

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA
FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS PROFESIONAL

**“EVALUACIÓN HIDROLÓGICA E HIDRÁULICA DE LOS
DRENAJES TRANSVERSALES EN LA CARRETERA
COCAHUAYCO – COCACHIMBA – BONGARÁ -
AMAZONAS”**

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO CIVIL

PRESENTADO POR:
Bach. EDWIN MEDARDO CASTILLO ALTAMIRANO

ASESOR:
Ph.D. Ing. SANTOS OSWALDO ORTIZ VERA

JAÉN – CAJAMARCA – PERÚ
2017

COPYRIGHT©2017 by
CASTILLO ALTAMIRANO EDWIN MEDARDO
Todos los derechos reservados

AGRADECIMIENTOS

A mis padres con todo mi cariño y mi amor que hicieron todo en la vida para que yo pudiera lograr mis sueños, por motivarme y darme la mano cuando sentía que el camino se terminaba y la fuerza necesaria cuando estoy sin vitalidad. Gracias (Basilio Castillo Cruz y Hormecinda Altamirano Díaz)

A mis maestros por su gran apoyo, dirección, paciencia, entrega y motivación con sus palabras de aliento para la elaboración de esta tesis.

**CON RESPETO Y ADMIRACIÓN GRACIAS SERES QUERIDOS
GRACIAS A LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA**

Mi tesis la dedico con todo mi amor y respeto.

A ti mamá y papá (Hormecinda Altamirano Díaz y Basilio Castillo Cruz) porque creyeron en mí y me sacaron adelante, dándome ejemplos dignos de superación y entrega, porque en gran parte gracias a ustedes, hoy puedo ver alcanzada mi meta, la cual constituye la herencia más valiosa que pude recibir.

Este trabajo es para ustedes ya que estuvieron impulsándome en todo momento y a lo largo de mi carrera, y por qué el orgullo que sienten por mí, fue lo que me hizo ir hasta el final.

LISTA DE CONTENIDO

1. Portada	I
2. Agradecimiento	III
3. Dedicatoria	IV
4. Lista de contenido	V
5. Índice general	VI
6. Índice de tablas	VIII
7. Índice de figuras	IX
8. Índice de anexos	X
9. Resumen	XI
10. Abstract	XII

INDICE GENERAL

CAPÍTULO I	1
INTRODUCCIÓN	1
1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	2
1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	2
1.3 JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN.....	2
1.4 ALCANCES O DELIMITACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN.....	3
1.5 OBJETIVOS.....	3
• Objetivo General	3
• Objetivos Específicos.....	3
CAPÍTULO II.....	5
MARCO TEÓRICO	5
2.1.- ANTECEDENTES:	5
2.2.- TÉRMINOS BÁSICOS:.....	6
a) Carretera	6
b) Drenaje superficial.....	6
c) Drenaje transversal	6
d) Hidráulica	6
e) Hidrología.....	7
f) Intensidad.....	7
g) Precipitación	7
2.3.- REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA:.....	8
A) EVALUACIÓN DE TALUDES:	9
B) ESTUDIO HIDROLÓGICO:.....	12
Duración	19
Frecuencia.	19
Riesgo de falla (J).....	19
tiempo o periodo de retorno (T_r):	20
Vida útil (N):	20
Coeficiente de escorrentía (C):.....	21
Descarga de diseño (Q):	21
B) ANALISIS HIDRAULICO.....	28
Diseño de obras de arte menor.	28
Diseño de cunetas.....	28
Diseño de alcantarillas y aliviaderos de cunetas.	30

Diseño de obras de drenaje de arte mayor.....	37
Puentes.....	37
CAPITULO III.....	46
MATERIALES Y MÉTODOS	46
3.1. UBICACIÓN GEOGRÁFICA.....	46
3.2. ANÁLISIS ESTADÍSTICOS DE DATOS HIDROLÓGICOS	48
3.3. DETERMINACIÓN DE AREAS DE DRENAJE (ARC-GIS)	49
3.4.- METODOLOGIA DE TRABAJO.....	52
CAPITULO IV.	56
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	56
4.1 RESULTADOS	56
A) ESTIMACION DE LOS PARAMETROS GEOMETRICOS DE TALUDES....	56
B) ESTIMACION DE LOS PARAMETROS GEOMORFOLOGICOS	56
C) MODELAMIENTO HIDROLÓGICO DE INTENSIDADES DE DISEÑO.....	70
D) DIMENSIONAMIENTO DEL SISTEMA DE DRENAJE	82
E) COMPARACIÓN DE LAS ESTRUCTURAS DE DRENAJE DISEÑADAS CON LAS EXISTENTES.....	102
4.2 DISCUSIÓN DE RESULTADOS	103
CAPITULO V.....	104
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	104
5.1. CONCLUSIONES	104
5.2. RECOMENDACIONES	105
BIBLIOGRAFÍA	106
ANEXOS	108

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Taludes de corte	11
Tabla 2: Formas estándar de cuencas en base al índice de Gravelius.....	16
Tabla 3. Valores máximos recomendados de riesgo admisible de obras de drenaje	19
Tabla 4. Tiempo de retorno para diferentes tipos de estructuras	20
Tabla 5. Valores para el coeficiente de escorrentía “C” método racional	21
Tabla 6. Dimensiones mínimas de cunetas	24
Tabla 7. Principales Cruces de Aguas	27
Tabla 8. Velocidades límites admisibles	29
Tabla 9. Obras de arte menor existentes	35
Tabla 10. Obras de arte mayor existente	35
Tabla 11. Números de curva de escorrentía para usos selectos de tierra agrícola, suburbana y urbana (condiciones antecedentes de humedad) $I_a = 0.2*S$	40
Tabla 12. Información estaciones meteorológicas.....	49
Tabla 13. Áreas de aporte para cada una de las cuencas estudiadas.....	50
Tabla 14. Cuencas, microcuencas y método de caudal de diseño	51
Tabla 15. Resumen de los caudales de diseño por el método racional	52
Tabla 16. Parámetros geomorfológicos de la quebrada Cajahuache y río Amojú.....	53
Tabla 17. Localización de datos geométricos de taludes vulnerables e inestables.....	56
Tabla 18. Intensidades máximas de precipitación - estación pluviométrica Jaén, cuenca río Amojú.....	70-75
Tabla 19. Intensidades máximas de precipitación transferidas a la cuenca de la quebrada Cajahuache.....	76-81
Tabla 20. Intensidades máximas para estructuras de arte menor con riesgo admisible del 35%.....	81
Tabla 21. Intensidades determinadas para el tiempo de concentración.....	81
Tabla 22. Resumen de diseño de cunetas.....	84
Tabla 23. Calculo de cunetas régimen crítico.....	85
Tabla 24. Situación actual de las alcantarillas.....	87
Tabla 25. Resumen comparativo entre alcantarillas existentes y diseñadas.....	102

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.	Sección de diseño de cunetas.....	23
Figura 2.	Sección de calzada.....	23
Figura 3.	Localización de una contracuneta trapecial en un terreno natural.....	24
Figura 4.	Detalle de tubería metálica corrugada.....	26
Figura 5.	Detalle típico de baden.....	26
Figura 6.	Elementos geométricos en una alcantarilla de sección circular	32
Figura 7.	Elementos geométricos en una alcantarilla de sección rectangular	33
Figura 8.	Cálculo de la longitud de una Alcantarilla con Pendiente suave.....	34
Figura 9.	Cálculo de la Longitud de una Alcantarilla con Pendiente Fuerte.....	34
Figura 10.	Definición Esquemática del Flujo de Alcantarillas.....	36
Figura 11.	Modelamiento hidrológico de las cuencas con el ARG-GIS.....	38
Figura 12.	Variables que intervienen en el desarrollo del Método SCS.....	39
Figura 13.	Rango de pendientes en la cuenca hidrográfica del puente.....	41
Figura 14.	Entorno del modelo HMS concerniente a la cuenca hidrográfica del puente.....	42
Figura 15.	Sección transversal de un cauce a considerar en el estudio de la socavación.....	44
Figura 16.	Plano de ubicación y localización UL-01.....	46
Figura 17.	Áreas de aporte de cada una de las cuencas estudiadas.....	50
Figura 18.	Delimitación de cuenca de la quebrada Cajahuache.....	52
Figura 19.	Dimensiones propuestas para las cunetas.....	86
Figura 20.	Características de los diferentes tipos de flujos en alcantarillas.....	88

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1.	Panel fotográfico.....	109-117
Anexo 2.	Datos de intensidades máximas con duración hasta 120 min de la estación Jaén	118-122

RESUMEN

Teniendo en consideración que la inadecuada evacuación del agua de lluvia que cae sobre la calzada es capaz de generar daños en la estructura vial, se adopta el estudio del sistema de drenaje para la vía Cocahuayco – Cocachimba de 5.38 Km de longitud, localizada en la Provincia del Bongará. El análisis y el diseño de los diferentes elementos que constituyen tal sistema de drenaje, se fundamentan en dos aspectos: (1) Una evaluación hidrológica de la zona de emplazamiento del proyecto en base a los registros históricos disponibles de estaciones pluviométricas cercanas y (2) Una evaluación hidráulica con el fin de determinar las dimensiones que garanticen el apropiado desalojo del flujo circulante. El cálculo se sustenta en las metodologías de Manning y Método Racional Americano apoyado por las herramientas computacionales disponibles. Al final, la coherencia en los resultados obtenidos dentro de las normas y los parámetros establecidos para el diseño, como los caudales transportados por cunetas y alcantarillas.

Palabras Clave:

Sistema de drenaje, transferencia de intensidades, cuenca hidrográfica, coeficiente de escurrimiento, método racional, diseño hidrológico, diseño hidráulico.

ABSTRACT

Considering that the inadequate evacuation of the rainwater flowing over the road could generate damage to its structure, was undertaken a study of the drainage system for the road Cocahuayco - Cocachimba (5.38 km. long, located in the Bongará Province). The analysis and design of the different elements that constitute such drainage system were substantiated in two aspects: (1) A hydrological evaluation of the project area, based on the historical reports from nearby rainfall stations, and (2) A hydraulic evaluation to determine the dimensions that guarantee the proper evacuation of the water flow. The calculations are based on the methodologies of Manning and the American Rational, supported by the available computational tools. In the end, the consistency of the results obtained within the standards and the established design parameters, such as the flow carried by the sewers and gutters.

Keywords:

Drainage system, transfer of intensities, hydrographic basin, runoff coefficient, rational method, hydrologic design, hydraulic design.

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

La lluvia que cae sobre la superficie de la tierra, una parte escurre inmediatamente reuniéndose en corrientes de agua; otra se evapora y el resto se infiltra en el terreno. Cuando el agua de escurrimiento o de infiltración alcanza la carretera, si no se dispone de los elementos necesarios para conducirla o desviarla, puede ocasionar la inundación de la calzada, el debilitamiento de la estructura de la carretera y la erosión o el derrumbe de los taludes.

Las estructuras del drenaje transversal son fundamentales para el control y manejo efectivo del agua en una vía. El principal objetivo del drenaje vial es reducir al máximo la cantidad de agua en la vía, de manera de dar salida rápida al agua que llega a la vía. Por lo cual proveer de un buen sistema de drenaje es uno de los factores más importantes en un proyecto vial. Por lo tanto, la recolección, encauzamiento y disposición de las aguas pluviales superficiales es esencial para garantizar la estabilidad e integridad de una vía.

El objetivo principal del presente trabajo es evaluar el estado actual las estructuras de drenaje de la carretera tramo Cocahuayco- Cocachimba con la finalidad de determinar si las estructuras existentes cumplen con el diseño adecuado.

Para el desarrollo de este trabajo inicialmente se realizó la visita de campo a la carretera en estudio para identificar y evaluar el estado actual de todas las estructuras de drenaje superficial. Luego en gabinete se procedió a la delimitación de las áreas de aporte; después se realizó el estudio hidrológico para determinar los caudales de diseño. Con el caudal de diseño determinado se dimensionó las estructuras de drenaje. Finalmente se realizó la comparación de las estructuras diseñadas con las existentes.

Este trabajo de investigación es importante porque permitirá rediseñar las obras de drenaje transversal que se encuentran en mal estado. Además, subsanara las deficiencias en el diseño de obras de drenaje transversal; deficiencias de estudios de drenaje superficial necesarios para el diseño de carreteras; de esta manera minimizara los costos de mantenimiento y operación de la infraestructura vial.

1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El punto de inicio de la presente carretera de cuarta categoría a nivel de rasante está ubicado en el cruce Cocahuayco – Cocachimba de la localidad de Valera, provincia de Bongará – Amazonas. Su acceso a la vía es por la carretera a nivel de asfalto carretera Pedro Ruiz - Chachapoyas, dentro de esta carretera existen varias anexos que conectan a distintas localidades de la zona, y entre una de ellas se encuentra la carretera Cocahuayco – Cocachimba que no tiene conexión dirigida ubicada el Km 20 de la carretera Pedro Ruiz – Chachapoyas.

Las estructuras de drenaje transversal en la carretera a nivel de rasante tramo Cocahuayco – Cocachimba desde el km 0+000 al km 5+353 presentan problemas de drenaje superficial debido a la colmatación de las estructuras de drenaje transversal producto de la sedimentación y a la falta de un diseño hidrológico e hidráulico. Cada vez que ocurren fuertes precipitaciones se observan el drenaje pluvial fluir por la calzada y no por las estructuras de drenaje transversal (alcantarillas) debido a que las estructuras se encuentran colmatadas de sedimento; la sedimentación en las cunetas y alcantarillas proveniente la mayor cantidad de los deslizamientos de taludes inestables. Debido a estos problemas se ha realizado la evaluación completa de las estructuras de drenaje transversal en la carretera Cocahuayco – Cocachimba, carretera que se encuentra a nivel de rasante, para lo cual se realizó estudios de ingeniería básica y la verificación de las estructuras existentes en campo.

1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

¿Por qué las estructuras del sistema de drenaje transversal en la carretera Cocahuayco – Cocachimba colapsan cada vez que existen precipitaciones?

1.3 JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

El trabajo de investigación permitirá rediseñar las obras de drenaje superficial que se encuentran en mal estado. Además, subsanará las deficiencias en el diseño de obras de drenaje transversal; deficiencias de estudios de drenaje superficial necesarios para el diseño de carreteras; de esta manera minimizará los costos de mantenimiento y operación de la infraestructura vial. Asimismo, contribuye a la sostenibilidad del proyecto, al reducir los costos de operación y mantenimiento.

Preservar la estabilidad de la superficie y del cuerpo de la plataforma de la carretera eliminando el agua superficial, con adecuadas obras de drenaje, para evitar impactos negativos sobre su estabilidad, durabilidad y transitabilidad.

1.4 ALCANCES O DELIMITACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

El tema a tratarse en el presente proyecto de tesis está relacionado con la evaluación hidráulica e hidrológica del sistema de drenaje transversal de arte menor como alcantarillas, badenes y cunetas para la carretera Cocahuayco – Cocachimba de 5.353 km de longitud, situado en el distrito de Valera, Provincia de Bongará – Amazonas. Posteriormente se realizará una evaluación hidráulica e hidrológica de las microcuencas y de áreas que de una forma aporten un caudal superficial para el drenaje transversal que llegan a pasar por una alcantarilla, esto a partir de una serie de datos históricos de intensidades máximas.

Este proyecto de tesis permite desplegar un conocimiento más amplio acerca del drenaje en carreteras. Por un lado, el agua es un componente imprescindible de los procesos de compactación e incluso forma parte de todas las estructuras de concreto que se utiliza en obras de ingeniería; por otro lado, el agua “incontrolada” procedente de las precipitaciones puede llegar a ser muy perjudicial para la propia estructura de la vía, plastificando los suelos, erosionando taludes, sedimentando alcantarillas, etc. además, su presencia en la superficie modifica drásticamente las condiciones de rodadura de los vehículos, restándoles adherencia y haciendo más propensos los accidentes de tránsito.

1.5 OBJETIVOS

🚧 Objetivo General

Evaluar el sistema de drenaje transversal de la carretera Cocahuayco-Cocachimba, Distrito de Valera, provincia de Bongará – amazonas.

🚧 Objetivos Específicos

- Identificar y localizar los taludes inestables de todo el tramo de carretera.
- Proponer mejoramiento de taludes en lo referente al corte.
- Identificar y delimitar las áreas de aporte que interceptan el eje de la carretera Cocahuayco – Cocachimba – Bongará - amazonas.

- Determinar los caudales de diseño.
- Dimensionar las estructuras del sistema de drenaje transversal en la carretera Cocahuayco – Cocachimba – Bongará - amazonas.
- Comparar las estructuras diseñadas con las existentes en la carretera Cocahuayco – Cocachimba – Bongará - amazonas.

CAPÍTULO II.

MARCO TEÓRICO

2.1.- ANTECEDENTES:

En la Universidad Nacional Santiago Antunez de Mayolo, Huaraz - Perú, se realizó la tesis "Evaluación de las estructuras de drenaje superficial de la carretera paria-wilcahuain-yanacancha Km 8+500 al 11+770,2014"; se ha llegado de manera específica al diseño de cunetas y alcantarillas, para lo cual se ha analizado información topografía existente, condiciones hidrológicas de la zona y se ha procesado información cartográfica. Se ha procesado información hidrológica y meteorológica proporcionado por el SENAMHI, perteneciente a la estación Huaraz, ubicada a una altitud de 3038 msnm, Latitud Sur 09°31', Longitud Oeste 77°32'; la información disponible corresponde a las precipitaciones máximas en 24 horas, registradas desde el año 1978 hasta 2008. Se ha utilizado las ecuaciones IDF (intensidad, duración y frecuencia). Para el estudio se ha obtenido un valor de 105.96 mm/h para un período de retomo de 10 años. Se ha encontrado cuatro microcuencas que tienen un área superior a 0.7 km², en estos puntos se cree conveniente la colocación de alcantarillas debido a que los caudales de diseño son menores de 1.6 km². Para el diseño de obras de arte menor se han obtenido únicamente los caudales de diseño mediante el método SCS (Soil Conservation Service) y racional. (M. Chavarria J. 2015).

En la Universidad de Cuenca, Ecuador, se realizó la tesis "Diseño integral del sistema de drenaje vial para obras de arte menor (drenaje longitudinal y transversal) para la carretera Pachon Mina Zharo de 7.2 km ubicada en el Canton Suscal en la provincia de Cañar"; tuvo como objetivo el diseño integral del sistema de drenaje vial para obras de arte menor, a través de la topografía a detalle de la vía en estudio, se determinó puntos estratégicos para la ubicación y colocación de alcantarillas, en el diseño de los elementos tanto cunetas como alcantarillas se tomó un período de retomo de 25 años, ya que no se requería la implementación de drenaje de arte mayor como son los puentes para los cuales se adopta un período de retomo de 100 años; con la ayuda de Arc Gis se logró determinar el valor de las áreas de drenaje para sus alcantarillas respectivas, arrojando cada una valores

menores a 1.6 km², por ende se realizó el diseño de drenaje aplicado únicamente el método racional. El valor del coeficiente de escorrentía se determinó a través de la visita al lugar del proyecto, asociando el lugar en cuanto a su cobertura vegetal, tipo de suelo en función de su permeabilidad, y a la pendiente de sus cuencas o taludes adyacentes. (Calle y Rodríguez 2013).

2.2.- TÉRMINOS BÁSICOS:

a) Carretera

Es una vía de transporte de dominio y uso público, proyectada y construida fundamentalmente para la circulación de vehículos motorizados, con características geométricas definidas de acuerdo las normas técnicas vigentes en el MTC. se usa el término carretera para definir a la carretera convencional que puede estar conectada, a través de accesos y propiedades colindantes. (MTC, 2008).

b) Drenaje superficial

Es el drenaje de agua sobre la superficie del terreno sin un cauce definido, que corre en todas las direcciones. El drenaje superficial, viaja por la superficie del terreno hacia los cauces durante y después de ocurrida la precipitación y está determinado por las propiedades hidrofísicas de los suelos. (texto básico de hidrología, William G. 2009)

c) Drenaje transversal

Permite el paso del agua a través de una estructura transversal a la vía; Por lo general, el cruce se realiza de manera perpendicular y transportan el aporte de la cuenca que se encuentra aguas arriba de la vía en dirección aguas abajo. El drenaje transversal de la carretera se consigue mediante alcantarillas y badenes cuya función es proporcionar un medio para que el agua superficial que escurre por cauces naturales o artificiales en forma permanente o eventual, pueda cruzar bajo la plataforma de la carretera sin causar daños a esta, riesgos de tráfico o a la propiedad adyacente.

d) Hidráulica

El significado etimológico de la palabra hidráulica es “conducción del agua”; sin embargo, la hidráulica se define como el estudio del comportamiento del agua y de otros líquidos ya sea en reposo o en movimiento. La hidráulica se enfoca en el diseño

y operación de obras civiles, los estudios hidráulicos comprenden el diseño de las estructuras mayores y menores con una capacidad apropiada utilizando los caudales generados en el estudio hidrológico.

e) Hidrología

Es la ciencia natural que estudia al agua, su ocurrencia, circulación y distribución en la superficie terrestre. La hidrología proporciona al ingeniero métodos para resolver los problemas prácticos que se presentan en el diseño y la operación de las estructuras hidráulicas. (hidrología, Máximo Villón, 2002)

f) Intensidad

Es la cantidad total de agua caída por unidad de tiempo y se mide en mm/hora. Lo que interesa particularmente de cada tormenta es la intensidad máxima que se haya presentado. Es decir, la altura máxima de agua caída por unidad de tiempo. Cuando la intensidad excede de la tasa máxima de infiltración del suelo, se genera escorrentía superficial. (texto básico de hidrología, William G. 2009)

g) Precipitación

Se engloba dentro del término precipitación a todas las aguas meteóricas que caen sobre la superficie de la tierra, tanto bajo la forma líquida como sólida (nieve, granizo). Estos diversos tipos de precipitación son normalmente medidos si efectuar su discriminación por medio de su equivalente en agua.

La precipitación es de origen de todas las corrientes superficiales y profundas, por lo cual su cuantificación y el conocimiento de su distribución, en el tiempo y en el espacio, se constituyen en problemas básicos para la hidrología.

El hidrólogo necesita considerar la precipitación en relación con los límites geográficos naturales del terreno donde incide, o sea, las cuencas de los cauces hídricos superficiales. En ellas tratara de dar solución cuantitativa a la ecuación del balance hidrológico. (Fundamentos de Hidrología, Aparicio F, 1989)

En el Perú, la precipitación es registrada por el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI), mediante su red de estaciones meteorológicas distribuidas en todo el territorio peruano.

2.3.- REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA:

Importancia del Drenaje

La evaluación del drenaje en una vía es un aspecto sustancial cuando se refiere al hecho de desalojar el agua que, de diferente origen, escurre por la misma y sus alrededores. De esta manera se asegura la vida útil de las diferentes estructuras que integran una carretera, brindando seguridad a las personas y a las inversiones que se realizan para lograr tal desalojo. La importancia de un buen sistema de drenaje está ligada con la durabilidad de tales estructuras y por eso se debe pensar que el diseño sea óptimo de acuerdo a un apropiado criterio de calidad, lo cual es una exigencia permanente en la actualidad.

Por ello la evaluación y el diseño debe ser adecuado, ya que, si las estructuras viales se saturan, los mecanismos de transmisión de esfuerzos de las mismas se ven afectados y el exceso de agua daña totalmente el afirmado y los pavimentos, deformándola como consecuencia de sobrecargas. Además, el correcto diseño del sistema de drenaje permite preservar las carreteras, controlando la erosión, estabilizando los taludes y protegiendo a la estructura del pavimento. (Aparicio, F.J.1987).

Las finalidades de las estructuras de drenaje relacionadas al funcionamiento y operación de la carretera, son:

- Evacuar rápidamente el agua de lluvia que cae sobre la calzada.
- Controlar el Nivel Freático.
- Interceptar el agua que superficialmente escurre hacia la carretera.
- Conducir de forma controlada el agua que cruza la vía.

En el presente documento se realiza el estudio de drenaje superficial de una carretera, priorizando el enfoque hacia la determinación de parámetros hidráulicos e hidrológicos los cuales son relevantes para el diseño de los sistemas de drenaje (cunetas, alcantarillas y puentes). En base a una estimación del caudal máximo de diseño a partir de una serie de datos históricos de precipitación y los efectos de su paso a través del cauce natural, se procede a emitir posibles alternativas y posterior

dimensionamiento hidráulico de cada uno de los componentes del sistema. (Aparicio, F.J. 1987).

A) EVALUACIÓN DE TALUDES:

La evaluación de taludes viene a formar parte importante para el estudio del diseño de obras de drenaje superficial, debido a que los deslizamientos de taludes hacia la vía pueden sedimentar cualquier tipo de obra de arte sea menor o mayor. Además, si a esto le sumamos el caudal proveniente de las precipitaciones el sedimento de arrastre va a colmatar las estructuras de drenaje ya sea longitudinal o transversal. (Matteis, 2003)

Los taludes pueden ser naturales o artificiales. Al primer tipo de talud se le denomina también laderas, formados por la naturaleza a través del tiempo sin la injerencia del hombre. Al segundo tipo se le denomina talud debido a que se tiene la intervención del hombre para su construcción. (Ingeniería Real, 2011).

Los taludes se construyen con las pendientes más elevadas que permite la resistencia del terreno, manteniendo unas condiciones aceptables de estabilidad; el diseño de taludes es uno de los aspectos importantes para la evaluación del sistema de drenaje transversal, puesto que la estabilidad de los taludes viene a formar parte importante para el no colapso y sedimentación de las obras de drenaje superficial. (Ingeniería Real, 2011).

la estabilidad en un talud o ladera es necesario obtener toda la información posible sobre sus características topográficas, geológicas, geotécnicas y ambientales, que permitan analizar los problemas que lo afectan de la forma más precisa posible para brindar un diseño de solución adecuado.

Dentro de las fuerzas resistentes podemos mencionar: la resistencia al corte del material, dada por la cohesión y el ángulo de fricción interna; como fuerzas actuantes de mayor relevancia podemos mencionar el peso propio del material, el grado de saturación, movimientos sísmicos y factores antrópicos. Las primeras son determinadas a partir de la extracción de muestras y ensayos de laboratorio (prueba triaxial y prueba de corte directo). Las segundas se pueden determinar conociendo el tipo de suelo, la geometría y geología del talud, así como por sus antecedentes de deslizamientos.

A.1) DESLIZAMIENTOS

Los deslizamientos son una problemática que se ha dado desde siempre en nuestro país, debido a su localización geográfica y al clima al que se ve sometido, ya que se reúnen cuatro de los elementos que propician su ocurrencia, tales como son la topografía, la sismicidad, la meteorización y las lluvias intensas. Los problemas que pueden presentar los taludes son, en su gran mayoría, los deslizamientos, meteorización, erosión y hundimiento, siendo el problema de deslizamiento el más grave de todos. (Cepeda Medina, Leal Leal, & García Cerezo, 2009).

Los taludes artificiales no presentan muchos problemas de deslizamiento, esto es da gracias a la posibilidad de escoger el suelo idóneo para estas estructuras, es decir, se tiene un total control de los materiales junto con sus propiedades para su construcción; en cambio, en los taludes naturales, los problemas existentes son mayores, dados por las fallas del terreno, los tipos de suelos, la inclinación de su pendiente natural, la napa freática y el clima de la zona. Las fallas en los taludes se presentan cuando los esfuerzos que tienen que actuar sobre ellos sobrepasan la resistencia de los materiales que la compone, esto puede ser producido por la gravedad, presión de poros, el movimiento de las placas tectónicas, entre otros.

B.1) INESTABILIDAD

La inestabilidad de laderas se define como el movimiento de más de roca, detritos o tierra a favor de la pendiente bajo la influencia directa de la gravedad. El material desplazado puede movilizarse de forma lenta (milímetros por año), rápida y extremadamente rápida (metros /día) según la topografía, el volumen de la masa de suelo o roca, el mecanismo de rotura y la acción del agua, entre los factores. Puede activarse o acelerarse a causa de terremotos, erupciones volcánicas, precipitaciones, aumento de nivel de aguas subterráneas, por erosión, socavamiento de los ríos y por actividad humana. (Crespo, Carlos. 2005).

C.1) ESTABILIDAD

Consiste en determinar un ángulo del talud para el cual, en condiciones normales, bajo condiciones de agua, bajo un flujo de agua que se produzca sobre la masa de suelo o deformaciones provocadas por cortante de tal manera que el talud se mantenga en equilibrio plástico, esto será posible si en un punto dado se mantienen los esfuerzos del talud provocados dentro de la masa de talud, sean iguales o mayores que la resistencia del suelo. El análisis de talud debe hacerse tomando en cuenta las fuerzas resistentes como propiedad.

Un talud se considera estable si el ángulo de inclinación fuera menor dentro de cierto rango de seguridad que el ángulo calculado. El realizar un análisis de estabilidad de un talud es de gran importancia, ya que por medio de este podemos conocer la superficie de falla potencial por deslizamiento, lo que permite escoger de una forma más precisa las medidas de mitigación a ser utilizadas.

Para realizar el diseño de un proyecto de obras de drenaje en una carretera, se realizará una evaluación general de la estabilidad de los taludes existentes e identificará los taludes críticos o susceptibles de inestabilidad. Asimismo, definirá la inclinación de los taludes expresada como la relación H: V, siendo H la distancia horizontal y V la altura vertical del talud. Para el efecto, se determinarán en lo posible, los parámetros obtenidos de ensayos y cálculos o se tomará en cuenta la experiencia del comportamiento de los taludes de corte in situ y/o ejecutados en rocas o suelos de naturaleza y características geológicas, geotécnicas similares que se mantienen estables ante condiciones ambientales semejantes. (MTC. 2008).

Los taludes de corte dependerán de la naturaleza del terreno y de su estabilidad, pudiendo utilizarse las relaciones de corte en taludes siguientes, los que son apropiados para los tipos de materiales (rocas y suelos) indicados en la tabla 1

Tabla 1: Taludes de corte

CLASES DE TERRENO	TALUD (V:H)		
	H<5	5<H<10	H>10
roca fija	10:1	(*)	(**)
roca suelta	6:1 - 4:1	(*)	(**)
conglomerados cementados	4:1	(*)	(**)
suelos consolidados compactos	4:1	(*)	(**)
conglomerados comunes	3:1	(*)	(**)
tierra compacta	2:1 - 1:1	(*)	(**)
tierra suelta	1:1	(*)	(**)
arenas sueltas	2:1	(*)	(**)
zonas blandas con abundante arcilla o zonas humedecidas por filtraciones	1:2 hasta 1:3	(*)	(**)

(*) requiere banquetta o análisis de estabilidad.

(**) requiere análisis de estabilidad.

(FUENTE: manual para el diseño de carreteras de bajo volumen de tránsito,2008)

B) ESTUDIO HIDROLÓGICO:

El **estudio hidrológico** abarca 2 factores principales que son la Precipitación y la Escorrentía y se complementa con todo lo que respecta al cálculo de parámetros morfológicos, tiempos de concentración, duración e intensidad de lluvias y cálculo de caudales a partir de las diferentes metodologías existentes. (Hidrología superficial, Javier Sánchez).

En lo referente al estudio hidrológico debe tenerse en cuenta las limitaciones y condiciones de desarrollo de las metodologías a usar. Este un aspecto de suma importancia, debido a que en nuestro medio generalmente se adoptan formulaciones desarrolladas en otros países cuyas condiciones hidrológicas y geomorfológicas difieren en mayor o menor medida; sin embargo, también hay que adicionar que son las únicas herramientas disponibles para dicho fin.

Existen una gran variedad de métodos para evaluar los caudales de diseño, mismos que trataremos a continuación:

- Empíricos. - Son usados cuando no se tiene suficiente información, permiten tener una idea aproximada del caudal de diseño. Los métodos las comunes son Creager y Lowry.
- Semi-empíricos. - En estos métodos se usa como parámetro principal la intensidad de lluvia, además de requerir un conocimiento preciso y aplicado del ciclo hidrológico. Los métodos más usados son el Racional y el de Ven Te Chow.
- Estadísticos. - Son los métodos más usados en sectores en donde se dispone de una serie histórica de datos, de donde se obtienen los caudales máximos anuales. Los métodos más comunes son Gumbel, Normal, Pearson.
- Modelos Matemáticos. - Representado por el paquete informático HEC HMS (requieren de las características de la cuenca, tiempos de concentración, escorrentía, periodos de retorno).

Por la tanto la disposición de datos que se tenga juega un papel sumamente importante al momento de seleccionar el método de análisis. Si el curso de agua a estudiar cuenta con una estación hidrométrica cercana, deben adquirirse el registro de caudales máximos de dicha estación. Ahora si el caudal de diseño se va a estimar a partir de información pluviométrica los datos que se deben conseguir son los del registro de precipitación máxima en 24 horas. (Ramírez, M. 2003).

a) Precipitación

Se entiende por Precipitación a la caída de partículas líquidas o sólidas de agua, en definitiva, es cualquier tipo de agua que cae sobre la superficie de la tierra. Las diferentes formas de precipitación incluyen lloviznas, lluvia, nieve, granizo, agua nieve, y lluvia congelada. (Pérez J., 1979).

La Intensidad de Precipitación hace referencia a la cantidad de agua registrada en una unidad de tiempo. Normalmente la intensidad es medida en (mm/h). En base a la intensidad percibida se puede clasificar a la lluvia en débil, media o fuerte.

El Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI) publica periódicamente, análisis estadísticos de intensidades que permiten calcular, por medio de las ecuaciones pluviométricas, la relación Intensidad – Frecuencia – Duración (curvas IDF), para cada una de las denominadas Zonas de Intensidades. (Tanto las curvas IDF como las zonas de intensidades se tratan con más detalle en las siguientes secciones).

Lo que básicamente se debe realizar es un análisis estadístico de la serie histórica de datos e información, es decir una vez obtenidos los valores de las precipitaciones máximas en 24 horas de una o varias estaciones, pasan por un riguroso estudio y se procede a proyectar las mismas para diferentes periodos de retorno, generalmente dichos valores son de 5, 10, 25, 50 y 100 años. Posteriormente se procede a encontrar el caudal de diseño y éste deriva en el posterior diseño hidráulico de la sección.

Para dicha proyección pueden usarse diferentes metodologías como la Distribución Normal o la distribución de Pearson, log normal de *ll* y *lll* parámetros y Gumbel, comúnmente usadas en estudios hidrológicos. (Chereque, W. 1989).

b) Análisis de precipitación

En las cercanías al proyecto vial no existen estaciones con información de precipitaciones históricas, debido a que la región no ha sido monitoreada tal vez por cuestiones de difícil acceso o por condiciones climatológicas (Pérez J., (1979). Además, no se registran pluviógrafos instalados en la zona del proyecto. Por tal razón, se realiza una transposición de intensidades de la estación JAEN obtenidas de bandas pluviográficas a la estación de CHACHAPOYAS por ser la estación más cercana al proyecto en estudio.

La información de precipitaciones máximas en 24 horas (anuales) fue recolectada desde los años 1964 a 1991.

c) **escorrentía**

Este coeficiente establece la relación que existe entre la cantidad total de lluvia que se precipita y la que escurre superficialmente; su valor dependerá de varios factores: permeabilidad del suelo, morfología de la cuenca, pendientes longitudinales y cobertura vegetal.

d) **Parámetros Geomorfológicos**

- **Área de la Cuenca (A):**

Representa el área de la Cuenca en proyección horizontal limitada por el parte agua (divisoria).

Ortiz, O. 1994.

Su trazado se realiza empleando la topografía y la cartografía disponible para la zona del proyecto, esto es, usando las curvas de nivel y el programa ARCGIS.



Para efecto, en primera instancia se deben identificar la red de drenaje o las corrientes superficiales para proceder a un esbozo de la delimitación, junto a la identificación de puntos altos como cerros, colinas o montañas.

Por lo general, un parte aguas corta de manera perpendicular a las curvas de nivel, procurando que pase por los puntos de mayor elevación topográfica (Brugal, 2012).

- **Pendiente del curso principal:**

El conocimiento de este parámetro es también de suma importancia en el estudio del comportamiento del recurso hídrico con diversos fines, tales como: ubicación de obras de toma, evaluación y optimización del potencial hidroenergético, etc.

En general, la pendiente del cauce principal varía a lo largo de toda su longitud, siendo necesario usar un método adecuado para estimar una pendiente representativa. Se calcula con la expresión:

$$S = \left[\frac{\sum_{i=1}^n Li}{\sum_{i=1}^n \left(\frac{Li^2}{Si} \right)^{1/2}} \right]^2 \dots\dots\dots (1)$$

Dónde:

- S : Pendiente (%).
- Li : longitud de cada tramo de pendiente Si (m).
- n : número de tramos en que se ha dividido el perfil del cauce.

- Tiempo de Concentración (t_c):

Llamado también tiempo de equilibrio o tiempo de viaje, es el tiempo que toma la partícula hidráulicamente más lejana en viajar hasta el punto emisor. Se supone que ocurre una lluvia uniforme sobre toda la cuenca durante un tiempo, por lo menos, igual al tiempo de concentración. Para el cálculo del t_c en el proyecto se emplea la fórmula de Dirección General de Carreteras dada por:

$$t_c = 0.3(L/S^{1/4})^{0.76} \dots\dots\dots (2)$$

Dónde:

- t_c = Tiempo de concentración (horas).
- L = Longitud del cauce principal (Km)
- S = Pendiente media del cauce principal (m/m)

e) Parámetros de diseño:

Intensidad

La intensidad de precipitación es considerada como la tasa temporal de precipitación, es decir, la profundidad de lluvia por unidad de tiempo (mm/h). (Ven Te Chow. 1994.)

Las curvas IDF son un elemento de diseño que relacionan la intensidad de la lluvia, la duración de la misma y la frecuencia con la que se puede presentar, esto es su probabilidad de ocurrencia o el periodo de retorno (MTC, 2008).

Transferencia de intensidades:

Primeramente, para realizar la transferencia de intensidades de una estación a otra se tiene que verificar la condición de semejanza hidráulica de los sistemas hidrológicos, Por analogía, con la hidráulica de modelos físicos a escala, “dos o más sistemas hidrológicos son semejantes si cumplen simultáneamente las condiciones de semejanza geométrica, cinemática y dinámica”; con cierto nivel de aproximación previamente adoptado. (Evaluación Hidrológica. Ortiz, 2015).

Semejanza geoméricamente

Está dado por el parámetro adimensional del índice de Gravelius, parámetro adimensional que se obtiene relacionando el perímetro de una cuenca y el perímetro que tendría un círculo imaginario de la misma área que la cuenca.

Por analogía, con la hidráulica de modelos físicos, se puede inferir entonces que: **“dos o más sistemas hidrológicos son geoméricamente semejantes si tienen igual índice de Gravelius”**.

$$K_c = 0.28 * \frac{P}{\sqrt{A}} \dots\dots\dots (3)$$

Dónde:

- P : Perímetro de la cuenca.
- A : Área de la cuenca.

(Evaluación Hidrológica. Ortiz, 2015).

Tabla 2: Formas estándar de cuencas en base al índice de Gravelius.

Formas de sistemas hidrológicos con base en el coeficiente de Gravelius		
Clase de geometría	Rango de clase	Forma de cuenca
k_{c1}	$1 < K_c \leq 1.25$	oval redonda
k_{c2}	$1.25 < K_c \leq 1.50$	oval oblonga
k_{c3}	$1.50 < K_c \leq 1.75$	oval alargada

Fuente: Henaos, (1988).

Semejanza dinámica

Conocido como coeficiente orográfico (CO). Parámetro asociado a las fuerzas gravitacionales de los flujos superficiales y, por ende, a los potenciales de erosión hídrica y de generación de energía hidráulica. (Evaluación Hidrológica. Ortiz, 2015).

$$C_0 = \frac{H^2}{A} \dots\dots\dots (4)$$

Dónde:

- H : Altitud media (m.s.n.m).
- A : Área de la cuenca.

Se considera que este parámetro constituye un buen referente de similitud dinámica. Por analogía, con la hidráulica de modelos físicos, se puede inferir que: **“dos o más sistemas hidrológicos son semejantes, dinámicamente, si tienen igual coeficiente orográfico”**; con similar consideración del término “igual” que para el caso de semejanza geométrica. (Evaluación hidrológica. Ortiz, 2015).

Semejanza cinemática

Este parámetro adimensional, influenciado también por el índice de Gravelius, describe la configuración espacial o geometría de la red de drenaje y expresa el grado de ramificaciones de la red; para lo cual es necesaria la categorización previa de la red de drenaje superficial.

Por su influencia que ejerce en la configuración espacial de la red de drenaje, se considera que la relación de confluencias promedio es un buen referente de la similitud cinemática de los sistemas hidrológicos.

$$r_c = \frac{n_i}{n_{i+1}} \dots\dots\dots (5)$$

$$R_c = \frac{1}{N} \sum_1^n r_{ci} \dots\dots\dots (6)$$

Dónde:

- r_c : Relación de confluencias parcial.
- n_i : Numero de cursos naturales de origen i .
- n_{i+1} : Numero de cauces de orden inmediatamente superior a i ($i = 1, 2, 3, \dots, N-1$).
- N : Numero de orden de la cuenca.
- r_{ci} : Cada uno de los “ n ” valores parciales.
- R_c : Relación de confluencias promedio.

(Evaluación hidrológica. Ortiz, 2015).

Por analogía, entre modelo y prototipo, se infiere que: **“dos sistemas hidrológicos son semejantes, cinemáticamente, si tienen igual relación de confluencias**

promedio”; con la misma indicación del término “igual” que para los dos casos de semejanza anteriores.

Parámetros adimensionales de transferencia

La caracterización pluviográfica del país es uno de los aspectos más importantes para el diseño de obras de drenaje, por lo que el SENAMHI ha considerado necesario y oportuno actualizar los estudios de intensidades existentes, con la información pluviográfica y pluviométrica disponible, de tal forma que se comprenda la totalidad de casos y se tenga una mejor apreciación de los mismos.

Como se ha mencionado anteriormente las ecuaciones de intensidades están en función de las intensidades, escalas de periodos de duración y escala de altitudes, por lo que para calcular la intensidad en un sector determinado donde se está evaluando su hidrología e hidráulica, es necesario conocer las intensidades de precipitación de una cuenca.

la ecuación correspondiente de la zona, obteniéndose directamente la intensidad de lluvia en (mm/h).

$$I_d = I_o * \left(\frac{H_d}{H_o}\right) * \left(\frac{t_o}{t_d}\right) \dots\dots\dots (7)$$

Dónde:

- I_d : Intensidad de precipitación en la cuenca destino.
- I_o : Intensidad de precipitación en la cuenca de origen.
- H_d : altitud media de la cuenca destino.
- H_o : altitud media de la cuenca origen.
- t_o : periodo de duración de la cuenca de origen.
- t_d : periodo de duración de la cuenca destino.

(Evaluación hidrológica. Ortiz, 2015).

se excluye de cada grupo geométrico aquellas unidades hidrológicas más discrepantes, de tal modo que, el coeficiente de variación del índice Gravelius, relación de confluencias y coeficiente orográfico no excedan de 0.05, 0.20 y 0.3 respectivamente. (A esto se considera cuencas hidráulicamente similares) (Evaluación hidrológica. Ortiz, 2015).

Duración

Es el tiempo transcurrido entre el comienzo y la finalización de la tormenta y es expresada en minutos u horas.

Villón. M. 2002.

Frecuencia.

Se refiere al número de veces que una tormenta de características similares puede repetirse dentro de un lapso más o menos largo que generalmente, es tomada en años.

Villón. M. 2002.

f) Datos de diseño:

Riesgo de falla (J). Representa el peligro a la probabilidad de que el gasto de diseño sea superado por otro evento de magnitudes mayores (Ven Te Chow. 1994.)

Tabla 3: Valores máximos recomendados de riesgo admisible de obras de drenaje

TIPO DE OBRA	RIESGO ADMISIBLE (**) %
Puentes (*)	25
Alcantarillas de paso de quebradas importantes y badenes	30
Alcantarillas de paso quebradas menores y descarga de agua de cunetas	35
Drenaje de plataforma (a nivel longitudinal)	40
Subdrenes	40
Defensas ribereñas	25

(*) -Para obtención de la luz y nivel de aguas máximas extraordinarias se recomienda un periodo de retorno T de 500 años para el cálculo de la socavación

() - Vida Útil considerado (n)**

. Puentes y Defensas Ribereñas **n= 40 años**

. Alcantarillas de quebradas importantes **n= 25 años**

. Alcantarillas de quebradas menores **n= 15 años**

. Drenaje de plataforma y sub-drenes **n= 15 años**

- Se tendrá en cuenta, la importancia y la vida útil de la obra a diseñarse

- El Propietario de una Obra es el que define el riesgo admisible de falla y la vida útil de las obras.

Fuente: Manual de Hidrología, Hidráulica y Drenaje - MTC

tiempo o periodo de retorno (Tr): Es el tiempo Transcurrido para que un evento de magnitud dada se repita en promedio.

El Período de Retorno es uno de los parámetros más significativos a ser tomado en cuenta en el momento de dimensionar una obra hidráulica destinada a soportar avenidas, como por ejemplo una obra que requiera cruzar un río con seguridad como son los puentes, los diques utilizados para el control de inundaciones. El periodo de retorno podría considerarse como el tiempo intermedio entre dos sucesos improbables y con posibles efectos catastróficos. (Manual de Carreteras Luis B.B)

Lo que básicamente se puede realizar es un análisis estadístico de la serie histórica de datos e información, es decir una vez obtenidos los valores de las precipitaciones máximas en 24 horas de una o varias estaciones, pasan por un riguroso estudio y se procede a proyectar las mismas para diferentes periodos de retorno, generalmente dichos valores son de 5, 10, 25, 50 y 100 años. Posteriormente se procede a encontrar el caudal de diseño y éste deriva en el posterior diseño hidráulico de la sección.

$$Tr = \frac{1}{1 - P} \dots\dots\dots (8)$$

$$Tr = \frac{1}{1 - (1 - J)^{\frac{1}{N}}} \dots\dots\dots (9)$$

Ven Te Chow. 1994.

Tabla 4: Tiempo de retorno para diferentes tipos de estructuras

Tipo de obra	Periodo de retorno en años
Puentes y pontones	100 (mínimo)
Alcantarillas de paso y badenes	50
Alcantarilla de alivio	10-20
Drenaje de la plataforma	10

FUENTE: Manual de Diseño de Caminos No Pavimentados de Bajo Volumen de Tránsito.

Vida útil (N): Se define como el tiempo ideal durante el cual las estructuras e instalaciones funciona al 100% de eficiencia.

Coefficiente de escorrentía (C): Es la relación entre el agua que corre por la superficie del terreno y la total precipitada.

El terreno por lo general no presenta las mismas características ni propiedades, es decir la escorrentía no será uniforme en toda el área, por lo que se debe realizar una ponderación de los coeficientes de escorrentía de todos los tipos de suelo existentes en dicha superficie. Los valores de escorrentía usados se presentan en la Tabla 4.

Tabla 5: Valores para el coeficiente de escorrentía “C” 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: MANUAL DE HIDROLOGIA, HIDRAULICA Y DRENAJE, DIC. 2011. (MTC)

Descarga de diseño (Q): Es el valor máximo del caudal instantáneo que se espera ocurrir con determinado periodo de recurrencia, durante los años de vida útil de un proyecto.

Método Racional:

Permite hacer estimaciones de los caudales máximos de escorrentía a partir de las intensidades máximas de precipitación.

Básicamente se formula que el caudal máximo de escorrentía es directamente proporcional a la intensidad máxima de la lluvia para un período de duración igual al

tiempo de concentración y al área de la cuenca. El tiempo de concentración representa el tiempo que demora una partícula de agua para trasladarse del punto más remoto de la cuenca hasta el punto de desagüe (Chereque, W. 1989). Cuando haya transcurrido este tiempo toda la cuenca estará contribuyendo a formar el caudal de la escorrentía que tendrá en consecuencia un valor máximo. Su fórmula es:

Dónde:

$$Q = 0.278C * I * A \quad \dots\dots\dots (10)$$

Q = Caudal máximo de escorrentía probable (m³/s).

C = Coeficiente de escorrentía (Ver tabla 01).

I = Intensidad máxima de la lluvia (mm/h).

A = Área de la cuenca (Km²).

Ven Te Chow. 1994.

g) Clasificación del drenaje vial.

Las obras de drenaje se dividen en dos grandes grupos: DRENAJE SUPERFICIAL y DRENAJE SUBTERRANEO. Haciendo mención que la tesis se evocara únicamente al drenaje superficial. Clasificándose de la siguiente manera:

Drenaje superficial

Es el conjunto de obras destinadas a la recolección de las aguas pluviales o de deshielo (zonas especiales), su canalización y evacuación a los cauces naturales, sistemas de alcantarillado o a la capa freática del terreno. Este tipo de drenaje se divide en dos grupos:

–**Drenaje longitudinal.** Corresponde a las obras de captación y defensa a lo largo de la superficie de la plataforma, cuya finalidad es captar y eliminar las aguas provenientes de las precipitaciones pluviales y/o de los terrenos adyacentes. Su ubicación se establece en base al cálculo del área hidráulica requerida y según su topografía del terreno.

Obras de drenaje de arte menor

Cunetas

Son canales o zanjas, revestidas o no, que se construyen a un solo lado o a ambos

lados de la vía para captar y conducir el agua de lluvia proveniente de los taludes o áreas adyacentes que escurre por una carretera. La finalidad es trasladar el flujo a un sistema de drenaje natural o a una alcantarilla y así lograr que se aleje del sitio donde se encuentra la vía.

Generalmente las cunetas se ubican entre el espaldón de la carretera y el pie del talud de corte, con una pendiente mínima de 0.5% y una máxima que está limitada por la velocidad del agua, que a su vez condiciona la necesidad o no de revestimiento. Es práctica común limitar la velocidad del agua a 4 m/s cuando el material de construcción es hormigón.

La sección es de forma variada, siendo la triangular la más utilizada por su facilidad de construcción y mantenimiento, mientras que la rectangular la menos requerida por cuestiones de seguridad.

SECCIÓN TÍPICA DE CUNETA TRIANGULAR

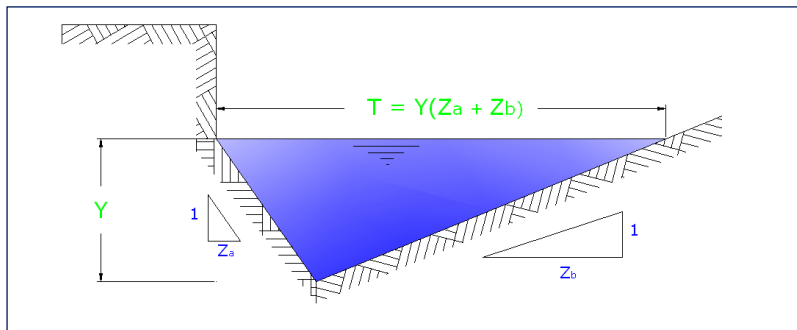


Figura 1. Sección de diseño de cunetas.

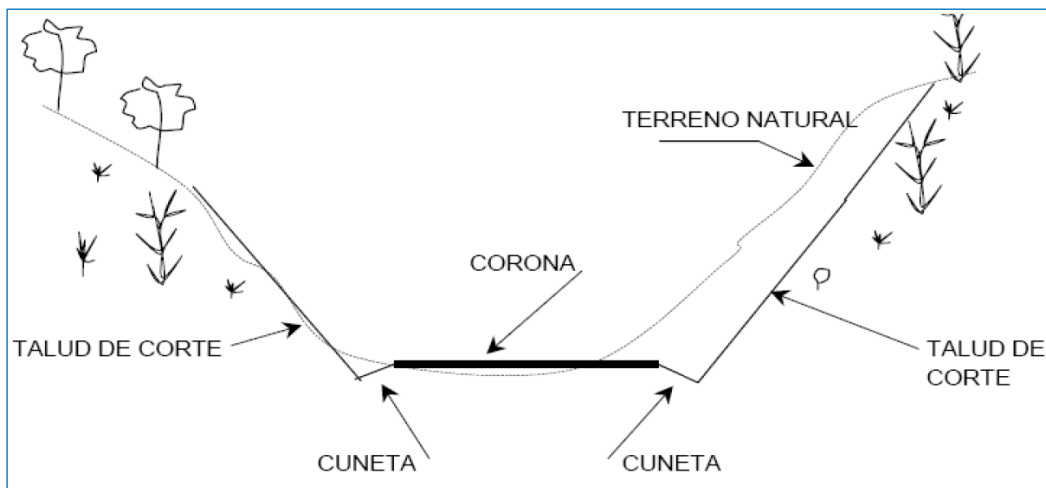


Figura 2. Sección de calzada.

Tabla 6. Dimensiones mínimas de cunetas

REGIÓN	PROFUNDIDAD (m)	ANCHO (m)
Seca	0.20	0.50
Lluviosa	0.30	0.75
Muy lluviosa	0.50	1.00

FUENTE: Manual de Diseño de Caminos No Pavimentados BVT. 2008.

Cunetas de coronación (contracunetas)

Son canales que se construyen en la parte superior de los taludes de corte, cuya finalidad es interceptar el agua superficial que escurre ladera abajo desde mayores alturas y conducirlos hacia la quebrada o descarga más próxima del sistema general de drenaje, evitando de este modo la erosión del talud y un posible incremento de caudal, especialmente en zonas de pendiente pronunciada. (Manual de Hidrología, Hidráulica y Drenaje, 2011).

Normalmente la sección que más se utiliza es de la forma trapezoidal y generalmente se consideran paralelos al eje de la carretera guardando cierta distancia con la corona del corte para facilitar su trazado, generalmente unos 5 metros. La Figura 03 ilustra la ubicación de una contracuneta de sección trapezoidal, en un terreno natural.

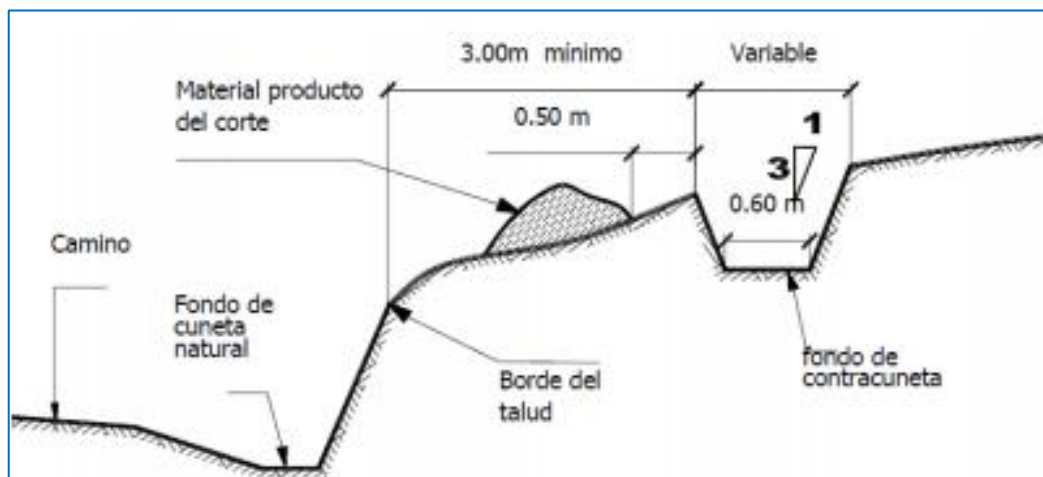


Figura 3. Localización de una contracuneta trapezoidal en un terreno natural.

La velocidad de recorrido del flujo por las cunetas no debe exceder determinados límites para facilitar el control de la erosión. Las contracunetas generalmente se

proyectan en aquellos cortes no protegidos, como laderas o lomas, y en los cortes formados por material erosionable, como es el caso de suelos limosos o arcillosos. La sección está definida por su capacidad hidráulica, que a su vez depende de la frecuencia e intensidad de la precipitación en el sitio, del área y de las características hidráulicas de la zona drenada.

–Drenaje transversal.

En estas obras de cruce están comprendidas las alcantarillas y badenes. Su función es convertirse en un medio a través del cual el agua superficial que escurre por cauces naturales o artificiales, pueda atravesar por debajo de la plataforma de la vía, sin causar daños a la misma, generar riesgos al tráfico o a las estructuras adyacentes.

El elemento básico del drenaje transversal se denomina alcantarilla, su densidad a lo largo de la carretera resulta de vital importancia debido a que incide en los costos, por ello, se debe dar especial atención a su diseño.

Alcantarillas

Son conductos cerrados de forma variada, cuya luz es menor o igual a 4.0 m. Estas estructuras se instalan o construyen transversal a la vía y por debajo del nivel de la subrasante de una carretera, para conducir hacia cauces naturales el agua de lluvia que proviene de pequeñas cuencas hidrográficas, arroyos, canales de riego, cunetas o del escurrimiento superficial de la carretera.

Constan principalmente del ducto, los cabezales, muros de alas a la entrada y salida, y otros dispositivos para mejorar las condiciones del escurrimiento y evitar la erosión de la estructura.

En base a la forma de la sección transversal del ducto, la alcantarilla puede ser circular, rectangular (cajón), elíptica o de bóveda. Las alcantarillas de sección cuadrada o rectangular se fabrican de concreto armado, las de forma circular mayormente utilizada la Tubería Metálica Corrugada (TMC). Las secciones elípticas se fabrican por lo general con planchas de hierro corrugado. Aquellas

construidas en el sitio tienen forma cuadrada o rectangular, mientras que las prefabricadas son circulares o elípticas (Cooperación Guatemala-Alemania, 2001).

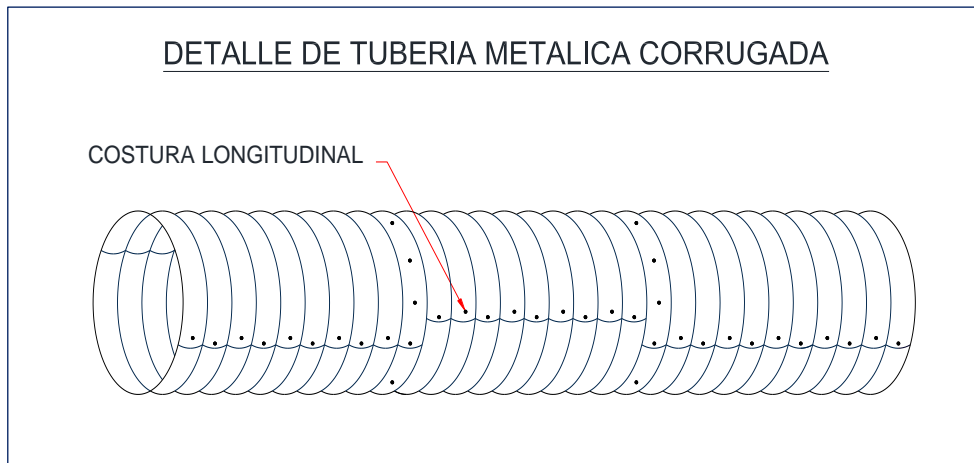


Figura 4.- Detalle de tubería metálica corrugada.

Badenes

Son estructuras hidráulicas que se construyen transversalmente al eje de la carretera con la finalidad de dar paso a un caudal de agua. El objetivo principal en el diseño hidráulico del drenaje transversal es determinar la sección hidráulica más adecuada que permita el paso libre del flujo líquido y sólido que eventualmente transportan los cursos naturales.

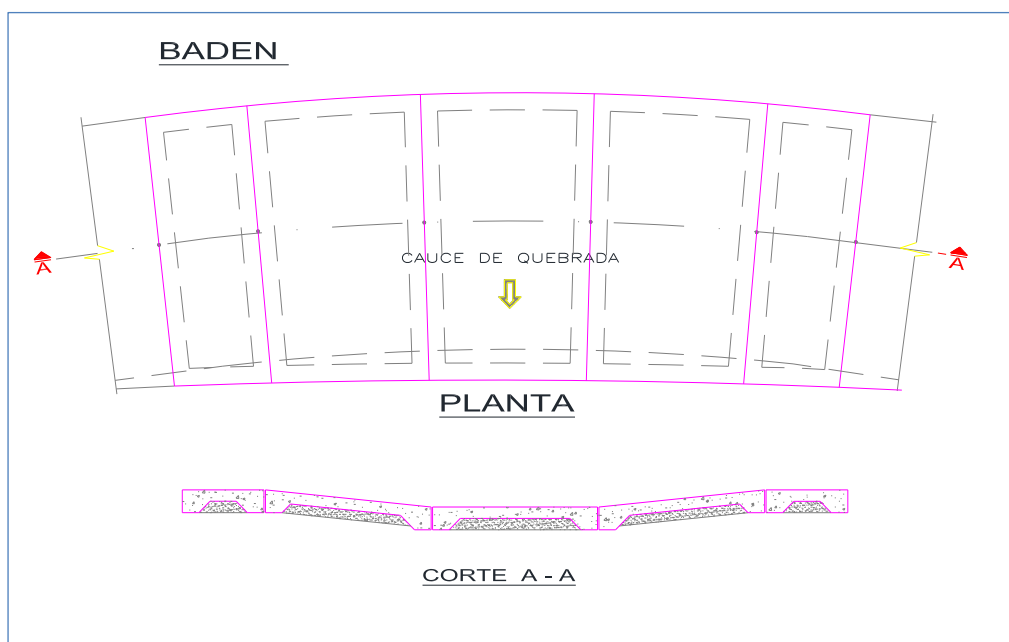


Figura 5.- detalle típico de baden.

Obras de drenaje de arte mayor

Puentes

Son estructuras mayores que forman parte del drenaje transversal de la carretera destinadas a salvar los obstáculos naturales como quebradas, ríos, valles, lagos y obstáculos artificiales como carreteras. Sus secciones principales son la infraestructura, formada por los estribos o pilares y la superestructura, que es la parte consignada a soportar las cargas. Para efecto del diseño hidráulico se considerará como puente a una estructura u obra de drenaje generalmente de luz mayor a 6 metros.

Así, los estudios preliminares a considerar para la construcción de un puente son:

- topografía – batimetría del cauce de las zonas adyacentes.
- ubicación del puente.
- muestreo y caracterización del material del lecho.
- avenida de diseño o caudal máximo y periodo de retorno.
- galibo
- coeficiente de rugosidad de cauces naturales (n de Manning).

Un aspecto que también es importante considerar es el galibo mínimo, entendido como el espacio medido en sentido vertical entre el NAME y la cara inferior de la superestructura del puente.

Pontón: Puente de dimensiones pequeñas.

Tabla 7: Principales cruces de aguas

NOMENCLATURA	ANCHO DE CAUCE
Alcantarilla	$1 \text{ m} < L \leq 4 \text{ m}$
Pontón	$4 \text{ m} < L \leq 10 \text{ m}$
Puente	$L > 10 \text{ m}$

FUENTE: Ven Te Chow. 1994.

B) ANALISIS HIDRAULICO

Diseño de obras de arte menor.

Para conseguir una total y eficiente evacuación de las aguas, aunque en ocasiones en zonas muy secas o con suelos impermeables solo es necesario emplear dispositivos de drenaje superficial.

A la hora de proyectar el drenaje de una carretera deben tenerse en cuenta una serie de factores que influyen directamente en el tipo de sistema más adecuado, así como en su posterior funcionalidad. Los más destacables son:

a. Factores Topográficos. - Dentro de este grupo se engloban circunstancias de tipo físico, tales como la ubicación de la carretera respecto del terreno natural contiguo (en desmonte, terraplén), la tipología del relieve existente (llano, ondulado, accidentado) y la disposición de las pendientes en referencia a la vía.

b. Factores Hidrológicos. - Hacen referencia a los aspectos hidrometeorológicos, así como al área de la cuenca aportante o de recepción, de aguas superficiales que afecta directamente a la carretera, así como la presencia, nivel y caudal de las aguas subterráneas que puedan infiltrarse en las capas inferiores de la estructura de la vía.

c. Factores Geotécnicos. - La naturaleza y características de los suelos existentes en la zona condicionada, la facilidad con la que el agua puede llegar a la vía desde un punto de origen, así como la posibilidad de que se ocasionen deslizamientos o una erosión excesiva del terreno. Las propiedades a considerar son aquellas que afectan a su permeabilidad, homogeneidad, estratificación o compacidad, y la existencia de vegetación.

Diseño de cunetas.

El área hidráulica de una cuneta se determina en base al caudal máximo de diseño, a la sección transversal, a la longitud, a la pendiente y a la velocidad. El periodo de retorno para el diseño de las cunetas depende del tipo de proyecto vial, sin embargo, se recomienda utilizar el cálculo para un periodo de 15 años y la precipitación de diseño a considerar es de 30 minutos de duración.

- Las cunetas se diseñaran de acuerdo a las Normas Peruanas de Diseño de Carreteras, indicado en la tabla 6.1.1.4.1 de dichas normas, con pendientes no menores al 0.5%. Generalmente se adoptará de una pendiente igual a la de la subrasante.
- Se podrá considerar que la corriente no producirá daños importantes por erosión de la superficie del cauce o conducto si su velocidad media no excede de los límites fijados en el cuadro 06 (Velocidad máxima del agua), en función de la naturaleza de dicha superficie.

Tabla 8: Velocidades límites admisibles

TIPO DE SUPERFICIE	VELOCIDAD LÍMITE ADMISIBLE (m/s)
Arena fina o limo (poca o ninguna arcilla)	0.20 - 0.60
Arena arcillosa dura, margas duras	0.60 - 0.90
Terreno parcialmente cubierto de vegetación	0.60 - 1.20
Arcilla grava, pizarras blandas con cubierta vegetal	1.20 - 1.50
Hierba	1.20 - 1.80
Conglomerado, pizarras duras, rocas blandas	1.40 - 2.40
Mampostería, rocas duras	3.00 - 4.50
Concreto	4.50 - 6.00

Fuente: Manual de Diseño de Carreteras Pavimentadas de Bajo Volumen de Transito

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.

El calculo se realiza de acuerdo a las fórmula de Manning.

$$V = \frac{R^{2/3} * S^{1/2}}{n} \quad y \quad Q = A \frac{R^{2/3} * S^{1/2}}{n} \quad \dots (11)$$

Donde:

- Q: caudal (m3/seg)
- S: pendiente de la cuneta (m/m)
- R: radio hidráulico (m)
- n: coeficiente de rugosidad
- V: velocidad del agua (m/seg)

- A: área de la sección de la cuneta (m²)
- El valor “n”: de Manning se obtiene de tablas de acuerdo al tipo de material.

Ven Te Chow. 1994.

El caudal de diseño se obtiene del agua lluvia que cae a la calzada y que escurre hacia la cuneta agregándole además el agua que escurre desde los taludes adyacentes a la carretera.

Luego de establecido el caudal por ancho unitario, que descarga en la cuneta, se procede a determinar el caudal de diseño considerando toda la longitud de la cuneta. Posteriormente se calcula el caudal proveniente de los taludes adyacentes a la carretera que es el resultado del escurrimiento del agua lluvia, pero sobre el suelo natural, dicho cálculo se debe realizar mediante el Método Racional.

Una vez obtenido el caudal de diseño para la cuneta se usa la formulación de Manning, en donde el diseñador debe imponerse una sección tipo, sus dimensiones y sus diferentes especificaciones siempre dentro de los rangos de diseño y verificar que cumpla con los requerimientos mínimos de gasto. (Hidráulica de canales abiertos – Ven Te Chow).

Diseño de alcantarillas y aliviaderos de cunetas.

En el diseño de alcantarillas se debe garantizar que las mismas trabajen como canales, es por esta razón por la que en el dimensionamiento de estos sistemas de drenaje se trabaja con la formulación de Manning. (Hidráulica de canales abiertos – Ven Te Chow).

El caudal máximo de diseño se determina a través de la sumatoria de los caudales que escurren por las cunetas (Henderson: el caudal procedente del escurrimiento superficial en la superficie de la vía, y taludes adyacentes a la vía), y el aporte del drenaje por superficie estimada para un determinado periodo de retorno (quebrada o canal de agua drenado que se calcula mediante el Método Racional).

El tipo de alcantarilla debe ser elegido considerando el caudal a evacuar, la naturaleza, la pendiente del cauce y los costos relacionados con la disponibilidad de materiales, ya que de ello depende su comportamiento hidráulico (MTC, 2008).

La mejor ubicación de una alcantarilla es cuando se la proyecta para que continúe la alineación y la pendiente del cauce natural.

A lo largo de los 5.38 Km de extensión del proyecto, la cantidad y la ubicación de alcantarillas es fundamental para garantizar el drenaje vial. Las consideraciones realizadas para el emplazamiento son:

- Recomendar al menos 3 alcantarillas por cada kilómetro de carretera cuando no hay cambio de pendiente. Y el periodo de retorno a escoger es variable, aunque por lo general se una 25 años como norma.
- El material predominante de las alcantarillas es el TMC para circulares y el concreto para tipo cajón, con un diámetro o altura mínima de 36” y pendiente transversal variable entre 0.5 y 3%; pudiendo llegar al 5% en casos especiales. (Manual de drenaje para carreteras INVIAS)

Del análisis en base a la topografía y la cartografía disponibles para la zona del proyecto, se obtuvieron 15 alcantarillas y un puente ubicados de la siguiente manera:

Procedimiento de cálculo de alcantarilla

Antes de proceder con el cálculo hidráulico de las alcantarillas, se deben considerar los siguientes aspectos:

- Si el caudal de diseño es menor de $3\text{m}^3/\text{s}$, la sección de la alcantarilla será circular, caso contrario cuadrada (cajón).
- El diámetro mínimo de la alcantarilla será de 0.90 m (36”) por recomendación del Manual de Hidrología, Hidráulica y Drenaje, dic. 2011. Obedeciendo a condiciones de control y mantenimiento.
- Las alcantarillas de sección circular serán del material de TMC (Tubería Metálica Corrugada). Y las alcantarillas de sección rectangular serán de concreto armado.

1.- Definida la sección, se procede a la determinación del tirante crítico y_c mediante las respectivas expresiones (chow, 2004).

Seccion circular

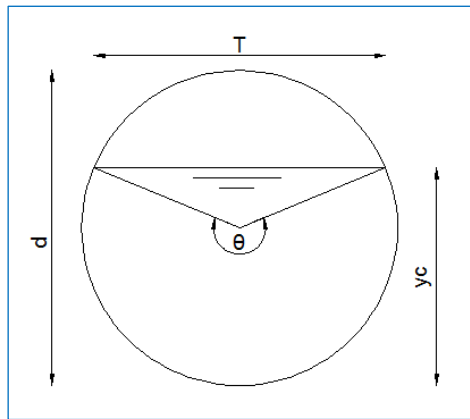


Figura 6.- Elementos geometricos en una alcantarilla de seccion circular

$$\theta = 2 * \cos^{-1} \left(1 - \frac{2y_c}{d} \right) \dots\dots\dots(12)$$

$$A_c = \frac{d^2}{8} (\theta - \sin \theta) \dots\dots\dots(13)$$

$$P_c = 0.5 * d * \theta \dots\dots\dots(14)$$

$$T = \theta \sin(\theta/2) \dots\dots\dots(15)$$

$$V = Q/A_c \dots\dots\dots(16)$$

$$S_c = \left[\frac{n*V}{(A_c/P_c)^{2/3}} \right]^2 \dots\dots\dots(17)$$

$$D = \frac{d}{8} * \left[\frac{\theta - \sin \theta}{\sin(\theta/2)} \right] \dots\dots\dots(18)$$

$$F_r = \frac{V}{\sqrt{g*D}} \dots\dots\dots(19)$$

Seccion cuadrada (cajón)

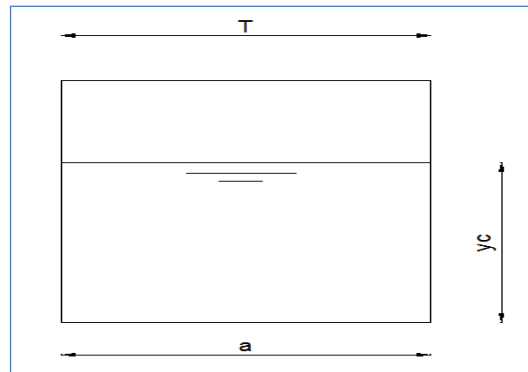


Figura 7.- Elementos geometricos en una alcantarilla de seccion rectangular.

$$A_c = a * y_c \quad \dots\dots\dots(20)$$

$$P_c = a + 2y_c \quad \dots\dots\dots(21)$$

$$V = Q/A_c \quad \dots\dots\dots(22)$$

$$S_c = \left[\frac{n*V}{(A_c/P_c)^{2/3}} \right]^2 \quad \dots\dots\dots(23)$$

$$F_r = \frac{V}{\sqrt{g*y_c}} \quad \dots\dots\dots(24)$$

Donde:

- ✓ θ = Angulo de pendiente longitudinal.
- ✓ d = Diámetro de alcantarilla.
- ✓ A_c = Área critica.
- ✓ P_c = Perímetro crítico.
- ✓ Q = Caudal de diseño.
- ✓ T = Ancho superficial.
- ✓ V = Velocidad del flujo en el conducto.
- ✓ S_c = Pendiente critica.
- ✓ a = Ancho de la alcantarilla de sección cuadrada.
- ✓ D = Profundidad hidráulica.
- ✓ F_r = Numero de Froude. Debe ser igual a la unidad para proceder a la obtención del cálculo crítico.

Pendiente.

Se recomienda un declive de 1 a 2% para que resulte una pendiente igual o mayor que la crítica, hasta que ésta no sea perjudicial.

Longitud de las alcantarillas.

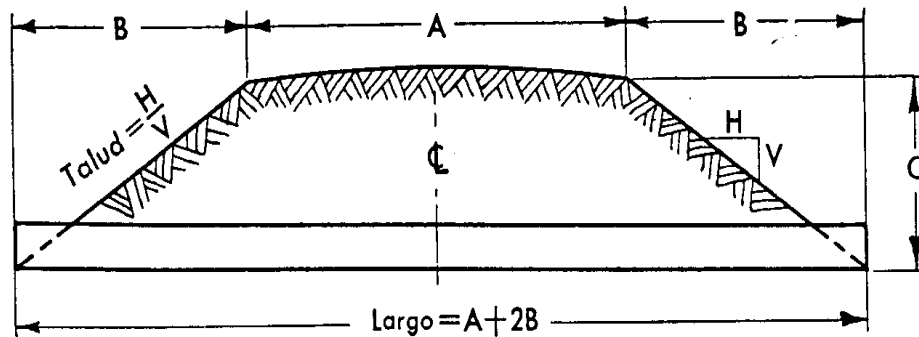


Figura 8. Cálculo de la longitud de una Alcantarilla con Pendiente suave.

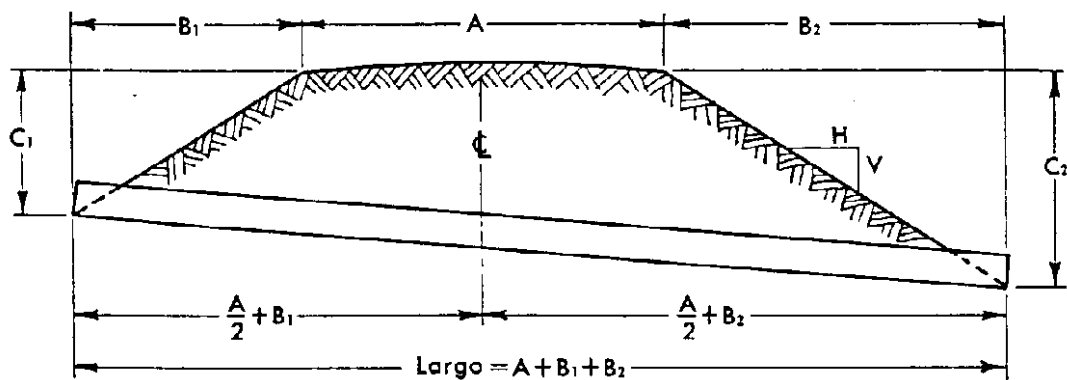


Figura 9. Cálculo de la Longitud de una Alcantarilla con Pendiente Fuerte.

Fuente: Ven Te Chow. 1994.

Protección al ingreso y salida de las alcantarillas con empedrado (rip-rap).

- ❖ **Tipo 1:** grava gruesa de 6" (15cm).
- ❖ **Tipo 2:** grava gruesa de 12" (30cm).
- ❖ **Tipo 3:** piedra de 12" sobre capa de 6" de arena-grava.
- ❖ **Tipo 4:** piedra de 18" sobre capa de 6" de arena-grava.

Tabla 9: Obras de arte menor existentes

DESCRIPCIÓN	PROGRESIVA (Km)	DIAMETRO	LONGITUD	MATERIAL
ALCANTARILLA N°01	0+027.55	24"	6.50 m	TMC
ALCANTARILLA N°02	0+293.20	24"	5.80 m	TMC
ALCANTARILLA N°03	0+578.90	24"	5.20 m	TMC
ALCANTARILLA N°04	0+855.70	24"	5.20 m	TMC
ALCANTARILLA N°05	1+504.60	24"	6.5 m	TMC
ALCANTARILLA N°06	2+627.55	24"	7.00 m	TMC
ALCANTARILLA N°07	3+178.10	24"	6.00 m	TMC
ALCANTARILLA N°08	3+870.50	24"	4.60 m	TMC
ALCANTARILLA N°09	3+989.50	24"	6.40 m	TMC
ALCANTARILLA N°10	4+134.60	24"	5.00 m	TMC
ALCANTARILLA N°11	4+260.00	24"	4.90 m	TMC
ALCANTARILLA N°12	4+621.00	24"	4.50 m	TMC
ALCANTARILLA N°13	5+015.00	24"	4.90 m	TMC
ALCANTARILLA N°14	5+227.50	24"	4.90 m	TMC
ALCANTARILLA N°15	5+279.00	24"	4.50 m	TMC

Tabla 10: Obras de arte mayor existente

DESCRIPCION	PROGRESIVA (Km)	ANCHO	LONGITUD	TIPO
PUENTE CAJUHACHE	4+918.50	4.50 m	12.00 m	P. LOSA

Tipo de alcantarillas:

- **Tipo I:** Con una caja de entrada y un cabezal de salida con las respectivas entradas de cuneta en la caja de forma triangular; se construirá este tipo de alcantarilla para la evacuación de agua de cunetas y para pasar el flujo de un lado a otro de la vía.
- **Tipo II:** Con cabezales de entrada y salida; se construirá este tipo de alcantarilla para la evacuación de agua de quebradas o manantiales.
- **Tipo III:** Con una caja de entrada y dos cabezales uno de entrada y otro de salida; se construirá este tipo de alcantarilla para la evacuación de agua de cunetas, para pasar el flujo de un lado a otro de la vía (cambio de lado de cuneta), y para evacuar el agua de quebradas que atraviesan la vía.

Ven Te Chow. 1994.

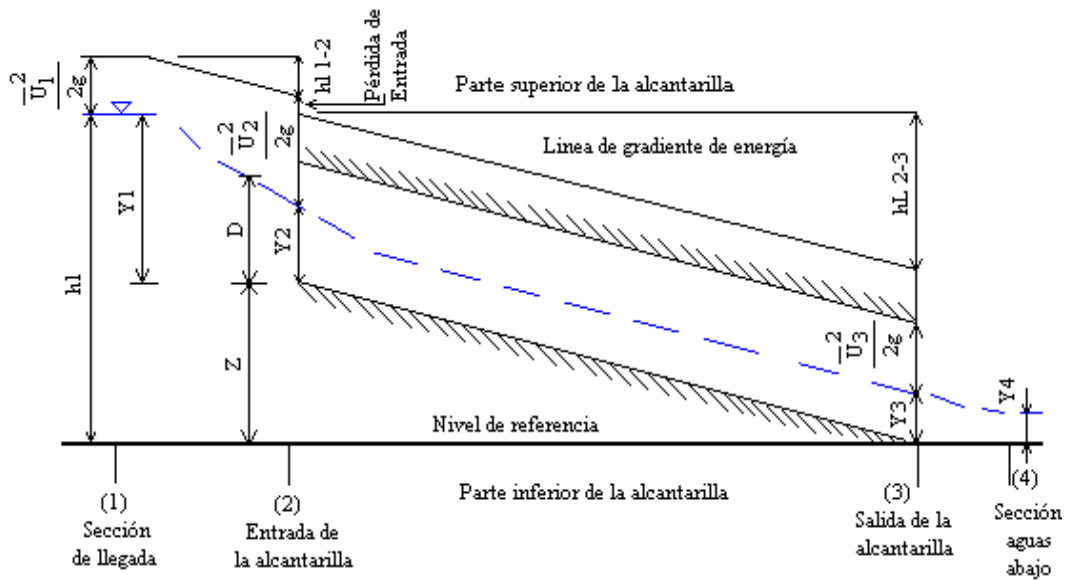


Figura 10. Definición esquemática del flujo de alcantarillas

Donde:

- D : Dimensión vertical máxima de la alcantarilla
- Y_1 : Tirante en la sección de llegada
- Y_c : Tirante crítico
- Z : Elevación de la entrada de la alcantarilla relativa a la salida.
- Y_4 : Tirante aguas abajo de la alcantarilla
- S_o : Pendiente del terreno.
- S_c : Pendiente crítica

Tirante a la Entrada (Y1):

$$Y_1 = D + 1.5V^2 / 2g \quad \dots\dots\dots(25)$$

Tirante Crítico (Yc):

$$Y_c = (1.01 / D^{0.26}) (Q^2 / g)^{0.25} \quad \dots \quad (26)$$

Tirante a la Salida (Y4):

$$Y_4 = (2/3) * D \quad \dots\dots\dots(27)$$

Pendiente Crítica (Sc)

$$S_c = (n Q_h / A R_h^{2/3})^2 \quad \dots\dots\dots(28)$$

Donde:

- ✓ n : Coeficiente de Manning
- ✓ Q_h : Caudal hidrológico
- ✓ R_h : Radio hidráulico
- ✓ A : Área para el tirante crítico Y_c .

En el siguiente cuadro se presentan las ecuaciones de gasto para los diferentes tipos de alcantarillas:

Diseño de obras de drenaje de arte mayor

Puentes

Para el trato de caudales elevados, así como para salvaguardar distancias demasiado largas, las obras de arte menor quedan relativamente corta. Es en este caso se opta por recurrir a las obras de drenaje de arte mayor como lo son los puentes.

Un puente técnicamente es una estructura destinada a salvaguardar obstáculos naturales como quebradas grandes, ríos, valles, lagos y obstáculos artificiales como vías férreas o carreteras.

Haciendo un análisis un tanto general podemos distinguir en un puente 2 secciones principales, la **Infraestructura** que está formada por los estribos o pilares extremos, las pilas o apoyos centrales y los cimientos, que forman la base de ambos. La segunda parte componente del puente se la llama **Superestructura** y consiste en el tablero o parte que soporta directamente las cargas y las armaduras que son los conductores de carga hacia las pilas o estribos.

Para efecto del diseño hidráulico que es lo que realmente interesa a nuestro estudio se considera como puente a la estructura que será construida en una vía terrestre de comunicación para cruzar un curso de agua (quebrada. río, estuario, pantano, etc.)

Localización

Como se observa en la imagen del levantamiento topografico realizado, el puente tiene una longitud de 12 m ubicado en la progresiva del kilometro 4+918.50. donde pasa la quebrada CAJUHUACHE.

El valor referente al área de la cuenca hidrográfica para el punto en mención, obtenida con el programa ArcGis, como se ilustra en la Figura 11.

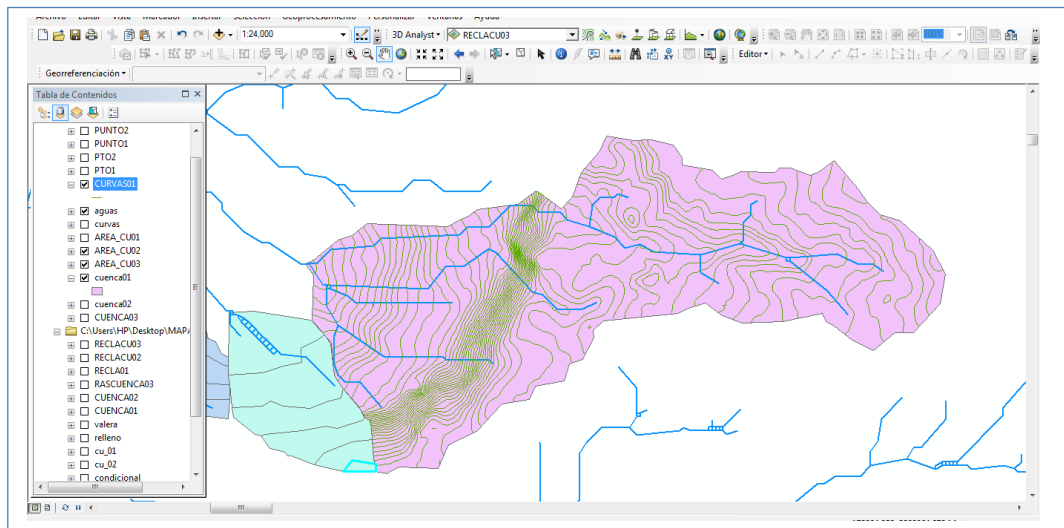


Figura 11. Modelamiento hidrológico de las cuencas con el ARG-GIS

El Servicio de Conservación de Recursos Naturales de los Estados Unidos, originalmente llamado Servicio de Conservación de Suelos [SCS], plantea una metodología para el análisis hidrológico en cuencas de drenaje grandes y pequeñas (NRCS, 1972).

Método SCS

Es un método que para efectos del proyecto va enlazado con el software HECHMS y requiere de algunos parámetros para estimar de manera conjunta, caudales de altos períodos de recurrencia aplicados a obras de gran importancia.

Es conocido también como Método de Número de Curva [CN], siendo empleado para calcular la precipitación efectiva como una función de la lluvia acumulada, condiciones de humedad, cobertura y usos del suelo.

Formulación del método

Para la tormenta como un todo, la altura de precipitación efectiva o escorrentía directa P_e , es siempre menor o igual a la profundidad de precipitación P ; de manera similar, después de que la escorrentía se inicia, la profundidad adicional del agua retenida en

la cuenca F_a , es menor o igual a alguna retención potencial máxima ; como se muestra en la Figura 12.

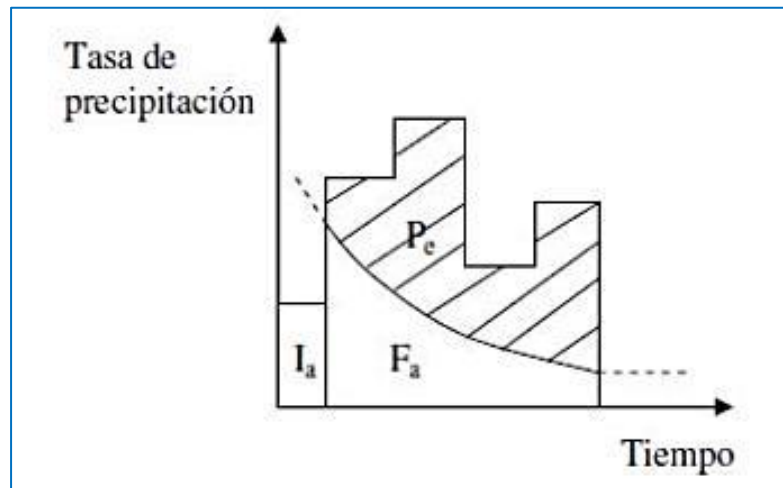


Figura 12. Variables que intervienen en el desarrollo del Método SCS.
 Fuente: (Cahuana & Yugar, 2009)

Existe una cierta cantidad de precipitación I_a (abstracción inicial antes del encharcamiento) para la cual no ocurrirá escorrentía, luego de eso, la escorrentía potencial es la diferencia P entre e I_a . La ecuación básica para el cálculo de la profundidad de exceso de precipitación o escorrentía directa de una tormenta utilizando el método SCS es (NRCS, 1972):

$$P_e = Q = \frac{(P-I_a)^2}{P-I_a+S} \dots\dots\dots(29)$$

$$I_a = 0.2 * S \quad \dots\dots\dots(30)$$

$$S = 254 * \left(\frac{100}{CN} - 1 \right) \quad \dots\dots\dots(31)$$

Donde:

- ✓ $P_e = Q$: escorrentía directa (mm).
- ✓ P : Profundidad del evento de precipitación (mm).
- ✓ I_a : Abstracción inicial (mm).
- ✓ S : Retención potencial máxima (mm).
- ✓ CN : Número de Curva.

Parámetros que considera el método

Condiciones de humedad antecedente [AMC]. Se agrupan en tres condiciones básicas, dependiendo de la precipitación total en los cinco días previos a la tormenta, como se detalla en la siguiente tabla:

Tabla 11: Números de curva de escorrentía para usos selectos de tierra agrícola, suburbana y urbana (condiciones antecedentes de humedad) $I_a = 0.2 * S$.

DESCRIPCIÓN DE LA TIERRA		GRUPO HIDROLÓGICO DEL SUELO			
		A	B	C	D
TIERRA CULTIVADA					
sin tratamiento de conservación		72	81	88	91
con tratamiento de conservación		62	71	78	81
PASTIZALES					
condiciones pobres		68	79	86	89
condiciones optimas		39	61	74	80
VEGAS DE RÍOS					
condiciones optimas		30	58	71	78
BOSQUES					
trocos delgados, cubierta pobre, sin yerbas		45	66	77	83
cubierta buena		25	55	70	77
Áreas abiertas, césped, parques, campo de golf, cementerios, etc.					
óptimas condiciones: cubierta de pasto en el 75% o mas		39	61	74	80
condiciones aceptables cubierta de pasto en el 50% al 75%		49	69	79	84
Áreas comerciales de negocios (85% impermeables)		89	92	94	95
Distrito industrial (72% impermeables)		81	88	91	93
RESIDENCIAL					
tamaño promedio del lote	porcentaje promedio impermeable				
1/8 acre o menos	65	77	85	90	92
1/4 acre	38	61	75	83	87
1/3 acre	30	57	72	81	86
1/2 acre	25	54	70	80	85
1 acre	20	51	68	79	84
PARQUEADORES PAVIMENTADOS, TECHOS, ACCESOS, ETC		98	98	98	98
CALLES Y CARRETERAS:					
pavimentados con cunetas y alcantarillados		98	98	98	98
grava		76	85	89	91
tierra		72	82	87	89

Hietograma de diseño. - Representa la distribución temporal de la intensidad o de la profundidad de una distribución a lo largo de la duración del episodio tormentoso. El método de los bloques alternos usado en el proyecto, permite obtener hietogramas a partir de curvas IDF, con el fin de representar la repartición de la precipitación en una serie de intervalos transitorios a lo largo del tiempo en el que dura la lluvia (Sánchez San Román, 2012).

Hidrograma Unitario. - Es el hidrograma de escorrentía directa que se produciría en la salida de la cuenca si sobre ella se produjera una precipitación neta unitaria de una duración determinada. Esa precipitación debe producirse con intensidad constante a lo largo del período considerado y ser repartida homogéneamente en toda la superficie de la cuenca (Sánchez San Román, 2012).

Caudal Base. - Es un parámetro requerido por HEC-HMS, cuyo valor es estimado en función del tamaño de la cuenca hidrográfica de aporte.

Impermeabilidad. - Se recomiendan valores entre el 2 y 8%, considerando que su apreciación influye en el caudal pico obtenido.

Pendiente media. - Determinada mediante un promedio de las pendientes presentes a lo largo de la cuenca hidrográfica. Para el efecto, se usa la Figura 14, generada con ARC-GIS.

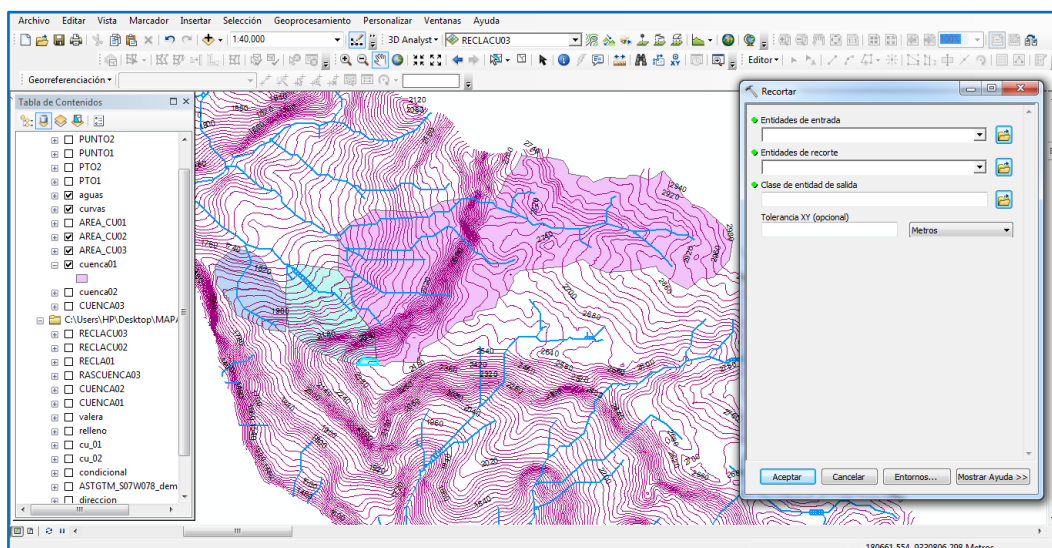


Figura 13. Rango de pendientes en la cuenca hidrográfica del puente.

Tiempo de retardo. - Es el tiempo transcurrido desde el centro de gravedad del hietograma de precipitación neta hasta la punta del hidrograma. (Sánchez San Román, 2011) Se calcula mediante la expresión:

$$tr = \frac{2.867 * L^{0.8} [(1000/CN) - 9]^{0.7}}{(1900 * H)^{0.5}} \dots\dots\dots(32)$$

Dónde:

tr = Tiempo de retardo (h).

L = Longitud del cauce del río (m).

CN = Número de curva debido al escurrimiento.

H = Pendiente media de la cuenca (%).

Modelización en HEC-HMS

El Sistema de Modelización Hidrológica HEC-HMS está diseñado para simular los procesos hidrológicos completos de sistemas de cuencas dendríticas²³. El software incluye muchos procedimientos de análisis hidrológico tradicionales, como la infiltración de eventos, hidrogramas unitarios y el enrutamiento hidrológico (Scharffenberg & Fleming, 2010).

Para el proyecto, el propósito de la modelización es obtener un hidrograma final junto al valor del caudal de diseño para la obra de drenaje de arte mayor, ingresando para el efecto, la información disponible y necesaria sobre la cuenca hidrográfica respectiva, esto es, los parámetros considerados en el apartado anterior, junto al correspondiente hietograma de diseño.

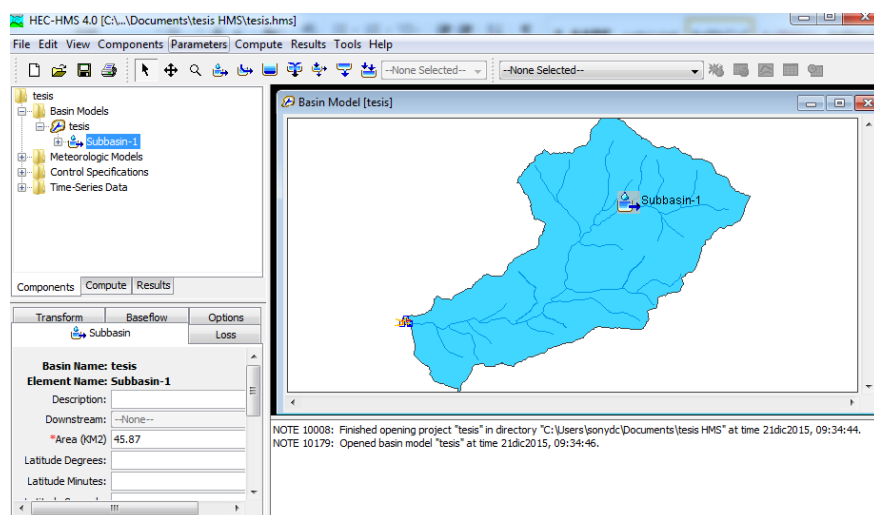


Figura 14. Entorno del modelo HMS concerniente a la cuenca hidrográfica del puente.

Modelización en HEC-RAS

HEC-RAS es un programa de modelización hidráulica unidimensional compuesto por 4 tipos de análisis en ríos (Brunner, 2010):

- Modelización de flujo en régimen permanente.
- Modelización de flujo en régimen no permanente.
- Modelización del transporte de sedimentos.
- Análisis de calidad de aguas.

Es empleado para simular flujos en cauces naturales o canales artificiales y determinar el nivel del agua, siendo idóneo para realizar estudios y establecer la presencia de zonas inundables.

Socavación de puentes

La Socavación es el resultado de la acción erosiva del flujo de agua que arranca y acarrea material de lecho y de las bancas de un cauce, convirtiéndose en una de las causas más comunes de falla en puentes.

La metodología de cálculo que más se usa para determinar la socavación y aplicada generalmente en proyectos viales es la de Leischtvan – Levediev.

Método de Lischvan-Levediev

Es un método para el cálculo de la socavación general, que se fundamenta en el equilibrio que debe existir entre la velocidad media real de la corriente V_r y la velocidad media erosiva V_e , siendo esta última, la velocidad mínima que mantiene un movimiento generalizado del material del fondo, mas no la que da inicio al movimiento de partículas en suelos sueltos. Cuando el suelo es cohesivo, esta velocidad es capaz de levantar y poner al sedimento en suspensión. V_e depende de las características del sedimento de fondo y de la profundidad del agua. V_r depende de las características del río, como pendiente, rugosidad y profundidad del agua (MTC, 2008).

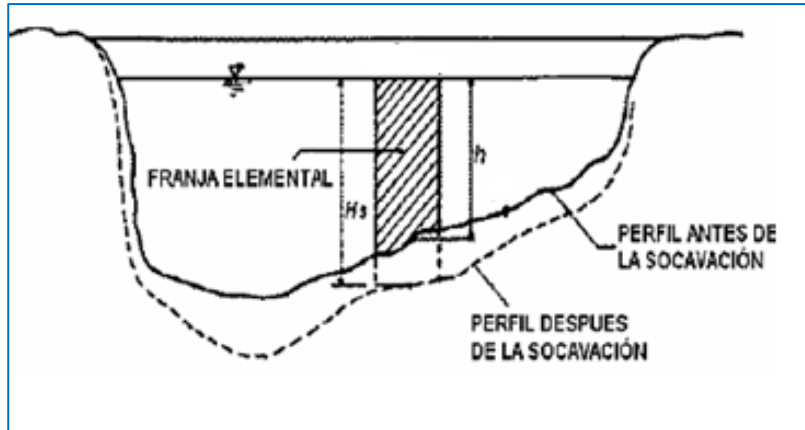


Figura 15. Sección transversal de un cauce a considerar en el estudio de la socavación.
Fuente: (MTC, 2008)

Para suelos granulares, se tiene la siguiente ecuación (MTC, 2008):

$$H_s = \left[\frac{\alpha \cdot h^{5/3}}{0.68 \cdot \beta \cdot \mu \cdot \varphi \cdot D_m^{0.28}} \right]^{1/(1+Z)} \dots\dots\dots(33)$$

Mientras que para suelos cohesivos se tiene (MTC, 2008):

$$H_s = \left[\frac{\alpha \cdot h^{5/3}}{0.60 \cdot \beta \cdot \mu \cdot \varphi \cdot \gamma_s^{1.18}} \right]^{1/(1+x)} \dots\dots\dots(34)$$

Dónde:

α = Coeficiente de sección dependiente de las características hidráulicas.

β = Coeficiente de frecuencia, dado por:

$$\beta = 0.7929 + 0.0973 \log(TR) \dots\dots\dots(35)$$

D_m = Diámetro medio de las partículas del material granular (mm).

Z = Exponente variable en función del diámetro medio de la partícula.

γ_s = Peso específico de la muestra agua sedimento (T/m³).

x = Exponente variable que depende del peso volumétrico del material cohesivo seco.

φ = Factor de corrección por forma de transporte de sedimentos, dado por:

$$\varphi = -0.54 + 1.5143\gamma_s \quad \text{si } \gamma_s > 1T/m^3 \quad \dots\dots\dots(36)$$

μ = Factor de corrección por contracción del cauce.

h = Calado de agua.

H_s = Altura de Socavación.

La mayoría de las variables (β, μ, x) adoptan valores contenidos en diferentes cuadros, que no figuran en este documento, ya que las expresiones citadas forman parte de la literatura, pero no serán usadas para el cálculo de la socavación general.

CAPITULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. UBICACIÓN GEOGRÁFICA

La vía en estudio posee una longitud de 5.35 Km y se ubica en el Departamento de Amazonas, Provincia de Bongará, Distrito de Valera, anexo Cocachimba. A través del sistema de referencia DATUM WGS-84, zona 17S, se determinó que el inicio del proyecto se encuentra en la comunidad de Cocahuayco, de coordenadas E=176918.3555, N= 9329462.1613 en la cota 1420 m.s.n.m y concluye en el anexo Cocachimba, de coordenadas E=179534.623, N= 9329431.865 en la cota 1774 m.s.n.m. el trazo vial del proyecto se muestra en el plano PP-01.

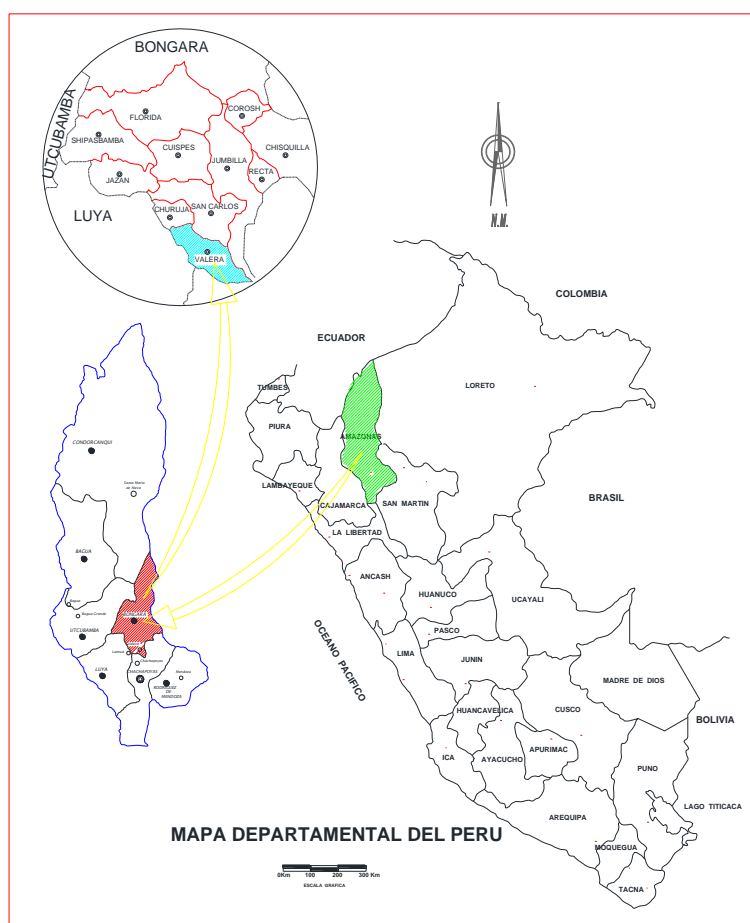


Figura 16. Plano de ubicación y localización UL-01

La vía brinda acceso a los anexos de Cocachimba y la coca además sirve es beneficiaria para los turistas para la visita de la CATARATA DE GOCTA. Se estima que la vía beneficiara a 600 personas sin incluir las personas del turismo.

Cartografía

El estudio se complementa con la utilización de la correspondiente cartografía debido a que el levantamiento topográfico no es lo suficientemente amplio para calcular parámetros de microcuencas que llegan a la vía en estudio. La cartografía se obtuvo del geoportel Instituto Geográfico Nacional Peruano.

Los archivos cartográficos que están a disposición poseen escalas de 1:100 000 según los requerimientos a cumplir. En base a estos documentos se pudo realizar el análisis y trazado de cuencas de drenaje, áreas de aporte, selección y ubicación de sistemas de drenaje, etc.

Topografía

Al igual que la Cartografía, la base de información topográfica fue producto del levantamiento topográfico elaborado conjuntamente con el equipo técnico en topografía, a cargo del ing. Topógrafo Jack Douglas Cieza, que posteriormente fue procesada para obtener planta y perfil de la vía, localización de los tramos más críticos, ubicación de alcantarillas existentes.

Identificación

El tramo de estudio hace referencia a una vía de 5.3 km de longitud ubicada entre la localidad de COCAHUAYCO – CACHIMBA. La vía cruza una quebrada “CAJAHUACHE” La pendiente que presenta el terreno en base a lo observado podría decirse que es considerada como media, además las condiciones de terreno en la zona se caracterizan por tener vegetación ligera.

Se entiende por vegetación ligera de la zona al suelo constituido por diferentes tipos de plantas como: cubierta pobre, cañaduzales, pastizales, árboles frutales y huertos familiares. En la zona montañosa el clima es frío y en el páramo hay plantas de cereales, leguminosas y maíz.

En la actualidad a cualquier lluvia considerable en cualquier época del año hace que la carretera deje de ser transitable y en el peor de los casos, se presenten accidentes debido

a deslizamientos de taludes, además de costos de mantenimiento de vía para el tránsito de la misma. Este camino vecinal, se encuentra en pésimas condiciones de uso, las alcantarillas en su mayoría se encuentran completamente colmatadas de sedimento, no existen badenes a lo largo de toda la vía, las cunetas se encuentran con maleza y en diferentes tramos no existe por lo que el drenaje se da por la misma calzada de la vía; constituyendo un peligro latente para sus beneficiarios, por lo que se recomienda de forma necesaria y urgente un estudio hidrológico e hidráulico para un mejoramiento del drenaje en la carretera.

Recursos digitales disponibles

Registros de bandas Pluviográficas de 28 años consecutivos (1964 - 1991) de información con periodos de duración de 120 min.

Softwares utilizados

Las herramientas computacionales actualmente son de mucha ayuda, debido a que nos permite calcular y diseñar un proyecto en tiempos prudenciales, dando soluciones efectivas a problemas complejos que normalmente se presentan en un diseño. Entre los softwares utilizados en el proyecto se destacan:

- AutoCAD Civil 3D 2014.- Útil para el procesamiento de datos del levantamiento topográfico, donde obtendremos el plano de planta general, plano de perfil longitudinal sección de la vía y la identificación de estructuras existentes (puente, alcantarillas, badenes, entre otros)
- AutoCAD 2014.- Edición de Planos.
- Microsoft Word 2016.- Para redactado de textos.
- Microsoft Excel 2016.-Para el procesamiento de datos
- Programa HEC-RAS. - Utilizado para el modelamiento hidráulico.
- PROGRAMA ARCGIS 10.1

3.2. ANÁLISIS ESTADÍSTICOS DE DATOS HIDROLÓGICOS

INTENSIDAD DE LLUVIA: Como ya se lo mencionó en el título de análisis hidrológico, existe una inmensa cantidad de estaciones meteorológicas, mismas que recogen datos a lo largo de todo el año y que posteriormente elaboran anuarios hidrológicos mismos que

se archivan en el Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI). De acuerdo a nuestras exigencias y requerimientos se procede a la adquisición de los datos necesarios.

En el caso del presente estudio se tomaron datos de precipitaciones máximas en 24 horas por año de la Estación “CHACHAPOYAS”. Y estación “JAÉN”. A continuación, se brinda información de dicha estación, misma que se obtuvo de la página oficial del SENAMHI.

Tabla 12: Información estaciones meteorológicas

ESTACION METEOROLOGICA		
NOMBRE	JAEN	CHACHAPOYAS
CATEGORIA	CO	CO
ALTURA	654 msnm	2490 msnm
LATITUD	05°40'36"	06°12'30"
LONGITUD	78°46'27"	77°52'1.8"
DEPARTAMENTO	Cajamarca	Amazonas
PROVINCIA	Jaén	Chachapoyas
DISTRITO	Jaén	CHACHAPOYAS
ESTADO	Funcionando	Funcionando

PRECIPITACIÓN DE DISEÑO: En base a los valores máximos anuales se hallan las proyecciones para obtener las intensidades para periodos de retorno de 5, 10, 15, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 75, 80, 90 y 100 años. Gracias a la información obtenida de las intensidades máximas de la estación Jaén.

Las intensidades han sido calculadas para diferentes tiempos de retorno con la finalidad de tener la mayor cantidad de datos calculados para diseñar cualquier tipo de estructura. en una avenida máxima del caudal.

3.3. DETERMINACIÓN DE AREAS DE DRENAJE (ARC-GIS)

Área de drenaje: Esta variable también ya fue tratada en definiciones anteriores. Se realiza un análisis y selección de toda el área que influye en la cuenca de drenaje, y posteriormente se obtiene el área de la cuenca. que se detallan en la Tabla 12.

Tabla 13: Áreas de aporte para cada una de las cuencas estudiadas.

AREA DE DRENAJE		
CUENCA	AREA	DESCRIPCION
I	7.76	PUENTE
II	1.19	ALC. ALIVIO
III	0.74	ALC. ALIVIO

Todo el proceso redactado anteriormente se realiza mediante la implementación del software ARC – GIS, en donde se facilita el hallazgo de las pendientes de terreno, longitud de cauces, áreas de aporte, entre otros. En la Fig. 17 se puede observar las cuencas estudiadas y cada una de las áreas de aporte con las que se ha trabajado tanto para alcantarillas como para puentes.

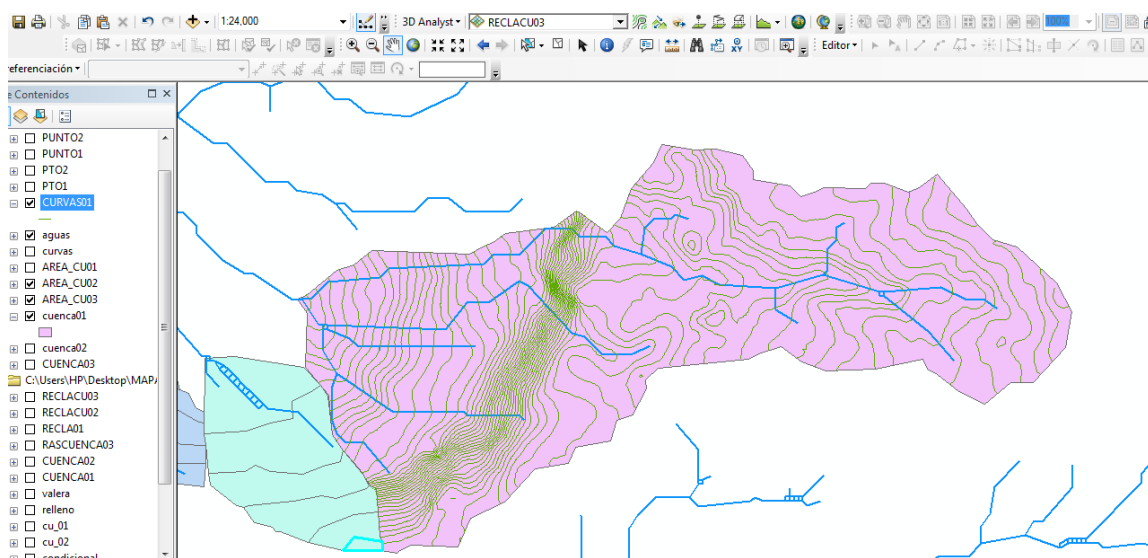


Figura 17. Áreas de aporte de cada una de las cuencas estudiadas

Características físicas de las áreas drenadas

Todas las áreas ocupadas por las cuencas como por las microcuencas poseen suelos con variabilidad en cuanto a sus usos, entre los que destacan tenemos Vegetación arbustiva en un porcentaje del 65% y Pasto cultivado representado por el 35%. Regionalmente el suelo está conformado por rocas que afloran en el sector del área de estudio y también se pueden encontrar aflorando muchos sedimentos.

Además, no todo el terreno presenta una uniformidad en lo referente a pendientes, sin embargo, gracias a las visitas en campo que se realizaron se pudo apreciar que la pendiente estaba entre el rango de media y baja.

Con la determinación de factores físicos del terreno se procede a escoger los valores tanto de Coeficiente de escorrentía para el método Racional.

Modelos de escorrentía para el cálculo del caudal de diseño

Como ya se había mencionado en el presente documento, para lo referente al cálculo de caudales en alcantarillas y cuenca de la quebrada Cajahuache se aplicará el Método Racional. En la tabla siguiente se enumeran las áreas de cada una de las cuencas a tratar y el método mediante el cual se procederá a calcular el caudal de diseño.

Tabla 14: Cuencas, microcuencas y método de caudal de diseño

Área de drenaje	Área (Km2)	Método
área 1	7.76	método racional
área 2	1.19	método racional
área 3	0.74	método racional

Caudal de diseño para alcantarillas (Método Racional)

Para el método racional se necesitan tener los datos de 3 parámetros:

Intensidad: Valor que se obtienen de las ecuaciones de transferencia de intensidades máximas.

En el caso de la estación “Chachapoyas”, está ubicada en la zona 17, y el tiempo de concentración está en el rango de 60 a 120 minutos, por lo tanto, se obtiene la siguiente intensidad de la tabla 19 de transferencia de intensidades máximas.

$$I_{15años} = 120.01 \text{ mm/h}$$

Área de Drenaje: Área que resulta del análisis en ARC-GIS. Ésta se realiza tanto para las cuencas como para las microcuencas a estudiar. (Ver Fig. 17 y Tabla 12).

Coeficiente de Escorrentía: El coeficiente de escorrentía puede hallarse en base al mapa de pendientes y usos de suelo que se tenga en el sector. De acuerdo a las características que presente el suelo de la región y a la pendiente del terreno recurrimos a la Tabla 4 y se escoge el valor de escorrentía.

En el caso del presente análisis, al no poseer una información real de los usos del suelo, se visitó el lugar de forma que se observó cuáles podrían ser considerados los usos de suelo que se da en el sector, por tanto, escogimos el valor de $C= 0.45$ adoptando las características de pendiente media, pastos con vegetación ligera y suelo semipermeable.

Los caudales de diseño están resumidos en la Tabla 14

Tabla 15: Resumen de los caudales de diseño por el método racional

ALCANTARILLAS						
AREA	PROGRESIVA	AREA (Km2)	t (min)	Itr (mm/h)	C	Caudal (m3/s)
A1	0+855	1.191	38	39.61	0.45	5.8969
A2	3+870	0.736	34	39.61	0.45	3.6441

3.4.- METODOLOGIA DE TRABAJO.

Procedimiento para el desarrollo de la investigación

a. Tratamiento de la información

Delimitación de la Cuenca

Se procedió a realizar la ubicación y delimitación de la cuenca (quebrada CAJUACHE) con el software ARG-GIS, el cual se delimito según las curvas a nivel teniendo en cuenta un punto más bajo (puente Cajahuache)

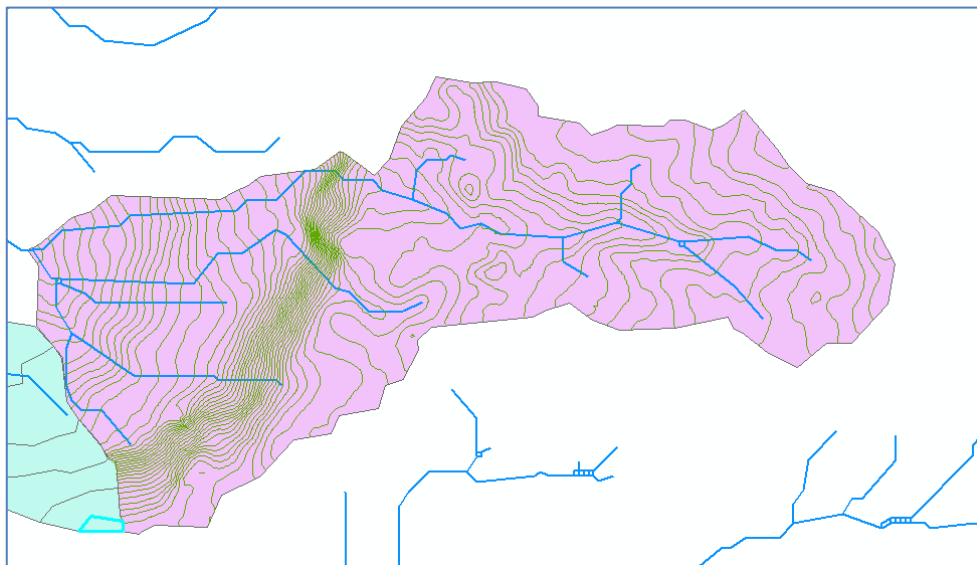


Figura 18. Delimitación de cuenca de la quebrada Cajahuache.

Estimación de los parámetros geomorfológicos

Se definieron los “Parámetros Geomorfológicos de la Cuenca Hidrográfica”, detallando de esta manera la forma, el relieve y parámetros relativos como el coeficiente de masividad, densidad de drenaje, tiempo de concentración y número de orden de la cuenca en estudio. (Fuente: Hidrología Aplicada - Ven te Chow).

Tabla 16. Parámetros geomorfológicos de la quebrada Cajahuache y río Amojú.

PARAMETROS GEOMORFOLOGICOS	CUENCA	
	Qda. Cajahuache	Río Amojú
Área	7.76 Km ²	152.12 Km ²
Perímetro	14.16 Km	53.98 Km
Índice de Compacidad	1.26	1.23
Factor de Forma	0.29	0.78
Coeficiente orográfico	2.79	2.81
Relación de confluencias	2.56	2.67
Altitud media	2538 msnm	654 msnm

Estudio Topográfico

Se realizó un reconocimiento a detalle de la zona de estudio mediante un análisis visual y levantamiento topográfico.

La zona de estudio está comprendida dentro del ámbito del distrito de Valera, donde se aprecia un relieve montañoso con pendientes pronunciadas.

El levantamiento fue ejecutado en condiciones normales de tiempo y tuvo una duración de 6 días.

Trabajo de gabinete aquí los datos obtenidos en el campo fueron procesados con la ayuda del programa Civil 3D 2016.

Evaluación de los taludes naturales.

Se realizó un reconocimiento de toda la vía con una visita a campo y a esto se le complementó con el apoyo de las secciones transversales del levantamiento topográfico, de tal manera que se evaluó geoméricamente para tomar en cuenta el ángulo de talud respecto a la horizontal.

Se analizó los taludes para determinar la extensión de cualquier obra correctiva o preventiva requerida, donde la historia del comportamiento de dichos taludes fue de gran importancia para concluir los tipos de fallas más concurrentes en la zona.

El trabajo para la evaluación de estabilidad de taludes fue mediante el reconocimiento del tipo de suelo, llegando a concluir que el suelo que presenta la zona es del tipo de tierra compacta; y el talud que debe considerarse es V:H 2:1 de acuerdo a la tabla 1, considerado por el manual de diseño de carreteras de bajo volumen de tránsito, MTC, a partir de esto se ha recomendado para el diseño el corte de talud en grados con respecto a la horizontal. Considerando que para este tipo de carreteras de cuarta categoría no existe presupuestos para mantenimiento de vía, por tal motivo la colmatación de las estructuras de drenaje transversal de arte menor como son las alcantarillas son mayormente por sedimentación.

TRANSFERENCIA DE INFORMACIÓN HIDROMETEOROLÓGICA

Sistema hidrológico de origen con información de tormentas máximas

La simulación del modelo probabilístico Gumbel, calibrado mediante técnicas estadísticas de mejor ajuste, permitió la generación de información con la más diversa gama de probabilidades de ocurrencia, algunos de estos resultados se presentan en la Tabla 16. Información que corresponde a la ubicación de la estación pluviométrica Jaén, en la cuenca de la unidad hidrológica río Amojú (654 msnm).

Teniendo como resultado del tiempo de concentración calculado ($t_c = 97 \text{ min}$) se elige trabajar con los registros de las intensidades máximas con duración hasta 120 minutos tomado de la tesis “generación de intensidades máximas de la estación pluviométrica Jaén” presentado en la Universidad Nacional de Cajamarca, año 2017 por el bachiller Avila Vásquez Angelica Aurora. Datos generados a partir de bandas pluviográficas.

Sistema hidrológico destino sin información de tormentas máximas

Teniendo como información de partida los datos de la Tabla 16, la ubicación de la estación Jaén (654 msnm) en la cuenca del río Amojú y la altitud media de la microcuenca destino quebrada Cahahuache (2 538 msnm); mediante la aplicación de la función de transferencia de la ecuación (9), considerando que los periodos de duración estándar de las intensidades se mantienen (escala tiempos, $t_e = 1$), y que la escala de altitudes es $H_e = 2.20$, se obtuvieron los datos transferidos de la Tabla 17.

Estimación de intensidades máximas

Para la estimación de dichas intensidades se realizó transferencia de intensidades de la cuenca del río Amojú a la cuenca de la quebrada Cajahuache, con la información de datos de intensidades máximas (cuenca del río Amojú) obtenidos de los años 1964 a 1991.

Estimación de caudales máximos

Para el cálculo del caudal máximo se usó el método Racional y el valor del coeficiente de escorrentía se estableció de acuerdo a las características hidrológicas y geomorfológicas de la cuenca.

Estimación del Riesgo

se determinó el nivel de riesgo, considerando los valores de la tabla 2. indicando en forma porcentual, cuyo indicador porcentual permitirá determinar un total aproximado de pérdidas y daños.

b. Simulación Hidráulica (Descripción del Software)

Se desarrolló la simulación Hidráulica empleando el software HCANALES Y ARCENN utilizando la información hidrológica de la quebrada CAJAHUACHE y los datos para las estructuras de arte menor (de planos topográficos), se ingresó al software los datos de caudales determinados y se trabajó para un tirante crítico.

CAPITULO IV.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 RESULTADOS

A) ESTIMACION DE LOS PARAMETROS GEOMETRICOS DE TALUDES

La carretera tramo Cocahuayco – Cocachimba cuenta con 5.385 Km de longitud, dentro de todo el tramo se han contabilizado 08 taludes inestables que presentan características propias de taludes naturales. Los taludes objeto de análisis, se encuentran ubicados de acuerdo a la tabla 17.

Tablas 17: Localización y datos geométricos de taludes vulnerables e inestables

Progresivas	Ubicación	altura (m)	talud (°)	longitud (m)	tipo de falla encontradas
1+290 - 1+305	Lado izquierdo	18	73.3°	5.4	Falla x desprendimiento
2+370 - 2+390	Lado derecho	20.4	68.7°	7.8	Falla por derrumbes
3+080 - 3+100	Lado izquierdo	35	71.1°	12	Falla x desprendimiento
3+330 - 3+345	Lado izquierdo	19	67.2°	8	Falla por fisuración
3+900 - 3+920	Lado izquierdo	25	71.2°	8.5	Falla x desprendimiento
4+270 - 4+300	Lado derecho	16	66.4°	7	Falla por derrumbes
4+380 - 4+400	Lado derecho	14	70.3°	5	Falla por derrumbes
4+500 - 4+510	Lado derecho	16	67.8°	6.5	Falla x deslizamiento

B) ESTIMACION DE LOS PARAMETROS GEOMORFOLOGICOS

ESTUDIO HIDROLÓGICO CUENCA CAJAHUACHE		Código: 260528
		Revisión:
		Especialidad: HIDROLOGÍA
Tesis:	"EVALUACION HIDROLOGICA E HIDRAULICA DE LOS DRENAJES TRANSVERSALES EN LA CARRETERA COCAHUAYCO - COCACHIMBA - BONGARA - AMAZONAS"	Consultor:
C.P.	COCAHUAYCO	Diseño: FMS
Descripción:	PARÁMETROS GEOMORFOLÓGICOS DE LA CUENCA	

MORFOLOGIA

ÁREA DE LA CUENCA (Ac)

Superficie drenada por la red hidrográfica aguas arriba del punto emisor.

DE PLANOS AUTOCAD

$$Ac = 9.863 \text{ km}^2$$

PERÍMETRO (Pc)

Longitud de la línea de divortio aquarum

$$Pc = 14.165 \text{ Km}$$

ÍNDICE DE COMPACIDAD (Kc)

O índice de Gravelius, mide el grado de circularidad de la cuenca.

$$K_c = \frac{0.2821 \times P}{\sqrt{A}}$$

$$Kc = 0.28 \times (14.165) \times (9.863)^{-1/2}$$

$$Kc = 1.263$$

Por lo tanto, tenemos una Cuenca ni Alargada ni Redondeada

FACTOR DE FORMA (F)

Parámetro adimensional que relaciona el ancho promedio y la longitud del cauce principal.

$$F = \frac{A}{L_{cp}^2}$$

$$F = 9.863 / (5.19715)^2$$

$$F = 0.37$$

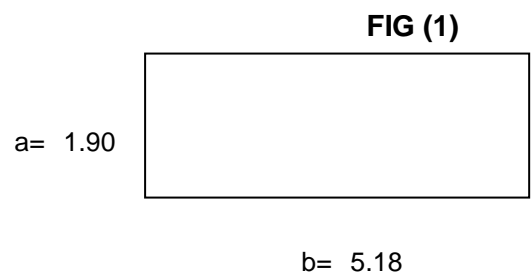
RECTANGULO EQUIVALENTE

$$a = \frac{Kc \times A^{\frac{1}{2}}}{1.12} \times \left(1 - \frac{1.12}{Kc} \times \sqrt{\left(\frac{Kc}{1.12} \right)^2 - 1} \right)$$

$$b = \frac{Kc \times A^{\frac{1}{2}}}{1.12} \times \left(1 + \frac{1.12}{Kc} \times \sqrt{\left(\frac{Kc}{1.12} \right)^2 - 1} \right)$$

$$a = 1.90 \text{ km}$$

$$b = 5.18 \text{ km}$$



PENDIENTE DE LA CUENCA (Sc)

Es el promedio de las pendientes de la cuenca. Está relacionada con el coeficiente de escorrentía y el grado de erosión de la cuenca.

Según Alvord:

$$Sc = \frac{E \times \sum Lcn}{A}$$

Donde: E : equidistancia entre curvas de nivel (km)

A : área de la cuenca (km2)

Lcn : longitud de cada curva de nivel (km)

E = 0.020 Km

A = 9.86 km²

Suma Lcn = 133881.86 m = 133.88 Km

Sc = (0.02)x(133.881860272)/(9.863)

Sc = 0.27

Sc = 27 %

LONGITUD DEL CAUCE PRINCIPAL (Lcp)

Lcp = 5197.15 m = 5.20 Km

LONGITUD AL CENTROIDE

Lc = 0.39 Km de autocad 388.34 m

LONGITUD DE MÁXIMO RECORRIDO

Lmax = 5.76 Km 5,757.15 m

TIEMPO DE CONCENTRACIÓN

Es el tiempo que la lluvia que cae en el punto más distante de la corriente de una hoyo toma para llegar al punto emisor.

Según La DGC

$$Tc = 0.3 \left(\frac{L}{S^{1/4}} \right)^{0.76} \dots\dots\dots (4)$$

Donde:

Tc = Tiempo de concentración en horas

L = Longitud de máximo recorrido (km)

S = Pendiente Media

L= 5.76 Km = 5757.15 m

S= 0.15

$$T_c = 1.63 \text{ Horas}$$

$$T_c = 1.63 \text{ Horas} = 97.75 \text{ minutos}$$

ALTITUD MEDIA (H)

Este parámetro es de suma utilidad para la generación de datos en regiones sin información.

$$\bar{H} = \frac{\sum H_i A_i}{A}$$

hi = Altura correspondiente al área parcial Ai

Ai = Áreas parciales

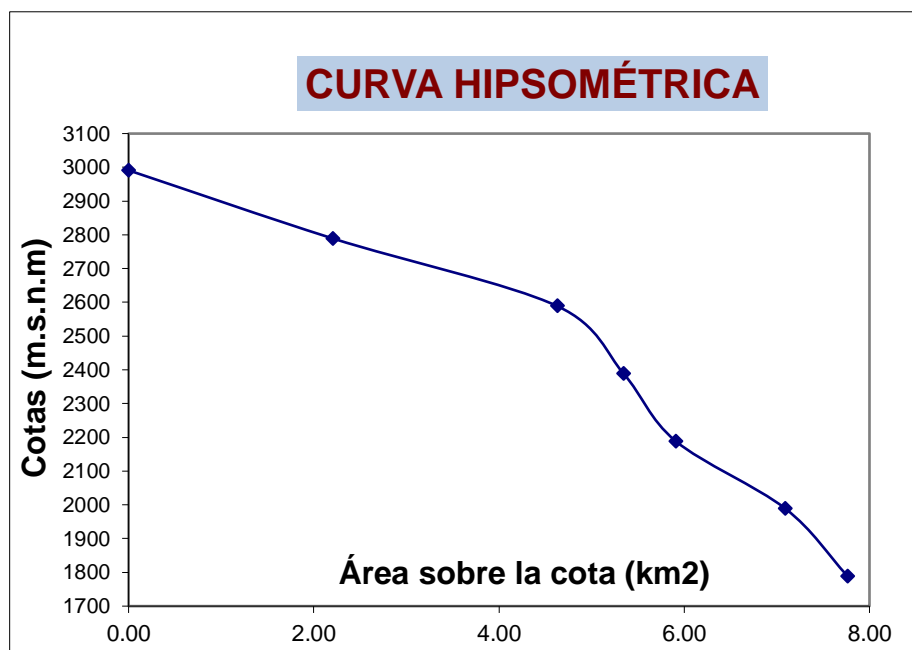
Ac = Área de la cuenca

Cota	Area Parcial de autocad	hi*Ai	Area sobre cota	%(A.parc/A.tot)
1789 - 1989	0.6719	1269.185	7.76	8.7
1989 - 2189	1.1844	2474.176	7.09	15.3
2189 - 2389	0.5628	1288.256	5.91	7.3
2389 - 2589	0.7164	1783.187	5.34	9.2
2589 - 2789	2.4213	6510.956	4.63	31.2
2789 - 2991	2.2059	6375.1	2.21	28.4
2991			0.00	
Sumatoria	7.7627	19700.9	-	-
Area (km2) = 7.76				

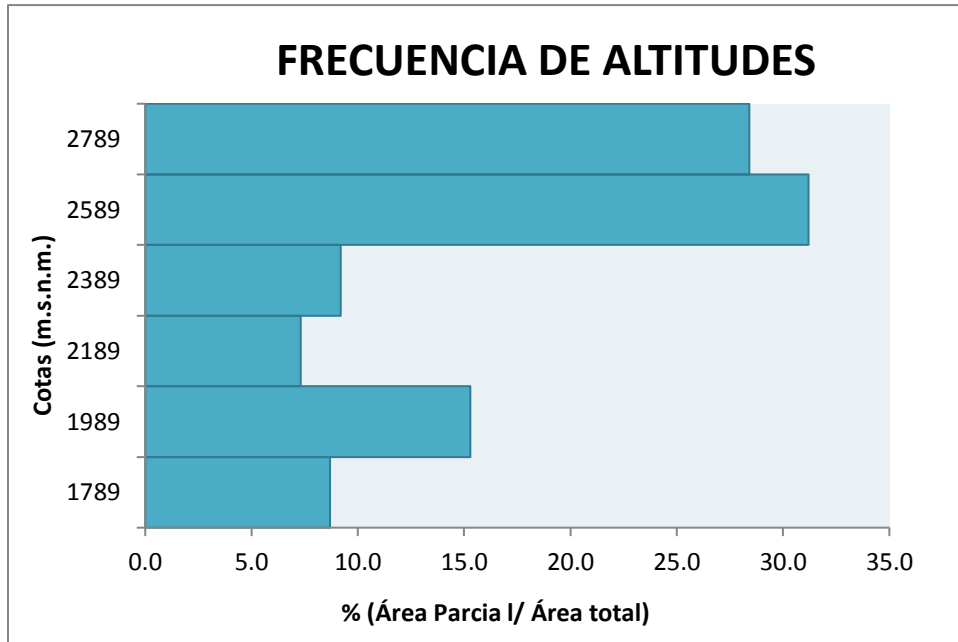
$$H = 19700.86 / 7.7627$$

$$H = 2538.00 \text{ m}$$

CURVA HIPSOMETRICA



CURVA DE FRECUENCIA DE ALTITUDES



PENDIENTE DEL CAUCE PRINCIPAL (S)

Es el promedio de las pendientes del cauce principal. Está relacionada con la magnitud de socavamiento o erosión, en profundidad y la capacidad de transporte de sedimentos

$$S = \left(\frac{\sum L_i}{\sum \frac{L_i}{\sqrt{S_i}}} \right)^2$$

Donde:

- Li : Longitud de cualquier tramo
- Si : Pendiente de cualquier tramo

S = 14.90%

Cota		Li	Si	Li/Si ^{0.5}
1789	- 1989	880.82	0.23	1848.48
1989	- 2189	678.05	0.29	1248.47
2189	- 2389	537.81	0.37	881.92
2389	- 2589	207.63	0.96	211.55
2589	- 2789	2320.6	0.09	7904.70
2789	- 2991	1275.9	0.16	3206.63
Sumatoria		5,900.81	-	15301.76

ESTUDIO HIDROLÓGICO (MICROCUENCA I)		Código: 260528
		Revisión:
		Especial: HIDROLOGÍA
Tesis:	EVALUACION HIDROLOGICA E HIDRAULICA DEL LOS DRENAJES TRANSVERSALES EN LA CARRETERA COCAHUAYCO - COCACHIMBA - BONGARA - AMAZONAS"	Consultor:
C.P.	COCAHUAYCO	Diseño: FMS
Descripción:	PARÁMETROS GEOMORFOLÓGICOS DE LA CUENCA	

MORFOLOGIA

ÁREA DE LA CUENCA (Ac)

Superficie drenada por la red hidrográfica aguas arriba del punto emisor.

DE PLANOS AUTOCAD

$$Ac = 1.191 \text{ km}^2$$

PERÍMETRO (Pc)

Longitud de la línea de divortio aquarum

$$Pc = 4.445 \text{ Km}$$

ÍNDICE DE COMPACIDAD (Kc)

O índice de Gravelius, mide el grado de circularidad de la cuenca.

$$K_c = \frac{0.2821 \times P}{\sqrt{A}}$$

$$Kc = 0.28 \times (4.445) \times (1.191)^{-1/2}$$

$$Kc = 1.14$$

Por lo tanto, tenemos una Cuenca ni Alargada ni Redondeada

FACTOR DE FORMA (F)

Parámetro adimensional que relaciona el ancho promedio y la longitud del cauce principal.

$$F = \frac{A}{L_{cp}^2}$$

$$F = 1.191 / (1.1472)^2$$

$$F = 0.9$$

RECTANGULO EQUIVALENTE

$$a = \frac{Kc \times A^{\frac{1}{2}}}{1.12} \times \left(1 - \frac{1.12}{Kc} \times \sqrt{\left(\frac{Kc}{1.12} \right)^2 - 1} \right)$$

$$b = \frac{Kc \times A^{\frac{1}{2}}}{1.12} \times \left(1 + \frac{1.12}{Kc} \times \sqrt{\left(\frac{Kc}{1.12} \right)^2 - 1} \right)$$

a = 0.90 km
b = 1.32 km

a= 0.90



FIG (1)

b= 1.32

PENDIENTE DE LA CUENCA (Sc)

Es el promedio de las pendientes de la cuenca. Está relacionada con el coeficiente de escorrentía y el grado de erosión de la cuenca.

Según Alvord:

$$Sc = \frac{E \times \sum Lcn}{A}$$

Donde: E : equidistancia entre curvas de nivel (km)

A : área de la cuenca (km²)

Lcn : longitud de cada curva de nivel (km)

E = 0.020 Km

A = 1.19 km²

Suma Lcn = 27827.07 m = 27.83 Km

Sc = (0.02)x(27.827065229)/(1.191)

Sc = 0.47

Sc = 47 %

LONGITUD DEL CAUCE PRINCIPAL (Lcp)

Lcp = 1147.20 m = 1.15 Km

LONGITUD AL CENTROIDE

Lc = 0.28 Km

de autocad

282.03 m

LONGITUD DE MÁXIMO RECORRIDO

Lmax = 1.94 Km 1,940.20 m

TIEMPO DE CONCENTRACIÓN

Es el tiempo que la lluvia que cae en el punto más distante de la corriente de una hoya toma para llegar al punto emisor.

Según La DGC

$$Tc = 0.3 \left(\frac{L}{S^{1/4}} \right)^{0.76} \dots\dots\dots (4)$$

Donde:

- Tc = Tiempo de concentración en horas
- L = Longitud de máximo recorrido (km)
- S = Pendiente Media

L= 1.94 Km = 1940.20 m
 S= 0.27
 Tc = 0.64 Horas
Tc = 0.64 Horas= 38.23 minutos

ALTITUD MEDIA (H)

Este parámetro es de suma utilidad para la generación de datos en regiones sin información.

$$\bar{H} = \frac{\sum Hi}{A}$$

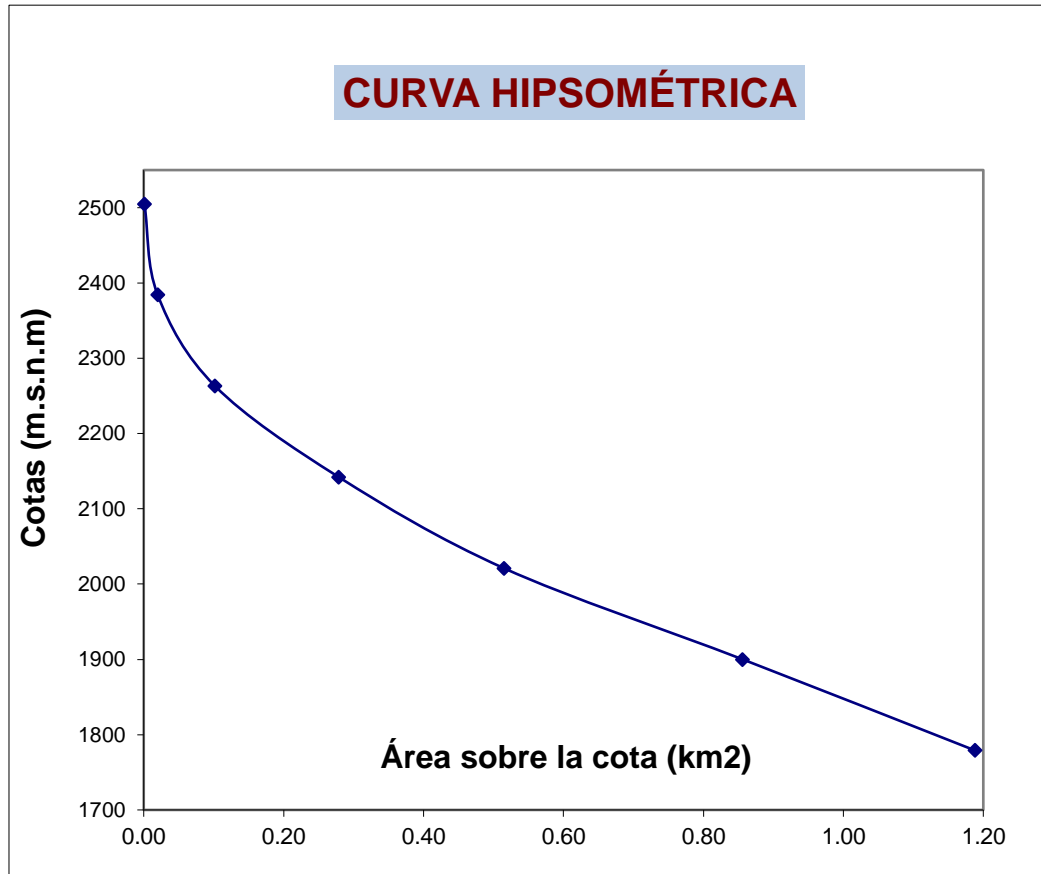
- hi = Altura correspondiente al área parcial Ai
- Ai = Áreas parciales
- Ac = Área de la cuenca

Cota			Area Parcial de autocad	hi*Ai	Area sobre cota	%(A.parc/A.tot)
1779	-	1900	0.3327	611.989	1.19	28.0
1900	-	2021	0.3413	669.172	0.86	28.7
2021	-	2142	0.2361	491.473	0.52	19.9
2142	-	2263	0.1770	389.904	0.28	14.9
2263	-	2384	0.0817	189.718	0.10	6.9
2384	-	2505	0.0194	47.438	0.02	1.6
2505					0.00	
Sumatoria			1.1882	2399.7	-	-
Area (km2) =			1.19			

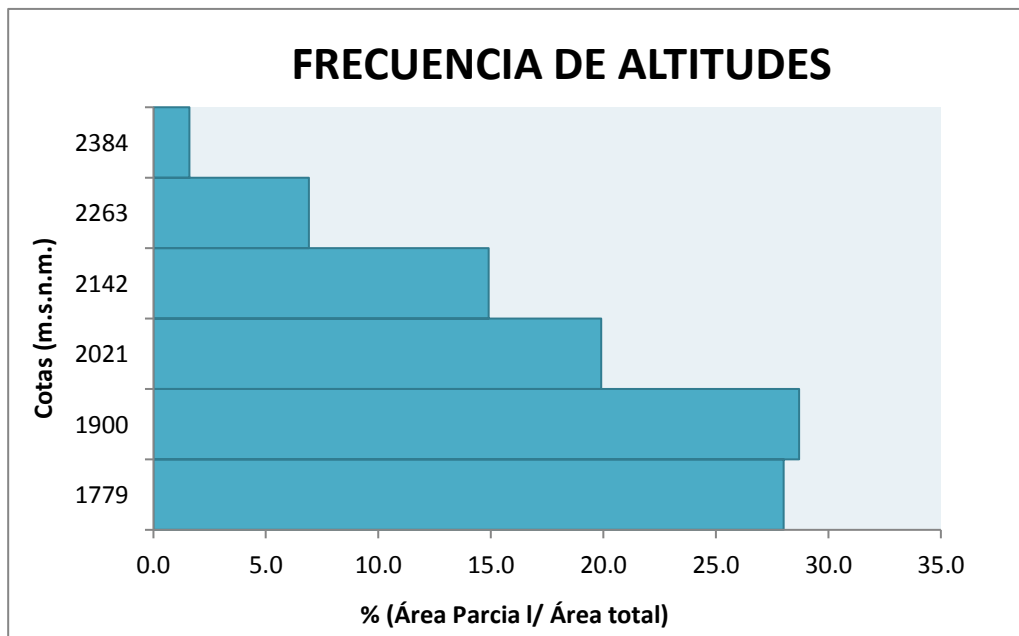
$$H = 2399.69/1.1882$$

$H = 2020.00$ m

CURVA HIPSOMETRICA



CURVA DE FRECUENCIA DE ALTITUDES



PENDIENTE DEL CAUCE PRINCIPAL (S)

Es el promedio de las pendientes del cauce principal. Está relacionada con la magnitud de socavamiento o erosión, en profundidad y la capacidad de transporte de sedimentos

$$S = \left(\frac{\sum L_i}{\sum \frac{L_i}{\sqrt{S_i}}} \right)^2$$

Donde:

Li : Longitud de cualquier tramo

Si : Pendiente de cualquier tramo

S = 26.90%

Cota			Li	Si	Li/Si^{0,5}
1779	-	1900	760.85	0.16	1907.90
1900	-	2021	498.81	0.24	1012.77
2021	-	2142	295.99	0.41	462.94
2142	-	2263	178.98	0.68	217.68
2263	-	2384	170.15	0.71	201.77
2384	-	2505	227.5	0.53	311.95
Sumatoria			2,132.28	-	4115.00

ESTUDIO HIDROLÓGICO (MICROCUENCA II)		Código: 260528
		Revisión:
		Especial: HIDROLOGÍA
Tesis:	"EVALUACION HIDROLOGICA E HIDRAULICA DE LOS DRENAJES TRANSVERSALES EN LA CARRETERA COCAHUAYCO - COCACHIMBA - BONGARA - AMAZONAS"	Consultor:
C.P.	COCAHUAYCO	Diseño: FMS
Descripción:	PARÁMETROS GEOMORFOLÓGICOS DE LA CUENCA	

MORFOLOGIA

ÁREA DE LA CUENCA (Ac)

Superficie drenada por la red hidrográfica aguas arriba del punto emisor.

DE PLANOS AUTOCAD

$$Ac = \quad \quad \quad \mathbf{0.736} \quad \quad \text{km}^2$$

PERÍMETRO (Pc)

Longitud de la línea de divortio aquarum

$$Pc = \quad \quad \quad \mathbf{3.379} \quad \quad \text{Km}$$

ÍNDICE DE COMPACIDAD (Kc)

O índice de Gravelius, mide el grado de circularidad de la cuenca.

$$K_c = \frac{0.2821 \times P}{\sqrt{A}}$$

$$Kc = \quad \quad \quad 0.28 \times (3.379) \times (0.736)^{-1/2}$$

$$Kc = \quad \quad \quad 1.103$$

Por lo tanto, tenemos una Cuenca ni Alargada ni Redondeada

FACTOR DE FORMA (F)

Parámetro adimensional que relaciona el ancho promedio y la longitud del cauce principal.

$$F = \frac{A}{L_{cp}^2}$$

$$F = \quad \quad \quad 0.736 / (1.41575)^2$$

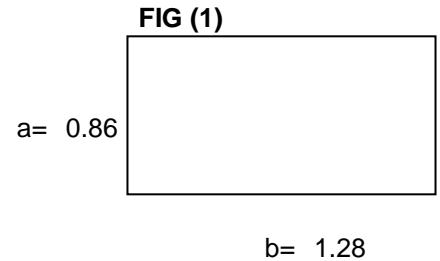
$$F = \quad \quad \quad 0.37$$

RECTANGULO EQUIVALENTE

$$a = \frac{Kc \times A^2}{1.12} \times \left(1 - \frac{1.12}{Kc} \times \sqrt{\left(\frac{Kc}{1.12}\right)^2 - 1} \right)$$

$$b = \frac{Kc \times A^2}{1.12} \times \left(1 + \frac{1.12}{Kc} \times \sqrt{\left(\frac{Kc}{1.12}\right)^2 - 1} \right)$$

a = 0.86 km
 b = 1.28 km



PENDIENTE DE LA CUENCA (Sc)

Es el promedio de las pendientes de la cuenca. Está relacionada con el coeficiente de escorrentía y el grado de erosión de la cuenca.

Según Alvord:

$$Sc = \frac{E \times \sum Lcn}{A}$$

Donde: E : equidistancia entre curvas de nivel (km)
 A : área de la cuenca (km²)
 Lcn : longitud de cada curva de nivel (km)

E = 0.020 Km
 A = 0.74 km²

Suma Lcn = 10883.41 m = 10.88 Km

Sc = (0.02)x(10.883410376)/(0.736)
 Sc = 0.3
 Sc = 30 %

LONGITUD DEL CAUCE PRINCIPAL (Lcp)

Lcp = 1415.75 m = 1.42 Km

LONGITUD AL CENTROIDE

Lc = 0.21 Km

de autocad 209.49 m

LONGITUD DE MÁXIMO RECORRIDO

Lmax = 1.58 Km

1,578.75 m

TIEMPO DE CONCENTRACIÓN

Es el tiempo que la lluvia que cae en el punto más distante de la corriente de una hoya toma para llegar al punto emisor.

Según La DGC:

$$Tc = 0.3 \left(\frac{L}{S^{1/4}} \right)^{0.76} \dots\dots\dots (4)$$

Donde:

Tc = Tiempo de concentración en horas

L = Longitud de máximo recorrido (km)

S = Pendiente Media

L= 1.58 Km = 1578.75 m

S= 0.21

Tc = 0.57 Horas

Tc = 0.57 Horas= 34.35 minutos

ALTITUD MEDIA (H)

Este parámetro es de suma utilidad para la generación de datos en regiones sin información.

$$\bar{H} = \frac{\sum Hi}{A}$$

hi = Altura correspondiente al área parcial

Ai = Área parcial

A = Área de la cuenca

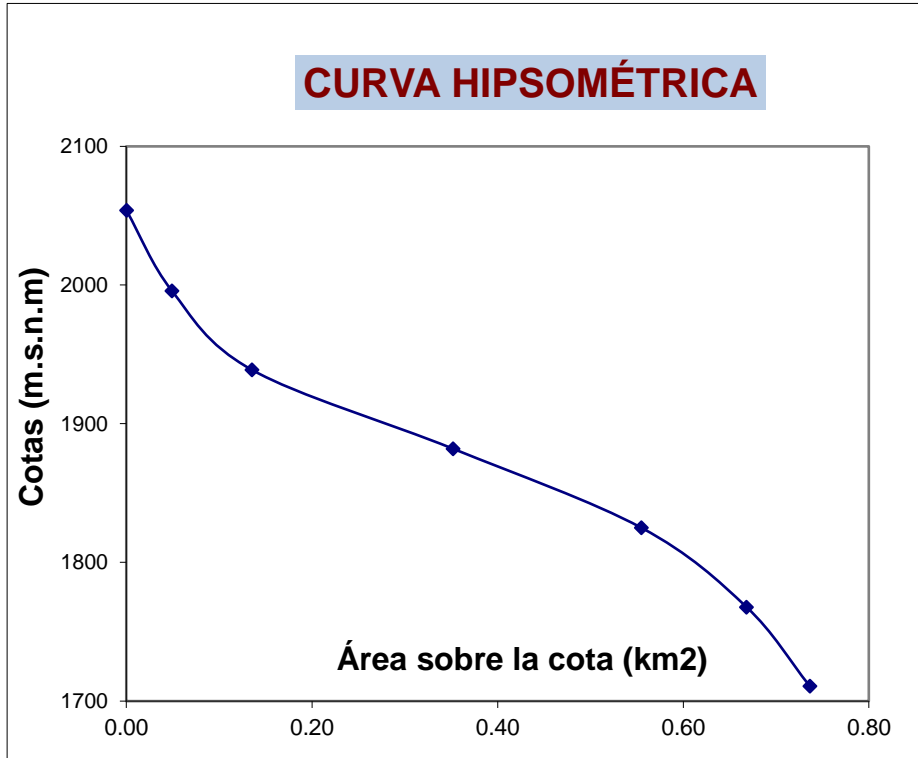
Cota			Area Parcial de autocad	hi*Ai	Area sobre cota	%(A.parc/A.tot)
1711	-	1768	0.0686	119.342	0.74	9.3
1768	-	1825	0.1133	203.457	0.67	15.4
1825	-	1882	0.2025	375.337	0.56	27.5
1882	-	1939	0.2170	414.531	0.35	29.5
1939	-	1996	0.0861	169.311	0.14	11.7
1996	-	2054	0.0488	98.816	0.05	6.6
2054					0.00	
Sumatoria			0.7362	1380.8	-	-
Area (km2) =			0.74			

$$H = 1380.79/0.7362$$

$H = 1876.00$	m
---------------	---

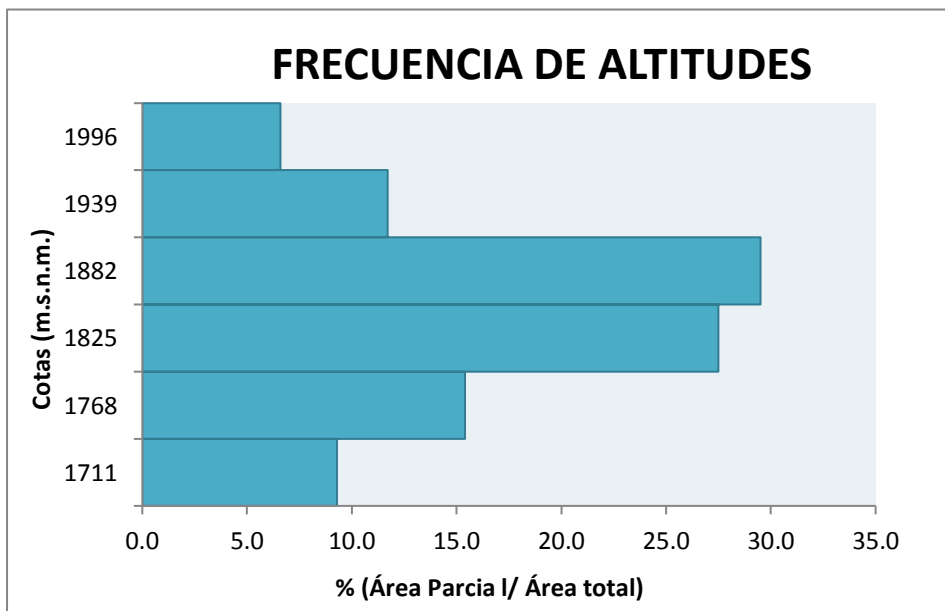
CURVA HIPSOMETRICA

FIG (2)



CURVA DE FRECUENCIA DE ALTITUDES

FIG (3)



PENDIENTE DEL CAUCE PRINCIPAL (S)

Es el promedio de las pendientes del cauce principal. Está relacionada con la magnitud de socavamiento o erosión, en profundidad y la capacidad de transporte de sedimentos

$$S = \left(\frac{\sum L_i}{\sum \frac{L_i}{\sqrt{S_i}}} \right)^2$$

Donde:

Li : Longitud de cualquier tramo

Si : Pendiente de cualquier tramo

S = 20.70%

Cota		Li	Si	Li/Si ^{0,5}	
1711	-	1768	164.1	0.35	278.44
1768	-	1825	185.72	0.31	335.24
1825	-	1882	245.25	0.23	508.72
1882	-	1939	396.5	0.14	1045.75
1939	-	1996	224.75	0.25	446.28
1996	-	2054	324.92	0.18	769.04
Sumatoria		1,541.24	-	-	3383.47

C) MODELAMIENTO HIDROLÓGICO DE INTENSIDADES DE DISEÑO

TABLA 18: INTENSIDADES MÁXIMAS DE PRECIPITACIÓN - ESTACIÓN PLUVIOMÉTRICA JAÉN, CUENCA RÍO AMOJU.

Año	Riesgo	Tiempo de Retorno	Intensidades Máximas (mm/hr)				
			5min.	10 min.	30 min.	60 min.	120 min.
N	J(%)	Tr (años)					
5	1	497.00	130.41	111.75	83.68	52.91	31.08
	2	247.00	124.08	106.32	79.56	50.33	29.57
	5	97.00	105.10	90.03	67.20	42.58	25.05
	10	47.00	90.45	77.45	57.65	36.59	21.57
	15	31.00	81.62	69.88	51.89	32.99	19.47
	20	22.00	75.16	64.34	47.69	30.35	17.93
	25	17.00	69.99	59.90	44.32	28.24	16.70
	30	14.00	65.61	56.14	41.46	26.45	15.66
	40	10.00	58.30	49.86	36.70	23.46	13.92

Continuación Tabla 18

	50	7.00	52.08	44.52	32.65	20.92	12.44
	60	5.00	46.40	39.65	28.94	18.60	11.09
	70	4.00	40.84	34.87	25.32	16.33	9.76
	75	4.00	37.97	32.41	23.45	15.16	9.08
	80	3.00	34.93	29.80	21.47	13.92	8.36
	90	2.00	27.63	23.54	16.72	10.94	6.62
	100	1.00	-	-	-	-	-
10	1	995.00	144.51	123.87	92.88	58.67	34.44
	2	495.00	138.19	118.44	88.76	56.09	32.93
	5	195.00	119.22	102.15	76.40	48.34	28.41
	10	95.00	104.56	89.57	66.84	42.36	24.93
	15	62.00	95.73	81.99	61.09	38.75	22.83
	20	45.00	89.28	76.45	56.89	36.11	21.29
	25	35.00	84.11	72.01	53.51	34.00	20.06
	30	28.00	79.73	68.25	50.66	32.21	19.02
	40	20.00	72.41	61.98	45.89	29.23	17.28
	50	14.00	66.20	56.64	41.84	26.69	15.80
	60	11.00	60.51	51.76	38.14	24.37	14.45
	70	8.00	54.95	46.99	34.52	22.10	13.12
	75	7.00	52.08	44.52	32.65	20.92	12.44
	80	6.00	49.04	41.92	30.67	19.68	11.72
90	4.00	41.75	35.66	25.91	16.70	9.98	
100	1.00	-	-	-	-	-	
15	1	1492.00	152.77	130.95	98.26	62.04	36.39
	2	742.00	146.45	125.52	94.14	59.46	34.89
	5	292.00	127.48	109.24	81.78	51.72	30.38
	10	142.00	112.82	96.66	72.22	45.73	26.89
	15	92.00	103.99	89.08	66.47	42.12	24.79
	20	67.00	97.54	83.54	62.27	39.49	23.25
	25	52.00	92.36	79.10	58.89	37.37	22.02
	30	42.00	87.98	75.34	56.04	35.59	20.98
	40	29.00	80.67	69.06	51.28	32.60	19.24
	50	22.00	74.45	63.73	47.23	30.06	17.76
	60	16.00	68.77	58.85	43.52	27.74	16.41
	70	12.00	63.21	54.08	39.90	25.47	15.09
	75	11.00	60.34	51.61	38.03	24.30	14.40
	80	9.00	57.30	49.00	36.05	23.05	13.68
90	7.00	50.01	42.74	31.29	20.08	11.95	
100	1.00	-	-	-	-	-	
20	1	1990.00	158.63	135.98	102.08	64.44	37.80
	2	990.00	152.31	130.55	97.96	61.86	36.29
	5	390.00	133.34	114.27	85.59	54.11	31.77
	10	190.00	118.68	101.68	76.04	48.12	28.28

Continuación Tabla 18

	15	123.00	109.85	94.11	70.29	44.52	26.18
	20	90.00	103.39	88.57	66.08	41.88	24.65
	25	70.00	98.22	84.13	62.71	39.77	23.42
	30	56.00	93.84	80.37	59.86	37.98	22.38
	40	39.00	86.53	74.09	55.09	34.99	20.64
	50	29.00	80.31	68.76	51.04	32.45	19.16
	60	22.00	74.63	63.88	47.34	30.13	17.80
	70	17.00	69.07	59.10	43.72	27.86	16.48
	75	14.00	66.20	56.64	41.84	26.69	15.80
	80	12.00	63.16	54.03	39.86	25.45	15.07
	90	9.00	55.86	47.77	35.11	22.47	13.34
100	1.00	-	-	-	-	-	
30	1	2985.00	166.90	143.07	107.46	67.81	39.75
	2	1485.00	160.57	137.64	103.34	65.23	38.25
	5	585.00	141.59	121.35	90.97	57.48	33.74
	10	285.00	126.93	108.77	81.42	51.49	30.25
	15	185.00	118.11	101.20	75.67	47.89	28.15
	20	134.00	111.65	95.65	71.46	45.25	26.61
	25	104.00	106.48	91.21	68.09	43.14	25.38
	30	84.00	102.10	87.46	65.24	41.35	24.34
	40	59.00	94.79	81.18	60.47	38.36	22.60
	50	43.00	88.57	75.84	56.42	35.83	21.12
	60	33.00	82.89	70.96	52.72	33.50	19.77
	70	25.00	77.33	66.19	49.10	31.23	18.45
	75	22.00	74.45	63.73	47.23	30.06	17.76
	80	19.00	71.41	61.12	45.24	28.82	17.04
90	13.00	64.12	54.86	40.49	25.84	15.30	
100	1.00	-	-	-	-	-	
40	1	3980.00	172.76	148.10	111.27	70.20	41.14
	2	1980.00	166.43	142.67	107.15	67.62	39.64
	5	780.00	147.45	126.38	94.79	59.87	35.13
	10	380.00	132.79	113.80	85.24	53.89	31.64
	15	246.00	123.97	106.22	79.49	50.28	29.54
	20	179.00	117.51	100.68	75.28	47.64	28.01
	25	139.00	112.34	96.24	71.91	45.53	26.78
	30	112.00	107.96	92.48	69.06	43.74	25.73
	40	78.00	100.64	86.21	64.29	40.76	23.99
	50	58.00	94.43	80.87	60.24	38.22	22.51
	60	44.00	88.74	75.99	56.54	35.90	21.16
	70	33.00	83.18	71.22	52.91	33.63	19.84
	75	29.00	80.31	68.76	51.04	32.45	19.16
	80	25.00	77.27	66.15	49.06	31.21	18.43
90	17.00	69.98	59.89	44.31	28.23	16.70	

Continuación Tabla 18

	100	1.00	-	-	-	-	-
50	1	4975.00	177.29	152.00	114.24	72.06	42.24
	2	2475.00	170.97	146.57	110.12	69.48	40.73
	5	975.00	152.00	130.28	97.75	61.73	36.21
	10	475.00	137.34	117.70	88.20	55.74	32.72
	15	308.00	128.51	110.12	82.45	52.14	30.62
	20	224.00	122.05	104.58	78.24	49.50	29.09
	25	174.00	116.88	100.14	74.87	47.39	27.86
	30	140.00	112.50	96.38	72.02	45.60	26.82
	40	98.00	105.19	90.11	67.25	42.61	25.07
	50	72.00	98.97	84.77	63.20	40.07	23.60
	60	55.00	93.29	79.89	59.50	37.75	22.24
	70	42.00	87.73	75.12	55.87	35.48	20.92
	75	36.00	84.86	72.66	54.00	34.31	20.24
	80	31.00	81.82	70.05	52.02	33.07	19.51
90	22.00	74.52	63.79	47.27	30.09	17.78	
100	1.00	-	-	-	-	-	
60	1	5970.00	181.00	155.18	116.66	73.57	43.12
	2	2970.00	174.68	149.75	112.54	70.99	41.61
	5	1170.00	155.71	133.47	100.17	63.24	37.09
	10	569.00	141.05	120.89	90.62	57.26	33.61
	15	369.00	132.22	113.31	84.87	53.65	31.51
	20	269.00	125.77	107.77	80.66	51.02	29.97
	25	209.00	120.59	103.33	77.29	48.90	28.74
	30	168.00	116.22	99.57	74.44	47.12	27.70
	40	117.00	108.90	93.29	69.67	44.13	25.96
	50	87.00	102.69	87.96	65.62	41.59	24.48
	60	65.00	97.00	83.08	61.92	39.27	23.13
	70	50.00	91.44	78.31	58.29	37.00	21.80
	75	43.00	88.57	75.84	56.42	35.83	21.12
	80	37.00	85.53	73.23	54.44	34.58	20.40
90	26.00	78.24	66.97	49.69	31.61	18.66	
100	1.00	-	-	-	-	-	
70	1	6965.00	184.14	157.88	118.70	74.86	43.87
	2	3465.00	177.82	152.45	114.58	72.28	42.36
	5	1365.00	158.85	136.16	102.22	64.53	37.84
	10	664.00	144.19	123.58	92.66	58.54	34.35
	15	431.00	135.36	116.00	86.91	54.94	32.25
	20	314.00	128.91	110.46	82.71	52.30	30.72
	25	243.00	123.73	106.02	79.34	50.19	29.49
	30	196.00	119.36	102.27	76.48	48.40	28.45
	40	137.00	112.04	95.99	71.72	45.41	26.71
	50	101.00	105.82	90.65	67.67	42.87	25.23

Continuación Tabla 18

	60	76.00	100.14	85.77	63.96	40.55	23.87
	70	58.00	94.58	81.00	60.34	38.28	22.55
	75	50.00	91.71	78.54	58.47	37.11	21.87
	80	43.00	88.67	75.93	56.49	35.87	21.14
	90	30.00	81.38	69.67	51.74	32.89	19.41
	100	1.00	-	-	-	-	-
75	1	7462.00	185.56	159.08	119.62	75.43	44.19
	2	3712.00	179.23	153.65	115.50	72.85	42.69
	5	1462.00	160.25	137.37	103.13	65.10	38.18
	10	712.00	145.59	124.79	93.58	59.11	34.69
	15	461.00	136.77	117.21	87.83	55.51	32.59
	20	336.00	130.31	111.67	83.62	52.87	31.05
	25	261.00	125.14	107.23	80.25	50.76	29.82
	30	210.00	120.76	103.47	77.40	48.97	28.78
	40	147.00	113.45	97.19	72.63	45.98	27.04
	50	108.00	107.23	91.86	68.58	43.45	25.56
	60	82.00	101.55	86.98	64.88	41.12	24.21
	70	62.00	95.99	82.21	61.26	38.85	22.89
	75	54.00	93.11	79.74	59.38	37.68	22.20
	80	47.00	90.07	77.13	57.40	36.44	21.48
90	33.00	82.78	70.87	52.65	33.46	19.74	
100	1.00	-	-	-	-	-	
80	1	7960.00	186.86	160.21	120.47	75.97	44.50
	2	3960.00	180.54	154.78	116.35	73.39	43.00
	5	1560.00	161.57	138.50	103.99	65.64	38.49
	10	759.00	146.91	125.91	94.44	59.65	35.00
	15	492.00	138.08	118.34	88.69	56.05	32.90
	20	359.00	131.63	112.80	84.48	53.41	31.37
	25	278.00	126.45	108.36	81.11	51.30	30.13
	30	224.00	122.07	104.60	78.26	49.51	29.09
	40	157.00	114.76	98.32	73.49	46.52	27.35
	50	115.00	108.54	92.99	69.44	43.98	25.87
	60	87.00	102.86	88.11	65.74	41.66	24.52
	70	66.00	97.30	83.34	62.11	39.39	23.20
	75	58.00	94.43	80.87	60.24	38.22	22.51
	80	50.00	91.39	78.26	58.26	36.98	21.79
90	35.00	84.10	72.00	53.51	34.00	20.06	
100	1.00	-	-	-	-	-	
90	1	8955.00	189.26	162.27	122.04	76.95	45.07
	2	4455.00	182.94	156.84	117.92	74.37	43.57
	5	1755.00	163.97	140.55	105.55	66.62	39.06
	10	854.00	149.31	127.97	96.00	60.63	35.57
	15	554.00	140.48	120.40	90.25	57.03	33.47

Continuación Tabla 18

	20	403.00	134.02	114.86	86.04	54.39	31.94
	25	313.00	128.85	110.42	82.67	52.28	30.70
	30	252.00	124.47	106.66	79.82	50.49	29.66
	40	176.00	117.16	100.38	75.05	47.50	27.92
	50	130.00	110.94	95.05	71.00	44.96	26.44
	60	98.00	105.26	90.17	67.30	42.64	25.09
	70	75.00	99.70	85.39	63.67	40.37	23.77
	75	65.00	96.83	82.93	61.80	39.20	23.09
	80	56.00	93.79	80.32	59.82	37.96	22.36
	90	39.00	86.49	74.06	55.07	34.98	20.63
	100	1.00	-	-	-	-	-
100	1	9950.00	191.42	164.11	123.43	77.82	45.58
	2	4950.00	185.09	158.68	119.31	75.24	44.08
	5	1950.00	166.11	142.40	106.95	67.49	39.57
	10	949.00	151.45	129.81	97.40	61.51	36.08
	15	615.00	142.63	122.24	91.65	57.90	33.98
	20	448.00	136.17	116.70	87.44	55.27	32.45
	25	348.00	131.00	112.26	84.07	53.15	31.22
	30	280.00	126.62	108.50	81.22	51.36	30.17
	40	196.00	119.30	102.22	76.45	48.38	28.43
	50	144.00	113.09	96.89	72.40	45.84	26.95
	60	109.00	107.40	92.01	68.70	43.52	25.60
	70	83.00	101.84	87.24	65.07	41.25	24.28
	75	72.00	98.97	84.77	63.20	40.07	23.60
	80	62.00	95.93	82.16	61.22	38.83	22.87
	90	43.00	88.64	75.90	56.47	35.85	21.14
100	1.00	-	-	-	-	-	

FUENTE: TESIS GENERACION DE INTENSIDADES MÁXIMAS DE LA ESTACIÓN PLUVIOMÉTRICA JAÉN
PRESENTADO POR BACH. AVILA VASQUEZ ANGELICA
AURORA

Intensidades generadas para el proyecto “quebrada Cajahuache”

utilizando la ecuación siguiente y el cuadro ANTERIOR

$$I_d = I_o * \left(\frac{H_d}{H_o}\right) \dots\dots\dots (37)$$

Dónde:

- I_d : Intensidad de precipitación en la cuenca destino.
- I_o : Intensidad de precipitación en la cuenca de origen.
- H_d : altitud media de la cuenca destino.
- H_o : altitud media de la cuenca origen.

Altitud media de la zona del proyecto : 2538 m.s.n.m

Altitud media de la cuenca origen : 1151 m.s.n.m

Factor de transferencia : 2.20

TABLA 19: INTENSIDADES MÁXIMAS DE PRECIPITACIÓN TRANSFERIDAS A LA CUENCA DE LA QUEBRADA CAJAHUACHE

Año	Riesgo	Tiempo de Retorno	Intensidades Máximas (mm/hr)				
			5 min.	10 min.	30 min.	60 min.	120 min.
N	J(%)	Tr (años)					
5	1	497.00	506.07	433.67	324.74	205.34	120.60
	2	247.00	481.52	412.60	308.75	195.32	114.75
	5	97.00	407.87	349.38	260.79	165.24	97.21
	10	47.00	351.01	300.56	223.72	142.00	83.71
	15	31.00	316.75	271.19	201.37	128.03	75.56
	20	22.00	291.68	249.69	185.07	117.78	69.58
	25	17.00	271.61	232.46	171.99	109.59	64.81
	30	14.00	254.61	217.86	160.90	102.65	60.77
	40	10.00	226.25	193.49	142.42	91.04	54.02
	50	7.00	202.11	172.77	126.71	81.18	48.28
	60	5.00	180.07	153.87	112.31	72.18	43.04
	70	4.00	158.49	135.32	98.26	63.37	37.88
	75	4.00	147.35	125.77	91.00	58.83	35.24
	80	3.00	135.55	115.65	83.32	54.02	32.44
	90	2.00	107.22	91.35	64.89	42.46	25.69
	100	1.00	-	-	-	-	-
10	1	995.00	560.82	480.71	360.44	227.70	133.64
	2	495.00	536.28	459.63	344.45	217.67	127.79
	5	195.00	462.66	396.42	296.49	187.59	110.25
	10	95.00	405.77	347.60	259.39	164.39	96.75
	15	62.00	371.50	318.18	237.07	150.38	88.60
	20	45.00	346.47	296.68	220.77	140.13	82.62
	25	35.00	326.41	279.45	207.66	131.94	77.85
	30	28.00	309.41	264.86	196.60	125.00	73.81
	40	20.00	281.00	240.53	178.09	113.43	67.06
	50	14.00	256.90	219.80	162.37	103.58	61.32
	60	11.00	234.82	200.87	148.01	94.57	56.08
	70	8.00	213.25	182.36	133.96	85.76	50.92
	75	7.00	202.11	172.77	126.71	81.18	48.28
	80	6.00	190.31	162.68	119.02	76.37	45.48
	90	4.00	162.02	138.39	100.55	64.81	38.73
	100	1.00	-	-	-	-	-

Continuación Tabla 19

15	1	1492.00	592.87	508.17	381.32	240.76	141.23
	2	742.00	568.33	487.11	365.33	230.75	135.40
	5	292.00	494.72	423.93	317.37	200.71	117.90
	10	142.00	437.82	375.11	280.27	177.47	104.35
	15	92.00	403.56	345.70	257.95	163.46	96.20
	20	67.00	378.53	324.20	241.65	153.25	90.23
	25	52.00	358.42	306.97	228.54	145.02	85.45
	30	42.00	341.43	292.37	217.48	138.12	81.42
	40	29.00	313.06	268.00	199.00	126.51	74.67
	50	22.00	288.92	247.32	183.29	116.65	68.92
	60	16.00	266.88	228.38	168.89	107.65	63.68
	70	12.00	245.30	209.87	154.84	98.84	58.56
	75	11.00	234.16	200.28	147.58	94.30	55.88
	80	9.00	222.37	190.16	139.90	89.45	53.09
	90	7.00	194.08	165.86	121.43	77.93	46.37
100	1.00	-	-	-	-	-	
20	1	1990.00	615.61	527.69	396.16	250.09	146.68
	2	990.00	591.07	506.63	380.16	240.06	140.83
	5	390.00	517.46	443.45	332.15	209.99	123.29
	10	190.00	460.57	394.59	295.09	186.74	109.75
	15	123.00	426.30	365.22	272.78	172.77	101.60
	20	90.00	401.23	343.72	256.44	162.53	95.66
	25	70.00	381.17	326.49	243.36	154.34	90.89
	30	56.00	364.17	311.89	232.30	147.39	86.85
	40	39.00	335.80	287.52	213.79	135.79	80.10
	50	29.00	311.66	266.84	198.07	125.93	74.35
	60	22.00	289.62	247.90	183.71	116.93	69.08
	70	17.00	268.04	229.35	169.67	108.12	63.95
	75	14.00	256.90	219.80	162.37	103.58	61.32
	80	12.00	245.11	209.68	154.69	98.76	58.48
	90	9.00	216.78	185.38	136.25	87.20	51.77
100	1.00	-	-	-	-	-	
30	1	2985.00	647.68	555.22	417.04	263.17	154.27
	2	1485.00	623.13	534.14	401.04	253.14	148.44
	5	585.00	549.47	470.93	353.03	223.06	130.94
	10	285.00	492.58	422.11	315.97	199.82	117.39
	15	185.00	458.35	392.73	293.66	185.85	109.24
	20	134.00	433.28	371.19	277.32	175.60	103.27
	25	104.00	413.22	353.96	264.24	167.41	98.49
	30	84.00	396.22	339.41	253.18	160.47	94.46
	40	59.00	367.85	315.04	234.67	148.86	87.70
	50	43.00	343.72	294.31	218.95	139.05	81.96
	60	33.00	321.67	275.38	204.59	130.00	76.72

Continuación Tabla 19

	70	25.00	300.10	256.87	190.54	121.20	71.60
	75	22.00	288.92	247.32	183.29	116.65	68.92
	80	19.00	277.12	237.19	175.56	111.84	66.13
	90	13.00	248.83	212.90	157.13	100.28	59.38
	100	1.00	-	-	-	-	-
40	1	3980.00	670.42	574.74	431.81	272.44	159.67
	2	1980.00	645.87	553.66	415.82	262.42	153.83
	5	780.00	572.21	490.45	367.85	232.34	136.33
	10	380.00	515.32	441.63	330.79	209.13	122.79
	15	246.00	481.09	412.21	308.48	195.12	114.64
	20	179.00	456.03	390.71	292.14	184.88	108.70
	25	139.00	435.96	373.48	279.06	176.69	103.93
	30	112.00	418.96	358.89	268.00	169.74	99.85
	40	78.00	390.56	334.56	249.49	158.18	93.10
	50	58.00	366.46	313.83	233.78	148.32	87.36
	60	44.00	344.38	294.90	219.42	139.32	82.12
	70	33.00	322.80	276.39	205.33	130.51	76.99
	75	29.00	311.66	266.84	198.07	125.93	74.35
	80	25.00	299.86	256.71	190.39	121.12	71.52
	90	17.00	271.57	232.42	171.96	109.55	64.81
100	1.00	-	-	-	-	-	
50	1	4975.00	688.03	589.87	443.35	279.66	163.91
	2	2475.00	663.49	568.80	427.35	269.63	158.06
	5	975.00	589.87	505.58	379.34	239.56	140.52
	10	475.00	532.98	456.76	342.28	216.31	126.98
	15	308.00	498.71	427.35	319.97	202.34	118.83
	20	224.00	473.64	405.85	303.63	192.10	112.89
	25	174.00	453.58	388.62	290.55	183.91	108.12
	30	140.00	436.58	374.03	279.49	176.96	104.08
	40	98.00	408.21	349.69	260.98	165.36	97.29
	50	72.00	384.08	328.97	245.26	155.50	91.59
	60	55.00	362.03	310.03	230.90	146.50	86.31
	70	42.00	340.46	291.52	216.82	137.69	81.18
	75	36.00	329.32	281.97	209.56	133.15	78.55
	80	31.00	317.52	271.85	201.88	128.34	75.71
	90	22.00	289.19	247.55	183.44	116.77	69.00
100	1.00	-	-	-	-	-	
60	1	5970.00	702.43	602.20	452.74	285.52	167.32
	2	2970.00	677.89	581.14	436.74	275.49	161.48
	5	1170.00	604.27	517.96	388.73	245.42	143.94
	10	569.00	547.38	469.14	351.67	222.21	130.43
	15	369.00	513.11	439.73	329.36	208.20	122.28
	20	269.00	488.08	418.23	313.02	198.00	116.31

Continuación Tabla 19

	25	209.00	467.98	401.00	299.94	189.77	111.53
	30	168.00	451.02	386.40	288.88	182.86	107.50
	40	117.00	422.61	362.03	270.37	171.26	100.74
	50	87.00	398.51	341.35	254.65	161.40	95.00
	60	65.00	376.43	322.41	240.30	152.40	89.76
	70	50.00	354.85	303.90	226.21	143.59	84.60
	75	43.00	343.72	294.31	218.95	139.05	81.96
	80	37.00	331.92	284.19	211.27	134.20	79.17
	90	26.00	303.63	259.89	192.83	122.67	72.41
	100	1.00	-	-	-	-	-
70	1	6965.00	714.61	612.69	460.64	290.52	170.23
	2	3465.00	690.07	591.62	444.65	280.50	164.39
	5	1365.00	616.45	528.40	396.69	250.42	146.85
	10	664.00	559.56	479.58	359.59	227.18	133.30
	15	431.00	525.30	450.17	337.27	213.21	125.15
	20	314.00	500.27	428.67	320.98	202.96	119.22
	25	243.00	480.16	411.44	307.90	194.77	114.44
	30	196.00	463.20	396.88	296.80	187.83	110.41
	40	137.00	434.80	372.51	278.33	176.22	103.65
	50	101.00	410.66	351.79	262.61	166.37	97.91
	60	76.00	388.62	332.85	248.21	157.36	92.63
	70	58.00	367.04	314.34	234.16	148.55	87.51
	75	50.00	355.90	304.79	226.91	144.01	84.87
	80	43.00	344.10	294.66	219.22	139.20	82.04
90	30.00	315.81	270.37	200.79	127.64	75.33	
100	1.00	-	-	-	-	-	
75	1	7462.00	720.10	617.33	464.23	292.74	171.50
	2	3712.00	695.54	596.27	448.22	282.71	165.67
	5	1462.00	621.89	533.10	400.22	252.64	148.17
	10	712.00	565.00	484.28	363.16	229.39	134.62
	15	461.00	530.77	454.86	340.84	215.42	126.47
	20	336.00	505.70	433.36	324.51	205.17	120.50
	25	261.00	485.64	416.13	311.43	196.99	115.72
	30	210.00	468.64	401.54	300.37	190.04	111.69
	40	147.00	440.27	377.17	281.86	178.44	104.94
	50	108.00	416.13	356.48	266.14	168.62	99.19
	60	82.00	394.09	337.55	251.78	159.58	93.95
	70	62.00	372.51	319.04	237.73	150.77	88.83
	75	54.00	361.34	309.45	230.44	146.23	86.15
	80	47.00	349.54	299.32	222.75	141.41	83.36
90	33.00	321.25	275.03	204.32	129.85	76.61	
100	1.00	-	-	-	-	-	
80	1	7960.00	725.17	621.72	467.51	294.83	172.71

Continuación Tabla 19

	2	3960.00	700.63	600.66	451.52	284.81	166.87
	5	1560.00	627.01	537.48	403.56	254.73	149.37
	10	759.00	570.12	488.62	366.50	231.49	135.83
	15	492.00	535.85	459.25	344.18	217.52	127.68
	20	359.00	510.82	437.75	327.84	207.27	121.74
	25	278.00	490.72	420.52	314.77	199.08	116.93
	30	224.00	473.72	405.92	303.71	192.14	112.89
	40	157.00	445.35	381.55	285.20	180.53	106.14
	50	115.00	421.21	360.87	269.48	170.67	100.39
	60	87.00	399.17	341.93	255.12	161.67	95.16
	70	66.00	377.60	323.42	241.03	152.86	90.03
	75	58.00	366.46	313.83	233.78	148.32	87.36
	80	50.00	354.66	303.71	226.09	143.51	84.56
	90	35.00	326.37	279.41	207.66	131.94	77.85
	100	1.00	-	-	-	-	-
90	1	8955.00	734.48	629.73	473.62	298.64	174.92
	2	4455.00	709.94	608.65	457.62	288.61	169.08
	5	1755.00	636.32	545.44	409.61	258.53	151.58
	10	854.00	579.43	496.62	372.55	235.29	138.04
	15	554.00	545.17	467.24	350.24	221.32	129.89
	20	403.00	520.10	445.74	333.90	211.07	123.95
	25	313.00	500.03	428.51	320.82	202.88	119.14
	30	252.00	483.03	413.92	309.76	195.94	115.10
	40	176.00	454.67	389.55	291.25	184.33	108.35
	50	130.00	430.53	368.86	275.53	174.48	102.61
	60	98.00	408.49	349.93	261.17	165.47	97.37
	70	75.00	386.91	331.38	247.09	156.67	92.25
	75	65.00	375.77	321.83	239.83	152.12	89.61
	80	56.00	363.97	311.70	232.15	147.31	86.77
	90	39.00	335.64	287.41	213.71	135.75	80.06
100	1.00	-	-	-	-	-	
100	1	9950.00	742.84	636.85	479.00	302.01	176.90
	2	4950.00	718.29	615.79	463.01	291.99	171.06
	5	1950.00	644.63	552.62	415.04	261.91	153.56
	10	949.00	587.74	503.76	377.98	238.70	140.02
	15	615.00	553.51	474.38	355.67	224.69	131.87
	20	448.00	528.44	452.88	339.33	214.49	125.93
	25	348.00	508.38	435.65	326.25	206.26	121.16
	30	280.00	491.38	421.06	315.19	199.31	117.08
	40	196.00	462.97	396.69	296.68	187.75	110.33
	50	144.00	438.87	376.00	280.97	177.89	104.59
	60	109.00	416.79	357.07	266.61	168.89	99.35
	70	83.00	395.21	338.56	252.52	160.08	94.22

Continuación Tabla 19

75	72.00	384.08	328.97	245.26	155.50	91.59
80	62.00	372.28	318.84	237.58	150.69	88.75
90	43.00	343.99	294.55	219.15	139.12	82.04
100	1.00	-	-	-	-	-

Tabla 20.- Intensidades máx. para estructuras de arte menor con riesgo admisible del 35%

Año	Riesgo	Tiempo de Retorno	DURACION DE LA LLUVIA EN MINUTOS				
			5	10	30	60	120
N	J(%)	Tr (años)	Intensidades Maximias (mm/hr)				
5	35.00	12.00	248.94	212.99	157.20	100.32	59.42
10	35.00	23.00	303.73	259.99	192.90	122.69	72.46
15	35.00	35.00	335.75	287.50	213.78	135.79	80.07
20	35.00	46.00	358.49	307.02	228.60	145.07	85.50
30	35.00	70.00	390.55	334.53	249.48	158.15	93.11
40	35.00	93.00	413.28	354.02	264.30	167.43	98.50
50	35.00	116.00	430.91	369.16	275.79	174.64	102.72
60	35.00	139.00	445.34	381.53	285.18	180.54	106.15
70	35.00	162.00	457.52	392.01	293.10	185.51	109.06
75	35.00	174.00	462.96	396.67	296.67	187.72	110.34
80	35.00	186.00	468.05	401.05	300.00	189.81	111.54
90	35.00	209.00	477.36	409.04	306.06	193.62	113.75
100	35.00	232.00	485.70	416.19	311.49	197.00	115.73

Tabla 21.- Intensidades determinadas para el tiempo de concentración

Año	Riesgo	Tiempo de Retorno	INTENSIDAD MAXIMA
N	J(%)	Tr (años)	97.00 minutos
5	35.00	12.0	88.74
10	35.00	23.0	108.46
15	35.00	35.0	120.01
20	35.00	46.0	128.19
30	35.00	70.0	139.72
40	35.00	93.0	147.90
50	35.00	116.0	154.26
60	35.00	139.0	159.46
70	35.00	162.0	163.85
75	35.00	174.0	165.79
80	35.00	186.0	167.64
90	35.00	209.0	170.99
100	35.00	232.0	173.97

D) DIMENSIONAMIENTO DEL SISTEMA DE DRENAJE

Diseño de cunetas

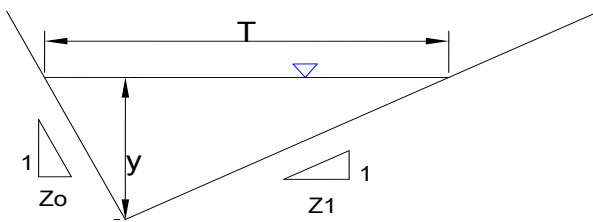
Gracias al análisis desarrollado en los planos tanto del proyecto vertical como del proyecto horizontal de la vía se procede a realizar la ubicación y el dimensionamiento de las cunetas, además de determinar la longitud de las mismas.

El caudal de diseño para estos elementos de drenaje longitudinal se halla en base a la formulación de Henderson, además se considera también la escorrentía de agua lluvia que se da en los lugares y taludes aledaños a la calzada de la vía.

Se asume una cuneta tipo de forma triangular (forma más efectiva y más usada actualmente), que cumpla con los requerimientos del caudal a transportar con un margen de seguridad considerable. Además, se prevé que tenga la misma pendiente del trazado vertical y que la velocidad que adquiera el agua al transitar el canal no sea superior a 4.5 m/s, de tal forma que se evite en lo posible procesos de erosión ni deposición de material en el fondo.

DISEÑO DE CUNETAS

1. Capacidad Hidráulica de Cunetas



Pendiente de la subrasante= 7.0%
(En promedio)

Flujo Gradualmente Variado

Donde:

$$k = (1/n)$$

k = coeficiente de Strickler

$$k = 33$$

$$n = 0.0303$$

cunetas excavadas en el terreno	K = 33
cunetas en roca	K = 25
cunetas de concreto	k= 67

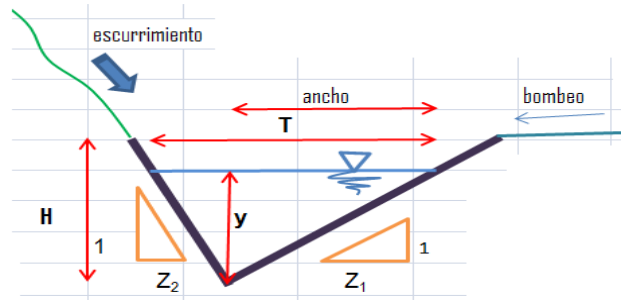
FUENTE: ingeniería vial I de Hugo morales sosa

n (Coef. rugosidad) = 0.03 (Canal sin revestir en tierra o grava)
 Z1 = 2
 Zo = 0.5 (Talud en corte para material suelto)

S (Pendiente de la cuneta) = 7.0%

2. Predimensionamiento de Cuneta

H = 0.30 m Altura Total
 y = 0.30 m Tirante



$$A = \frac{y^2 (Z_0 + Z_1)}{2} \qquad A = 0.113 \text{ m}^2$$

$$R = \frac{y(Z_0 + Z_1)}{2(\sqrt{1+Z_0^2} + \sqrt{1+Z_1^2})} \qquad R = 0.112 \text{ m}$$

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

Q = 0.230m³/s
 Cap. Hidráulica de la Cuneta de 0.3x0.75

$$V = \frac{Q}{A}$$

V = 2.05 m/s (Veloc. Media)

En el cuadro de resumen que, presentado a continuación, se pueden observar claramente el dimensionamiento de las cunetas, sus longitudes, pendientes, además de cada una de las verificaciones tanto de caudal como de velocidad, que avalan que el diseño está dentro de las normativas correspondientes.

CALCULO DEL CAUDAL HIDROLOGICO PARA CUNETAS

Tabla 22: Resumen de diseño de cuneta

PROGRESIVA	LONG.	COTA		ÁREA		COEFICIENTE DE ESCORRIENTIA	SUPERFICIE DE LA CUENCA	LONGITUD DEL CURSO PRINCIPAL	PENDIENTE	TIEMPO DE CONCENTRACIÓN	INTENSIDAD MÁXIMA	CAUDAL HIDROLOGICO PARA LA CUNETA	TIRANTE	ESPEJO DE AGUA	AREA HIDRAULICA	PERIMETRO MOJADO	RADIO HIDRAULICO	CAUDAL QUE PUEDE EVACUAR LA CUNETA	VELOC. DE AGUA EN LA CUNETA	¿SE NECESITA ALIVIADERO EN ESTE TRAMO?																
		INICIAL	FINAL	"L"	SUPERIOR																INFERIOR	"Ac"	"C"	"A"	"L"	"S"	"Tc"	"Imax"	Qhidrologico x Cuneta	Y	T	Ah	Pm	Rh	QDiseño_cuneta	V
		i	i+1	(m)	(ms.n.m)																(ms.n.m)	Nº	(m²)	(Km²)	(Km)	(m/m)	(mín.)	(mm/h)	(m³/seg)	(m)	(m)	(m²)	(m)	(m)	(m³/s)	(m/s)
Km 00+000.00	-	Km 00+080.00	80.0	1429.0	1427.7	1	749.64	0.60	0.000600	0.112	0.017	7.38	89.56	0.009	0.30	0.75	0.113	1.01	0.112	0.230	2.05	No														
Km 00+080.00	-	Km 00+214.00	134.0	1436.4	1429.0		1255.64	0.60	0.001005	0.188	0.017	10.92	70.82	0.012	0.30	0.75	0.113	1.01	0.112	0.230	2.05	No														
Km 00+214.00	-	Km 00+293.20	79.2	1444.2	1436.4	2	742.14	0.60	0.000594	0.111	0.050	5.98	101.59	0.010	0.30	0.75	0.113	1.01	0.112	0.230	2.05	No														
Km 00+293.20	-	Km 00+360.00	66.8	1450.2	1444.2		625.95	0.60	0.000501	0.094	0.101	4.60	118.92	0.010	0.30	0.75	0.113	1.01	0.112	0.230	2.05	No														
Km 00+360.00	-	Km 00+578.90	218.9	1472.3	1450.2	3	2051.19	0.60	0.001641	0.306	0.101	11.33	69.28	0.019	0.30	0.75	0.113	1.01	0.112	0.230	2.05	No														
Km 00+578.90	-	Km 00+679.84	100.9	1482.0	1472.3		945.85	0.60	0.000757	0.141	0.101	6.29	98.55	0.012	0.30	0.75	0.113	1.01	0.112	0.230	2.05	No														
Km 00+679.84	-	Km 00+855.70	175.9	1503.0	1482.0	4	1647.89	0.60	0.001318	0.246	0.092	9.76	75.74	0.017	0.30	0.75	0.113	1.01	0.112	0.230	2.05	No														
Km 00+855.70	-	Km 01+100.00	244.3	1530.8	1503.0		2289.20	0.60	0.001831	0.342	0.117	11.98	66.98	0.020	0.30	0.75	0.113	1.01	0.112	0.230	2.05	No														
Km 01+100.00	-	Km 01+360.00	260.0	1557.4	1530.8		2436.32	0.60	0.001949	0.364	0.117	12.56	65.11	0.021	0.30	0.75	0.113	1.01	0.112	0.230	2.05	No														
Km 01+360.00	-	Km 01+504.00	144.0	1570.4	1557.4	5	1349.35	0.60	0.001079	0.202	0.102	8.22	83.92	0.015	0.30	0.75	0.113	1.01	0.112	0.230	2.05	No														
Km 01+504.00	-	Km 01+520.00	16.0	1572.0	1570.4		149.93	0.60	0.000120	0.022	0.093	1.58	225.72	0.005	0.30	0.75	0.113	1.01	0.112	0.230	2.05	No														
Km 01+520.00	-	Km 01+620.00	100.0	1579.1	1572.0		937.05	0.60	0.000750	0.140	0.093	6.35	98.00	0.012	0.30	0.75	0.113	1.01	0.112	0.230	2.05	No														
Km 01+620.00	-	Km 01+900.00	280.0	1601.0	1579.1		2623.73	0.60	0.002099	0.392	0.067	14.75	59.14	0.021	0.30	0.75	0.113	1.01	0.112	0.230	2.05	No														
Km 01+900.00	-	Km 02+225.00	325.0	1634.6	1601.0		3045.40	0.60	0.002436	0.455	0.077	16.09	56.14	0.023	0.30	0.75	0.113	1.01	0.112	0.230	2.05	No														
Km 02+225.00	-	Km 02+580.00	355.0	1658.9	1634.6		3326.51	0.60	0.002661	0.497	0.104	16.26	55.79	0.025	0.30	0.75	0.113	1.01	0.112	0.230	2.05	No														
Km 02+580.00	-	Km 02+627.55	47.6	1660.9	1658.9	6	445.57	0.60	0.000356	0.067	0.066	3.85	132.21	0.008	0.30	0.75	0.113	1.01	0.112	0.230	2.05	No														
Km 02+627.55	-	Km 02+840.00	212.5	1667.9	1660.9		1990.75	0.60	0.001593	0.297	0.066	12.01	66.88	0.018	0.30	0.75	0.113	1.01	0.112	0.230	2.05	No														
Km 02+840.00	-	Km 03+128.93	288.9	1683.8	1667.9		2707.41	0.60	0.002166	0.405	0.032	17.37	53.62	0.019	0.30	0.75	0.113	1.01	0.112	0.230	2.05	No														
Km 03+128.93	-	Km 03+178.10	49.2	1687.0	1683.8	7	460.75	0.60	0.000369	0.069	0.058	4.05	128.23	0.008	0.30	0.75	0.113	1.01	0.112	0.230	2.05	No														
Km 03+178.10	-	Km 03+500.00	321.9	1715.4	1687.0		3016.35	0.60	0.002413	0.451	0.089	15.57	57.26	0.023	0.30	0.75	0.113	1.01	0.112	0.230	2.05	No														
Km 03+500.00	-	Km 03+870.50	370.5	1751.7	1715.4	8	3471.76	0.60	0.002777	0.519	0.089	17.33	53.71	0.025	0.30	0.75	0.113	1.01	0.112	0.230	2.05	No														
Km 03+870.50	-	Km 03+989.50	119.0	1763.2	1751.7	9	1115.08	0.60	0.000892	0.167	0.098	7.17	91.13	0.014	0.30	0.75	0.113	1.01	0.112	0.230	2.05	No														
Km 03+989.50	-	Km 04+134.60	145.1	1774.5	1763.2	10	1359.65	0.60	0.001088	0.203	0.098	8.33	83.26	0.015	0.30	0.75	0.113	1.01	0.112	0.230	2.05	No														
Km 04+134.60	-	Km 04+260.00	125.4	1783.4	1774.5	11	1175.06	0.60	0.000940	0.176	0.074	7.87	86.18	0.014	0.30	0.75	0.113	1.01	0.112	0.230	2.05	No														
Km 04+260.00	-	Km 04+410.00	150.0	1791.5	1783.4		1405.57	0.60	0.001124	0.210	0.074	9.01	79.44	0.015	0.30	0.75	0.113	1.01	0.112	0.230	2.05	No														
Km 04+410.00	-	Km 04+621.00	211.0	1785.2	1791.5	12	1977.17	0.60	0.001582	0.295	0.074	11.68	68.01	0.018	0.30	0.75	0.113	1.01	0.112	0.230	2.05	No														
Km 04+621.00	-	Km 05+015.00	394.0	1777.7	1785.2	13	3691.96	0.60	0.002954	0.552	0.034	21.83	46.76	0.023	0.30	0.75	0.113	1.01	0.112	0.230	2.05	No														
Km 05+015.00	-	Km 05+090.00	75.0	1780.5	1777.7		702.78	0.60	0.000562	0.105	0.034	6.19	99.50	0.009	0.30	0.75	0.113	1.01	0.112	0.230	2.05	No														
Km 05+090.00	-	Km 05+279.50	189.5	1773.0	1780.5	15	1775.70	0.60	0.001421	0.265	0.046	11.78	67.66	0.016	0.30	0.75	0.113	1.01	0.112	0.230	2.05	No														
Km 05+279.50	-	Km 05+353.84	74.3	1774.1	1773.0		696.60	0.60	0.001	0.104	0.046	5.79	103.60	0.010	0.30	0.75	0.113	1.01	0.112	0.230	2.05	No														

Cálculo del Tirante Crítico sección Trapezoidal, Rectangular, Triangular

Lugar: BONGARA **Proyecto:** TESIS
Tramo: COCAHUAYCO-COCACHIMBA **Revestimiento:** NO REVESTIDAS

Datos:
 Caudal (Q): 0.0233 m³/s
 Ancho de solera (b): 0 m
 Talud (Z): 1.5

Resultados:

Tirante crítico (y): 0.1505 m	Perímetro (p): 0.5426 m
Área hidráulica (A): 0.0340 m²	Radio hidráulico (R): 0.0626 m
Espejo de agua (T): 0.4515 m	Velocidad (v): 0.6858 m/s
Número de Froude (F): 1.0000	Energía específica (E): 0.1745 m-Kg/Kg

Calculadora Limpia Pantalla Imprimir Menú Principal Calculadora

Ejecuta las operaciones 02:10 a.m. 17/07/2017

DISEÑO DE CANALES - ARCENN

Proyecto: COCAHUAYCO - COCACHIMBA
 Lugar: COCAHUAYCO - COCACHIMBA

CARACTERÍSTICAS HIDRAULICAS Y GEOMÉTRICAS DE CANAL DE SECCION ABIERTO

DISEÑO HIDRAULICO DE CANALES

Datos:
 Caudal (Q): 0.0056 m³/s
 Ancho de Solera (b): 0 m
 Talud (Z): 1.5
 Rugosidad (n): 0.0303
 Pendiente (S): 0.0673 m/m

Resultados:

Tirante Normal (y): 0.0684 m	Perímetro (p): 0.2466 m
Área Hidráulica (A): 0.0070 m²	Radio Hidráulico (R): 0.0285 m
Espejo de Agua (T): 0.2052 m	Velocidad (v): 0.7980 m/s
Número de Froude (F): 1.3777	Energía Específica (E): 0.1009 m-Kg/Kg

Tipo de Flujo: F. Supercrítico

Calculadora Limpia Resultados Almacenar Salir

Programado por ARES

CALCULO DEL CAUDAL HIDROLOGICO PARA CUNETAS

velocidad critica

$$V_c = \frac{Q}{A_c} = \frac{Q}{(1 + Y_c)Y_c}$$

radio critico

$$R_c = \frac{A_c}{P_c} = \frac{(1 + Y_c) * Y_c}{1 + 2\sqrt{2}Y_c}$$

pendiente critica

$$S_c = \left[\frac{V_c * n}{R_c^{2/3}} \right]^2$$

flujo critico F = 1

$$F = \frac{V}{\sqrt{gy}}$$

Tabla 23: Calculo de cunetas a regimen critico

PROGRESIVA	LONG.	COTA		ÁREA		COEFICIENTE DE ESCORRENTIA	SUPERFICIE DE LA CUENCA	LONGITUD DEL CURSO PRINCIPAL	PENDIENTE	TIEMPO DE CONCENTRACIÓN	INTENSIDAD MÁXIMA	CAUDAL HIDROLOGICO PARA LA CUNETA	TIRANTE CRITICO	ESPEJO DE AGUA	AREA HIDRAULICA	PERIMETRO MOJADO	RADIO HIDRAULICO	CAUDAL QUE PUEDE EVACUAR LA CUNETA	VELOC. DE AGUA EN LA CUNETA	
		"L"	SUPERIOR	INFERIOR	"Ac"															"C"
INICIAL i	FINAL i+1	"L" (m)	(ms.n.m)	(ms.n.m)	Nº	(m²)	Adim.	(Km²)	"L" (Km)	"S" (m/m)	"Tc" (mín.)	"Imáx" (mm/h)	Qhidrologico x Cunetas (m³/seg)	Yc (m)	T (m)	Ac (m²)	Pc (m)	Rc (m)	"Scritica" (m/m)	"V" (m/s)
Km 00+000.00	- Km 00+080.00	80.0	1429.0	1427.7	1	749.64	0.60	0.000600	0.112	0.017	7.38	89.56	0.009	0.17	0.34	0.199	1.48	0.135	0.000	0.04
Km 00+080.00	- Km 00+214.00	134.0	1436.4	1429.0		1255.64	0.60	0.001005	0.188	0.017	10.92	70.82	0.012	0.17	0.34	0.202	1.49	0.136	0.000	0.06
Km 00+214.00	- Km 00+293.20	79.2	1444.2	1436.4	2	742.14	0.60	0.000594	0.111	0.050	5.98	101.59	0.010	0.17	0.34	0.200	1.48	0.135	0.000	0.05
Km 00+293.20	- Km 00+360.00	66.8	1450.2	1444.2		625.95	0.60	0.000501	0.094	0.101	4.60	118.92	0.010	0.17	0.34	0.200	1.48	0.135	0.000	0.05
Km 00+360.00	- Km 00+578.90	218.9	1472.3	1450.2	3	2051.19	0.60	0.001641	0.306	0.101	11.33	69.28	0.019	0.18	0.36	0.210	1.50	0.140	0.000	0.09
Km 00+578.90	- Km 00+679.84	100.9	1482.0	1472.3		945.85	0.60	0.000757	0.141	0.101	6.29	98.55	0.012	0.17	0.34	0.202	1.49	0.136	0.000	0.06
Km 00+679.84	- Km 00+855.70	175.9	1503.0	1482.0	4	1647.89	0.60	0.001318	0.246	0.092	9.76	75.74	0.017	0.18	0.35	0.208	1.50	0.138	0.000	0.08
Km 00+855.70	- Km 01+100.00	244.3	1530.8	1503.0		2289.20	0.60	0.001831	0.342	0.117	11.98	66.98	0.020	0.18	0.36	0.212	1.51	0.140	0.000	0.10
Km 01+100.00	- Km 01+360.00	260.0	1557.4	1530.8		2436.32	0.60	0.001949	0.364	0.117	12.56	65.11	0.021	0.18	0.36	0.213	1.51	0.141	0.000	0.10
Km 01+360.00	- Km 01+504.00	144.0	1570.4	1557.4	5	1349.35	0.60	0.001079	0.202	0.102	8.22	83.92	0.015	0.17	0.35	0.205	1.49	0.137	0.000	0.07
Km 01+504.00	- Km 01+520.00	16.0	1572.0	1570.4		149.93	0.60	0.000120	0.022	0.093	1.58	225.72	0.005	0.17	0.34	0.197	1.48	0.133	0.000	0.02
Km 01+520.00	- Km 01+620.00	100.0	1579.1	1572.0		937.05	0.60	0.000750	0.140	0.093	6.35	98.00	0.012	0.17	0.34	0.202	1.49	0.136	0.000	0.06
Km 01+620.00	- Km 01+900.00	280.0	1601.0	1579.1		2623.73	0.60	0.002099	0.392	0.067	14.75	59.14	0.021	0.18	0.36	0.213	1.51	0.141	0.000	0.10
Km 01+900.00	- Km 02+225.00	325.0	1634.6	1601.0		3045.40	0.60	0.002436	0.455	0.077	16.09	56.14	0.023	0.18	0.37	0.216	1.52	0.143	0.000	0.11
Km 02+225.00	- Km 02+580.00	355.0	1658.9	1634.6		3326.51	0.60	0.002661	0.497	0.104	16.26	55.79	0.025	0.19	0.37	0.220	1.52	0.144	0.000	0.11
Km 02+580.00	- Km 02+627.55	47.6	1660.9	1658.9	6	445.57	0.60	0.000356	0.067	0.066	3.85	132.21	0.008	0.17	0.34	0.199	1.48	0.134	0.000	0.04
Km 02+627.55	- Km 02+840.00	212.5	1667.9	1660.9		1990.75	0.60	0.001593	0.297	0.066	12.01	66.88	0.018	0.18	0.35	0.209	1.50	0.139	0.000	0.08
Km 02+840.00	- Km 03+128.93	288.9	1683.8	1667.9		2707.41	0.60	0.002166	0.405	0.032	17.37	53.62	0.019	0.18	0.36	0.210	1.50	0.140	0.000	0.09
Km 03+128.93	- Km 03+178.10	49.2	1687.0	1683.8	7	460.75	0.60	0.000369	0.069	0.058	4.05	128.23	0.008	0.17	0.34	0.199	1.48	0.134	0.000	0.04
Km 03+178.10	- Km 03+500.00	321.9	1715.4	1687.0		3016.35	0.60	0.002413	0.451	0.089	15.57	57.26	0.023	0.18	0.37	0.216	1.52	0.143	0.000	0.11
Km 03+500.00	- Km 03+870.50	370.5	1751.7	1715.4	8	3471.76	0.60	0.002777	0.519	0.089	17.33	53.71	0.025	0.19	0.37	0.220	1.52	0.144	0.000	0.11
Km 03+870.50	- Km 03+989.50	119.0	1763.2	1751.7	9	1115.08	0.60	0.000892	0.167	0.098	7.17	91.13	0.014	0.17	0.35	0.204	1.49	0.137	0.000	0.07
Km 03+989.50	- Km 04+134.60	145.1	1774.5	1763.2	10	1359.65	0.60	0.001088	0.203	0.098	8.33	83.26	0.015	0.17	0.35	0.205	1.49	0.137	0.000	0.07
Km 04+134.60	- Km 04+260.00	125.4	1783.4	1774.5	11	1175.06	0.60	0.000940	0.176	0.074	7.87	86.18	0.014	0.17	0.35	0.204	1.49	0.137	0.000	0.07
Km 04+260.00	- Km 04+410.00	150.0	1791.5	1783.4		1405.57	0.60	0.001124	0.210	0.074	9.01	79.44	0.015	0.17	0.35	0.205	1.49	0.137	0.000	0.07
Km 04+410.00	- Km 04+621.00	211.0	1785.2	1791.5	12	1977.17	0.60	0.001582	0.295	0.074	11.68	68.01	0.018	0.18	0.35	0.209	1.50	0.139	0.000	0.09
Km 04+621.00	- Km 05+015.00	394.0	1777.7	1785.2	13	3691.96	0.60	0.002954	0.552	0.034	21.83	46.76	0.023	0.18	0.37	0.216	1.52	0.143	0.000	0.11
Km 05+015.00	- Km 05+090.00	75.0	1780.5	1777.7		702.78	0.60	0.000562	0.105	0.034	6.19	99.50	0.009	0.17	0.34	0.199	1.48	0.134	0.000	0.05
Km 05+090.00	- Km 05+279.50	189.5	1773.0	1780.5	15	1775.70	0.60	0.001421	0.265	0.046	11.78	67.66	0.016	0.18	0.35	0.206	1.50	0.138	0.000	0.08
Km 05+279.50	- Km 05+353.84	74.3	1774.1	1773.0		696.60	0.60	0.001	0.104	0.046	5.79	103.60	0.010	0.17	0.34	0.200	1.48	0.135	0.464	0.05

Calculo del Tirante Critico sección Trapezoidal, Rectangular, Triangular

Datos:
Caudal (Q): 0.025 m³/s
Ancho de solera (b): 0 m
Talud (Z): 1.5

Resultados:
Tirante critico (yc): 0.1526 m
Area hidraulica (A): 0.0349 m²
Espejo de agua (T): 0.4579 m
Número de Froude (F): 1.0000

Perímetro (p): 0.5503 m
Radio hidraulico (R): 0.0635 m
Velocidad (v): 0.7154 m/s
Energía específica (E): 0.1787 m-Kg/Kg

DISEÑO DE CANALES - ARCEIN

Proyecto: COCAHUAYCO - COCACIMBA
Lugar: 1+620 AL 1+520

Características Hidráulicas y Geométricas de Canal de Sección Abierta

Datos:
Caudal (Q): 0.0056 m³/s
Ancho de Solera (b): 0 m
Talud (Z): 1.5
Rugosidad (n): 0.0303
Pendiente (S): 0.0673 m/m

Resultados:
Tirante Normal (yn): 0.0684 m
Area Hidraulica (A): 0.0070 m²
Espejo de Agua (T): 0.2052 m
Número de Froude (F): 1.3777
Tipo de Flujo: F. Supercritico

Perímetro (p): 0.2466 m
Radio Hidraulico (R): 0.0285 m
Velocidad (v): 0.7880 m/s
Energía Especifica (E): 0.1089 m-kj/kg

Normalmente tendría que realizarse un diseño para cada uno de los tramos de cuenta, sin embargo, proponer un dimensionamiento para toda la longitud de vía estudiada no supondría un problema debido a que las variaciones en las medidas serían mínimas, así como también la cantidad de material que vaya a usarse para una probable construcción de las mismas. En base a este criterio propusimos las siguientes dimensiones:

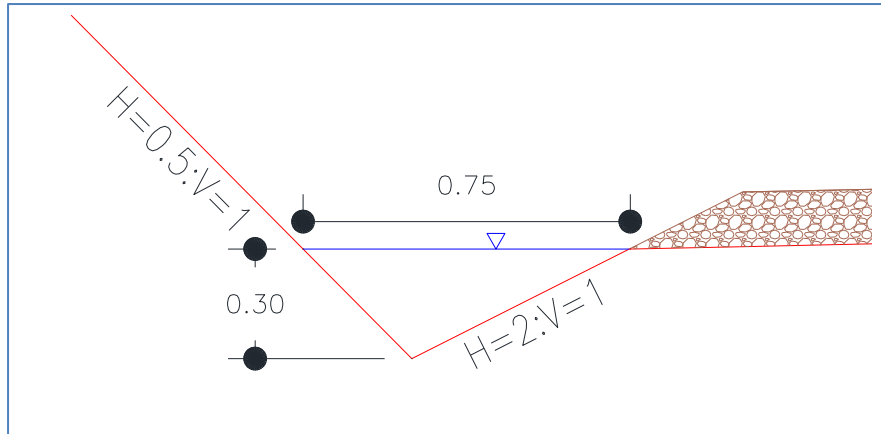


Figura 19. Dimensiones propuestas para las cunetas

Diseño hidráulico de alcantarillas

Para el diseño de las alcantarillas se tomó una restricción que es la de conseguir que estos canales trabajen con un “Flujo Tipo I” (Ver Fig. 20).

Tabla 22. Situacion actual de alcantarillas.

N°	TIPO	PROGRESIVA (Km)	ALCANTARILLA				SECCION TRANSVERSAL	SITUACION	OPERATIVIDAD
			MATERIAL	DIAMETRO	LONGITUD	PENDIENTE			
A1	Alcantarilla de alivio	0+027.55	TMC	24"	6.50 m	1.05%	Circular	Deteriorada	Semi obstruida
A2	Alcantarilla de alivio	0+293.20	TMC	24"	5.80 m	0.40%	Circular	Deteriorada	Semi obstruida
A3	Alcantarilla de alivio	0+578.90	TMC	24"	5.20 m	0.60%	Circular	Deteriorada	Semi obstruida
A4	Alcantarilla de paso	0+855.70	TMC	24"	5.20 m	1.47%	Circular	Deteriorada	Obstruida
A5	Alcantarilla de alivio	1+504.60	TMC	24"	6.50 m	0.63%	Circular	Deteriorada	Semi obstruida
A6	Alcantarilla de alivio	2+627.55	TMC	24"	7.00 m	0.45%	Circular	Deteriorada	Semi obstruida
A7	Alcantarilla de alivio	3+178.10	TMC	24"	6.00 m	0.58%	Circular	Deteriorada	Semi obstruida
A8	Alcantarilla de paso	3+870.50	TMC	24"	4.60 m	0.97%	Circular	Deteriorada	Semi obstruida
A9	Alcantarilla de alivio	3+989.50	TMC	24"	6.40 m	0.50%	Circular	Deteriorada	Semi obstruida
A10	Alcantarilla de alivio	4+134.60	TMC	24"	5.00 m	1.00%	Circular	Deteriorada	Obstruida
A11	Alcantarilla de alivio	4+260.00	TMC	24"	4.90 m	0.39%	Circular	Deteriorada	Semi obstruida
A12	Alcantarilla de alivio	4+621.00	TMC	24"	4.50 m	0.82%	Circular	Deteriorada	Semi obstruida
A13	Alcantarilla de alivio	5+015.00	TMC	24"	4.90 m	1.72%	Circular	Deteriorada	Semi obstruida
A14	Alcantarilla de alivio	5+227.50	TMC	24"	4.90 m	0.50%	Circular	Deteriorada	Semi obstruida
A15	Alcantarilla de alivio	5+279.00	TMC	24"	4.50 m	0.84%	Circular	Deteriorada	Semi obstruida

TIPO DE FLUJO DE ALCANTARILLA	ECUACION DE GASTO
TIPO 1. Tirante critico a la entrada $(h1 - z) / D < 1.5$ $h4 / hc < 1.0$ $So > Sc$	$Q = Cd.Ac \sqrt{2g \left(h1 - z + \frac{V1^2}{2g} - Yc - hf_{1-2} \right)}$
TIPO 2. Tirante critico a la salida $(h1 - z) / D < 1.5$ $h4 / hc < 1.0$ $So < Sc$	$Q = Cd.Ac \sqrt{2g \left(h1 + \frac{V1^2}{2g} - Yc - hf_{1-2} - hf_{2-3} \right)}$
TIPO 3. Flujo Subcritico en toda la alcantarilla $(h1 - z) / D < 1.5$ $h4 / D \leq 1.0$ $h4 / hc > 1.0$	$Q = Cd.A_3 \sqrt{2g \left(h1 + \frac{V1^2}{2g} - Yc - hf_{1-2} - hf_{2-3} \right)}$
TIPO 4. Salida Ahogada $(h1 - z) / D > 1.5$ $h4 / D > 1.0$	$Q = Cd.Ac \sqrt{2g \left(h1 - z + \frac{V1^2}{2g} - Yc - hf_{1-2} \right)}$
TIPO 5. Flujo Supercritico a la entrada $(h1 - z) / D \geq 1.5$ $h4 / D \leq 1.0$	$Q = Cd.Ao \sqrt{2g(h1 - z)}$
TIPO 6. Flujo lleno a la salida $(h1 - z) / D \geq 1.5$ $h4 / D \leq 1.0$	$Q = Cd.Ao \sqrt{2g(h1 - h3 - hf_{2-3})}$

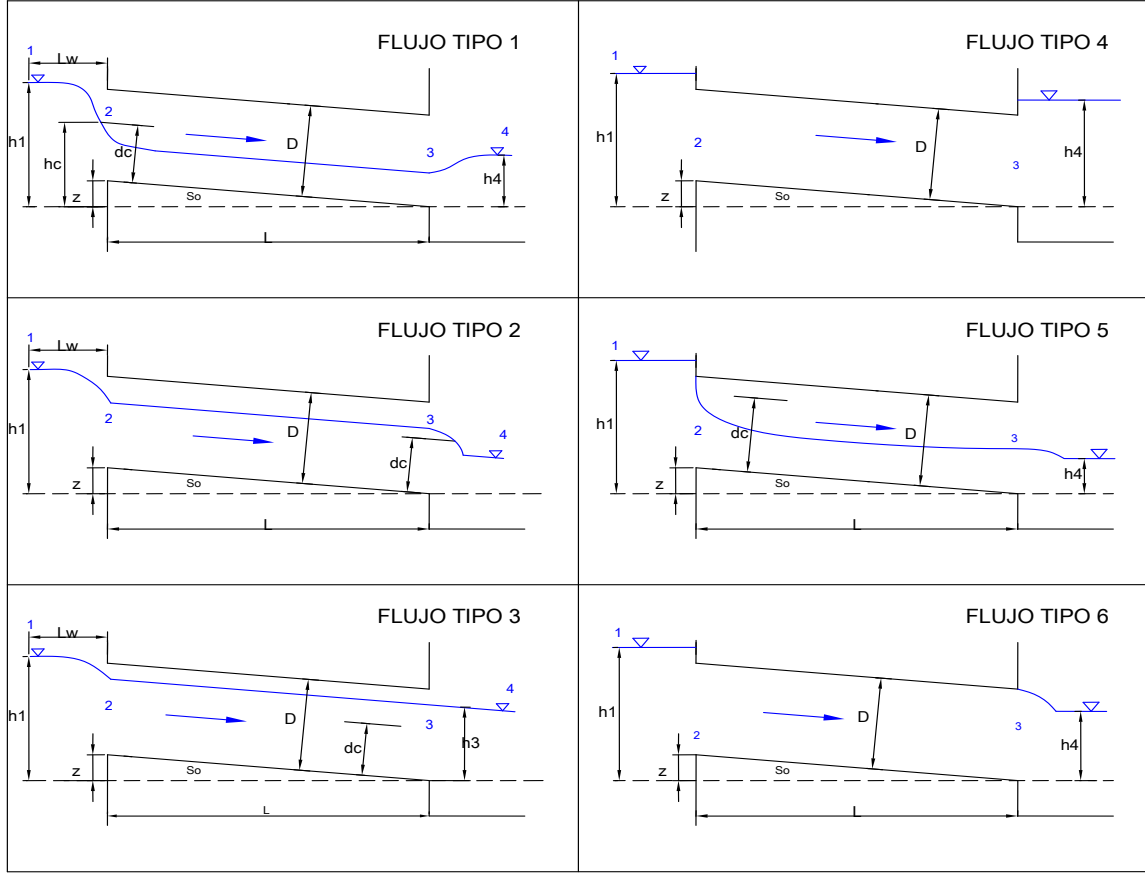


Figura 20. Características de los diferentes tipos de flujo en alcantarillas

Caudales hidrológicos para alcantarillas.

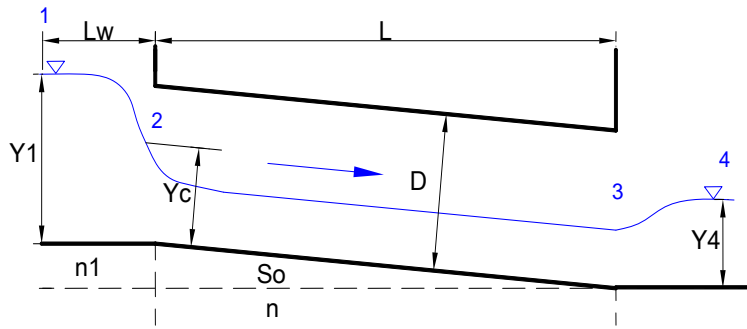
Para este tipo de Estructuras Hidráulicas, igualmente se ha determinado los caudales Hidrológicos, en base a los parámetros Hidrológicos e Intensidades máximas de diseño (Cuadros del 01 al 09), para cada caso de cauce considerado. Las alcantarillas son diseñadas de metal tipo TMC MP-68, con cabezales de entrada y salida de concreto $f'c = 175 \text{ Kg/cm}^2$, en tal razón el coeficiente de rugosidad que corresponde según especificaciones adjuntas, será de 0.030, y la pendiente del cauce, 0.035 para cauces establecidos. El valor de este último parámetro se adopta en razón de favorecer una velocidad de flujo cercana a lo recomendado en las especificaciones técnicas, lográndose de esta manera impedir la obstrucción de la alcantarilla por fenómenos de sedimentación-colmatación, debido a las corrugaciones. El problema que puede presentarse a la salida de la alcantarilla, por efecto de la velocidad, es amortiguado por un colchón de piedra grande dispuesto en forma adecuada.

Dimensionamiento de Alcantarillas.

El dimensionamiento de las alcantarillas se determina calculando la capacidad Hidráulica para un Diámetro comercial propuesto de Alcantarilla TMC, la cual debe ser mayor que el caudal hidrológico calculado para c/d cauce establecido, a manera de verificación.

El procedimiento de cálculo empleado para el diseño de alcantarillas está basado en la metodología propuesta en el Texto “Hidráulica de Canales Abiertos” – Richard. H. French Pag. 430 – 452. La cual es detallada posteriormente.

CAPACIDAD HIDRAULICA DE UNA ALCANTARILLA DE QUEBRADA, D=36"



1. Determinación del Tipo de Flujo

DATOS

$a = 3.50 \text{ m}$ Ancho del cauce

$Y1 = 0.80 \text{ m}$

$Lw = 2.50 \text{ m}$

$n1 = 0.030$

$D = 0.9 \text{ m}$

$So = 3.50\%$

$n = 0.024$

$Y4 = 0.50 \text{ m}$

$L = 5.00 \text{ m}$

Rugosidad del cauce

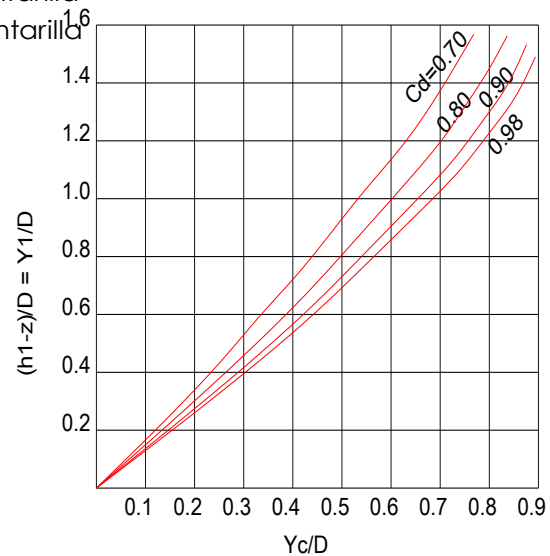
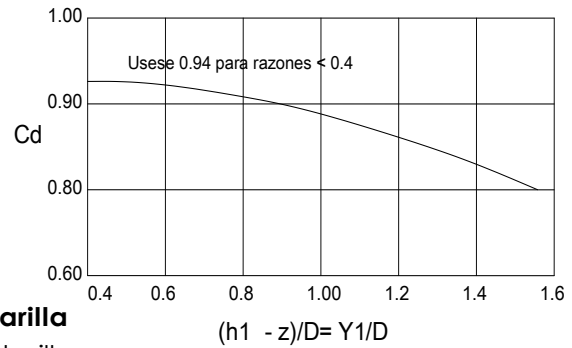
Diametro de la alcantarilla

Pendiente de la alcantarilla

Rugosidad de la alcantarilla

$Y1/D = 0.87 < 1.5$ (OK)

$Y4/D = 0.5 < 1.0$ (OK)



Coefficiente de Descarga (Cd)

Entrando al Graf. No 15 con $Y1/D$ \Rightarrow $Cd = 0.89$

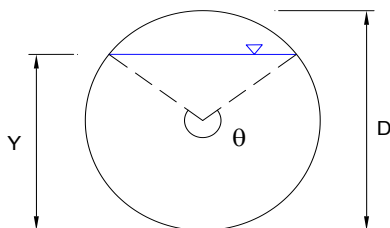
Tirante Critico (Yc)

Entrando al Graf. No 11 con $Y1/D$ \Rightarrow $Yc/D = 0.56$

$$Yc = 0.56 D = 0.51 \text{ m}$$

$Y4/Yc = 0.976 < 1.0$ (OK)

Pendiente Critica (Sc)



Para: $Yc < D/2$

$$\theta = 2 \text{Arc cos} \left(\frac{0.5D - y}{0.5D} \right)$$

Para: $Yc > D/2$

$$\theta = 2\pi - 2 \text{Arc cos} \left(\frac{y - 0.5D}{0.5D} \right)_{90}$$

$$q = 3.38 \text{ rad} = 193.78^\circ$$

$$Ac = 0.38 \text{ m}^2 \quad Ac = \frac{D^2}{4} \left(\frac{\theta}{2} - \frac{\sin \theta}{2} \right)$$

$$Rc = 0.24 \text{ m} \quad Rc = \frac{D}{4} \left(1 - \frac{\sin \theta}{\theta} \right)$$

$$Qc = 27.80 \text{ pie}^3/\text{s} = 0.79 \text{ m}^3/\text{s} \quad Q = \left[\left(\frac{Yc * D^{0.26}}{1.01} \right)^4 * g \right]^{0.5}$$

$$Sc = 1.63\% \quad Sc = \left(\frac{nQ}{AcRc^{2/3}} \right)^2$$

Clasificación del Flujo

$$Y1/D < 1.5$$

$$Y4/Yc < 1.0$$

$$So > Sc$$

$$Q = Cd.Ac \sqrt{2g \left(Y1 + \frac{V1^2}{2g} - Yc - hf_{1-2} \right)}$$

FLUJO TIPO 1

2. Calculo del Caudal que puede conducir la Alcantarilla

2.1. Primera Aproximacion

$$Q = 0.80 \text{ m}^3/\text{s} \quad Q = Cd.Ac \sqrt{2g(Y1 - Yc)}$$

2.2. Recalculamos el nuevo caudal, para hallar las perdidas

$$Ki = \frac{A_i R_i^{2/3}}{n_i}$$

$$K1 = 62.58$$

$$Kc = 6.17$$

$$K3 = 5.94$$

$$A1 = 2.80 \text{ m}^2$$

$$R1 = 0.55 \text{ m}$$

$$q = 3.33 \text{ rad}$$

$$A3 = 0.37 \text{ m}^2$$

$$R3 = 0.24 \text{ m}$$

$$V1^2/2g = 0.004 \text{ m}$$

$$Hf_{1-2} = 0.004 \text{ m} \quad hf_{i-j} = \frac{Q^2 L_{i-j}}{Ki * Kj}$$

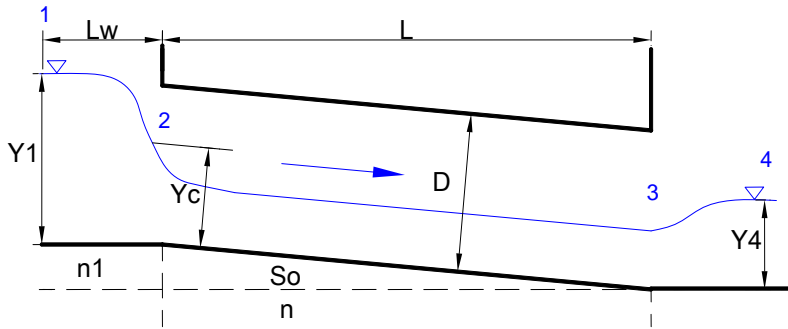
$$Hf_{2-3} = 0.088 \text{ m}$$

2.3. Caudal Definitivo

$$Q = Cd.Ac \sqrt{2g \left(Y1 + \frac{V1^2}{2g} - Yc - hf_{1-2} \right)}$$

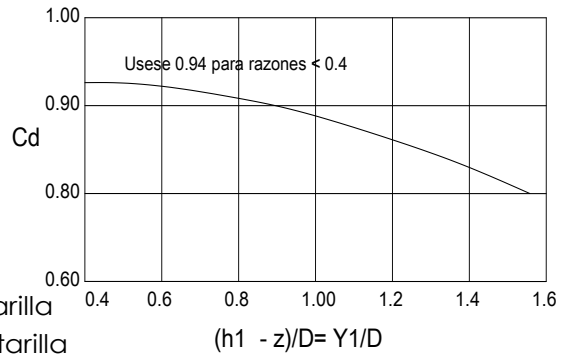
$$Q = 0.800 \text{ m}^3/\text{s}$$

CAPACIDAD HIDRAULICA DE UNA ALCANTARILLA DE QUEBRADA, D=24"



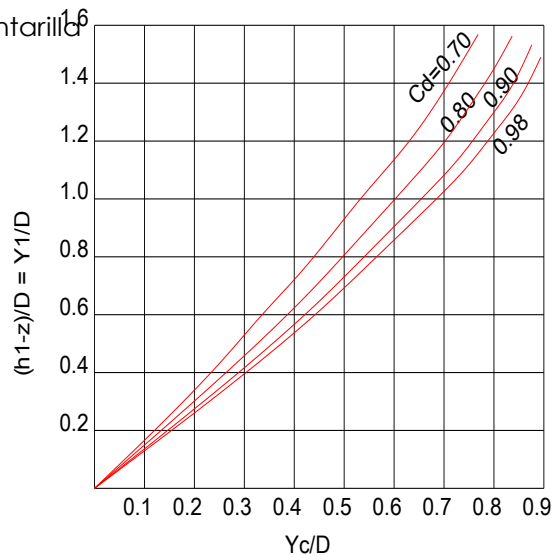
1. Determinación del Tipo de Flujo

- DATOS**
- a = 3.70 m Ancho del cauce
 - Y1 = 0.50 m
 - Lw = 2.00 m
 - n1 = 0.030 Rugosidad del cauce
 - D = 0.6 m** **D** Diametro de la alcantarilla
 - So = 3.50% Pendiente de la alcantarilla
 - n = 0.024 Rugosidad de la alcantarilla
 - Y4 = 0.38 m
 - L = 5.00 m



$Y1/D = 0.82 < 1.5$ (OK)

$Y4/D = 0.6 < 1.0$ (OK)



Coefficiente de Descarga (Cd)

Entrando al Graf. No 15 con Y1/D b Cd = 0.88

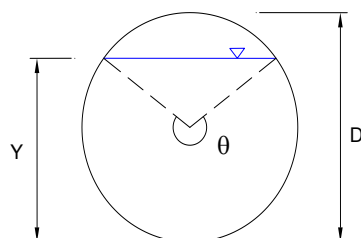
Tirante Critico (Yc)

Entrando al Graf. No 11 con Y1/D b Yc/D = 0.66

$$Yc = 0.66 D = 0.40 \text{ m}$$

$Y4/Yc = 0.944 < 1.0$ (OK)

Pendiente Critica (Sc)



Para: $Yc < D/2$

$$\theta = 2 \text{Arccos} \left(\frac{0.5D - y}{0.5D} \right)$$

Para: $Yc > D/2$

$$\theta = 2\pi - 2 \text{Arc} \cos \left(\frac{y - 0.5D}{0.5D} \right)$$

$$q = 3.79 \text{ rad} = 217.33^\circ$$

$$Ac = 0.20 \text{ m}^2 \quad Ac = \frac{D^2}{4} \left(\frac{\theta}{2} - \frac{\sin \theta}{2} \right)$$

$$Rc = 0.18 \text{ m} \quad Rc = \frac{D}{4} \left(1 - \frac{\sin \theta}{\theta} \right)$$

$$Qc = 13.90 \text{ pie}^3/\text{s} = 0.39 \text{ m}^3/\text{s} \quad Q = \left[\left(\frac{Yc * D^{0.26}}{1.01} \right)^4 * g \right]^{0.5}$$

$$Sc = 2.15\% \quad Sc = \left(\frac{nQ}{AcRc^{2/3}} \right)^2$$

Clasificación del Flujo

$$Y1/D < 1.5$$

$$Y4/Yc < 1.0$$

$$So > Sc$$

$$Q = Cd.Ac \sqrt{2g \left(Y1 + \frac{V1^2}{2g} - Yc - hf_{1-2} \right)}$$

FLUJO TIPO 1

p

2. Calculo del Caudal que puede conducir la Alcantarilla

2.1. Primera Aproximacion

$$Q = 0.25 \text{ m}^3/\text{s} \quad Q = Cd.Ac \sqrt{2g(Y1 - Yc)}$$

2.2. Recalculamos el nuevo caudal, para hallar las perdidas

$$Ki = \frac{Ai Ri^{2/3}}{ni}$$

$$K1 = 33.12$$

$$Kc = 2.68$$

$$K3 = 2.47$$

$$A1 = 1.85 \text{ m}^2$$

$$R1 = 0.39 \text{ m}$$

$$q = 3.64 \text{ rad}$$

$$A3 = 0.19 \text{ m}^2$$

$$R3 = 0.17 \text{ m}$$

$$V1^2/2g = 0.001 \text{ m}$$

$$Hf_{1-2} = 0.001 \text{ m} \quad hf_{i-j} = \frac{Q^2 L_{i-j}}{Ki * Kj}$$

$$Hf_{2-3} = 0.047 \text{ m}$$

2.3. Caudal Definitivo

$$Q = Cd.Ac \sqrt{2g \left(Y1 + \frac{V1^2}{2g} - Yc - hf_{1-2} \right)}$$

$$Q = 0.354 \text{ m}^3/\text{s}$$

DISEÑO DE LA ALCANTARILLAS DE ALIVIO

Para el diseño de la alcantarilla de alivio se sumaran los caudales que transportan las cunetas hasta su llegada

Para calcular el diametro de las alcantarillas se utilizara la siguiente formula:

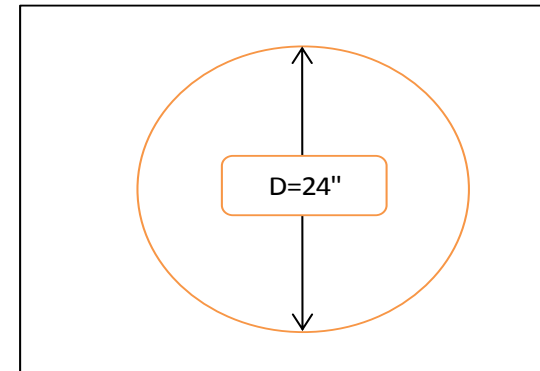
$$D = \sqrt[2.5]{\frac{Q}{0.412 * g^{0.5}}}$$

Alcantarilla en la progresiva 0+027.55

Cunetas que influyen, al aportar caudal:

CUNETA	CAUDAL QUE APORTA
00+000.00	0.03980
00+293.20	

Caudal Diseño. (m3 / seg)	Diámetro (metros)	Diámetro (Plg)	Diámetro Utilizable (Plg)
0.059	0.2901	11.4218	24

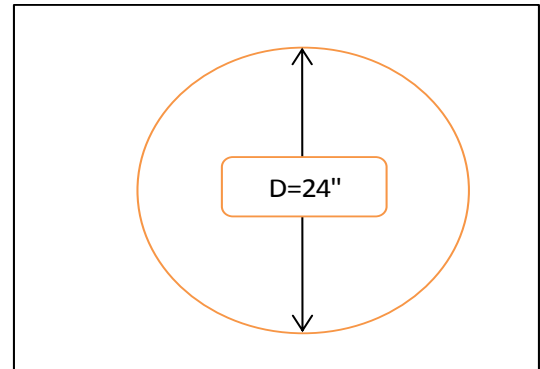


Alcantarilla en la progresiva 0+293.20

Cunetas que influyen, al aportar caudal:

CUNETA	CAUDAL QUE APORTA	
0+293.20	0.009	0.050
0+578.90	0.041	

Caudal Diseño. (m3 / seg)	Diámetro (metros)	Diámetro (Plg)	Diámetro Utilizable (Plg)
0.059	0.2901	11.4218	24

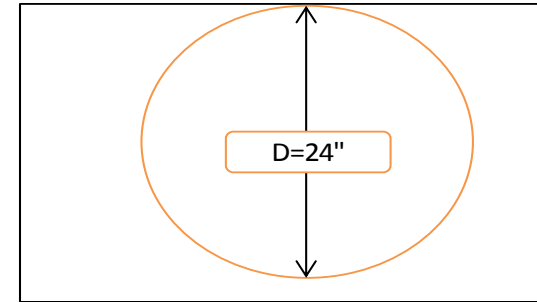


Alcantarilla en la progresiva 0+578.90

Cunetas que influyen, al aportar caudal:

CUNETA	CAUDAL QUE APORTA	
0+679.84	0.016	0.049
0+855.70	0.033	

Caudal Diseño. (m3 / seg)	Diámetro (metros)	Diámetro (Plg)	Diámetro Utilizable (Plg)
0.059	0.2901	11.4218	24

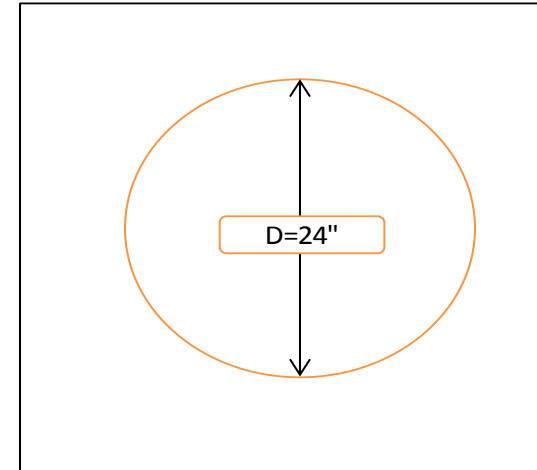


Alcantarilla en la progresiva 01+504.60

Cunetas que influyen, al aportar caudal:

CUNETA	CAUDAL QUE APORTA	
1+520.00	0.0027	0.176
1+620.00	0.0169	
1+900.00	0.0463	
2+225.36	0.0472	
2+580.00	0.0550	
2+627.55	0.0083	

Caudal Diseño. (m3 / seg)	Diámetro (metros)	Diámetro (Plg)	Diámetro Utilizable (Plg)
0.176	0.4511	17.7612	24

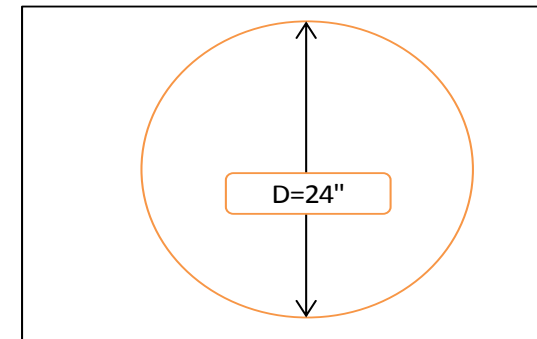


Alcantarilla en la progresiva 02+627.55

Cunetas que influyen, al aportar caudal:

CUNETA	CAUDAL QUE APORTA	
2+840.00	0.029	0.086
3+128.93	0.048	
3+178.10	0.009	

Caudal Diseño. (m3 / seg)	Diámetro (metros)	Diámetro (Plg)	Diámetro Utilizable (Plg)
0.059	0.2901	11.4218	24

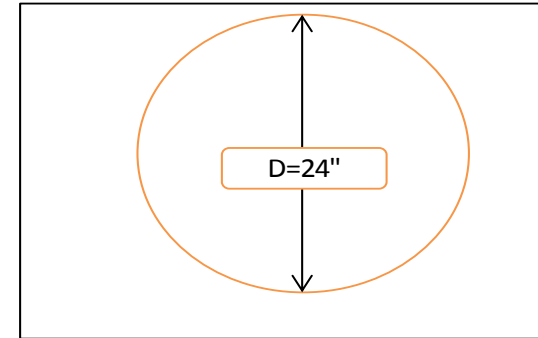


Alcantarilla en la progresiva 03+178.10

Cunetas que influyen, al aportar caudal:

CUNETA	CAUDAL QUE APORTA	
3+500.00	0.057	0.128
3+870.50	0.070	

Caudal Diseño. (m3 / seg)	Diámetro (metros)	Diámetro (Plg)	Diámetro Utilizable (Plg)
0.059	0.2901	11.4218	24

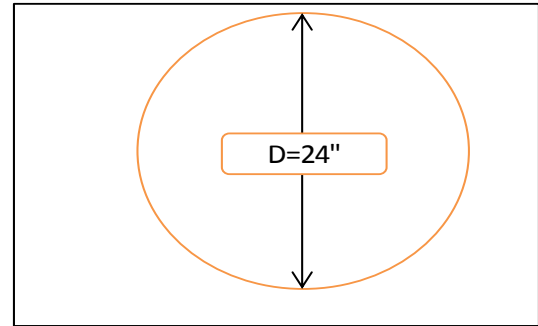


Alcantarilla en la progresiva 03+989.50

Cunetas que influyen, al aportar caudal:

CUNETA	CAUDAL QUE APORTA
4+134.60	0.025

Caudal Diseño. (m3 / seg)	Diámetro (metros)	Diámetro (Plg)	Diámetro Utilizable (Plg)
0.059	0.2901	11.4218	24

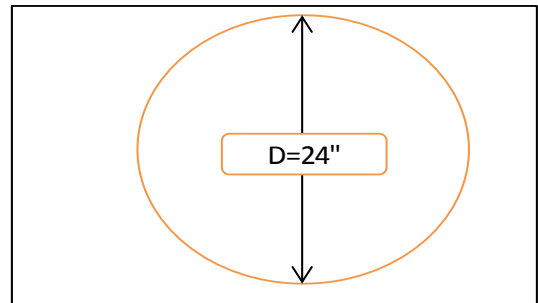


Alcantarilla en la progresiva 04+134.60

Cunetas que influyen, al aportar caudal:

CUNETA	CAUDAL QUE APORTA
4+260.00	0.019

Caudal Diseño. (m3 / seg)	Diámetro (metros)	Diámetro (Plg)	Diámetro Utilizable (Plg)
0.059	0.2901	11.4218	24

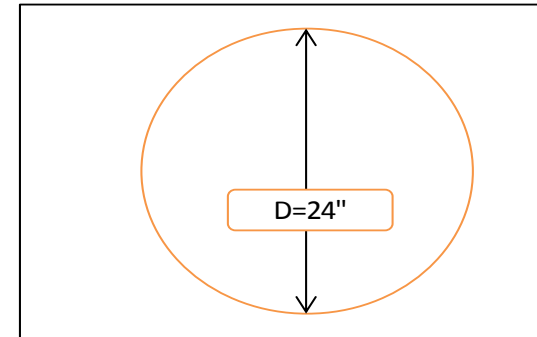


Alcantarilla en la progresiva 04+260.00

Cunetas que influyen, al aportar caudal:

CUNETA	CAUDAL QUE APORTA
4+410.00	0.027

Caudal Diseño. (m3 / seg)	Diámetro (metros)	Diámetro (Plg)	Diámetro Utilizable (Plg)
0.059	0.2901	11.4218	24

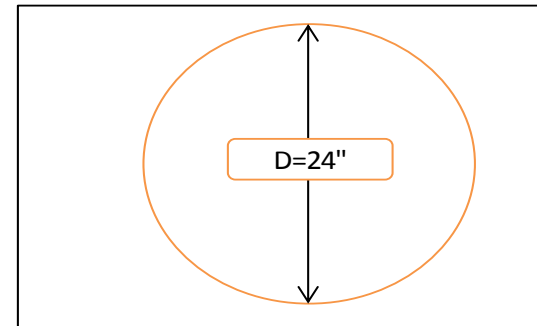


Alcantarilla en la progresiva 04+621.00

Cunetas que influyen, al aportar caudal:

CUNETA	CAUDAL QUE APORTA
4+410.00	0.034

Caudal Diseño. (m3 / seg)	Diámetro (metros)	Diámetro (Plg)	Diámetro Utilizable (Plg)
0.059	0.2901	11.4218	24

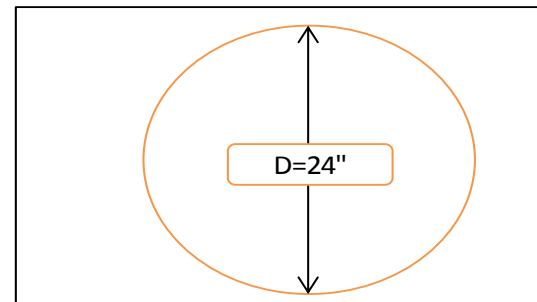


Alcantarilla en la progresiva 05+227.50

Cunetas que influyen, al aportar caudal:

CUNETA	CAUDAL QUE APORTA	
5+090.00	0.025	0.035
5+279.50	0.0100	

Caudal Diseño. (m3 / seg)	Diámetro (metros)	Diámetro (Plg)	Diámetro Utilizable (Plg)
0.059	0.2901	11.4218	24

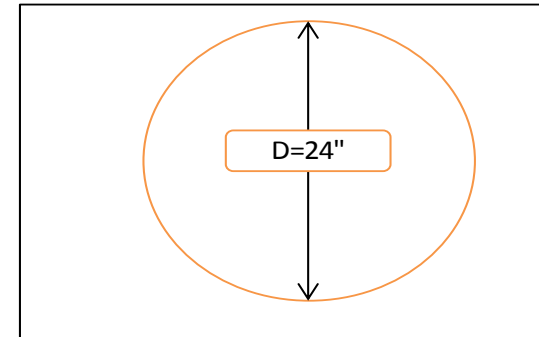


Alcantarilla en la progresiva 05+279.00

Cunetas que influyen, al aportar caudal:

CUNETA	CAUDAL QUE APORTA
5+353.84	0.013

Caudal Diseño. (m ³ / seg)	Diámetro (metros)	Diámetro (Plg)	Diámetro Utilizable (Plg)
0.059	0.2901	11.4218	24



Cálculo del Tirante Crítico, sección Circular

Lugar: **BONGARA** Proyecto: **TESIS**
 Tramo: **COCAHUAYCO-COCACHIMBA** Revestimiento: **TMC**

Datos:
 Caudal (Q): **0.058** m³/s
 Diámetro (d): **0.6** m

Resultados:

Tirante crítico (y):	0.1521 m	Perímetro mojado (p):	0.6331 m
Area hidráulica (A):	0.0564 m ²	Radio hidráulico (R):	0.0890 m
Espejo de agua (T):	0.5220 m	Velocidad (v):	1.0291 m/s
Número de Froude (F):	1.0000	Energía específica (E):	0.2061 m-Kg/Kg

Limpia la pantalla para realizar nuevos cálculos 02:20 a.m. 17/07/2017

DISEÑO DE ALCANTARILLA

LOS DISEÑOS SE ESTAN CALCULANDO CON TIRANTE CRITICO

Calculo de caudales para las alcantarillas de paso.

$$Tr = 15$$

$$C = 0.45$$

CUENCA	LONGITUD	PC	TC	I	A	Q
I	1.94	4.440	38.000	39.610	1.191	5.8969
II	0.21	3.380	34.000	39.610	0.736	3.6441

Alcantarilla en la progresiva : 00+855.70

Caudal de alcantarillas = 5.8969 m³/s

Caudal de aporte de las cunetas = 0.1002 m³/s

Caudal total = 5.9971 m³/s

Cálculo del Tirante Crítico, sección Circular

Lugar:

Tramo:

Proyecto:

Revestimiento:

Datos:

Caudal (Q): m³/s

Diámetro (d): m




Resultados:


Tirante crítico (y): <input type="text" value="0.9022"/> m	Perímetro mojado (p): <input type="text" value="2.5184"/> m
Área hidráulica (A): <input type="text" value="0.9122"/> m ²	Radio hidráulico (R): <input type="text" value="0.3622"/> m
Espejo de agua (T): <input type="text" value="1.0367"/> m	Velocidad (v): <input type="text" value="2.9380"/> m/s
Número de Froude (F): <input type="text" value="1.0000"/>	Energía específica (E): <input type="text" value="1.3422"/> m-Kg/Kg




Calcular



Limpiar Pantalla



Imprimir



Menú Principal



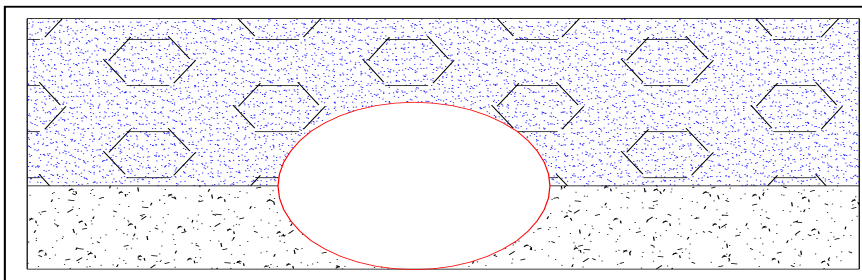
Calculadora

Activa la calculadora

02:36 a.m.

18/07/2017

NOTA : El borde libre para todas las alcantarillas será el 25% del diámetro



Alcantarilla en la progresiva : 03+870.50

Caudal de alcantarillas = 3.6441 m³/s

Caudal de aporte de las cunetas = 0.0223 m³/s

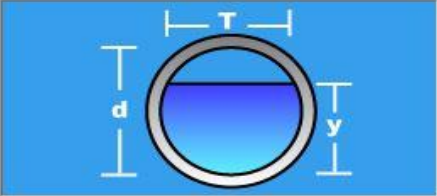
Caudal total = 3.6664 m³/s

Cálculo del Tirante Crítico, sección Circular

Lugar:	<input type="text" value="BONGARA"/>	Proyecto:	<input type="text" value="TESIS"/>
Tramo:	<input type="text" value="MICROCUENCA II"/>	Revestimiento:	<input type="text" value="TMC"/>

Datos:

Caudal (Q):	<input type="text" value="1.63"/>	m ³ /s
Diámetro (d):	<input type="text" value="1"/>	m



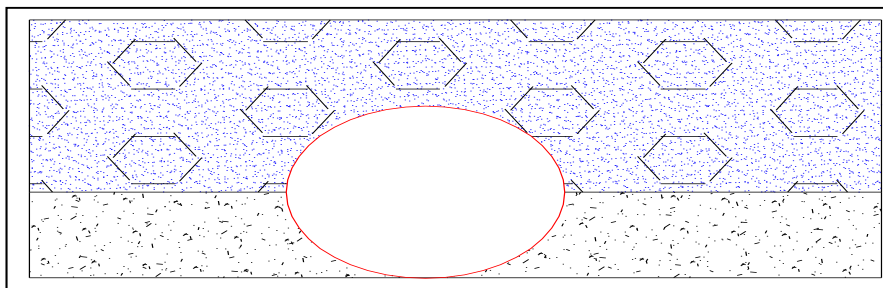
Resultados:

Tirante crítico (y):	<input type="text" value="0.7367"/>	m	Perímetro mojado (p):	<input type="text" value="2.0639"/>	m
Area hidráulica (A):	<input type="text" value="0.6202"/>	m ²	Radio hidráulico (R):	<input type="text" value="0.3005"/>	m
Espejo de agua (T):	<input type="text" value="0.8809"/>	m	Velocidad (v):	<input type="text" value="2.6281"/>	m/s
Número de Froude (F):	<input type="text" value="1.0000"/>		Energía específica (E):	<input type="text" value="1.0887"/>	m-Kg/Kg

Calculador Limpiar Pantalla Imprimir Menú Principal Calculadora

Ingresar el valor del diámetro d 02:34 a.m. 17/07/2017

NOTA : El borde libre para todas las alcantarillas será el 25% del diámetro



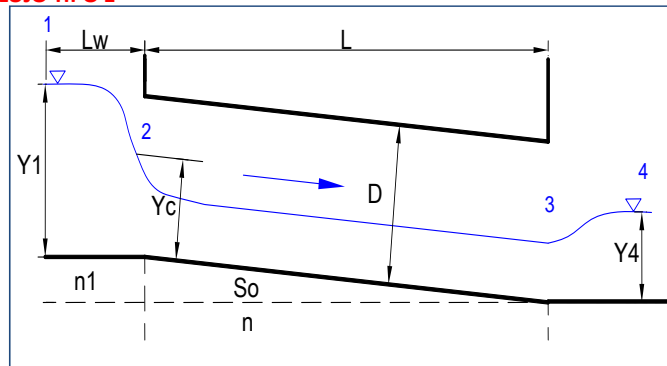
CALCULO DEL TIRANTE CRITICO PARA ALCANTARILLAS (HCANALES)

UBICACIÓN	COTA		ALC.	CAUDAL HIDROLOGICO PARA LA ALCANTARILLA	CAUDAL HIDROLOGICO PARA LA CUNETA	$Q_{\text{Diseño_Alcantarilla}}$	TIRANTE CRITICO	AREA HIDRAULICA	ESPEJO DE AGUA	NUMERO DE FROUDE	PERIMET. MOJADO	RADIO HIDRAUL.	VELOCIDAD	ENERGIA ESPECIFICA
	Superior	Inferior		$Q_{\text{hidrologico} \times \text{Alcantarilla}}$	$Q_{\text{hidrologico} \times \text{Cuneta}}$		" Q_A "	" Y_c - "	" A "	T	F	P	RH	V
	(ms.n.m.)	(ms.n.m.)	Nº	(m ³ /seg)	(m ³ /seg)	(m ³ /seg)	(m)	(m ²)	(m)	adimen.	(m)	(m)	(m/s)	(m·kg/Kg)
Km 00+027.55	1427.7	1427.8	1	0.000	0.040	0.040	0.125	0.043	0.488	1.000	0.570	0.075	0.929	0.169
Km 00+293.20	1444.2	1444.3	2	0.000	0.050	0.050	0.141	0.050	0.508	1.000	0.607	0.083	0.987	0.191
Km 00+578.90	1472.2	1472.3	3	0.000	0.049	0.049	0.139	0.049	0.506	1.000	0.603	0.082	0.982	0.188
Km 00+855.70	1502.9	1503.0	4	5.897	0.100	5.997	1.218	1.834	1.683	1.000	3.479	0.527	3.269	1.763
Km 01+504.60	1570.4	1570.5	5	0.000	0.176	0.176	0.270	0.123	0.597	1.000	0.882	0.139	1.424	0.373
Km 02+627.55	1660.9	1661.0	6	0.000	0.086	0.086	0.186	0.075	0.555	1.000	0.709	0.105	1.149	0.253
Km 03+178.10	1687.0	1687.1	7	0.000	0.128	0.128	0.228	0.099	0.583	1.000	0.798	0.124	1.291	0.313
Km 03+870.50	1751.6	1751.7	8	3.644	0.022	3.666	0.996	1.246	1.416	1.000	2.857	0.436	2.937	1.435
Km 03+989.50	1763.1	1763.2	9	0.000	0.025	0.025	0.099	0.030	0.445	1.000	0.501	0.061	0.819	0.133
Km 04+134.60	1774.5	1774.6	10	0.000	0.019	0.019	0.086	0.025	0.042	1.000	0.466	0.053	0.762	0.116
Km 04+260.00	1783.4	1783.5	11	0.000	0.027	0.027	0.103	0.032	0.452	1.000	0.512	0.063	0.837	0.138
Km 04+621.00	1785.2	1785.3	12	0.000	0.034	0.034	0.116	0.038	0.473	1.000	0.545	0.070	0.889	0.156
Km 05+015.00	1777.7	1777.8	13	0.000	0.035	0.035	0.117	0.039	0.476	1.000	0.549	0.071	0.896	0.158
Km 05+227.50	1772.3	1772.4	14	0.000	0.035	0.035	0.117	0.039	0.476	1.000	0.549	0.071	0.896	0.158
Km 05+279.00	1773.0	1773.1	15	0.000	0.013	0.013	0.071	0.018	0.387	1.000	0.421	0.044	0.690	0.095

RESUMEN DEL DISEÑO DE CAPACIDAD HIDRAULICA PARA ALCANTARILLAS

DIAMETRO		DATOS							TIRANTE CRITICO	AREA CRITICA	RADIO CRITICO	CAUDAL CRITICO	PENDIENTE CRITICA	CAUDAL QUE CONDUCE LA ALC.
M	PULG.	Y1	Lw	n1	S0	n	Y4	L (m)	Yc (m)	Ac (m2)	Rc (m)	Qc (m3/s)	Sc	
0.60	24"	0.5	2	0.03	3.50%	0.024	0.38	5	0.4	0.2	0.18	0.39	2.15%	0.354
0.90	36"	0.8	2.5	0.03	3.50%	0.024	0.5	5	0.51	0.38	0.24	0.79	1.63%	0.8

FLUJO TIPO 1



E) COMPARACIÓN DE LAS ESTRUCTURAS DE DRENAJE DISEÑADAS CON LAS EXISTENTES

Tabla 25.- Resumen comparativo entre alcantarillas existentes y diseñadas

UBICACIÓN	ALCANTARILLA	Q _A aporte por alcantarilla	ESTRUCTURAS EXISTENTES			ESTRUCTURAS DISEÑADAS			Cap. Hidráulica D=24"	Cap. Hidráulica D=36"	OBSERVACIONES
			DIAMETRO ENCONTRADO	MATERIAL	PENDIENTE	DIAMETRO ELEGIDO	MATERIAL	PENDIENTE			
			" D "		" S "	" D "		" S "			
Nº	(m ³ /seg)	Pulg.		mm	Pulg.		mm	(m ³ /seg)	(m ³ /seg)		
Km 00+027.55	1	0.040	24"	TMC	1.05%	36"	TMC	3.50%	0.354	0.800	ALC. ALIVIO
Km 00+293.20	2	0.050	24"	TMC	0.40%	36"	TMC	3.50%	0.354	0.800	ALC. ALIVIO
Km 00+578.90	3	0.049	24"	TMC	0.60%	36"	TMC	3.50%	0.354	0.800	ALC. ALIVIO
Km 00+855.70	4	5.997	24"	TMC	1.47%				0.354	0.800	PONTON PROY.
Km 01+504.60	5	0.176	24"	TMC	0.63%	36"	TMC	3.50%	0.354	0.800	ALC. ALIVIO
Km 02+627.55	6	0.086	24"	TMC	0.45%	36"	TMC	3.50%	0.354	0.800	ALC. ALIVIO
Km 03+178.10	7	0.128	24"	TMC	0.58%	36"	TMC	3.50%	0.354	0.800	ALC. ALIVIO
Km 03+870.50	8	3.666	24"	TMC	0.97%				0.354	0.800	PONTON PROY.
Km 03+989.50	9	0.025	24"	TMC	0.50%	36"	TMC	3.50%	0.354	0.800	ALC. ALIVIO
Km 04+134.60	10	0.019	24"	TMC	1.00%	36"	TMC	3.50%	0.354	0.800	ALC. ALIVIO
Km 04+260.00	11	0.027	24"	TMC	0.39%	36"	TMC	3.50%	0.354	0.800	ALC. ALIVIO
Km 04+621.00	12	0.034	24"	TMC	0.82%	36"	TMC	3.50%	0.354	0.800	ALC. ALIVIO
Km 05+015.00	13	0.035	24"	TMC	1.72%	36"	TMC	3.50%	0.354	0.800	ALC. ALIVIO
Km 05+227.50	14	0.035	24"	TMC	0.50%	36"	TMC	3.50%	0.354	0.800	ALC. ALIVIO
Km 05+279.00	15	0.013	24"	TMC	0.84%	36"	TMC	3.50%	0.354	0.800	ALC. ALIVIO

4.2 DISCUSIÓN DE RESULTADOS

La estabilidad de taludes depende de los factores y/o parámetros geométricos, tal es el caso del grado de inclinación o pendiente, en dicha evaluación de las secciones transversales obtenidas en campo mediante el levantamiento topográfico se indica que no son los apropiados para el tipo de material del suelo. En la cual no se logra un factor de seguridad.

Los resultados de la presente investigación, fueron obtenidos a través de datos de campo y de cálculos de la base teórica. En el caso de datos de intensidades máximas, fueron sometidas a la prueba de bondad de ajuste, garantizando la validez de los resultados que se consiguieron.

A través de los resultados plasmados a lo largo del presente capítulo, se plantea reemplazar las alcantarillas de TMC de 24” actuales con alcantarillas de TMC de 36” para las alcantarillas de alivio y para las alcantarillas de paso ubicados en la progresiva 0+855 y 3+870 se plantea reemplazar por un pontón en cada una. De esta manera evacuar todo el caudal que pasa en estos puntos de las microcuencas. debido a que las actuales alcantarillas de paso no cumplen con la sección adecuada para evacuar el caudal de diseño.

Los cálculos hidráulicos para el dimensionamiento de las cunetas se realizaron según las dimensiones mínimas de una cuneta triangular típica para región lluviosa, para estas dimensiones el caudal $Q_{\text{Manning}} > Q$ de aporte que se cumple para todas las cunetas.

Las dimensiones de las cunetas obtenidas en campo, el ancho varía de 0.4 m a 1.20 m; con una profundidad de 0.10 m, los cuales deben uniformizarse. Ya que según los cálculos hidráulicos la sección de 0.75 de ancho y una profundidad de 0.30 m para regiones lluviosas es una sección suficiente para evacuar el caudal de diseño.

A través de resultados obtenidos se podría generalizarse la metodología empleada en la investigación, ya que cumple el procedimiento a detalle en la recolección y procesamiento de datos.

CAPITULO V.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

- Se identifico los taludes inestables a lo largo de toda la carretera, identificando que los taludes en las progresivas 1+290 - 1+305, 2+370 - 2+390, 3+080 - 3+100, 3+330 - 3+345, 3+900 - 3+920, 4+270 - 4+300, 4+380 - 4+400, 4+500 - 4+510 requiere de corte en talud de 10°, 6°, 7°, 4°, 7°, 4°, 6° y 3° respectivamente con respecto a la horizontal.
- Producto de nuestra evaluación de taludes inestables en la carretera Cocahuayco-Cocachimba, se determinó que la evaluación de los taludes es clave para evitar la sedimentación en las obras de drenaje transversal.
- Se pudo evaluar el sistema de drenaje transversal, para lo cual se realizó un diseño hidráulico de las estructuras de drenaje transversal existentes, apoyándose con el software HCANALES y hojas de cálculo en Excel.
- Se identifico y realizo la delimitación respectiva de todas las microcuencas que interceptan el eje de la carretera, para lo cual se ha trabajado con la información cartografía.
- Se determino el caudal de diseño. Para lo cual se procesó información hidrológica de la estación meteorológica de Chachapoyas, la información disponible correspondiente a las intensidades máximas en el rango de 60 a 120 min. La intensidad máxima para un periodo de retorno de 15 años es 120 mm/h.
- Se pudo diseñar las estructuras del sistema de drenaje transversal con lo que la vía tendrá mejor evacuación para el drenaje pluvial. Para estas estructuras (alcantarillas de alivio) se han obtenido que los diámetros sean modificados por alcantarillas de 36" y en las alcantarillas de paso encontradas en campo, sean reemplazados con pontones como estructura debido a caudal que pasa.
- Se realizo la comparación entre estructuras existentes y estructuras diseñadas, donde se muestra claramente que la pendiente y el diámetro de todas las alcantarillas son el problema principal de sedimentación y la imposibilidad de limpieza por su diámetro reducido respectivamente.

5.2. RECOMENDACIONES

Para lograr el buen funcionamiento del sistema de drenaje y evitar la sedimentación en las estructuras del drenaje superficial, es necesario que se ejecute todo lo que se plantea en las conclusiones.

Se recomienda invertir en estabilidad de taludes, por el motivo que la colmatación de las alcantarillas es por sedimentos provenientes principalmente de deslizamientos de taludes.

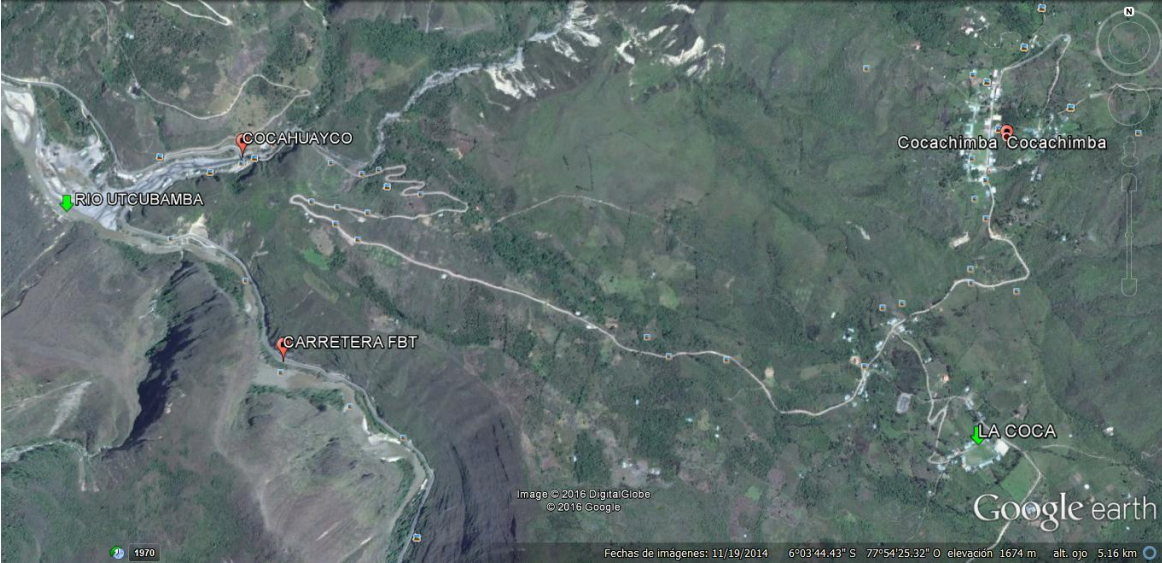
Se recomienda diseñar las estructuras con tirante crítico para evitar la sedimentación longitudinal y transversal; además de realizar un mantenimiento periódico de la vía.


BIBLIOGRAFÍA

1. Alonso J. Facundo, 2005. “Diseño Hidráulico de alcantarillas”. Pag. 23.187p
2. Aparicio F.J., editorial Limusa S. A de C.V. (1987). Fundamentos de Hidrología de superficie. pág. 134.303p.
3. Chereque, W. (1989). Hidrología para estudiantes de Ingeniería Civil. 2da. Edición. PUCP. PP 223.
4. French, Richard H. 1998. “Hidráulica de Canales Abiertos”, Editorial McGraw-Hill.
5. Fattorelli, S; Fernández, P. (2011). Diseño Hidrológico. Padova, Mendoza. Italia, Argentina. Pag.172. 531p.
6. (INVIAS), 2006, “Manual de inspección de estructuras para drenaje”, Universidad Nacional de Colombia.
7. Neermal, M. (2012). The use of gabions in hydraulic applications. Civil Engineering (10212000), 20(5), 37-39.
8. Manual de Hidrología, Hidráulica y Drenaje (2011). Ministerio de Transportes y comunicaciones.Peru.pag.18.202p.
9. (MTC) “Ministerio de Transportes y Comunicaciones del Perú” (estudio de Hidrología e Hidráulica de la Rehabilitación y Mejoramiento de la Carretera: Patahuasi – Yauri - Sicuani), 2008.
10. (MTC) “Ministerio de Transportes y Comunicaciones” (2005). Manual para el Diseño de Caminos no Pavimentados de Bajo Volumen de Tránsito.
11. Pérez J., (1979). Fundamentos del ciclo hidrológico. Universidad Central de Venezuela. Facultad de Ingeniería. Departamento de Meteorología e Hidrología. Caracas. Venezuela. 01-38.
12. Ramírez, M. 2003. Hidrología Aplicada. Facultad de Ingeniería. Universidad de los Andes. Merida – Venezuela. 6 – 105p.
13. Oswaldo, Ortiz Vera, 2003. Pronóstico de variables aleatorias en el diseño de ingeniería. Cajamarca Perú.


14. Témez, J. 1978. Cálculo hidrometeorológico de caudales máximos en pequeñas cuencas naturales. Madrid. Dirección General de Carreteras. España. Pág. 42 .111p.
15. Chow, Ven te, 1994 “Hidráulica de Canales Abiertos”, Editorial McGraw-Hill
16. Ven Te Chow (1995). Hidrología Aplicada, Edit. Graw – Hill Interamericana, primera edición, Colombia.577 pág.
17. Chow, V.T., Maidment, D., Mays L., 1994. “Hidrología aplicada”, Editorial McGraw-Hill Interamericana s, 28 págs.

ANEXOS

<p align="center">“EVALUACION HIDROLOGICO E HIDRAULICO DEL DRENAJE TRANSVERSAL EN LA CARRETERA COCAHUAYCO – COCACHIMBA – BONGARÁ – AMAZONAS”</p>	<p align="center">HOJA DE CAMPO</p>
<p>UBICACIÓN:</p>	<p align="center">Nº 1</p>
<p>DESCRIPCION: Vista de vía en evaluación obtenida del Google Earth</p>	
<p align="center">Foto Nº 1</p> 	
<p>OBSERVACION</p>	
<p>La zona en estudio, es una vía que existe el deterioro total de todas sus estructuras de drenaje y que afecta al turismo.</p>	
<p>RECOMENDACION</p>	
<p>Brindar un mantenimiento de vía.</p>	

<p align="center">“EVALUACION HIDROLOGICO E HIDRAULICO DEL DRENAJE TRANSVERSAL EN LA CARRETERA COCAHUAYCO – COCACHIMBA – BONGARÁ – AMAZONAS”</p>	<p align="center">HOJA DE CAMPO</p> <p align="center">Nº 2</p>
<p>UBICACIÓN: 0+027.55 Km.</p>	
<p>DESCRIPCION: Alcantarilla TMC de 24”</p>	
<p align="center">Foto Nº 2</p> 	
<p>OBSERVACION</p>	
<p>Alcantarilla completamente enterrada y sedimentada sin cabezales</p>	
<p>RECOMENDACION</p>	
<p>Reemplazar por una estructura nueva.</p>	

<p align="center">“EVALUACION HIDROLOGICO E HIDRAULICO DEL DRENAJE TRANSVERSAL EN LA CARRETERA COCAHUAYCO – COCACHIMBA – BONGARÁ – AMAZONAS”</p>	<p align="center">HOJA DE CAMPO</p> <p align="center">Nº 3</p>
<p>UBICACIÓN: 0+293.20 Km.</p>	
<p>DESCRIPCION: Alcantarilla TMC 24”</p>	
<p align="center">Foto N°3</p> 	
<p>OBSERVACION</p>	
<p>Alcantarilla TMC 24” enterrada.</p>	
<p>RECOMENDACION</p>	
<p>Reemplazar por una tubería de igual o mayor diámetro</p>	

<p align="center">“EVALUACION HIDROLOGICO E HIDRAULICO DEL DRENAJE TRANSVERSAL EN LA CARRETERA COCAHUAYCO – COCACHIMBA – BONGARÁ – AMAZONAS”</p>	<p align="center">HOJA DE CAMPO</p> <p align="center">Nº 4</p>
<p>UBICACIÓN: 0+578.90</p>	
<p>DESCRIPCION: Alcantarilla TMC 24”</p>	
<p align="center">Foto N° 4</p> 	
<p>OBSERVACION</p>	
<p>Alcantarilla TMC 24” de Sin cabezales y sedimentada.</p>	
<p>RECOMENDACION</p>	
<p>Reemplazar y aumentar la pendiente de la alcantarilla.</p>	

<p align="center">“EVALUACION HIDROLOGICO E HIDRAULICO DEL DRENAJE TRANSVERSAL EN LA CARRETERA COCAHUAYCO – COCACHIMBA – BONGARÁ – AMAZONAS”</p>	<p align="center">HOJA DE CAMPO</p> <p align="center">Nº5</p>
<p>UBICACIÓN: Km.1+504.60.</p>	
<p>DESCRIPCION: Alcantarilla de TMC 24”.</p>	
<p align="center">Foto N°05</p> 	
<p>OBSERVACION</p>	
<p>Alcantarilla sedimentada y sin cabezales.</p>	
<p>RECOMENDACION</p>	
<p>Reemplazar por una estructura nueva, de acuerdo al ancho de vía.</p>	

<p align="center">“EVALUACION HIDROLOGICO E HIDRAULICO DEL DRENAJE TRANSVERSAL EN LA CARRETERA COCAHUAYCO – COCACHIMBA – BONGARÁ – AMAZONAS”</p>	<p align="center">HOJA DE CAMPO</p> <p align="center">Nº6</p>
<p>UBICACIÓN: Km.5+015.</p>	
<p>DESCRIPCION: Alcantarilla TMC 24”</p>	
<p align="center">Foto N°6</p> 	
<p>OBSERVACION</p>	
<p>Alcantarilla TMC 24” enterrada y colmatada</p>	
<p>RECOMENDACION</p>	
<p>Proyectar badén de concreto de acuerdo al ancho de vía.</p>	

<p align="center">“EVALUACION HIDROLOGICO E HIDRAULICO DEL DRENAJE TRANSVERSAL EN LA CARRETERA COCAHUAYCO – COCACHIMBA – BONGARÁ – AMAZONAS”</p>	<p align="center">HOJA DE CAMPO</p> <p align="center">Nº7</p>
<p>UBICACIÓN: Km. 5+227.50</p>	
<p>DESCRIPCION: Alcantarilla TMC 24”.</p>	
<p align="center">Foto Nº7</p> 	
<p>OBSERVACION</p>	
<p>Alcantarilla TMC 24” enterrada.</p>	
<p>RECOMENDACION</p>	
<p>Reemplazar por alcantarilla nueva.</p>	

<p align="center">“EVALUACION HIDROLOGICO E HIDRAULICO DEL DRENAJE TRANSVERSAL EN LA CARRETERA COCAHUAYCO – COCACHIMBA – BONGARÁ – AMAZONAS”</p>	<p align="center">HOJA DE CAMPO</p> <p align="center">Nº8</p>
<p>UBICACIÓN: Km. 5+279</p>	
<p>DESCRIPCION: Alcantarilla TMC 24”.</p>	
<p align="center">Foto N°8</p> 	
<p>OBSERVACION</p>	
<p>Alcantarilla TMC 24” colmatada.</p>	
<p>RECOMENDACION</p>	
<p>Reemplazar por alcantarilla nueva.</p>	

<p align="center">“EVALUACION HIDROLOGICO E HIDRAULICO DEL DRENAJE TRANSVERSAL EN LA CARRETERA COCAHUAYCO – COCACHIMBA – BONGARÁ – AMAZONAS”</p>	<p align="center">HOJA DE CAMPO</p> <p align="center">Nº9</p>
<p>UBICACIÓN: Km.4+918</p>	
<p>DESCRIPCION: Puente losa</p>	
<p align="center">Foto N°9</p> 	
<p>OBSERVACION</p>	
<p>Puente losa en buenas condiciones.</p>	
<p>RECOMENDACION</p>	