00	8.00	ALC	36	PROYECTADA	3132.212	Por drenaje de cunetas	9666	0.01	0.07	CUMPLE	
22	K2+262.00	8.00	ALC	24	EXISTENTE	3137.851	Reempalzar X D=0.90m	4368	0.00	0.03	CUMPLE	
23	K2+295.00	8.00	ALC	24	EXISTENTE	3139.5165	Reempalzar X D=0.90m	15133	0.02	0.10	CUMPLE	
24	K2+361.00	8.00	ALC	36	PROYECTADA	3144.1579	Por drenaje de cunetas	22218	0.02	0.15	CUMPLE	
25	K2+568.00	8.00	ALC	24	EXISTENTE	3131.8104	Reempalzar X D=0.90m	14462	0.01	0.10	CUMPLE	
26	K2+608.00	8.00	ALC	28	EXISTENTE	3131.3328	Reempalzar X D=0.90m	6683	0.01	0.05	CUMPLE	
27	K2+655.00	8.00	ALC	28	EXISTENTE	3130.9585	Reempalzar X D=0.90m	7897	0.01	0.05	CUMPLE	
28	K2+837.00	8.00	ALC	36	PROYECTADA	3137.9655	Por drenaje de cunetas	20658	0.02	0.14	CUMPLE	
29	K2+896.00	8.00	ALC	36	PROYECTADA	3137.152	Por drenaje de cunetas	19292	0.02	0.13	CUMPLE	
30	K2+956.00	8.00	ALC	24	EXISTENTE	3135.7736	Reempalzar X D=0.90m	19841	0.02	0.14	CUMPLE	
31	K2+988.00	8.00	ALC	28	EXISTENTE	3135.5386	Reempalzar X D=0.90m	14286	0.01	0.10	CUMPLE	
32	K3+070.00	8.00	ALC	24	EXISTENTE	3129.989	Reempalzar X D=0.90m	38814	0.04	0.27	CUMPLE	
33	K3+165.00	8.00	ALC	28	EXISTENTE	3127.071	Reempalzar X D=0.90m	46831	0.05	0.32	CUMPLE	
34	K3+225.00	8.00	ALC	24	EXISTENTE	3125.552	Reempalzar X D=0.90m	33321	0.03	0.23	CUMPLE	
35	K3+402.00	8.00	ALC	36	PROYECTADA	3117.9598	Por drenaje de cunetas	22170	0.02	0.15	CUMPLE	
36	K3+526.00	8.00	ALC	36	PROYECTADA	3113.4844	Por drenaje de cunetas	11511	0.01	0.08	CUMPLE	
37	K3+649.00	8.00	ALC	36	PROYECTADA	3102.372	Por drenaje de cunetas	15743	0.02	0.11	CUMPLE	
38	K3+773.00	8.00	BOX	6x2	EXISTENTE	3085.2796	B estado, mantenimineto	195557	0.20	1.36	OBRA MAYOR	
39	K3+825.00	8.00	ALC	24	EXISTENTE	3089.485	Reempalzar X D=0.90m	3569	0.00	0.02	CUMPLE	
40	K3+894.00	8.00	ALC	24	EXISTENTE	3098.6598	Reempalzar X D=0.90m	5281	0.01	0.04	CUMPLE	
41	K3+992.00	8.00	ALC	28	EXISTENTE	3107.3806	Reempalzar X D=0.90m	10726	0.01	0.07	CUMPLE	
42	K4+083.00	8.00	ALC	36	EXISTENTE	3115.1539	B estado, mantenimineto	12299	0.01	0.09	CUMPLE	
43	K4+111.00	8.00	ALC	36	EXISTENTE	3116.2256	B estado, mantenimineto	14711	0.01	0.10	CUMPLE	
44	K4+150.00	8.00	ALC	24	EXISTENTE	3117.575	Reempalzar X D=0.90m	12033	0.01	0.08	CUMPLE	
45	K4+193.00	8.00	ALC	28	EXISTENTE	3119.4249	Reempalzar X D=0.90m	13307	0.01	0.09	CUMPLE	
46	K4+295.00	8.00	ALC	36	EXISTENTE	3130.342	B estado, mantenimineto	19084	0.02	0.13	CUMPLE	
47	K4+430.00	8.00	ALC	36	EXISTENTE	3143.134	B estado, mantenimineto	11635	0.01	0.08	CUMPLE	

Fuente: elaboración propia.

**Tabla 16. Listado de obras hidráulicas tramo Laguna Verde**

Periodo de retomo	10	Años									
TC	20	min									
Intencidad	49.9	mm/h									
C	0.5										
LISTADO DE OBRAS HIDRAULICAS - TRAMO LAGUNA VERDE								AREA			
ID	ABSCIDA	LONGITUD	TIPO	DIAMETRO	ESTADO	COTA	OBSERVACION	m2	Km2	Q (m3/s)	ALC D=0.90
1	K0+030.00	8.00	ALC	28	EXISTENTE	3049.09	Reempalzar X D=0.90m	46066	0.05	0.32	CUMPLE
2	K0+183.00	8.00	ALC	24	EXISTENTE	3032.2508	Reempalzar X D=0.90m	1011532	1.01	7.02	OBRA MAYOR
3	K0+313.00	8.00	ALC	24	EXISTENTE	3024.1894	Reempalzar X D=0.90m	62488	0.06	0.43	CUMPLE
4	K0+384.00	8.00	ALC	24	EXISTENTE	3017.3084	Reempalzar X D=0.90m	36179	0.04	0.25	CUMPLE
5	K0+451.00	8.00	ALC	24	EXISTENTE	3008.3998	Reempalzar X D=0.90m	27481	0.03	0.19	CUMPLE
6	K0+489.48	8.00	ALC	36	PROYECTADA	3002.621264	Punto Bajo Diseño geométrico	41003	0.04	0.28	CUMPLE
7	K0+613.00	8.00	ALC	28	EXISTENTE	2996.7768	Reempalzar X D=0.90m	40057	0.04	0.28	CUMPLE
8	K0+773.00	8.00	ALC	36	PROYECTADA	2979.6326	Por drenaje de cunetas	14532	0.01	0.10	CUMPLE
9	K0+934.00	8.00	ALC	36	PROYECTADA	2959.403	Por drenaje de cunetas	2394	0.00	0.02	CUMPLE
10	K1+095.00	8.00	PON	15	EXISTENTE	2938.027	Reempalzar X D=0.90m	27062480	27.06	187.71	OBRA MAYOR
11	K1+225.00	8.00	ALC	24	EXISTENTE	2928.788	Reempalzar X D=0.90m	178805	0.18	1.24	CUMPLE
12	K1+478.29	8.00	ALC	36	PROYECTADA	2935.13314	Punto Bajo Diseño geométrico	136462	0.14	0.95	CUMPLE
13	K1+688.00	8.00	ALC	24	EXISTENTE	2941.0282	Reempalzar X D=0.90m	96841	0.10	0.67	CUMPLE
14	K1+797.00	8.00	ALC	24	EXISTENTE	2942.0051	Reempalzar X D=0.90m	53818	0.05	0.37	CUMPLE
15	K1+859.00	8.00	ALC	24	EXISTENTE	2945.6692	Reempalzar X D=0.90m	34307	0.03	0.24	CUMPLE
16	K1+979.00	8.00	ALC	24	EXISTENTE	2960.0298	Reempalzar X D=0.90m	56620	0.06	0.39	CUMPLE
17	K2+050.00	8.00	ALC	20	EXISTENTE	2970.411	Reempalzar X D=0.90m	59050	0.06	0.41	CUMPLE
18	K2+140.00	8.00	ALC	24	EXISTENTE	2980.205	Reempalzar X D=0.90m	55835	0.06	0.39	CUMPLE
19	K2+268.00	8.00	ALC	36	PROYECTADA	2998.2242	Por drenaje de cunetas	45968	0.05	0.32	CUMPLE
20	K2+397.00	8.00	ALC	36	PROYECTADA	3018.5695	Por drenaje de cunetas	50769	0.05	0.35	CUMPLE
21	K2+588.00	8.00	ALC	24	EXISTENTE	3031.2194	Reempalzar X D=0.90m	87261	0.09	0.61	CUMPLE
22	K2+711.00	8.00	ALC	36	PROYECTADA	3037.6635	Por drenaje de cunetas	90918	0.09	0.63	CUMPLE
23	K2+834.00	8.00	ALC	36	PROYECTADA	3051.7164	Por drenaje de cunetas	54921	0.05	0.38	CUMPLE
24	K2+958.00	8.00	ALC	36	PROYECTADA	3072.4358	Por drenaje de cunetas	36460	0.04	0.25	CUMPLE

Fuente: elaboración propia.

**Tabla 17. Listado de obras hidráulicas tramo Ánimas Bajas**

Periodo de retorno	10	Años										
TC	20	min										
Intencidad	49.9	mm/h										
C	0.5											
LISTADO DE OBRAS HIDRAULICAS - TRAMO ANIMAS BAJAS								AREA				
ID	ABSCIDA	LONGITUD	TIPO	DIAMETRO	ESTADO	COTA	OBSERVACION	m2	Km2	Q (m3/s)	ALC D=0.90	
1	K0+103.00	8.00	ALC	24	EXISTENTE	2888.879	B estado,mantenimineto	87609	0.09	0.61	CUMPLE	
2	K0+160.00	8.00	ALC	24	EXISTENTE	2887.556	Reempalzar X D=0.90m	59261	0.06	0.41	CUMPLE	
3	K0+280.00	8.00	ALC	24	EXISTENTE	2876.977	Reempalzar X D=0.90m	29938	0.03	0.21	CUMPLE	
4	K0+350.00	8.00	ALC	36	EXISTENTE	2877.13	B estado,mantenimineto	16624	0.02	0.12	CUMPLE	
5	K0+372.11	8.00	ALC	36	PROYECTADA	2877.08085	Punto Bajo Diseño geometrico	23956	0.02	0.17	CUMPLE	
6	K0+441.00	8.00	ALC	28	EXISTENTE	2879.9888	Reempalzar X D=0.90m	37567	0.04	0.26	CUMPLE	
7	K0+555.00	8.00	ALC	36	PROYECTADA	2893.237	Por drenaje de cunetas	97557	0.10	0.68	CUMPLE	
8	K0+686.00	8.00	PON	7.0 X 2.0	EXISTENTE	2908.9526	B estado,mantenimineto	2386059	2.39	16.55	OBRA MAYOR	
9	K0+780.00	8.00	ALC	24	EXISTENTE	2908.121	Reempalzar X D=0.90m	7532	0.01	0.05	CUMPLE	
10	K0+850.00	8.00	ALC	28	EXISTENTE	2907.964	Reempalzar X D=0.90m	9974	0.01	0.07	CUMPLE	
11	K0+940.00	8.00	ALC	30	EXISTENTE	2902.886	Reempalzar X D=0.90m	8263	0.01	0.06	CUMPLE	
12	K1+038.00	8.00	ALC	28	EXISTENTE	2909.5222	Reempalzar X D=0.90m	15377	0.02	0.11	CUMPLE	
13	K1+132.00	8.00	ALC	36	PROYECTADA	2916.2232	Por drenaje de cunetas	22141	0.02	0.15	CUMPLE	
14	K1+226.00	8.00	ALC	36	PROYECTADA	2924.1966	Por drenaje de cunetas	19561	0.02	0.14	CUMPLE	
15	K1+320.00	8.00	ALC	36	EXISTENTE	2930.982	B estado,mantenimineto	24810	0.02	0.17	CUMPLE	
16	K1+408.00	8.00	ALC	2 X 24	EXISTENTE	2934.9244	B estado,mantenimineto	66909	0.07	0.46	CUMPLE	
17	K1+557.29	8.00	ALC	36	PROYECTADA	2940.088383	B estado,mantenimineto	22406	0.02	0.16	CUMPLE	
18	K1+588.00	8.00	ALC	40	EXISTENTE	2942.9148	B estado,mantenimineto	6500	0.01	0.05	CUMPLE	
19	K1+668.00	8.00	ALC	36	PROYECTADA	2948.3076	Por drenaje de cunetas	9369	0.01	0.06	CUMPLE	
20	K1+812.00	8.00	ALC	36	EXISTENTE	2957.3682	B estado,mantenimineto	32421	0.03	0.22	CUMPLE	
21	K1+902.00	8.00	ALC	36	PROYECTADA	2962.837	Por drenaje de cunetas	56132	0.06	0.39	CUMPLE	
22	K1+993.00	8.00	ALC	36	EXISTENTE	2971.5388	B estado,mantenimineto	127975	0.13	0.89	CUMPLE	
23	K2+100.00	8.00	ALC	36	PROYECTADA	2976.63	Por drenaje de cunetas	150567	0.15	1.04	CUMPLE	
24	K2+235.00	8.00	ALC	36	EXISTENTE	2986.6535	B estado,mantenimineto	22811	0.02	0.16	CUMPLE	
25	K2+278.00	8.00	ALC	36	EXISTENTE	2986.2958	Reempalzar por BOX 2.0 X 1.5	1173282	1.17	8.14	OBRA MAYOR	
26	K2+345.00	8.00	ALC	36	PROYECTADA	2989.726	Por drenaje de cunetas	1048	0.00	0.01	CUMPLE	
27	K2+453.24	8.00	ALC	36	PROYECTADA	2987.300443	Punto Bajo Diseño geometrico	4185	0.00	0.03	CUMPLE	
28	K2+510.00	8.00	ALC	40	EXISTENTE	2986.899	B estado,mantenimineto	3949	0.00	0.03	CUMPLE	
29	K2+616.00	8.00	ALC	36	PROYECTADA	2994.5356	Por drenaje de cunetas	5639	0.01	0.04	CUMPLE	
30	K2+722.00	8.00	ALC	40	EXISTENTE	3007.0994	B estado,mantenimineto	6205	0.01	0.04	CUMPLE	
31	K2+785.00	8.00	ALC	24	EXISTENTE	3012.7985	Reempalzar X D=0.90m	2049	0.00	0.01	CUMPLE	
32	K2+876.00	8.00	ALC	36	PROYECTADA	3019.5232	Por drenaje de cunetas	3300	0.00	0.02	CUMPLE	
33	K2+967.00	8.00	ALC	36	PROYECTADA	3031.4072	Por drenaje de cunetas	1690	0.00	0.01	CUMPLE	
34	K3+059.00	8.00	ALC	24	EXISTENTE	3039.5232	Reempalzar X D=0.90m	2946	0.00	0.02	CUMPLE	
35	K3+142.00	8.00	ALC	36	PROYECTADA	3047.3114	Por drenaje de cunetas	5342	0.01	0.04	CUMPLE	
36	K3+273.00	8.00	ALC	36	PROYECTADA	3050.0042	Por drenaje de cunetas	15489	0.02	0.11	CUMPLE	
37	K3+322.00	8.00	ALC	36	EXISTENTE	3049.0668	B estado,mantenimineto	21399	0.02	0.15	CUMPLE	
38	K3+380.00	8.00	ALC	24	EXISTENTE	3047.485	Reempalzar X D=0.90m	63035	0.06	0.44	CUMPLE	
39	K3+449.00	8.00	ALC	36	PROYECTADA	3051.6879	Por drenaje de cunetas	54678	0.05	0.38	CUMPLE	
40	K3+518.00	8.00	ALC	32	EXISTENTE	3055.3078	Reempalzar X D=0.90m	114010	0.11	0.79	CUMPLE	
41	K3+645.00	8.00	ALC	24	EXISTENTE	3056.2805	Reempalzar X D=0.90m	61521	0.06	0.43	CUMPLE	
42	K3+750.00	8.00	ALC	36	PROYECTADA	3052.541	Por drenaje de cunetas	8238	0.01	0.06	CUMPLE	
43	K3+827.00	8.00	ALC	40	EXISTENTE	3044.9023	B estado,mantenimineto	7584	0.01	0.05	CUMPLE	
44	K3+985.00	8.00	ALC	24	EXISTENTE	3025.6855	Reempalzar X D=0.90m	2595	0.00	0.02	CUMPLE	
45	K4+145.00	8.00	ALC	36	PROYECTADA	3004.2725	Por drenaje de cunetas	2364	0.00	0.02	CUMPLE	
46	K4+281.00	8.00	ALC	24	EXISTENTE	2984.593	Reempalzar X D=0.90m	5049	0.01	0.04	CUMPLE	

Fuente: elaboración propia.

**Tabla 18. Listado de obras hidráulicas tramo San Antonio**

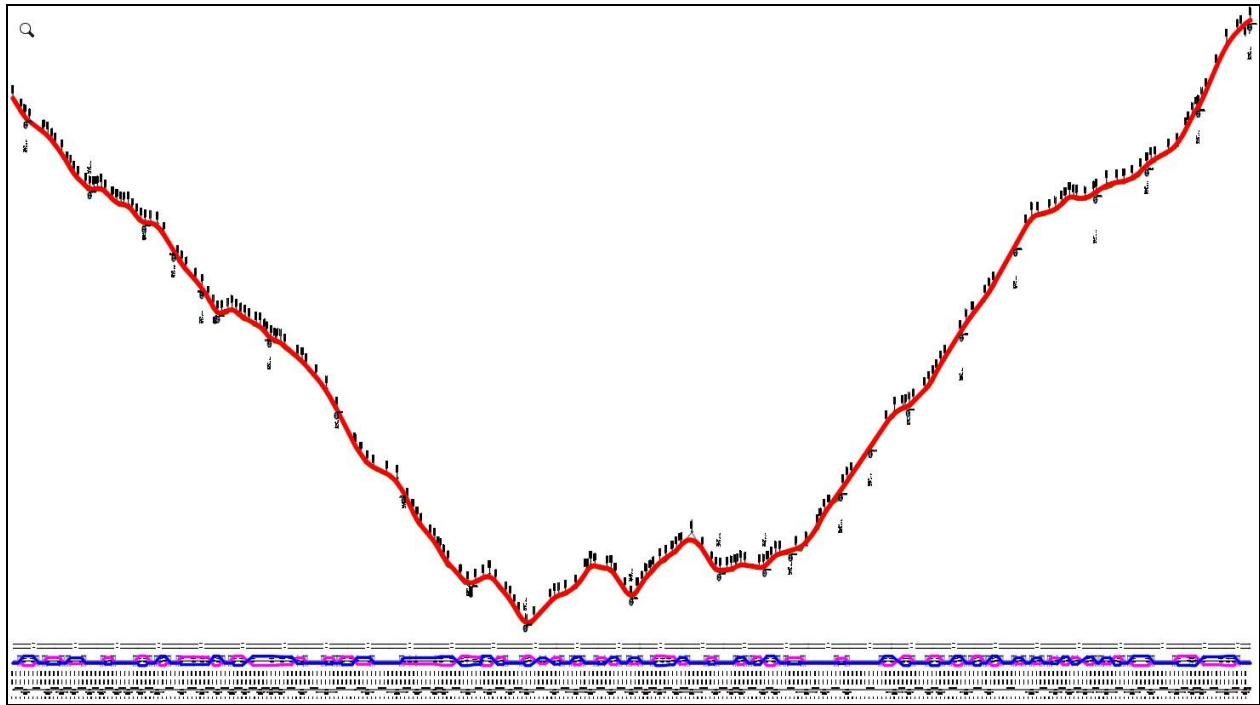
Periodo de retorno		10	Años											
TC		20	min											
Intendencia		49.9	mm/h											
C		0.5												
LISTADO DE OBRAS HIDRAULICAS - TRAMO SAN ANTONIO											AREA			
ID	ABSCIDA	LONGITUD	TIPO	DIAMETRO	ESTADO	COTA	OBSERVACION	m2	Km2	Q (m3/s)	ALC D=0.90			
1	K0+097.00	8.00	ALC	24	EXISTENTE	3572.7	Reempalzar Por diametro minimo 0.90m	48115	0.05	0.33	CUMPLE			
2	K0+164.00	8.00	ALC	36	EXISTENTE	3565.3594	B estado,mantenimineto	35222	0.04	0.24	CUMPLE			
3	K0+280.00	8.00	ALC	24	EXISTENTE	3553.981	Reempalzar Por diametro minimo 0.90m	29460	0.03	0.20	CUMPLE			
4	K0+327.00	8.00	ALC	24	EXISTENTE	3551.7233	Reempalzar Por diametro minimo 0.90m	11133	0.01	0.08	CUMPLE			
5	K0+370.00	8.00	ALC	24	EXISTENTE	3549.056	Reempalzar Por diametro minimo 0.90m	17680	0.02	0.12	CUMPLE			
6	K0+542.00	8.00	ALC	24	EXISTENTE	3531.4126	Reempalzar Por diametro minimo 0.90m	8963	0.01	0.06	CUMPLE			
7	K0+624.00	8.00	ALC	28	EXISTENTE	3526.744	Reempalzar Por diametro minimo 0.90m	9451	0.01	0.07	CUMPLE			
8	K0+713.00	8.00	ALC	36	PROYECTADA	3521.5027	Req. X Drenaje de cunetas	10513	0.01	0.07	CUMPLE			
9	K0+803.00	8.00	ALC	24	EXISTENTE	3514.695	Reempalzar Por diametro minimo 0.90m	10228	0.01	0.07	CUMPLE			
10	K0+924.00	8.00	ALC	24	EXISTENTE	3502.7372	Reempalzar Por diametro minimo 0.90m	16960	0.02	0.12	CUMPLE			
11	K0+990.00	8.00	ALC	24	EXISTENTE	3498.67	Reempalzar Por diametro minimo 0.90m	10227	0.01	0.07	CUMPLE			
12	K1+059.00	8.00	ALC	24	EXISTENTE	3492.4638	Reempalzar Por diametro minimo 0.90m	10015	0.01	0.07	CUMPLE			
13	K1+180.00	8.00	ALC	24	EXISTENTE	3479.824	Reempalzar Por diametro minimo 0.90m	8559	0.01	0.06	CUMPLE			
14	K1+260.00	8.00	ALC	24	EXISTENTE	3469.599	Reempalzar Por diametro minimo 0.90m	5108	0.01	0.04	CUMPLE			
15	K1+420.00	8.00	ALC	24	EXISTENTE	3447.588	Reempalzar Por diametro minimo 0.90m	2406	0.00	0.02	CUMPLE			
16	K1+457.00	8.00	ALC	28	EXISTENTE	3445.1071	Reempalzar Por diametro minimo 0.90m	1574	0.00	0.01	CUMPLE			
17	K1+546.00	8.00	ALC	36	PROYECTADA	3438.9586	Req. X Drenaje de cunetas	3729	0.00	0.03	CUMPLE			
18	K1+636.00	8.00	ALC	24	EXISTENTE	3432.4534	Reempalzar Por diametro minimo 0.90m	7496	0.01	0.05	CUMPLE			
19	K1+713.00	8.00	ALC	24	EXISTENTE	3426.8103	Reempalzar Por diametro minimo 0.90m	14101	0.01	0.10	CUMPLE			
20	K1+873.00	8.00	ALC	24	EXISTENTE	3414.5081	Reempalzar Por diametro minimo 0.90m	34870	0.03	0.24	CUMPLE			
21	K2+048.00	8.00	ALC	24	EXISTENTE	3395.406	Reempalzar Por diametro minimo 0.90m	25108	0.03	0.17	CUMPLE			
22	K2+142.00	8.00	ALC	36	PROYECTADA	3388.4046	Req. X Drenaje de cunetas	16241	0.02	0.11	CUMPLE			
23	K2+237.00	8.00	ALC	36	PROYECTADA	3380.795	Req. X Drenaje de cunetas	14094	0.01	0.10	CUMPLE			
24	K2+332.00	8.00	ALC	24	EXISTENTE	3370.4504	Reempalzar Por diametro minimo 0.90m	10533	0.01	0.07	CUMPLE			
25	K2+475.00	8.00	ALC	24	EXISTENTE	3352.299	Reempalzar Por diametro minimo 0.90m	17347	0.02	0.12	CUMPLE			
26	K2+600.00	8.00	ALC	36	PROYECTADA	3336.414	Req. X Drenaje de cunetas	35865	0.04	0.25	CUMPLE			
27	K2+725.00	8.00	BOX	BOX 2x2	EXISTENTE	3323.265	B estado,mantenimineto	2153771	2.15	14.94	OBRA MAYOR			
28	K2+826.65	8.00	ALC	36	PROYECTADA	3329.514517	Punto Bajo Diseño geometrico	11080	0.01	0.08	CUMPLE			
29	K2+866.00	8.00	ALC	24	EXISTENTE	3329.4514	Reempalzar Por diametro minimo 0.90m	12390	0.01	0.09	CUMPLE			
30	K2+932.00	8.00	BOX	BOX 2x2	EXISTENTE	3329.1616	B estado,mantenimineto	1960345	1.96	13.60	OBRA MAYOR			
31	K3+118.00	8.00	ALC	28	EXISTENTE	3346.3434	Reempalzar Por diametro minimo 0.90m	15936	0.02	0.11	CUMPLE			
32	K3+217.00	8.00	ALC	36	PROYECTADA	3344.0804	Req. X Drenaje de cunetas	17952	0.02	0.12	CUMPLE			
33	K3+282.00	8.00	ALC	34	EXISTENTE	3340.5834	Reempalzar Por diametro minimo 0.90m	40998	0.04	0.28	CUMPLE			
34	K3+355.00	8.00	BOX	BOX 2x2	EXISTENTE	3334.3555	B estado,mantenimineto	1017878	1.02	7.06	OBRA MAYOR			
35	K3+524.00	8.00	BOX	BOX 2x2	EXISTENTE	3350.7946	B estado,mantenimineto	122523	0.12	0.85	CUMPLE			
36	K3+608.00	8.00	ALC	36	PROYECTADA	3357.6114	Req. X Drenaje de cunetas	3716	0.00	0.03	CUMPLE			
37	K3+693.00	8.00	ALC	32	EXISTENTE	3362.737	Reempalzar Por diametro minimo 0.90m	2557	0.00	0.02	CUMPLE			
38	K3+761.00	8.00	ALC	36	PROYECTADA	3366.319	Req. X Drenaje de cunetas	8303	0.01	0.06	CUMPLE			
39	K3+830.00	8.00	ALC	32	EXISTENTE	3370.463	Reempalzar Por diametro minimo 0.90m	72199	0.07	0.50	CUMPLE			
40	K3+984.00	8.00	ALC	34	EXISTENTE	3386.5016	Reempalzar Por diametro minimo 0.90m	2668	0.00	0.02	CUMPLE			
41	K4+004.00	8.00	ALC	36	EXISTENTE	3387.9628	B estado,mantenimineto	109402	0.11	0.76	CUMPLE			
42	K4+193.00	8.00	ALC	36	PROYECTADA	3392.4218	Req. X Drenaje de cunetas	13295	0.01	0.09	CUMPLE			
43	K4+292.00	8.00	ALC	36	EXISTENTE	3377.1366	B estado,mantenimineto	3659	0.00	0.03	CUMPLE			
44	K4+320.00	8.00	ALC	36	EXISTENTE	3375.062	B estado,mantenimineto	5394	0.01	0.04	CUMPLE			
45	K4+366.00	8.00	ALC	36	EXISTENTE	3372.5376	B estado,mantenimineto	21844	0.02	0.15	CUMPLE			
46	K4+385.00	8.00	ALC	36	EXISTENTE	3372.065	B estado,mantenimineto	5666	0.01	0.04	CUMPLE			
47	K4+450.00	8.00	ALC	36	PROYECTADA	3369.141	Req. X Drenaje de cunetas	5058	0.01	0.04	CUMPLE			
48	K4+515.00	8.00	ALC	36	EXISTENTE	3366.248	B estado,mantenimineto	2407	0.00	0.02	CUMPLE			
49	K4+575.00	8.00	ALC	36	EXISTENTE	3362.865	B estado,mantenimineto	2755	0.00	0.02	CUMPLE			
50	K4+653.00	8.00	ALC	36	PROYECTADA	3358.7254	Req. X Drenaje de cunetas	6478	0.01	0.04	CUMPLE			
51	K4+732.00	8.00	ALC	36	EXISTENTE	3352.7666	B estado,mantenimineto	17126	0.02	0.12	CUMPLE			
52	K4+839.90	8.00	ALC	36	PROYECTADA	3356.115202	Punto Bajo Diseño geometrico	16321	0.02	0.11	CUMPLE			
53	K4+909.00	8.00	ALC	36	PROYECTADA	3358.9668	Req. X Drenaje de cunetas	8485	0.01	0.06	CUMPLE			
54	K4+980.00	8.00	BOX	BOX 2x2	EXISTENTE	3364.503	B estado,mantenimineto	265739	0.27	1.84	OBRA MAYOR			
55	K5+096.00	8.00	ALC	36	PROYECTADA	3383.4698	Req. X Drenaje de cunetas	2038	0.00	0.01	CUMPLE			
56	K5+212.00	8.00	ALC	36	EXISTENTE	3394.103	B estado,mantenimineto	7977	0.01	0.06	CUMPLE			
57	K5+240.00	8.00	ALC	36	EXISTENTE	3395.636	B estado,mantenimineto	7195	0.01	0.05	CUMPLE			
58	K5+280.00	8.00	ALC	36	EXISTENTE	3396.598	B estado,mantenimineto	4625	0.00	0.03	CUMPLE			
59	K5+305.00	8.00	ALC	34	EXISTENTE	3397.547	Reempalzar Por diametro minimo 0.90m	60109	0.06	0.42	CUMPLE			
60	K5+452.00	8.00	ALC	36	EXISTENTE	3408.785	B estado,mantenimineto	57412	0.06	0.40	CUMPLE			
61	K5+562.00	8.00	ALC	36	EXISTENTE	3406.4818	B estado,mantenimineto	95834	0.10	0.66	CUMPLE			
62	K5+668.00	8.00	ALC	36	EXISTENTE	3411.9814	B estado,mantenimineto	184309	0.18	1.28	CUMPLE			
63	K5+780.00	8.00	ALC	28	EXISTENTE	3404.004	Reempalzar Por diametro minimo 0.90m	21309	0.02	0.15	CUMPLE			
64	K5+852.00	8.00	ALC	36	PROYECTADA	3397.94	Req. X Drenaje de cunetas	11233	0.01	0.08	CUMPLE			
65	K5+925.00	8.00	ALC	36	EXISTENTE	3395.418	B estado,mantenimineto	18445	0.02	0.13	CUMPLE			
66	K5+966.00	8.00	ALC	36	EXISTENTE	3394.1554	B estado,mantenimineto	12832	0.01	0.09	CUMPLE			
67	K6+026.00	8.00	ALC	36	PROYECTADA	3395.9256	Req. X Drenaje de cunetas	4552	0.00	0.03	CUMPLE			
68	K6+142.00	8.00	ALC	36	PROYECTADA	3397.0214	Req. X Drenaje de cunetas	5760	0.01	0.04	CUMPLE			
69	K6+198.52	8.00	ALC	36	PROYECTADA	3395.522688	Punto Bajo Diseño geometrico	1949	0.00	0.01	CUMPLE			
70	K6+387.00	8.00	ALC	36	PROYECTADA	3372.7675	Req. X Drenaje de cunetas	3210	0.00	0.02	CUMPLE			
71	K6+538.00	8.00	ALC	36	EXISTENTE	3356.7032	B estado,mantenimineto	15122	0.02	0.10	CUMPLE			
72	K6+673.00	8.00	ALC	36	EXISTENTE	3354.8132	B estado,mantenimineto	13810	0.01	0.10	CUMPLE			
73	K6+800.00	8.00	ALC	36	EXISTENTE	3339.817	B estado,mantenimineto	12499	0.01	0.09	CUMPLE			
74	K6+853.00	8.00	BOX	BOX 2x2	EXISTENTE	3334.9829	B estado,mantenimineto	34100	0.03	0.24	CUMPLE			

Fuente: elaboración propia.

**Tabla 19. Listado de obras hidráulicas tramo San Antonio**

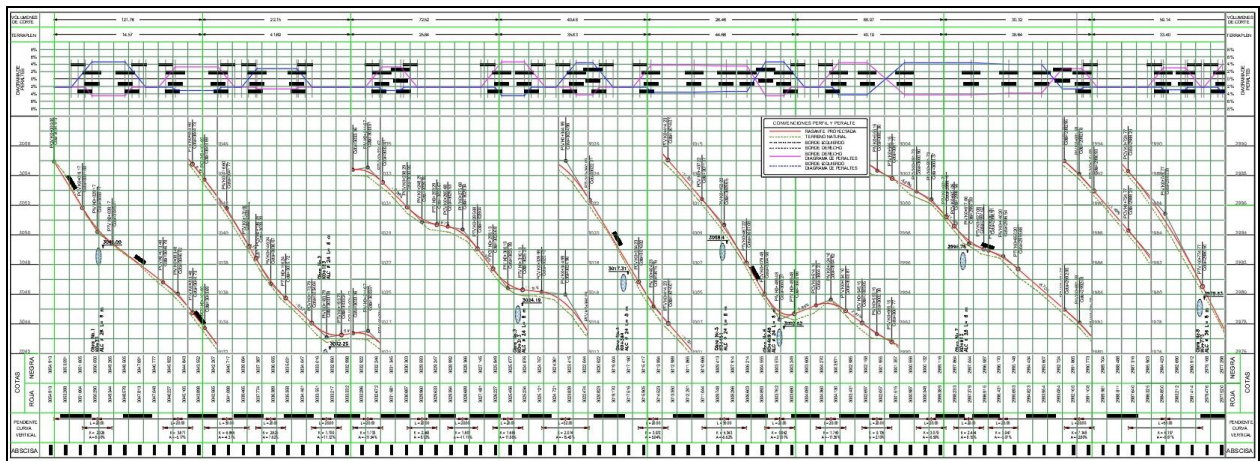
Periodo de retorno		10	Años									
TC		20	min									
Intencidad		49.9	mm/h									
C		0.5										
LISTADO DE OBRAS HIDRAULICAS - TRAMO SAN ANTONIO										AREA		
ID	ABSCIDA	LONGITUD	TIPO	DIAMETRO	ESTADO	COTA	DBSERVACION	m2	Km2	Q. (m3/s)	ALC D=0.90	
75	K6+948.00	8.00	ALC	36	PROYECTADA	3337.9246	Drenaje de c	17568	0.02	0.12	CUMPLE	
76	K7+002.00	8.00	ALC	36	EXISTENTE	3334.4266	do,mantenin	21371	0.02	0.15	CUMPLE	
77	K7+020.00	8.00	ALC	36	EXISTENTE	3333.314	do,mantenin	24406	0.02	0.17	CUMPLE	
78	K7+080.00	8.00	ALC	36	EXISTENTE	3326.931	do,mantenin	35179	0.04	0.24	CUMPLE	
79	K7+190.00	8.00	BOX	BOX 2x2	EXISTENTE	3311.131	do,mantenin	41778	0.04	0.29	CUMPLE	
80	K7+220.00	8.00	ALC	36	EXISTENTE	3311.77	do,mantenin	46203	0.05	0.32	CUMPLE	
81	K7+256.00	8.00	ALC	36	EXISTENTE	3312.8894	do,mantenin	23793	0.02	0.17	CUMPLE	
82	K7+314.00	8.00	ALC	36	EXISTENTE	3312.2824	do,mantenin	73373	0.07	0.51	CUMPLE	
83	K7+393.00	8.00	ALC	BATEA	EXISTENTE	3312.3015	or dianetro r	261608	0.26	1.81	DBRA MAYOR	
84	K7+530.00	8.00	PUE	PUENTE	EXISTENTE	3296.275	do,mantenin	19571605	19.57	135.75	DBRA MAYOR	
85	K7+651.00	8.00	ALC	36	PROYECTADA	3314.4688	Drenaje de c	10411	0.01	0.07	CUMPLE	
86	K7+833.00	8.00	ALC	36	PROYECTADA	3327.7021	Drenaje de c	51418	0.05	0.36	CUMPLE	
87	K7+894.34	8.00	PUE	36	PROYECTADA	3327.00476	jo Diseño ge	51617	0.05	0.36	CUMPLE	
88	K8+033.00	8.00	ALC	36	PROYECTADA	3346.891	Drenaje de c	8217	0.01	0.06	CUMPLE	
89	K8+217.44	8.00	PUE	36	PROYECTADA	3363.6429	jo Diseño ge	9151	0.01	0.06	CUMPLE	
90	K8+345.00	8.00	ALC	36	EXISTENTE	3358.9205	do,mantenin	68494	0.07	0.48	CUMPLE	
91	K8+605.49	8.00	ALC	36	PROYECTADA	3357.4172	jo Diseño ge	72511	0.07	0.50	CUMPLE	
92	K8+680.00	8.00	ALC	36	EXISTENTE	3357.434	do,mantenin	32315	0.03	0.22	CUMPLE	
93	K8+771.00	8.00	ALC	36	PROYECTADA	3362.8541	Drenaje de c	37550	0.04	0.26	CUMPLE	
94	K8+901.28	8.00	ALC	36	PROYECTADA	3370.72913	jo Diseño ge	137077	0.14	0.95	CUMPLE	
95	K8+975.00	8.00	BOX	BOX 4x2	EXISTENTE	3371.102	do,mantenin	1968666	1.97	13.65	DBRA MAYOR	
96	K9+134.00	8.00	ALC	36	PROYECTADA	3373.7562	Drenaje de c	23405	0.02	0.16	CUMPLE	
97	K9+208.00	8.00	ALC	36	PROYECTADA	3369.6116	Drenaje de c	21352	0.02	0.15	CUMPLE	
98	K9+283.54	8.00	ALC	36	PROYECTADA	3367.23336	jo Diseño ge	24502	0.02	0.17	CUMPLE	
99	K9+436.00	8.00	ALC	36	PROYECTADA	3357.1318	Drenaje de c	12293	0.01	0.09	CUMPLE	
100	K9+534.00	8.00	BOX	BOX 2x2	EXISTENTE	3344.4674	do,mantenin	668108	0.67	4.63	DBRA MAYOR	
101	K9+694.01	8.00	ALC	36	PROYECTADA	3343.34458	jo Diseño ge	42686	0.04	0.30	CUMPLE	
102	K9+908.00	8.00	ALC	36	PROYECTADA	3343.7746	Drenaje de c	33493	0.03	0.23	CUMPLE	
103	K10+004.32	8.00	ALC	36	PROYECTADA	3338.11251	jo Diseño ge	17277	0.02	0.12	CUMPLE	
104	K10+208.28	8.00	ALC	36	PROYECTADA	3331.35795	jo Diseño ge	36415	0.04	0.25	CUMPLE	
105	K10+290.00	8.00	BOX	BOX 4x2	EXISTENTE	3333.062	do,mantenin	1158617	1.16	8.04	DBRA MAYOR	
106	K10+410.00	8.00	ALC	36	EXISTENTE	3339.53	do,mantenin	385284	0.39	2.67	DBRA MAYOR	
107	K10+480.00	8.00	ALC	36	PROYECTADA	3342.549	Drenaje de c	8101	0.01	0.06	CUMPLE	
108	K10+551.00	8.00	ALC	36	PROYECTADA	3347.6816	Drenaje de c	27126	0.03	0.19	CUMPLE	
109	K10+705.00	8.00	ALC	36	PROYECTADA	3347.268	Drenaje de c	43608	0.04	0.30	CUMPLE	
110	K10+790.00	8.00	ALC	36	EXISTENTE	3337.142	do,mantenin	341853	0.34	2.37	DBRA MAYOR	
111	K10+871.00	8.00	ALC	36	PROYECTADA	3340.0857	Drenaje de c	67276	0.07	0.47	CUMPLE	
112	K10+980.00	8.00	ALC	36	EXISTENTE	3345.902	do,mantenin	36149	0.04	0.25	CUMPLE	
113	K11+124.00	8.00	ALC	36	PROYECTADA	3362.2006	Drenaje de c	22953	0.02	0.16	CUMPLE	
114	K11+269.00	8.00	ALC	36	PROYECTADA	3383.4308	Drenaje de c	49982	0.05	0.35	CUMPLE	
115	K11+414.00	8.00	ALC	36	PROYECTADA	3403.2068	Drenaje de c	66507	0.07	0.46	CUMPLE	
116	K11+690.00	8.00	ALC	36	EXISTENTE	3414.407	do,mantenin	72306	0.07	0.50	CUMPLE	
117	K11+899.00	8.00	ALC	36	PROYECTADA	3396.6269	Drenaje de c	48674	0.05	0.34	CUMPLE	
118	K12+020.00	8.00	ALC	36	EXISTENTE	3379.644	do,mantenin	27012	0.03	0.19	CUMPLE	
119	K12+062.00	8.00	ALC	36	EXISTENTE	3377.6348	do,mantenin	12950	0.01	0.09	CUMPLE	
120	K12+134.00	8.00	ALC	36	EXISTENTE	3376.766	do,mantenin	8087	0.01	0.06	CUMPLE	
121	K12+226.00	8.00	ALC	36	EXISTENTE	3371.1326	do,mantenin	14112	0.01	0.10	CUMPLE	
122	K12+345.00	8.00	ALC	36	EXISTENTE	3372.4195	do,mantenin	92825	0.09	0.64	CUMPLE	
123	K12+385.00	8.00	ALC	36	EXISTENTE	3372.234	do,mantenin	180315	0.18	1.25	CUMPLE	
124	K12+487.00	8.00	ALC	36	PROYECTADA	3363.2493	Drenaje de c	127296	0.13	0.88	CUMPLE	
125	K12+589.31	8.00	ALC	36	PROYECTADA	3353.32142	jo Diseño ge	1464497	1.46	10.16	DBRA MAYOR	
126	K12+701.00	8.00	ALC	36	PROYECTADA	3362.9395	Drenaje de c	99297	0.10	0.69	CUMPLE	
127	K12+953.70	8.00	ALC	36	PROYECTADA	3367.25387	jo Diseño ge	81730	0.08	0.57	CUMPLE	
128	K13+159.00	8.00	ALC	36	PROYECTADA	3350.9081	Drenaje de c	81730	0.08	0.57	CUMPLE	
129	K13+324.00	8.00	ALC	36	PROYECTADA	3330.5842	Drenaje de c	26127	0.03	0.18	CUMPLE	
130	K13+489.00	8.00	ALC	36	PROYECTADA	3302.9749	Drenaje de c	24316	0.02	0.17	CUMPLE	
131	K13+654.00	8.00	ALC	36	PROYECTADA	3269.945	Drenaje de c	17625	0.02	0.12	CUMPLE	
132	K13+820.00	8.00	ALC	36	PROYECTADA	3235.513	jo Diseño ge	14017	0.01	0.10	CUMPLE	

Fuente: elaboración propia.



**Figura 13. Resultados de AutoCad para el Sector 7**

Fuente: elaboración propia.



**Figura 14. Resultado en Plancha**

Fuente: elaboración propia.

## 5. CONCLUSIONES

Se realizó una consulta a profesionales que realizan labores en diseño geométrico e hidráulico vial y que tienen relación con procesos aplicativos de la herramienta, quienes respondieron a las preguntas propuestas y recalcaron la importancia y la necesidad de consolidar una nueva herramienta.

Con el desarrollo de la herramienta computacional, se pudo validar que sirve como recurso principal para el diseño, identificando y ubicando preliminarmente las obras de drenaje.

Se planteó y programo la herramienta computacional de acuerdo a los criterios normativos vigentes, relacionados con “drenaje vial”, cumpliendo de esta manera con los requerimientos técnicos.

Se comprobó que con el uso de programas y herramientas básicas como Visual Basic, Auto CAD y Excel se pueden desarrollar y programar herramientas que aportan gran beneficio en la ejecución del diseño vial.



## BIBLIOGRAFÍA

- Autodesk. (2018). Civil 3D software. Recuperado de <https://www.autodesk.com/education/free-software/autocad-civil-3d>
- Blogingeniería. (2018). 6 Lecciones de la historia de Autocad. Recuperado de <https://blogingenieria.com/ingenieria-civil/6-lecciones-de-la-historia-de-autocad/>
- Correa, N. R. (2011). Criterios y procedimientos de diseño para el drenaje transversal de las rutas nacionales. Santiago del Estero, Argentina: Dirección Nacional de Vialidad (DNV). Recuperado de <http://revistavial.com/criterios-y-procedimientos-de-diseno-para-el-drenaje-transversal-de-las-rutas-nacionales/>
- Eaglepoint. (2018). About us. Recuperado de <http://eaglepoint.com/>
- Instituto Nacional de Vías. (2008). Manual de diseño geométrico de carreteras. Bogotá: INVÍAS.
- Instituto Nacional de Vías. (2009). Manual de drenaje para carreteras. Bogotá: INVÍAS.
- Manual de desarrollador ActiveX y VBA, interfaz entre AutoCAD y Visual Basic para aplicaciones (VBA) . (2018).
- Manual del usuario - Librerías de Visual Basic para Excel y AutoCAD. (2018).
- Ministerio de Obras Públicas y Comunicaciones de Paraguay. (2011). Normas para la evaluación de proyectos y geometría vial. Recuperado de <https://www.mopc.gov.py/userfiles/files/Normas%20para%20Obras%20de%20Drenaje%20Vial.pdf>
- Morales Sosa, H. A. (2006). Ingeniería Vial I. Santo Domingo: Instituto Tecnológico de Santo Domingo.

## **ANEXOS**

(Que están presentes en el CD)

Anexo A. Herramienta computacional desarrollada formato excel (\*.XLS).

Anexo B. Manual del usuario.

Anexo C. Código de programación de la herramienta computacional desarrollada.

Anexo D. Archivo para inclusión de obras en formato CAD "OBRAS.DWG"