



# UTMACH

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

EVALUACIÓN DEL DRENAJE TRANSVERSAL TIPO CAJÓN, DEL  
SECTOR CHAGUAR, EN LA VÍA AL CANTÓN CHILLA.

VARGAS AGUILAR YOFFRE RODRIGO  
INGENIERO CIVIL

MACHALA  
2023



# UTMACH

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

Evaluación del drenaje transversal tipo cajón, del sector Chaguar, en  
la vía al cantón Chilla.

VARGAS AGUILAR YOFFRE RODRIGO  
INGENIERO CIVIL

MACHALA  
2023



# UTMACH

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

TRABAJO TITULACIÓN  
PROYECTO TÉCNICO

Evaluación del drenaje transversal tipo cajón, del sector Chaguar, en la vía al cantón Chilla.

VARGAS AGUILAR YOFFRE RODRIGO  
INGENIERO CIVIL

OYOLA ESTRADA ERWIN JAVIER

MACHALA, 14 DE MARZO DE 2023

MACHALA  
2023

# Evaluación del drenaje transversal tipo cajón, del sector Chaguar, en la vía al cantón Chilla

## INFORME DE ORIGINALIDAD

8%

INDICE DE SIMILITUD

8%

FUENTES DE INTERNET

1%

PUBLICACIONES

3%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

## FUENTES PRIMARIAS

1	Submitted to Universidad Técnica de Machala	Trabajo del estudiante	2%
2	es.slideshare.net	Fuente de Internet	2%
3	repositorio.unesum.edu.ec	Fuente de Internet	1%
4	archive.org	Fuente de Internet	<1%
5	repositorio.utmachala.edu.ec	Fuente de Internet	<1%
6	realsociedadgeografica.com	Fuente de Internet	<1%
7	repositorio.ug.edu.ec	Fuente de Internet	<1%
8	geama.org	Fuente de Internet	<1%
9	www.armeria-alvarez.es	Fuente de Internet	

## CLÁUSULA DE CESIÓN DE DERECHO DE PUBLICACIÓN EN EL REPOSITORIO DIGITAL INSTITUCIONAL

El que suscribe, VARGAS AGUILAR YOFFRE RODRIGO, en calidad de autor del siguiente trabajo escrito titulado Evaluación del drenaje transversal tipo cajón, del sector Chaguar, en la vía al cantón Chilla., otorga a la Universidad Técnica de Machala, de forma gratuita y no exclusiva, los derechos de reproducción, distribución y comunicación pública de la obra, que constituye un trabajo de autoría propia, sobre la cual tiene potestad para otorgar los derechos contenidos en esta licencia.

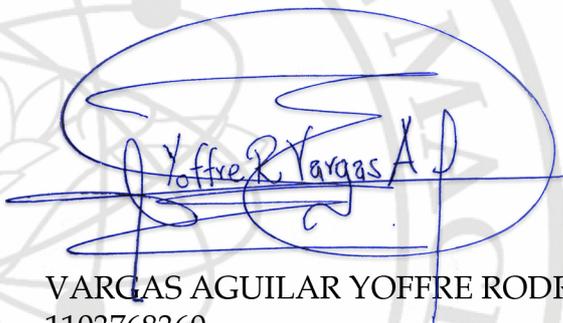
El autor declara que el contenido que se publicará es de carácter académico y se enmarca en las disposiciones definidas por la Universidad Técnica de Machala.

Se autoriza a transformar la obra, únicamente cuando sea necesario, y a realizar las adaptaciones pertinentes para permitir su preservación, distribución y publicación en el Repositorio Digital Institucional de la Universidad Técnica de Machala.

El autor como garante de la autoría de la obra y en relación a la misma, declara que la universidad se encuentra libre de todo tipo de responsabilidad sobre el contenido de la obra y que asume la responsabilidad frente a cualquier reclamo o demanda por parte de terceros de manera exclusiva.

Aceptando esta licencia, se cede a la Universidad Técnica de Machala el derecho exclusivo de archivar, reproducir, convertir, comunicar y/o distribuir la obra mundialmente en formato electrónico y digital a través de su Repositorio Digital Institucional, siempre y cuando no se lo haga para obtener beneficio económico.

Machala, 14 de marzo de 2023



Yoffre R. Vargas A. J.

VARGAS AGUILAR YOFFRE RODRIGO  
1103768360

UNIVERSITAS  
MAGISTRORUM  
ET SCHOLARIUM



# **UTMACH**

**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE MACHALA**

**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL**

**CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**

**Evaluación del drenaje transversal tipo cajón, del sector Chaguar, en la  
vía al cantón Chilla.**

**VARGAS AGUILAR YOFFRE RODRIGO**

**MACHALA**

**Febrero, 2023**



# UTMACH

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE MACHALA

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

TRABAJO DE TITULACIÓN

PROYECTO TÉCNICO

**Evaluación del drenaje transversal tipo cajón, del sector Chaguar, en la vía al cantón Chilla.**

**AUTOR: VARGAS AGUILAR YOFFRE RODRIGO**

**TUTOR: OYOLA ESTRADA ERWIN JAVIER**

**MACHALA**

**Febrero, 2023**

## **DEDICATORIA**

El cumplimiento de esta meta es el resultado del apoyo de muchas personas, que nunca faltaron, que siempre estuvieron cuando los necesité. Es para quienes en aquellos momentos cuando pensé en que me era difícil avanzar me alentaban y confiaban en que podía lograr muchas cosas más. Por eso, este trabajo va dedicado a mi tío el Ing Civil. Victor Manuel Poma Mendoza esa persona que me levantaba cuando yo solo deseaba morir, mi hijo y para todos aquellos que alguna manera siempre me apoyaron y tuvieron confianza en mí.

## **AGRADECIMIENTO**

Dios es a quien debo agradecer, porque nunca me ha abandonado y a través de muchas formas me ha guiado para poder culminar con esta meta que es mi gran felicidad.

El apoyo económico y emocional le agradezco infinitamente a mis abnegados padres, Rodrigo y Alicia, quienes nunca me dejaron solo y se sacrificaron para que pueda lograr ser Ingeniero Civil.

A mi hijo, Yoffre, mi inspiración y mi fuerza. En quien pienso en cada decisión que tomo.

A mi tío el Ing. Víctor Poma el cual fue mi mayor inspiración para yo escoger la carrera de ingeniería.

Al Ing. Javier Oyola Estrada, quien me dirigió durante todo este periodo para que desarrolle con éxito mi trabajo de titulación.

## **Resumen**

Evaluación del drenaje transversal tipo cajón, del sector Chaguar, en la vía al cantón Chilla.

Yoffre Rodrigo Vargas Aguilar

C.I. 1103768360

El estado de una carretera depende en gran medida de las condiciones en las que se encuentren las estructuras que se encargan de drenar el agua, ya sea esta, drenaje longitudinal o drenaje transversal. Por esta razón, en el desarrollo de este trabajo se evidencian las características geométricas del drenaje transversal tipo cajón, ubicada en el sector Chaguar, en la vía a Chilla.

A través de la evaluación del drenaje tipo cajón se pretende determinar si las dimensiones actuales de la estructura permiten drenar el caudal y los sedimentos de la cuenca natural, evidenciando si los criterios de diseño aplicados son los correctos para la zona donde está ubicada la alcantarilla.

En el Capítulo I, se define y contextualiza el objeto de estudio, se detallan hechos de interés acerca de la evaluación a los drenajes transversales, daños típicos y las consideraciones y criterios de diseño que los profesionales del área de la ingeniería deben tomar en cuenta para obtener el diseño correcto según las condiciones del área y el nivel de agua de la cuenca donde se va a construir la alcantarilla, asegurando que la esta cumpla con la función de drenar las aguas y evitar que estas dañen el terraplén o el pavimento de la carretera. Además, en este apartado se presentan los objetivos del trabajo de titulación.

En el Capítulo II, se desarrolla la fundamentación teórico, epistemológica del estudio y las bases teóricas de la investigación, las mismas que son una herramienta necesaria para el desarrollo de este trabajo, considerando que es el resultado de un proceso investigativo, se hace énfasis en conocer la clasificación del drenaje vial, los tipos de alcantarillas y los daños típicos.

El Capítulo III, comprende el proceso de recolección de datos de la investigación, la ubicación y descripción del área donde está construido el drenaje transversal. El proceso empleado corresponde a la medición de las características geométricas del drenaje transversal tipo cajón, donde se presentan cálculos de la sección transversal, sección longitudinal, cálculo de la velocidad del agua, cálculo de la pendiente según la sección longitudinal del canal, cálculo de caudales mínimo y máximo a drenarse por la alcantarilla y cálculo de áreas.

Además, se muestran los cálculos obtenidos del programa Hydraflow Express, utilizado ampliamente para obras hidráulicas. Valores que en conjunto con la inspección visual realizada permitan concluir si las dimensiones son suficientes.

Con la finalidad de lograr un trabajo más detallado, en el Capítulo III, se presenta información obtenida de la Inspección Visual realizada en el área de estudio y de los elementos del drenaje.

El capítulo IV, contiene la descripción y argumentación teórica de los resultados obtenidos del proceso matemático y la inspección visual detallada en apartados anteriores. Las conclusiones se basan en los resultados de la evaluación del drenaje.

Las recomendaciones hacen énfasis a las consideraciones y criterios de diseño a considerarse en el diseño y posterior construcción de un drenaje trasversal tipo cajón. De la misma manera se anexan las imágenes obtenidas del programa y memoria fotográfica.

**Palabras clave:** drenaje transversal, drenaje longitudinal, caudal, sedimentos, cuenca natural, alcantarilla

## **Abstract**

Evaluation of the cross-drain box type, of the Chaguar sector, on the road to the Chilla canton.

Yoffre Rodrigo Vargas Aguilar.

The state of a road depends to a large extent on the conditions in which the structures that are responsible for draining the water are found, be it longitudinal drainage or transversal drainage. For this reason, in the development of this work, the geometric characteristics of the box-type transversal drainage, located in the Chaguar sector, on the road to Chilla, are evident.

Through the evaluation of the drawer-type drainage, it is intended to determine if the current dimensions of the structure allow the flow and sediments of the natural basin to drain, evidencing if the design criteria applied are correct for the area where the sewer is located. In Chapter I, the object of study is defined and contextualized, facts of interest are detailed about the evaluation of transversal drainages, typical damages and the considerations and design criteria that professionals in the engineering area must take into account to obtain the correct design according to the conditions of the area and the water level of the basin where the culvert is going to be built, ensuring that it fulfills the function of draining the water and preventing it from damaging the embankment or road pavement . In addition, this section presents the objectives of the degree work.

In Chapter II, the theoretical foundation is developed. epistemology of the study and the theoretical bases of the investigation, the same that are a necessary tool for the development of this work, considering that it is the result of an investigative process, emphasis is placed on knowing the classification of road drainage, the types of sewers and typical damage.

Chapter III includes the research data collection process, the location and description of the area where the cross drainage is built. The process used corresponds to the measurement of the geometric characteristics of the transversal drawer-type drainage, where calculations of the cross section, longitudinal section, calculation of the water velocity, calculation of the

slope according to the longitudinal section of the channel, calculation of flows are presented. minimum and maximum to be drained by the sewer and calculation of areas.

In addition, the calculations obtained from the Hydraflow Express program, widely used for hydraulic works, are shown. Values that, together with the visual inspection carried out, allow us to conclude if the dimensions are sufficient.

In order to achieve a more detailed work, in Chapter III, information obtained from the Visual Inspection carried out in the study area and from the drainage elements is presented.

Chapter IV contains the description and theoretical argumentation of the results obtained from the mathematical process and the detailed visual inspection in previous sections. The conclusions are based on the results of the drainage evaluation.

The recommendations emphasize the considerations and design criteria to be considered in the design and subsequent construction of a box type cross drain. In the same way, the images obtained from the program and photographic memory are attached.

**Keywords:** transverse drainage, longitudinal drainage, flow, sediments, natural basin, culvert

## ÍNDICE GENERAL

Resumen.....	5
Abstract.....	7
Introducción.....	11
CAPITULO I.....	12
1. Generalidades de Objeto de Estudio.....	12
1.1 Definición y contextualización del objeto de estudio.....	12
1.2 Hechos de interés.....	13
1.3 Objetivos de la investigación.....	15
CAPITULO II.....	16
2. Fundamentación teórico - epistemológica del estudio.....	16
2.1 Descripción del enfoque epistemológico de referencia.....	16
2.2 Bases teóricas de la investigación.....	17
2.2.1 Drenaje transversal.....	17
2.2.2 Alcantarillas.....	17
2.2.3 Tipos de alcantarillas.....	17
2.2.4 Elementos de las alcantarillas.....	17
2.2.5 Daños típicos en alcantarillas.....	18
2.2.6 Consideraciones de diseño.....	19
2.2.7 Parámetros de diseño.....	21
CAPITULO III.....	23
3. Proceso metodológico.....	23
3.1 Diseño o tradición de investigación seleccionada.....	23
3.2 Proceso de recolección de datos en la investigación.....	23
3.2.1 Cálculo de área de la microcuenca de aportación.....	23
3.2.2 Longitud del cauce y cálculo de la pendiente en la microcuenca de aportación.....	24
3.2.3 Cálculo de caudal.....	24
3.2.4 Ingreso de datos al programa Hydraflow Express.....	27
3.2.5 Inspección visual de drenaje tipo cajón.....	29
3.3 Sistema de categorización en el análisis de los datos.....	29
CAPITULO IV.....	31
4. Resultado de la investigación.....	31
4.1 Descripción y argumentación teórica de resultados.....	31

Conclusiones .....	31
Recomendaciones .....	32
BIBLIOGRAFÍA .....	33
ANEXOS .....	36

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Figura 1. Longitud de la alcantarilla .....	20
Figura 2. Ingreso de datos a Hidraflow Civil 3D 2022.....	27
Figura 3. Datos requeridos en Hidraflow Express .....	28
Figura 4. Evaluación de dimensiones con caudal 1m <sup>3</sup> /s .....	29
Figura 5. Evaluación de dimensiones con caudal máximo de 10.92m <sup>3</sup> /s .....	30
Figura 6. Cálculo de tirante normal y velocidad con H-Canales; <b>Error! Marcador no definido.</b>	

## ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1. Área de microcuenca de aportación Google Earth .....	23
TABLA 2. Área de microcuenca de aportación Globalmapper.....	23
TABLA 3. Pendiente de la microcuenca de aportación.....	24
TABLA 4. Intensidad duración frecuencia Estación M0040 Pasaje .....	25
TABLA 5. Intensidad máxima (mm/h).....	26
TABLA 6. Datos ingresados en Hidraflow Express.....	28

## ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO A. POLÍGONO PARA ÁREA DE MICROCUENCA.....	36
ANEXO B. ÁREA CALCULADA EN GOOGLE EARTH .....	37
ANEXO C. DETERMINACIÓN DE ÁREA DE APORTACIÓN CON GLOBALMAPPER .....	38
ANEXO D. CREACIÓN DE CUENCA HIDROGRÁFICA EN GLOBALMAPPER.....	40
ANEXO E. ÁREA DE CUENCA CON GLOBALMAPPER.....	40
ANEXO F. LONGITUD Y ELEVACIÓN DEL CAUCE .....	41
ANEXO G. COEFICIENTE DE ESCORRENTÍA MÉTODO RACIONAL. ....	41
ANEXO H. VISITA DE CAMPO PARA LEVANTAMIENTO DE INFORMACIÓN .....	42

## **Introducción**

Las condiciones estructurales que tengan las vías terciarias en el país están estrechamente relacionados con el desarrollo socioeconómico de las zonas rurales y de las poblaciones que se encuentran a grandes distancias de la urbe, entonces, contar con diseños geométricos y de pavimentos apropiados que se adapten a las realidades locales es indispensable. [1].

En Ecuador, los sistemas de drenaje transversal presentan ciertas particularidades, según la región donde se pretenda desarrollar el proyecto vial y a sus características topográficas e hidrológicas. Por lo tanto, el estudio de los tramos de dinámica fluvial es muy útil en el desarrollo de proyectos viales, contribuye en el proceso de definición del trazado de la infraestructura lineal y de sus respectivos sistemas de drenaje transversal y longitudinal. [2].

La provincia de El Oro, por su localización geográfica tiende a variar en sus características topográficas, ya que algunos de sus cantones están ubicados en la zona costera donde los terrenos son planos y otros se ubican en la zona montañosa, aspecto que cambia también su clima, referente a las lluvias.

Por tal razón, los proyectos viales a desarrollarse en alguno de sus cantones deben considerar su realidad local y realizar los estudios pertinentes, que permitan al ingeniero civil, determinar el diseño que se adecue a la topografía y sea viable económicamente. Sin descuidar elementos como estructuras de drenaje transversal, ya que, en aquellos cantones localizados en la zona montañosa, la presencia de ríos o quebradas es inherente.

El cantón Chilla, al estar ubicado en la zona montañosa de El Oro, presenta variaciones en su clima, topografía y causas menores, por lo tanto, para la construcción de sus caminos internos, especialmente para las obras de drenaje deben considerarse todos los parámetros de diseño.

Conociendo que la principal problemática que surge del mal diseño de un sistema de drenaje transversal se presenta en el tramo de la carretera donde está construida la estructura hidráulica, es evidente que el ingeniero vial debe presentar soluciones factibles, con secciones que permitan el paso del agua del cauce superficial o natural a través de la vía y que no signifiquen un incremento significativo en el presupuesto de la obra.

## **CAPITULO I.**

### **1. Generalidades de Objeto de Estudio**

#### **1.1 Definición y contextualización del objeto de estudio**

Las obras de drenaje transversal en la actualidad constituyen un desafío en el diseño de vías, pues es necesario el diseño de obras de drenaje que garanticen el adecuado flujo de agua a través de éstas en las diferentes épocas del año, es decir, ya sea en periodos donde según la ubicación geográfica las precipitaciones crecen significativamente y los caudales de las cuencas incrementan su volumen, movilizand o un sinnúmero de materia sólido, que podrían obstruir parcial o totalmente el ducto del drenaje, afectando la infraestructura viaria. [3].

El paso de una vía por algún cauce debe evaluarse adecuadamente, considerando las opciones más factibles para su emplazamiento y la escogencia de la forma de la sección del ducto del drenaje que asegure un adecuado funcionamiento, evitando que el volúmen de agua se desborde a través de la calzada. [3].

Los problemas de desbordamiento afectan la capacidad del uso de la carretera y cuando son significativos constituyen un grave peligro, desarrollando procesos de erosión en taludes y terraplenes, ruptura de márgenes y destrucción de drenaje longitudinal, poniendo en riesgo la estabilidad del tramo de la carretera y a su vez de la propia estructura de drenaje. [3].

Como señala la Norma Ecuatoriana Vial es importante el reconociendo terrestre preliminar para la definición de cuencas de los ríos, arroyos y quebradas que el proyecto vial vaya a interceptar; para la obtención de los caudales para el diseño de las obras de drenaje preliminares. [4].

El reconocimiento terrestre preliminar permite conocer las características de drenaje y escurrimiento del proyecto vial. Esto es importante, especialmente en zonas rurales como es el caso a evaluación, donde por lo general se necesitan obras de drenaje transversal de una luz, del material que el proyectista vial determine conveniente para el proyecto, con dimensiones mínimas, ya que funcionan en su máxima capacidad únicamente en épocas de mucha lluvia, quedándose sin uso la mayor parte del año. [5].

## 1.2 Hechos de interés

En la construcción de carreteras , se busca que el trazado de la vía en lo posible no atraviese la corriente de un cauce por los problemas que ocasiona, pero debido a que es imposible evitar los cauces, en la actualidad ya se hace uso de modelos hidrológicos e hidráulicos. [6].

Además, debido al incremento de precipitaciones que en algunos casos han causado daños significativos en la estructura vial, es evidente que el diseño de las obras de drenaje transversal y longitudinal no deben tomarse a la ligera.

Los daños producidos en las obras hidráulicas de drenaje en carreteras, indistintamente del orden en el que estén clasificadas, obligan a los ingenieros a pensar en soluciones más seguras y eficientes, con la finalidad de evitar pérdidas en el ámbito económico por el cierre de las carreteras o el costo que representa la reparación. [7].

Gencel [7] en su trabajo presenta una novedosa propuesta, la cual recomienda siempre que como resultado del análisis de precios su costo total sea significativamente inferior que el de un puente.

Esta propuesta consiste en asegurar los elementos de parapeto que están cercanos al drenaje, de tal manera estos sirvan de soporte para los taludes de protección mediante gaviones, garantizando que los muros tengan la altura suficiente para impedir el acceso libre de los flujos de agua al terraplén y se considera necesario que los cimientos en la entrada de la alcantarilla tengan suficiente profundidad con el objeto de evitar la erosión. [7].

De acuerdo con Cortés, Galán y Díaz [8] las obras de drenaje trasversal deben tener la capacidad de drenar el volumen de agua de una cuenca y controlar la erosión local en el interior del drenaje en presencia de avenidas fuertes.

Cortés, Galán y Díaz en su trabajo presentan un estudio que sirve como base para el análisis de la erosión local de un drenaje, producto de la velocidad y magnitud del caudal, obteniendo resultados con los que se podría implementar medidas de protección. [8].

De acuerdo con Taha, El-Feky, El-Saiad y Fathy cuando una alcantarilla se bloquea parcial o totalmente por material deslizado del talud o por la vegetación que la corriente de agua trae

a su paso en temporadas de lluvia, se produce una socavación local en el drenaje, por la acción de fuerzas hidrodinámicas, afectando la estabilidad de la estructura y por consiguiente el daño o colapso. [9]. La socavación podría afectar los cimientos y demás componentes de la estructura y la acumulación de material erosionado afectar la circulación del flujo en la salida de estructura. [10].

El mal drenaje en una carretera provoca que el pavimento falle prematuramente y no cumpla con el periodo de vida útil para el que fue diseñado, al menos, en los tramos donde el drenaje transversal se localiza. El colapso de las estructuras hidráulicas interfiere en la circulación vehicular, por lo tanto, en las actividades económicas. [11].

Perles, Pardo, Mérida y Olcina plantean una metodología que permite predecir los puntos susceptibles de quedar bloqueados tras una precipitación en la infraestructura viaria, clasificado en bloques por su peligrosidad y vulnerabilidad que a su vez se subdividen en módulos; en el que establece los problemas de drenaje de flujo hídrico, centrándose en la posibilidad de que el agua de los cauces que cruzan la carretera transversalmente se desborden por atasco del sistema de drenaje debido a la acumulación de aportes sólidos y esto afecte la carretera. [12].

Baraibar, en su trabajo desarrolla el proyecto DRAIN, el cual consiste en un programa multiplataforma con el cual es posible monitorear las condiciones del drenaje de una carretera, facilitando las labores de mantenimiento y el control preventivo o correctivo, puesto que, además de un adecuado dimensionamiento del drenaje es evidente que un correcto funcionamiento está estrechamente relacionado con las operaciones de mantenimiento; garantizando que el sistema trabaja de acuerdo a los valores de diseño. [13].

### **1.3 Objetivos de la investigación**

#### **Objetivo General**

Evaluar el drenaje transversal tipo cajón ubicado en el sector Chaguar, en la vía al cantón Chilla, a través de la medición de los elementos geométricos del drenaje, mediante la utilización del software Hydraflow Express, para determinar si las condiciones de este, permiten que el agua y los sedimentos que se producen en la cuenca natural, se drenen con facilidad

#### **Objetivos Específicos**

- Determinar las características geométricas del drenaje trasversal tipo cajón, mediante la obtención de datos topográficos en situ.
- Verificar las características presentes en el diseño del drenaje transversal mediante el uso de programas informáticos, para comprobar si el mismo cumple con los requerimientos hidrológicos de la zona.
- Comprobar los resultados obtenidos en la simulación de los softwares, con los datos geométricos del drenaje transversal existente en la vía de estudio.

## CAPITULO II

### **2. Fundamentación teórico - epistemológica del estudio**

#### **2.1 Descripción del enfoque epistemológico de referencia**

Las características geográficas, hidrológicas, geológicas y geotécnicas de Ecuador dan lugar a la existencia de problemas complejos en materia de drenaje aplicado a carreteras, [...], debido al carácter muy aleatorio de las múltiples variables (hidrológico-hidráulico, geológico-geotécnico) [...] el planteamiento de las soluciones respectivas, estarán afectados por niveles de incertidumbres y riesgos inherentes a cada proyecto. [14].

Por lo tanto, para cumplir con los requerimientos que el proyecto vial necesite, respecto a las obras de drenaje transversal, es indispensable el levantamiento de las características topográficas de las zonas donde se prevea la construcción de obra de drenaje, el estudio de las cuencas hidrográficas y las características del cauce. [14].

La Norma Ecuatoriana Vial (NEVI) en el Volumen No. 2-Libro A, Norma para Estudio y Diseños Viales establece que las estructuras de drenaje se deben diseñar para una vida útil de 50 años, suponiendo que se harán labores de manteniendo. [15].

El diseño de las obras de drenaje transversal se elige en función del perfil de la vía, los requerimientos hidráulicos, el límite de la elevación de la superficie del agua, los costos de construcción, su vida útil y los costos de mantenimiento, etc. [16].

La conservación de la red vial se fundamenta en las evaluaciones periódicas que se realicen a sus elementos como, el drenaje longitudinal, calzada y drenaje transversal que permitan proponer acciones de conservación si es necesario. [17]. Conociendo que las precipitaciones en Ecuador varían según la época del año, es importante que en el diseño de una carretera no se minimice la importancia de un diseño óptimo de las obras de drenaje transversal.

Desarrollar proyectos de construcción de redes viales constituye un reto por la incertidumbre que se genera en cada etapa del proyecto y por las restricciones presupuestarias de acuerdo a las necesidades de inversión según las condiciones de cada proyecto, siendo prioridad, seleccionar correctamente el tipo de pavimento y tipos de obras de drenaje transversal y longitudinal, logrando un equilibrio entre calidad del sistema vial y costo de la misma. [18].

## **2.2 Bases teóricas de la investigación**

### **2.2.1 Drenaje transversal**

“Las Obras de Drenaje Transversal (ODT) son estructuras construidas en las infraestructuras lineales, como carreteras y ferrocarriles, para regenerar la red de drenaje natural de la cuenca interceptada por ellas” [8].

Según Conesa y García [2]: “la efectividad de las obras de drenaje depende básicamente del tiempo de retorno de los caudales que pueden evacuar y la capacidad de su obstrucción por causa de los sedimentos propios de la actividad geomorfológica del sistema fluvial”.

Las obras de drenaje transversal en general se construyen con la finalidad de proteger la red vial y mantener sin interrupciones la movilidad vehicular y peatonal, siendo necesario la contemplación de obras hidráulicas de vertido al cauce según el lugar donde se emplazara la obra hidráulica. [19].

### **2.2.2 Alcantarillas**

Las alcantarillas son los conductos o tuberías subterráneas o superficiales, según el proyecto, las mismas que pueden ser de diversos tamaños y materiales, obedeciendo a una serie de cálculos hidráulicos. [20].

### **2.2.3 Tipos de alcantarillas**

El tipo de alcantarilla que se construya en un determinado proyecto vial estará condicionado por el sistema de mantenimiento que se requiera para conservar su funcionamiento a lo largo de la vida útil de la carretera y del costo de los materiales.

Es importante también considerar un diseño único de tipo de sección de alcantarilla que cumpla con todos los requisitos que se determinen de análisis hidrológico y el análisis hidráulico para no incrementar los costos de la obra.

### **2.2.4 Elementos de las alcantarillas**

**Estructura de entrada y salida:** en la entrada y salida de la corriente de agua debe construirse una losa de hormigón armado apoyada sobre el terreno natural, en el caso del drenaje tipo cajón esta losa inferior puede prolongarse. Además se construye un dentellón de hormigón debajo del borde exterior de la losa de hormigón en la entrada y salida con una

altura no menor a 0.60 medida desde la cara inferior de la losa y delante del dentellón se coloca enrocamiento protegido por geotextil. [21].

**Muros Cabezales:** “son paralelos al eje de la vía. Estos conjuntamente con los muros de ala evitaban que se obstruya el cauce de la corriente” [21].

**Muros de Ala:** “son estructuras que sirven para encausar el agua, transformando gradualmente el régimen: del que tenía en el cauce natural, al del interior y de la misma manera al regresarla al cauce” [21].

**Ducto:** a través de este se conduce el flujo del cauce natural que intercepta una carretera. La sección de este puede ser tipo cajón o circular múltiple o simple.

### **2.2.5 Daños típicos en alcantarillas**

De vez en cuando se pueden presentar grandes cambios en el flujo de los sistemas fluviales ya sea natural o artificial, por lo que es indispensable conocer y predecir los caudales máximos y mínimos que atravesaran la obra de drenaje transversal durante las distintas épocas del año, siendo necesaria esta información para el planeamiento y desarrollo proyectos viales, especialmente en la construcción de obras de drenaje transversal; garantizando su correcto funcionamiento a lo largo de su vida útil, sin presentar daños en la estructura. [22].

Teniendo en cuenta que normalmente el mantenimiento a la red vial solo se contempla en la limpieza del drenaje longitudinal y de señalización, es necesario que las estructuras de drenaje trasversal, para este caso, el drenaje tipo cajón, se opte por adecuar durante la construcción el suelo donde se construirá la obra y de la exploración previa y adecuamiento aguas arriba y aguas abajo del cauce, con el objeto de controlar aspectos relevantes que en el futuro afecten la estructura, obligando al contratista, siempre que los daños ocurran en el período de garantía, subsanar los problemas con excesivos costos en rehabilitación. [23].

Entre los fallos a los que está expuesta un drenaje transversal tenemos el colapso estructural, inestabilidad de los taludes del terraplén, colapso del terraplén por desarrollo de erosión interna y flujos sobre rasante los que a su vez pueden disgregar patologías como obstrucción del conducto, deterioro estructural en el interior del conducto y las embocaduras y deficiencias en la capacidad hidráulica. [24].

Además existen algunos daños que se presentan en los elementos del drenaje como las grietas en los muros de ala y muros cabezales, grietas en el ducto o tubería, grietas verticales en la unión entre muro cabezal y los muros de ala, fracturamientos en canales disipadores en la entrada o salida del drenaje transversal, hundimiento del ducto, exposición del acero en muro cabezal, ala y ducto y la socavación del concreto y suelo de fundación de muros de ala, solado y cabezal. [25].

### **2.2.6 Consideraciones de diseño**

Dentro de las consideraciones de diseño del sistema de drenaje transversal de una carretera tenemos las siguientes:

#### **La Localización**

La localización apropiada del sistema de drenaje transversal es aquella en la que en lo posible no se altere la alineación con el cauce y le permita al drenaje la circulación de la corriente de agua.

#### **Alineación**

“La localización óptima de una alcantarilla consistirá en proporcionar a la corriente una entrada y una salida directas” [21].

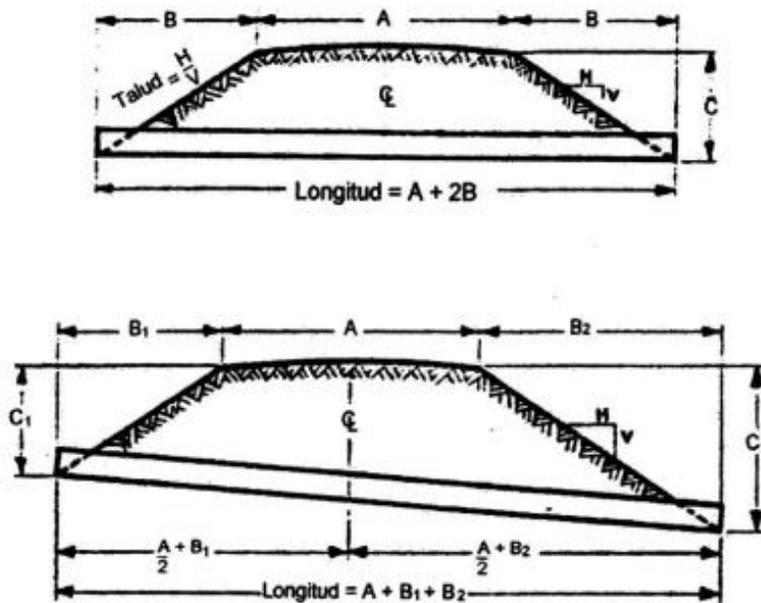
#### **Pendiente**

La pendiente mínima de la alcantarilla será 0,5%, esta dependerá de las características de la cuenca o quebrada donde se vaya a construir, puesto que se debe determinar la pendiente adecuada para evitar la sedimentación y daños en la entrada y salida del drenaje.

#### **Longitud de la alcantarilla**

*La longitud necesaria de una alcantarilla dependerá del ancho de la corona de la carretera, de la altura del terraplén, de la pendiente del talud, de la alineación y pendiente de la alcantarilla y del tipo de protección que se utilice en la entrada y salida de la estructura. La alcantarilla deberá tener una longitud suficiente para que sus extremos (entrada y salida) no queden obstruidos con sedimentos ni sean cubiertos por el talud del terraplén. [21].*

Figura 1. Longitud de la alcantarilla



Fuente: MTOP [21]

### Velocidad de la corriente

Las alcantarillas por su características, generalmente, incrementan la velocidad del agua con respecto a la de la corriente natural y sus altas velocidades en la salida son las más peligrosas, podría producirse una erosión potencial en ese punto, por lo tanto debe tenerse en cuenta e implementar medidas de protección. Para evitar este problema es necesario comparar la velocidad a la entrada y/o salida con la máxima velocidad permisible del componente material del cauce aguas arriba y/o aguas abajo. [21].

Koutroulis y Tsanis, citado por [21, p. 244] , manifiestan que las crecidas de caudal en temporadas de alta intensidad de lluvia es una la mezcla de agua y sedimentos en diferentes proporciones en los cauces de cuencas pequeñas y de zonas montañosas, con gran capacidad destructiva debido al aumento de su velocidad poniendo en riesgo las ODT (Obras de Drenaje Transversal).

## **Carga admisible a la entrada**

*A fin de evitar que el agua sobrepase la corona de la carretera, la altura permisible del remanso en la entrada de la alcantarilla se establecerá como el valor menor que resulte de considerar los siguientes criterios: a) disponer de un bordo libre mínimo de 1,00 m, medido desde el nivel de la rasante y b) que no será mayor a 1,2 veces la altura del ducto. [21].*

## **Selección del tipo**

*La sección de la alcantarilla se determina en función de la frecuencia y duración de las crecientes extraordinarias y la época del año en que se registran, por lo tanto, para sugerir las dimensiones es necesario determinar las cotas de los niveles de agua mínimas, aguas máximas ordinarias y aguas máximas extraordinarias en base a lo cual se obtiene los caudales correspondientes. [4].*

Es decir, con esta información es posible determinar, si es necesaria un ducto tipo cajón, circular u ovalado, así como el material a emplearse, ya sea de hormigón armado, de tubo de metal corrugado o láminas de acero estructural. Además se debe incluir una sección de seguridad, considerando que en tiempo de crecientes el cauce puede arrastrar cuerpos flotantes grandes que se encuentren a su paso las crecientes. [4].

De acuerdo con Parrilla y Juanco [27] las obras de drenaje transversal de hormigón son más recomendables para evitar la socavación en la base o en los muros, no se recomienda las de chapa ya que son muy sensibles a la erosión.

### **2.2.7 Parámetros de diseño**

#### **Topografía para obras mayores**

*Para toda obra de drenaje mayor, con una sección de 1.0 metros cuadrados o más, debe realizarse levantamientos topográficos para proyectar las obras requeridas, es decir, ubicación, longitud de la obra, obras complementarias a la entrada y salida y posibles obras de encauzamiento. [4].*

## **Área de drenaje**

Esta es posible determinar con las cartas topográficas del IGM, o gracias a los avances en tecnología relacionados con la ingeniería civil, se puede hacer uso de fotografías aéreas tomadas con drones, facilitando el trabajo en oficina para el cálculo del área de drenaje.

## **Cuenca de drenaje**

En los cauces donde se construirá la obra hidráulica se hará constar si el cauce: “Es estable o tiene tendencia a divagar, además es necesario indicar la tendencia general de la corriente; es decir si la corriente tiende a socavar o a depositar sedimentos” [4].

Estos parámetros deben determinarse para poder implementar medidas de protección del drenaje transversal si fuese posible, de lo contrario, se deben hacer cambios en el alineamiento de la vía.

Las altas intensidades de agua en temporada invernal incluyen en su aumento de caudal el arrastre de vegetación, sedimentos, rocas, por lo que es necesario asegurar que la escogencia de la obra hidráulica para esa red fluvial es la adecuada para asegurar las condiciones de drenaje de la carretera en las distintas etapas del año. [28].

Es importante conocer las características hidráulica e hidrológicas de la cuenca de drenaje para determinar si la mejor alternativa es un drenaje transversal ya sea este tipo cajón o circular y el número de ductos que serán necesarios para que el volumen de agua fluya sin ocasionar desbordamiento o cambios en su cauce, amenazando la capacidad de la obra de drenaje transversal para evacuar los caudales previstos en su diseño. [29].

## CAPITULO III

### 3. Proceso metodológico

#### 3.1 Diseño o tradición de investigación seleccionada

Las estructuras de drenaje transversal, como se ha descrito en apartados anteriores, marcan mucha importancia en la vida útil de las vías en el país, entonces, por esta razón es necesario que se desarrollen trabajos de evaluación de las condiciones en las que se encuentran estas estructuras a nivel nacional, proporcionando información a las autoridades competentes acerca del estado actual que permita implementar un plan de mantenimiento de los drenajes transversal y longitudinal, con el fin de evitar daños en las carreteras que comunican pueblos.

Este trabajo se ha basado en la evaluación del drenaje transversal tipo cajón ubicado en el sitio Chaguar, con el propósito de determinar si el drenaje que se ha construido recientemente cumple con las características geométricas que se requieren para el paso del caudal del afluente donde se ha construido.

#### 3.2 Proceso de recolección de datos en la investigación

##### 3.2.1 Cálculo de área de la microcuenca de aportación

A continuación se muestran los valores del área de la microcuenca de aportación del drenaje transversal, valores obtenidos mediante Google Earth y Globalmapper. Ver ANEXO A y ANEXO B, ANEXO C, ANEXO D, ANEXO E y ANEXO F para evidencia del proceso.

TABLA 1. Área de microcuenca de aportación Google Earth

<b>ANCHO</b>	523.35	Km <sup>2</sup>
<b>LARGO</b>	736.24	Km <sup>2</sup>
<b>ÁREA</b>	291.175	m <sup>2</sup>
<b>ÁREA</b>	29.1	Has

Elaborado por: Yoffre Vargas Aguilar

Tabla 2. Área de microcuenca de aportación Globalmapper

<b>ÁREA</b>	1	0.453	Km <sup>2</sup>
<b>ÁREA TOTAL</b>		0.453	Km <sup>2</sup>
<b>ÁREA TOTAL</b>		45.3	Hectáreas

Elaborado por: Yoffre Vargas Aguilar

### 3.2.2 Longitud del cauce y cálculo de la pendiente en la microcuenca de aportación

TABLA 3. Pendiente de la microcuenca de aportación

PENDIENTE PROMEDIO		
Longitud	400.15	Km
Elevación	2384.161	m
Elevación	2370.054	m
$\Delta Y$	14.107	m
S	0.0352543	m/m
S	3.525427965	%

Elaborado por: Yoffre Vargas Aguilar

### 3.2.3 Cálculo de caudal

Determinar el caudal Q en m<sup>3</sup>/seg, por el método racional modificado por Témez

$$Q = (0.278) CIA * K \text{ (Área en Km}^2\text{)}$$

$$Q = (CIA/360) * K \text{ (Área en hectáreas)}$$

El periodo de retorno se escoge en función del tipo de proyecto u obra, por lo tanto, para este caso el periodo de retorno corresponde de 50 a 100 años por tratarse de un drenaje vial.

Una vez que se conoce el periodo de retorno, se procede a determinar las intensidades máximas en la estación para periodos entre 50 y 100 años y tiempos de concentración mediante Kirpich.

$$Tc = 0.000323 \left[ \frac{L^{0.77}}{S^{0.385}} \right]$$

$$Q = (0.278) CIA * K \text{ (Área en Km}^2\text{)}$$

**Donde:**

Q: Descarga máxima de diseño ( $m^3/s$ )

C: Coeficiente de escorrentía (Ver ANEXO G)

I: Intensidad de precipitación máxima horaria (mm/h)

A: Área de la cuenca  $Km^2$

El valor de coeficiente de escorrentía se establecerá de acuerdo a las características hidrológicas y geomorfológicas de la quebrada cuyos cursos interceptan el alineamiento de

la carretera en estudio. En virtud a ello, los coeficientes de escorrentía varían según dichas características.

Tiempos de concentración mediante Kirpich:

$$T_c = 0.000323 \left[ \frac{L^{0.77}}{S^{0.385}} \right]$$

$T_c$  = Tiempo de concentración en horas

$L$  = Longitud del cauce en metros

$S$  = Pendiente del cauce en m/m

$$T_c = 0.000323 \left[ \frac{400.15^{0.77}}{0.0352543^{0.385}} \right]$$

$T_c = 0.118$  horas

**$T_c = 7.09$  min**

Para determinar las intensidades máximas en la estación para periodos de retornos entre 50 y 100 años y tiempos de concentración de 7.09 minutos, es necesario tener el dato de la Intensidad diaria para cada periodo de retorno ***IdTR***, registrada por la estación, (Tablas del INAMHI) y las ecuaciones representativas de la estación pluviográfica obtenidas de las Tablas del INAMHI.

TABLA 4. Intensidad duración frecuencia Estación M0040 Pasaje

ESTACIÓN		INTERVALOS DE TIEMPO (minutos)	ECUACIONES	R	R <sup>2</sup>
CÓDIGO	NOMBRE				
M0040	PASAJE	5<10	$i = 204.1950 * T^{0.1961} * t^{-0.5466}$	0.9866	0.9735
		10<120	$i = 146.6247 * T^{0.2233} * t^{-0.4013}$	0.9795	0.9594
		120<1440	$i = 1072.478 * T^{0.2209} * t^{-0.8244}$	0.9944	0.9889

Fuente: INAMHI

TABLA 5. Intensidad máxima (mm/h)

T (min)	Periodo de Retorno T (años)					
	2	5	10	25	50	100
5	97.1	116.2	133.1	159.3	182.5	209.0
10	67.9	83.4	97.3	119.4	139.4	162.7
15	57.7	70.8	82.7	101.5	118.5	138.3
20	51.4	63.1	73.7	90.4	105.6	123.2
30	43.7	53.6	62.6	76.8	89.7	104.7
60	33.1	40.6	47.4	58.2	67.9	79.3
120	24.1	29.6	34.5	42.2	49.2	57.3
360	9.8	12.0	13.9	17.1	19.9	23.2
1440	3.1	3.8	4.4	5.4	6.3	7.4

Fuente: INAMHI

Reemplazar los valores de las intensidades y las duraciones.

Para  $t = 7.09 \text{ min}$  y un  $TR$  de 50 años, la intensidad  $ITR$  es de:

$$ITR = 204.1950 \times T^{0.1961} \times t^{-0.5466} = 204.1950 \times 50^{0.1961} \times 7.09^{-0.5466} = 150.75 \text{ mm/hora}$$

Para  $t = 7.09 \text{ min}$  y un  $TR$  de 100 años, la intensidad  $ITR$  es de:

$$ITR = 204.1950 \times T^{0.1961} \times t^{-0.5466} = 204.1950 \times 100^{0.1961} \times 7.09^{-0.5466} = 172.70 \text{ mm/hora}$$

Cálculo del coeficiente de uniformidad K en horas

$$K = 1 + [(Tc^{1.25}) / (Tc^{1.25} + 14)]$$

$$K = 1 + [(0.118^{1.25}) / (0.118^{1.25} + 14)]$$

$$K = 1.004915$$

Determinar el caudal Q en  $\text{m}^3/\text{seg}$ , por el método racional modificado por Témez

$$Q = (0.278) \text{ CIA} * K (\text{Área en Km}^2)$$

$$Q = (0.278 \times 0.50 \times 150.75 \times 0.453) \times 1.004915$$

$$Q = 9.53 \text{ m}^3/\text{seg}$$

$$Q = (0.278) \text{ CIA} * K (\text{Área en Km}^2)$$

$$Q = (0.278 \times 0.50 \times 172.7 \times 0.453) \times 1.004915$$

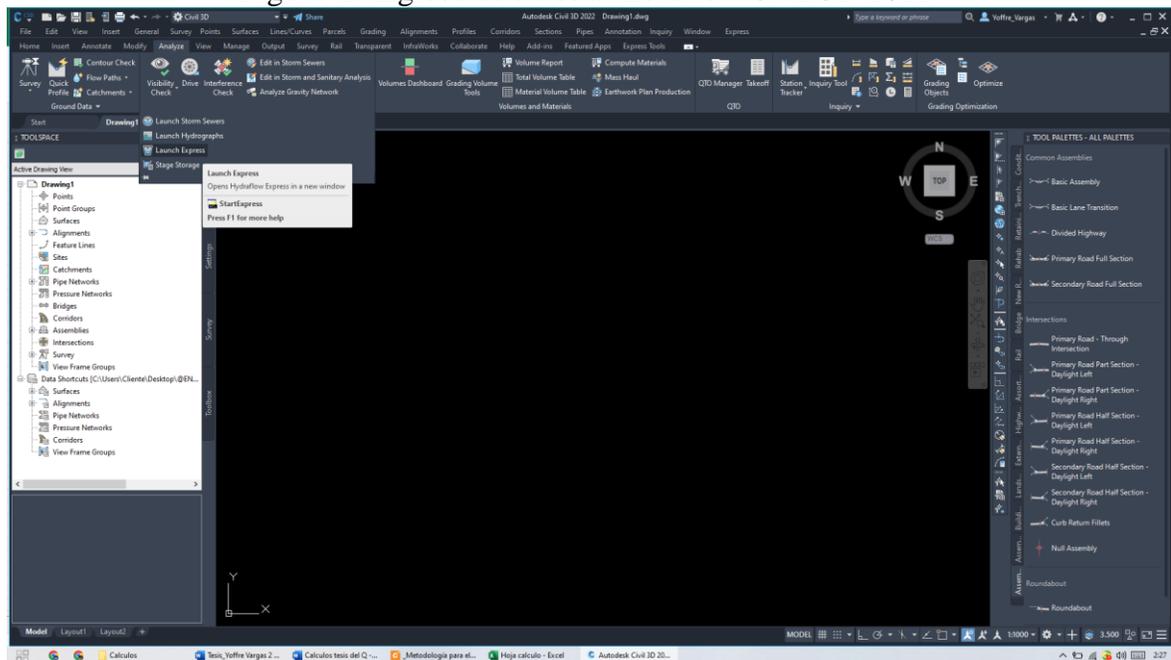
$$Q = 10.92 \text{ m}^3/\text{seg}$$

Del estudio hidrológico-hidráulico se obtiene el caudal al que el drenaje transversal estará expuesto durante toda su vida útil, pues, es evidente que al conocer cuál será el caudal que fluirá por el drenaje, se tendrá una perspectiva del nivel que puede alcanzar cuando partículas sólidas se incorporan al flujo dando lugar a caudales instantáneo máximos, respecto a la lámina de agua que se prevé circule por el drenaje, cambiando las condiciones hidráulicas del flujo. [30].

### 3.2.4 Ingreso de datos al programa Hydraflow Express

En la actualidad, los avances tecnológicos han permitido al ingeniero civil desarrollar proyectos optimizando tiempo, por lo tanto, haciendo uso de la tecnología para el desarrollo de este trabajo se usa del programa Hydraflow Express

Figura 2. Ingreso de datos a Hydraflow Civil 3D 2022.



Elaborado por: Yoffre Vargas Aguilar

Figura 3. Datos requeridos en Hidraflow Express

Section	Item	Input	
Pipe	Inv Elev Dn =	2384.1200	→ COTA AGUAS ABAJO
	Length (m) =	19.0000	→ LONGITUD DEL CANAL
	Slope (%) =	0.4997	→ PENDIENTE
	Inv Elev Up =	2384.2150	→ COTA AGUAS ARRIBA
	Rise (mm) =	2200.0	→ ALTURA DEL CANAL EN MM
	Shape =	Box	→ FORMA DEL CANAL "RECTANGULAR"
	Span (mm) =	2200.0	→ BASE DEL DUCTO EN MM
	No. Barrels =	1	→ # DE TUBOS
	n-value =	0.013	→ COEFICIENTE DE MANNING
	Culvert Type =	Rectagular Concrete	→ FORMA GEOMETRICA DE LA ALCANTARILLA
	Culvert Entrance =	Tapered inlet throat	→ TIPO ENTRADA DE LA ALCANTARILLA
Embank	Top Elev =	2391.3800	→ COTA DE LA VÍA
	Top Width (m) =	7.5000	→ ANCHO DE LA VÍA (INC. BERMA)
	Crest Len (m) =	5.0000	→ CRESTA DEL CANAL
Calcs	Q Min (cms) =	0.0000	→ CAUDAL MÍNIMO
	Q Max (cms) =	10.9200	→ CAUDAL MÁXIMO
	Q Incr (cms) =	1.0000	→ INCREMENTO DEL CAUDAL
	Tailwater (m) =	Critical	→ NIVEL HIDRÁULICO

Elaborado por: Yoffre Vargas Aguilar

TABLA 6. Datos ingresados en Hydraflow Express

Ingreso de datos al Hydraflow Express		
Sección	Ítem	Ingreso de datos
Tubería	Extremo aguas abajo tubería	2384.12
	Longitud (m)	19.00
	Pendiente (%)	0.5
	Extremo aguas arriba tubería	2384.21
	Altura (mm)	2200
	Forma	box
	# Tubos	1
	Coficiente de Manning	0.013
	Forma Geométrica de la Alcantarilla	Rectangular concrete
	Entrada a la alcantarilla	Muro de ala
Terraplén	Cota superior terraplén (rasante)	2391.38
	Ancho carriles (7.5 m)	7.50
	Longitud cresta vertedero	5.000
Caudales	Caudal mínimo (m3)	0
	Caudal máximo (m3)	10.92
	Incremento de caudal (m3)	1
	Nivel hidráulico (m3)	Critico

Elaborado por: Yoffre Vargas Aguilar

### 3.2.5 Inspección visual de drenaje tipo cajón

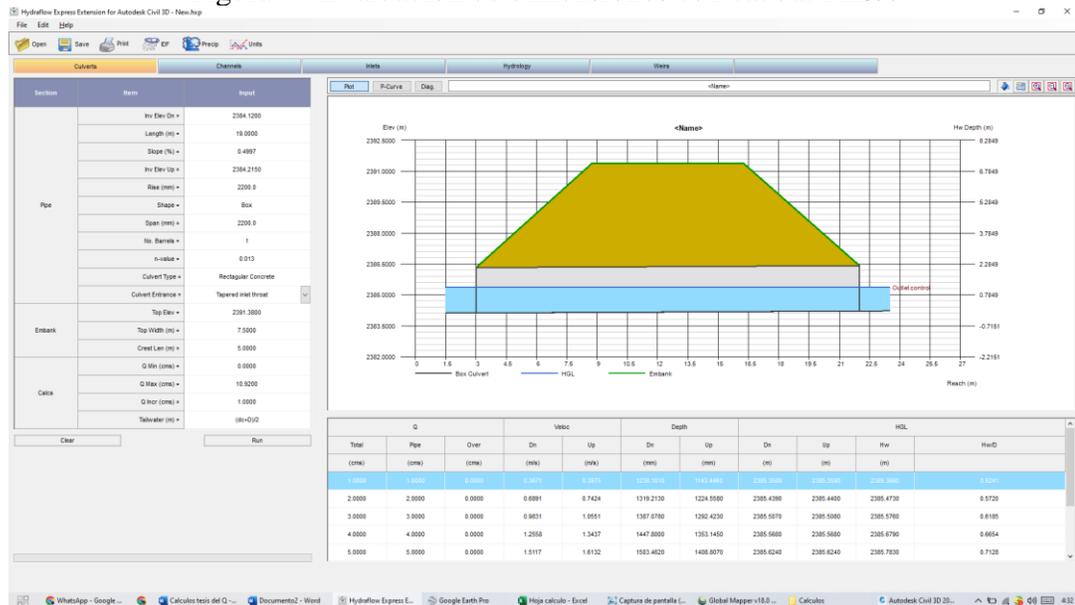
La inspección visual es una herramienta que aporta a la evaluación del drenaje transversal tipo cajón, a través de la observación a los muros de ala, a los terraplenes, condiciones del ducto, si existen estructuras de entrada y las estructuras de salida.

Al ser una obra hidráulica recientemente construida no muestra daños en su estructura y no hay acumulación de sedimentos en la entrada y salida del drenaje producto del acarreo de material. Ver ANEXO H.

### 3.3 Sistema de categorización en el análisis de los datos

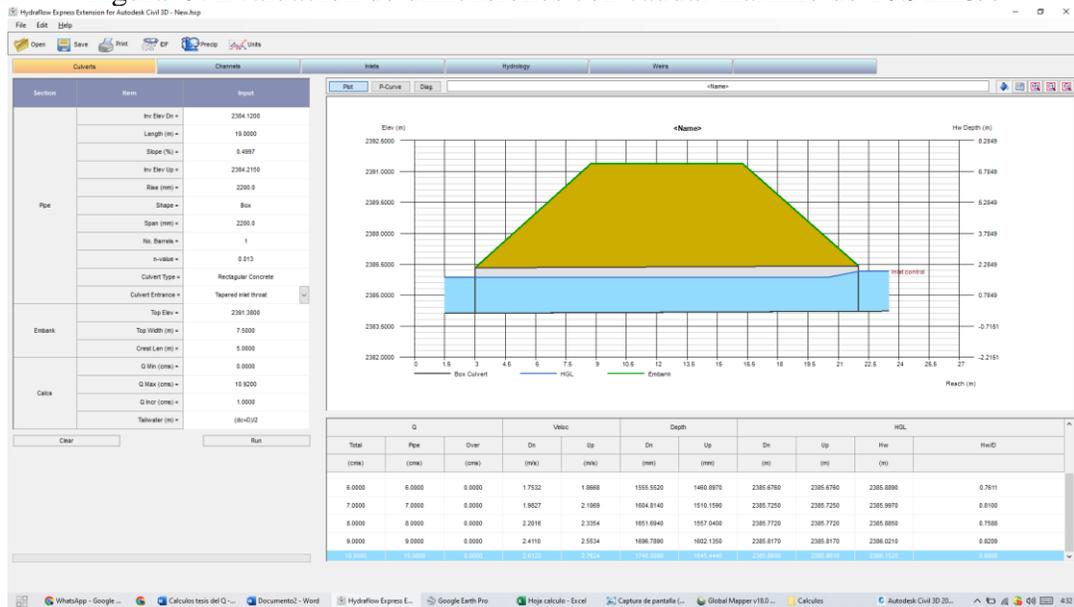
De los valores ingresados anteriormente se evidencian en este apartado resultados de la evaluación del drenaje transversal tipo cajón obtenidos del programa Hidraflow Express, con el fin de demostrar si las características geométricas de la obra hidráulica son las adecuadas para el caudal máximo determinado en este trabajo.

Figura 4. Evaluación de dimensiones con caudal 1m<sup>3</sup>/s



Elaborado por: Yoffre Vargas Aguilar

Figura 5. Evaluación de dimensiones con caudal máximo de 10.92m<sup>3</sup>/s



Elaborado por: Yoffre Vargas Aguilar

### “Método de Manning”

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

Q: El caudal máximo probable en m<sup>3</sup>/seg

A: Área de la microcuenca de aportación en km<sup>2</sup>

R: El radio hidráulico en m

S: La pendiente de la planicie en m/m

n: El coeficiente de rugosidad de manning

Sección	Area hidráulica A	Perímetro mojado P	Radio hidráulico R	Espejo de agua T
<p>Rectangular</p>	by	b+2y	$\frac{by}{b+2y}$	b

$$Q = \frac{(0.453)(0.73)^{2/3}(0.0352675)^{1/2}}{0.013}$$

$$Q = 5.32 \text{ m}^3/\text{seg}$$

## CAPITULO IV

### 4. Resultado de la investigación

#### 4.1 Descripción y argumentación teórica de resultados

De la evolución realizada, con la visita en sitio, los cálculos realizados y la utilización de programas como Hidraflow Express de Civil 3D se evidencia que las características geométricas actuales del drenaje transversal tipo cajón cumplen, es decir, al ser evaluada para un caudal mínimo de 1 m<sup>3</sup>/seg y el caudal máximo 10.92 m<sup>3</sup>/seg obtenido del proceso matemático realizado, se constata que este caudal fluirá a través del drenaje tipo cajón sin causar daños en la estructura, ya sea en los muros o en la parte interna del ducto.

#### Conclusiones

- De la información levantada en la visita de campo se obtuvieron datos para el desarrollo de este trabajo, los mismos que a su vez son útiles para determinar la sección transversal del drenaje transversal.
- Los valores obtenidos del proceso matemático y de la utilización de programas como Google Earth y Globalmapper se ingresaron en Hidraflow Express, evaluando el drenaje para un caudal mínimo de 1 m<sup>3</sup>/seg y un caudal máximo de 10.92 m<sup>3</sup>/seg, obteniendo como resultado que las características geométricas del drenaje cumple con los requerimientos hidrológicos de la zona.
- Los procesos de evaluación de las obras de drenaje transversal abarcan datos obtenidos de la inspección visual, sobre las condiciones en las que se encuentra la obra hidráulica, información que ayuda a determinar si es óptima su estructura para el flujo de un afluente. De la inspección visual se puede mencionar que tanto los muros de ala, el ducto tipo cajón y la entrada y salida del drenaje están en óptimas condiciones.

## **Recomendaciones**

Para el proceso matemático es importante tomar los valores que corresponden según el tipo de proyecto u obra, en cuanto al coeficiente de escorrentía, donde además se necesita conocer la cobertura vegetal de la zona donde se ha construido el drenaje.

También, se debe recurrir a las tablas que detalla el INAMHI, las mismas que se encuentran por zonas y de las cuales se puede obtener la intensidad máxima en la estación según el periodo de retorno que corresponda.

Para determinar el área de aportación de la microcuenca se debe considerar solo aquella que realmente aporte.

## BIBLIOGRAFÍA

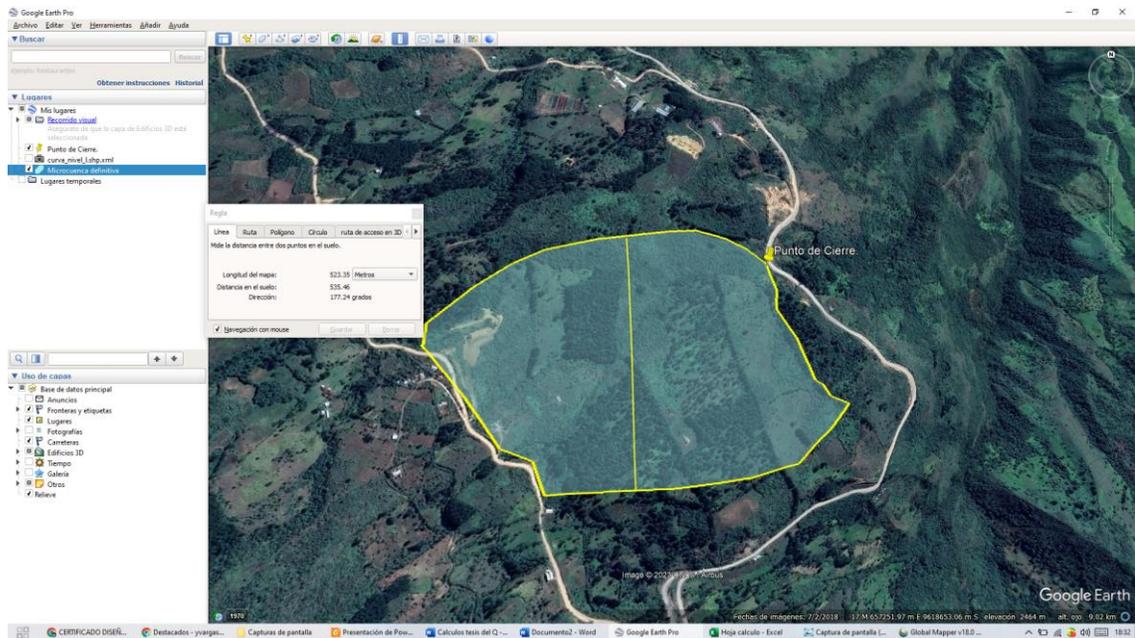
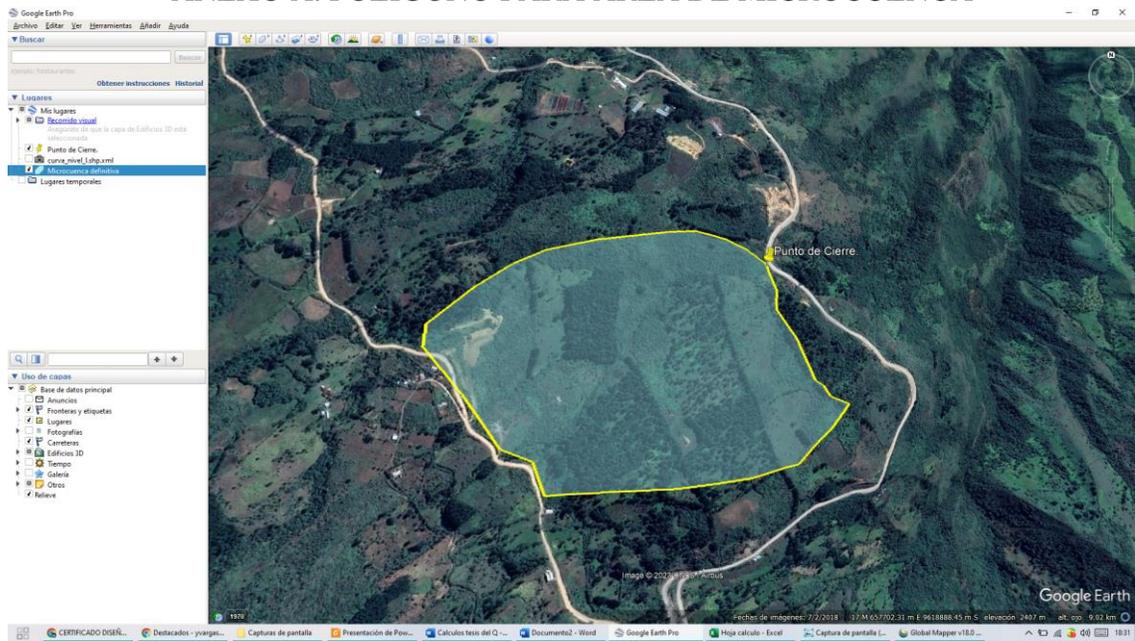
- [1] S. Caro and B. Caicedo, “Tecnologías Para Vías Terciarias: Perspectivas Y Experiencias Desde La Academia,” *Rev. Ing.*, vol. 45, pp. 12–21, 2017.
- [2] C. Conesa and R. García, “Factores e índices de peligrosidad de las aguas de avenida en cruces de carreteras con ramblas. Estudio aplicado a la vertiente Litoral Sur de la región de Murcia,” *Bol. la Asoc. Geogr. Esp.*, no. 57, pp. 195–218, 2011.
- [3] C. Conesa and R. García, “Criterios hidromorfológicos para la mejora de la eficiencia de obras de drenaje pequeñas en pasos de carreteras sobre ramblas,” *Papeles Geogr.*, vol. 51–52, pp. 85–94, 2010.
- [4] Ministerio de Transporte y Obras Públicas del Ecuador, *Norma Ecuatoriana Vial - NEVI 12*, vol. 1. Quito, 2013, p. 83.
- [5] A. L. Altamira, “Diseño Geométrico de Caminos de Montaña: particularidades y desafíos,” *Av. Investig. en Ing.*, vol. 17, no. 2, pp. 1–15, Dec. 2020.
- [6] J. C. Rincón and M. de los A. Perozo, “Comportamiento hidráulico de la quebrada Atarigua en el cruce con el puente ubicado sobre la troncal 7, Municipio Jiménez Edo. Lara,” *Rev. Ing. UC*, vol. 21, no. 1, pp. 77–86, 2014.
- [7] Z. Gencel, “Diseño mejorado de alcantarillas de drenaje pluvial en carreteras,” *Ing. Hidráulica y Ambient.*, vol. 34, pp. 77–85, 2013.
- [8] R. Cortés, Á. Galán, and S. Díaz, “Modelización numérica 3D de la erosión local a la salida de obras de drenaje transversal,” *Ing. del agua*, vol. 23, no. 2, pp. 123–139, 2019.
- [9] N. Taha, M. M. El-Feky, A. A. El-Saiad, and I. Fathy, “Numerical investigation of scour characteristics downstream of blocked culverts,” *Alexandria Eng. J.*, vol. 59, no. 5, pp. 3503–3513, 2020.
- [10] M. Mehnifard, S. Dalfardi, H. Baghdadi, and Z. Seirfar, “Simulation of local scour caused by submerged horizontal jets with Flow-3D numerical model,” *Desert (Biaban)*, vol. 20, no. 1, pp. 47–55, 2015.
- [11] P. Abhijit, “Effects of Bad Drainage on Roads,” *Civ. Environ. Res.*, vol. 1, pp. 1–8, 2011.
- [12] M. J. Perles Roselló, S. M. Pardo García, M. Mérida Rodríguez, and J. Olcina Cantos, “Metodología para la predicción de puntos de riesgos múltiples en infraestructuras viarias tras episodios torrenciales (road-risk),” *Boletín la Asoc. Geógrafos Españoles*, no. 80, pp. 1–40, 2019.
- [13] J. Baraibar, “El Proyecto DRAIN una plataforma para la gestión optimizada de sistemas de drenaje en el mantenimiento de carreteras,” *Rutas: Revista de la Asociación Técnica de Carreteras*, vol. 189, pp. 33–40, 2021.
- [14] Ministerio de Transporte y Comunicaciones, *Manual de Hidrología, Hidráulica y Drenaje*. 2008.

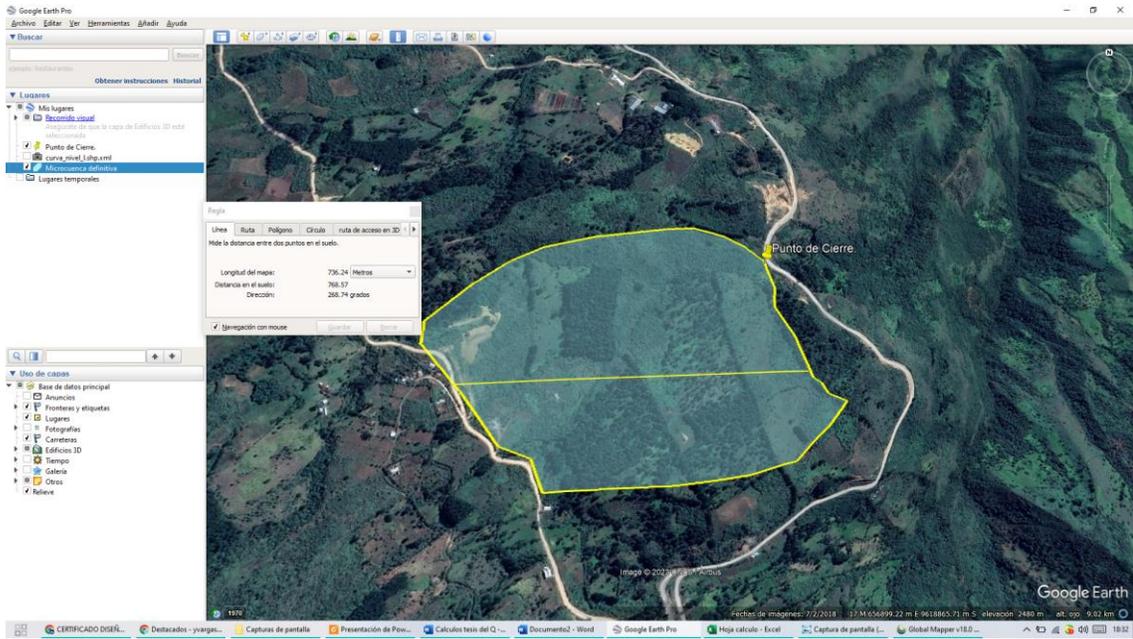
- [15] Ministerio de Transporte y Obras Públicas del Ecuador, “Volumen No. 2 - Libro A Norma para estudios y diseños viales,” in *Volumen No. 2 - Libro A Norma para estudios y diseños viales*, vol. Volumen 2A, Quito, 2013, pp. 1–382.
- [16] E. Briceño, F. Oñate, and A. Oñate, “Evaluación de la capacidad de transporte de caudales y sedimentos del drenaje transversal en una carretera montañosa en los Andes del Ecuador,” *Av. Investig. en Ing.*, vol. 18, no. 1, pp. 1–14, 2020.
- [17] R. García, L. Dávila, and J. Alba, “Indicaciones sobre la evaluación de la infraestructura de carreteras para Cuba infraestructura de carreteras para Cuba,” *Rev. Arquit. e Ing.*, vol. 3, no. 1990–8830, p. 12, 2021.
- [18] R. Arias and J. D. Rodríguez, “Criterios ambientales y socioeconómicos para priorizar inversiones en la red vial de Costa Rica,” *Infraestruct. Vial*, vol. 20, no. 35, pp. 12–19, 2018.
- [19] H. Ávila, “Perspectiva del manejo del drenaje pluvial frente al cambio climático - caso de estudio: ciudad de Barranquilla, Colombia\*,” *Rev. Ing.*, no. 36, pp. 54–59, 2012.
- [20] J. Morales and A. Parra, “Mejoras al método usual de diseño hidráulico de alcantarillas,” *Ing. Hidráulica Y Ambient.*, vol. XXXIV, no. 1, pp. 3–18, 2013.
- [21] CORPECUADOR, *Normas de Diseño Geometrico de Carreteras*, vol. 2. 2003.
- [22] A. Santos, C. Cubillos, and A. Vargas, “Modelación hidráulica de un sector de río caudaloso con derivaciones empleando HEC-RAS,” *Av. en Recur. Hidráulicos*, vol. 17, pp. 45–54, 2008.
- [23] C. Murillo, “Desafíos Para El Desarrollo De La Red Vial Terciaria En El Posconflicto,” *Rev. Ing.*, no. 45, pp. 32–39, 2017.
- [24] J. Campos, J. González, S. Diaz, and Á. Galán, “Metodología para la evaluación del riesgo y la priorización de inversiones en el mantenimiento de obras de drenaje transversal,” *JIA*, pp. 1–10, 2017.
- [25] Instituto Nacional de Vías [INVIAS] and Universidad Nacional de Colombia [UNAL], *Manual para la Inspección Visual de Estructuras de Drenaje*. 2006, p. 62.
- [26] E. Aristizábal, M. Arango, and I. García, “Definition and classification of torrential avenues and their impact in the Colombian Andes,” *Cuad. Geogr. Rev. Colomb. Geogr.*, vol. 29, no. 1, pp. 242–258, 2020.
- [27] Á. Parrilla and Á. Juanco, “Algunos aspectos prácticos del drenaje superficial de carreteras,” *Rutas: Revista de la Asociación Técnica de Carreteras*, pp. 8–17, 2012.
- [28] M. Awwad, “Studying the effects of roads geometry and design parameters on the pavement drainage system,” *Civ. Eng. J.*, vol. 7, no. 1, pp. 49–58, 2021.
- [29] C. Conesa and R. García, “Flood hazard assessment for bridge crossings over ephemeral channels a case study of the Murcia coast (SE Spain),” *Cuad. Investig. Geográfica*, vol. 40, no. 1, pp. 119–146, 2014.
- [30] A. Gallegos and M. J. Perles, “Metodología para el análisis integrado de peligros

asociados a la inundación: propuesta adaptada a la ordenación territorial en regiones mediterráneas,” *Boletín la Asoc. Geógrafos Españoles*, no. 86, 2020.

# ANEXOS

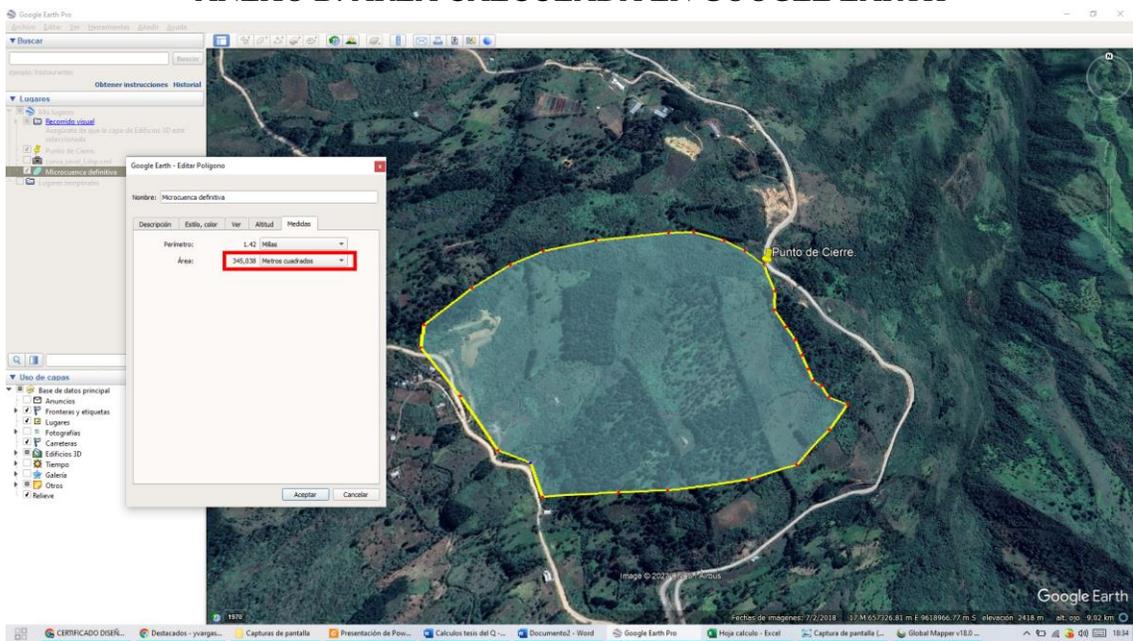
## ANEXO A. POLÍGONO PARA ÁREA DE MICROCUENCA

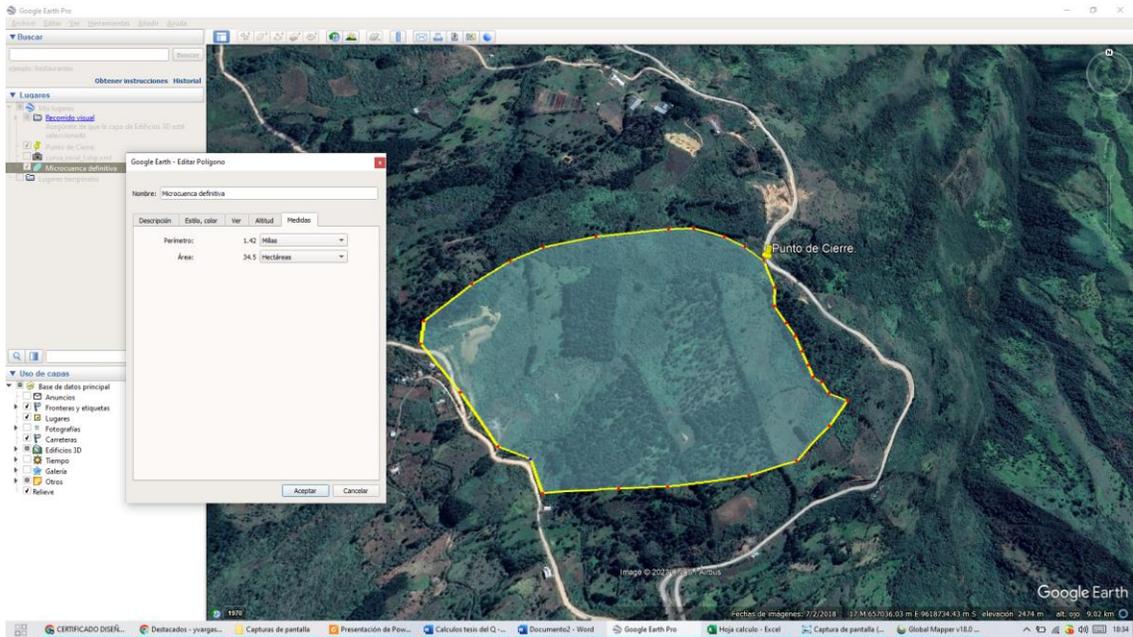




Elaborado por: Yoffre Vargas Aguilar

## ANEXO B. ÁREA CALCULADA EN GOOGLE EARTH

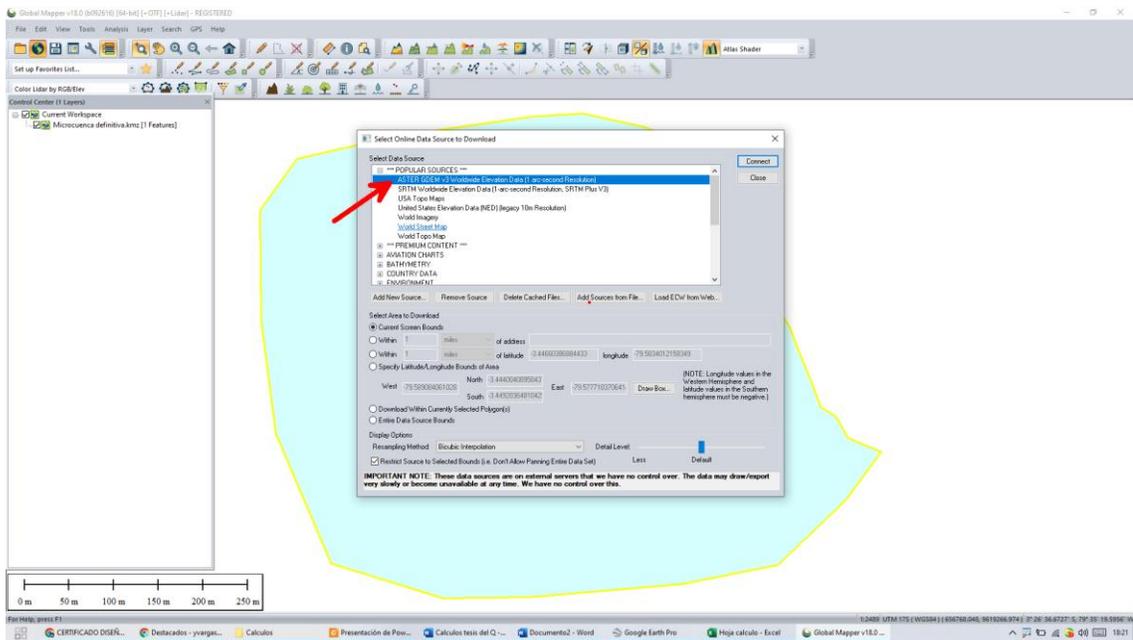
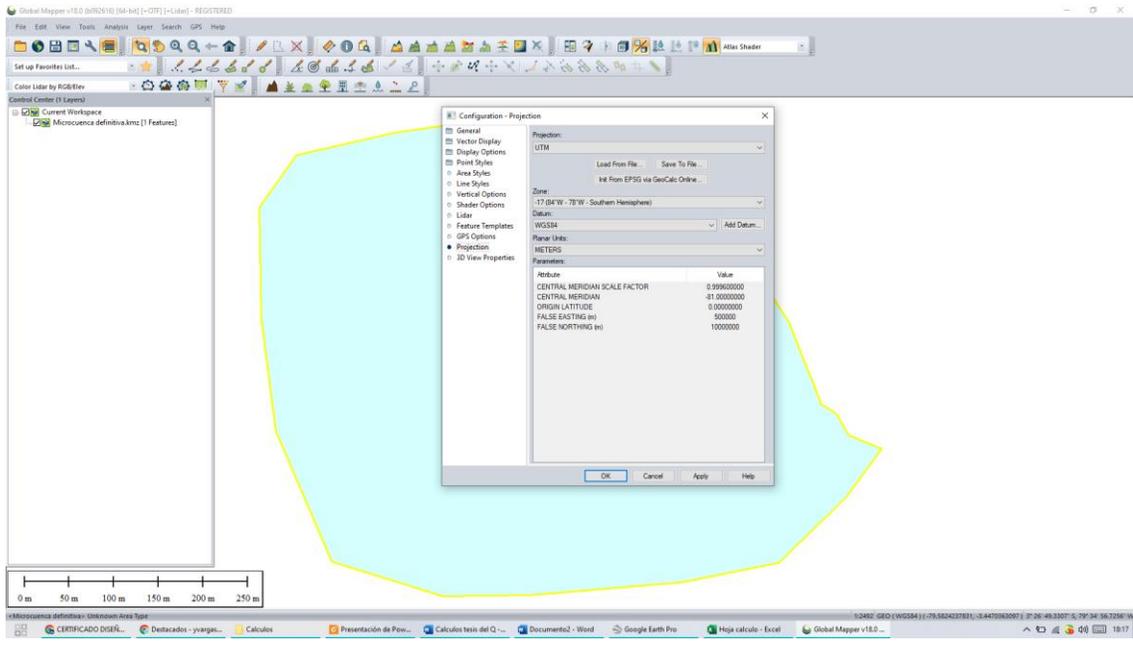




Elaborado por: Yoffre Vargas Aguilar

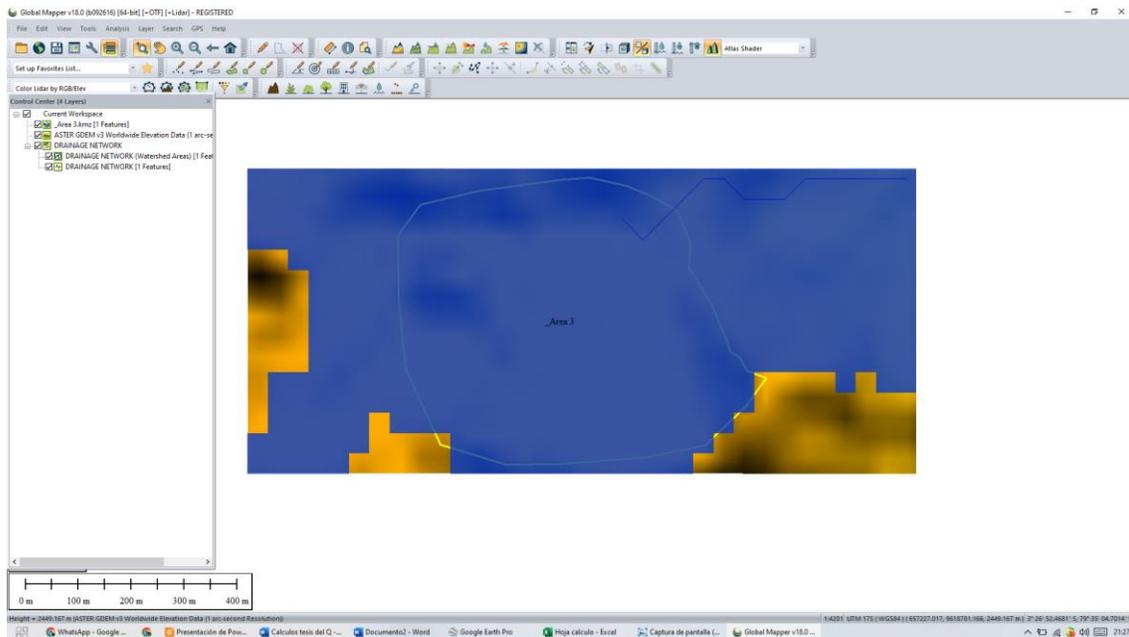
## ANEXO C. DETERMINACIÓN DE ÁREA DE APORTACIÓN CON GLOBALMAPPER





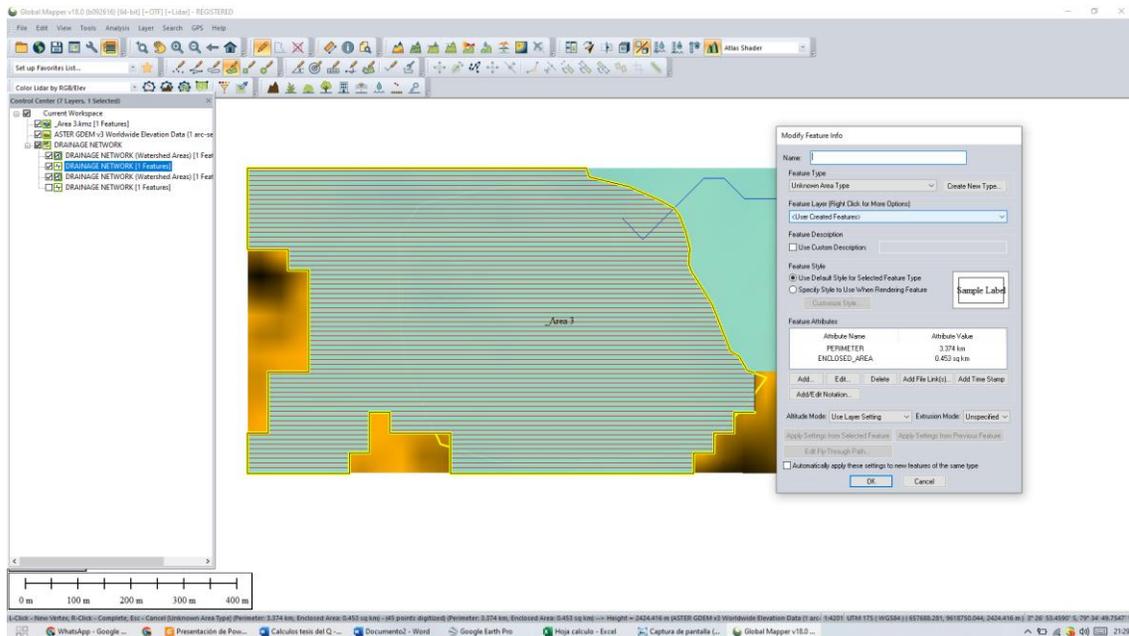
Elaborado por: Yoffre Vargas Aguilar

## ANEXO D. CREACIÓN DE CUENCA HIDROGRÁFICA EN GLOBALMAPPER



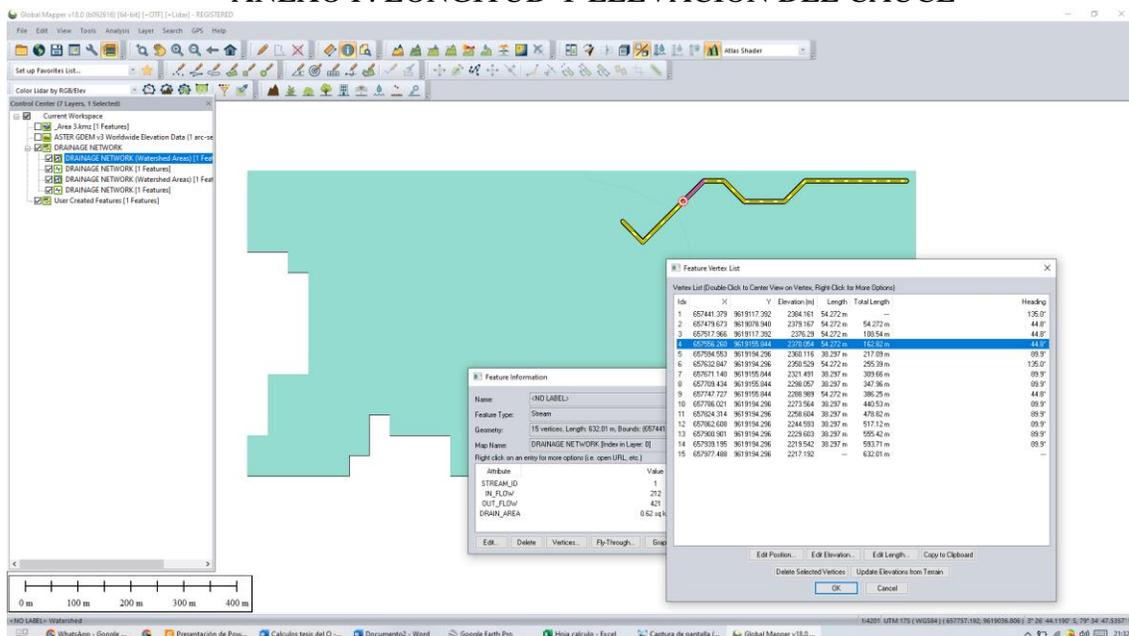
Elaborado por: Yoffre Vargas Aguilar

## ANEXO E. ÁREA DE CUENCA CON GLOBALMAPPER



Elaborado por: Yoffre Vargas Aguilar

## ANEXO F. LONGITUD Y ELEVACIÓN DEL CAUCE



Elaborado por: Yoffre Vargas Aguilar

## ANEXO G. COEFICIENTE DE ESCORRENTÍA MÉTODO RACIONAL.

COBERTURA VEGETAL	TIPO DE SUELO	PENDIENTE DEL TERRENO				
		Pronunciada	Alta	Media	Suave	Despreciable
		>50%	>20%	>5%	>1%	<1%
Sin vegetación	Impermeable	0.80	0.75	0.70	0.65	0.60
	Semipermeable	0.70	0.65	0.60	0.55	0.50
	Permeable	0.50	0.45	0.40	0.35	0.30
Cultivos	Impermeable	0.70	0.65	0.60	0.55	0.50
	Semipermeable	0.60	0.55	0.50	0.45	0.40
	Permeable	0.40	0.35	0.30	0.25	0.20
Pastos, vegetación ligera	Impermeable	0.65	0.60	0.55	0.50	0.45
	Semipermeable	0.55	0.50	0.45	0.40	0.35
	Permeable	0.35	0.30	0.25	0.20	0.15
Hierba, grama	Impermeable	0.60	0.55	0.50	0.45	0.40
	Semipermeable	0.50	0.45	0.40	0.35	0.30
	Permeable	0.30	0.25	0.20	0.15	0.10
Bosques, densa vegetación	Impermeable	0.55	0.50	0.45	0.40	0.35
	Semipermeable	0.45	0.40	0.35	0.30	0.25
	Permeable	0.25	0.20	0.15	0.10	0.05

Fuente: MTOP 2003.

ANEXO H. VISITA DE CAMPO PARA LEVANTAMIENTO DE INFORMACIÓN





Memoria fotográfica de la visita de campo para el levantamiento de información y de la Inspección Visual.

