



UNIVERSIDAD DE CUENCA

Fundada en 1867



UNIVERSIDAD DE CUENCA

Fundada en 1867

FACULTAD DE INGENIERIA  
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL

**ESTUDIO PARA TRES PASOS DE AGUA DE LA QUEBRADA  
QUIMANDEL EN LAS VIAS DE ACCESO A LA PARROQUIA DE  
CUCHIL, CANTON SÍGSIG, PROVINCIA DEL AZUAY**

Director: Ing. Msc. Esteban Pacheco

Monografía de grado  
previa a la obtención  
del título de  
*Ingeniera Civil*

Autores: **Anguizaca Jimbo Diana Mireya**  
**Mendieta Flores Sara Alejandra**

Cuenca, Agosto 2012

Diana Mireya Anguizaca Jimbo  
Sara Alejandra Mendieta Flores



# UNIVERSIDAD DE CUENCA

Fundada en 1867

## RESUMEN

El proyecto consiste en la búsqueda de información cartográfica, satelital, hidrometeorológica y topográfica correspondiente a la Quebrada Quimandel; el procesamiento de esta información ha permitido realizar una caracterización general de la cuenca mediante la obtención de los diferentes parámetros morfométricos.

Con el análisis estadístico de los datos hidrometeorológicos se ha establecido la lluvia del proyecto; con esta información se ha obtenido las curvas de Intensidad Duración y Frecuencia (IDF) para diferentes períodos de retorno, que ha permitido la elaboración del hietograma e hidrograma de tormenta de donde se obtiene el caudal de Diseño. El cálculo del caudal se ha realizado mediante el método SCS (Soil Conservation Service) adecuado para cuencas con área mayor a 1.6 Km<sup>2</sup>.

Mediante la aplicación de los software HEC-GEORAS Y HEC-RAS, se ha determinado para un periodo de retorno TR=10 años la garantía de caudales y niveles máximos de crecida en la Quebrada Quimandel en los puntos de interés, se ha logrado además la implementación de un modelo de período extendido que permita elegir la estructura más adecuada para dar solución a los problemas de inundación de la quebrada.

Las alternativas de estructura planteadas como medidas de solución son el uso de ductos cajón o de ductos metálicos prefabricados (ármicos), sin embargo luego de un análisis económico y de la modelación de estas estructuras en el software HEC-GEORAS se recomienda elevar a nivel de diseño definitiva la primera alternativa.



# UNIVERSIDAD DE CUENCA

Fundada en 1867

## INDICE

RESUMEN.....	2
INDICE .....	3
INDICE DE TABLAS .....	5
INDICE DE ILUSTRACIONES .....	6
ESTUDIO PARA TRES PASOS DE AGUA DE LA QUEBRADA QUIMANDEL EN LAS VIAS DE ACCESO A LA PARROQUIA DE CUCHIL, CANTON SÍGSIG, PROVINCIA DEL AZUAY .....	11
1. INTRODUCCION.....	11
1.1 ANTECEDENTES .....	11
1.2 JUSTIFICACION .....	12
1.3 OBJETIVOS .....	12
1.3.1 OBJETIVO GENERAL.....	12
1.3.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS .....	12
1.4 TRABAJO REALIZADO.....	13
2. AREA DE ESTUDIO .....	13
2.1 UBICACION GEOGRAFICA Y SUPERFICIE .....	13
2.2 RESEÑA HISTORICA .....	13
2.3 RASGOS CULTURALES .....	14
2.4 ACTIVIDAD ECONOMICA.....	14
2.5 CENTROS EDUCATIVOS Y OTRAS ENTIDADES.....	14
2.6 SECTORES IMPORTANTES.....	15
2.7 PRINCIPALES INDICADORES DEMOGRAFICOS.....	15
3. RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN .....	15
3.1 INFORMACIÓN HIDROMETEOROLÓGICA .....	15
3.2 INFORMACIÓN CARTOGRÁFICA.....	16
3.3 INFORMACIÓN TOPOGRÁFICA .....	17
4. DELIMITACION DEL AREA DE ESTUDIO Y CARACTERIZACION DE LA CUENCA	18
4.1 DELIMITACION DE LA CUENCA HIDROGRAFICA .....	18
4.2 DETERMINACION DE PARAMETROS MORFOMETRICOS.....	20
4.2.1 AREA DE LA CUENCA .....	20
4.2.2 LONGITUD DEL CAUCE PRINCIPAL .....	20
4.2.3 FACTOR FORMA (Kf).....	22
4.2.4 DENSIDAD DE DRENAJE (Dd).....	22
4.2.5 INDICE DE ALARGAMIENTO (Ia).....	23
4.2.6 EXTENSION MEDIA DE LA ESCORRENTIA SUPERFICIAL .....	24
4.2.7 SINUOSIDAD DE LAS CORRIENTES DE AGUA .....	25
4.2.8 PENDIENTE DE LA CUENCA .....	25
4.2.9 CURVA DE DISTRIBUCION DE PENDIENTES .....	30
4.2.10 CURVA HIPSOMETRICA .....	31
4.2.11 ELEVACION MEDIA DE LA CUENCA (Hm).....	32
4.2.12 DESNIVEL ALTITUDINAL .....	33
4.2.13 PENDIENTE DE LA CORRIENTE PRINCIPAL .....	34
4.2.14 RECTANGULO MEDIO EQUIVALENTE.....	35
4.2.15 COEFICIENTE DE MASIVIDAD (km) .....	36

Diana Mireya Anguizaca Jimbo  
Sara Alejandra Mendieta Flores



# UNIVERSIDAD DE CUENCA

Fundada en 1867

4.3	INDICES HIDROLOGICOS .....	37
4.3.1	INDICE DE COMPACIDAD (Kc).....	37
4.3.2	TIEMPO DE CONCENTRACION .....	38
5.	CONDICIONES TOPOGRAFICAS Y USOS DEL SUELO .....	39
5.1	DETERMINACION DE CONDICIONES DE ESCORRENTIA.....	39
5.2	ANALISIS DE SUELO Y CARACTERISTICAS DE INFILTRACION.....	39
5.3	USOS DE SUELO .....	40
5.4	DETERMINACION DEL MAPA DE PENDIENTES.....	42
6.	ANALISIS ESTADISTICO DE DATOS HIDROMETEREOLÓGICOS.....	45
6.1	CONFECCIÓN DE LA LLUVIA DE PROYECTO .....	45
6.2	CONSTRUCCION DE CURVAS IDF .....	47
6.3	METODO DE GUMBEL.....	48
6.4	CALCULO DE LA INTENSIDAD MAXIMA 24HORAS .....	51
6.5	RESULTADOS DE CURVAS IDF.....	53
6.6	ESTIMACION DEL COEFICIENTE DE ESCORRENTIA.....	54
6.7	COEFICIENTE DE ESCORRENTIA PONDERADO .....	56
7.	DETERMINACION DE CAUDALES.....	57
7.1	CAUDAL DE DISEÑO (MÉTODO RACIONAL).....	57
7.2	METODO SOIL CONSERVATION SERVICE (SCS) .....	58
7.2.1	DETERMINACIÓN DEL NÚMERO CURVA (CN).....	59
7.2.2	ELABORACION DEL HIETOGRAMA DE DISENO .....	64
7.2.3	METODO SCS PARA LAS ABSTRACCIONES.....	65
7.2.4	DISTRIBUCIÓN TEMPORAL DE LAS ABSTRACCIONES SCS .....	66
7.2.5	CALCULO DE HIDROGRAMAS Y CAUDALES DE DISENO (SCS) .....	68
8.	SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS.....	74
8.1	MODELACION HIDRAULICA.....	74
8.1.1	DESCRIPCIÓN DEL SOFTWARE .....	75
8.1.2	MODELACION EN EL SOFTWARE HEC RAS.....	75
8.1.3	RESULTADOS.....	77
8.2	ALTERNATIVAS DE DISENO.....	82
8.2.1	ALTERNATIVA 1 .....	82
8.2.2	ALTERNATIVA 2.....	83
8.3	ANALISIS ECONOMICO DE ALTERNATIVAS.....	84
9.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	85
	REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	87
	ANEXOS.....	88



# UNIVERSIDAD DE CUENCA

Fundada en 1867

## INDICE DE TABLAS

Tabla 1: Clasificación de Cuencas según su tamaño (Km <sup>2</sup> ).....	20
Tabla 2: Clases de valores de longitud del cauce principal (Km).....	21
Tabla 3: Clases de valores de forma.....	22
Tabla 4: Clases de densidad de drenaje.....	23
Tabla 5: Clases de valores de alargamiento.....	24
Tabla 6: Tabla de distribución de pendientes.....	28
Tabla 7: Tabla de datos para Curvas Hipsométrica.....	31
Tabla 8: Tabla de datos para Elevación media de la Cuenca.....	33
Tabla 9: Clases de desnivel altitudinal.....	34
Tabla 10: Datos para la pendiente del cauce principal.....	34
Tabla 11: Datos para Rectángulo Medio Equivalente.....	36
Tabla 12: Resultados para el Rectángulo Medio Equivalente.....	36
Tabla 13: Clases de valores de masividad.....	36
Tabla 14: Clases de valores de compacidad.....	37
Tabla 15: Tiempos de Concentración (Tc).....	38
Tabla 16: Clases de Tiempo de Concentración.....	39
Tabla 17 Tablas de áreas de suelo según sus usos.....	42
Tabla 18: Áreas según rangos de pendiente.....	42
Tabla 19: Áreas de Uso de Suelo según rangos de pendientes.....	44
Tabla 20 : Clasificación de Áreas por uso de Suelo y pendiente.....	45
Tabla 21: Datos de precipitación máxima en 24 horas mensual entre los años 1974 y 1992 en la estación Sígsig.....	46
Tabla 22: Valores de ajuste recomendados por INAMHI para la zona 34.....	48
Tabla 23 Valores de "y <sub>T</sub> " para distintos períodos de retorno T.....	49
Tabla 24 Valores de "y <sub>n</sub> " y "Sn" según número de observaciones.....	49
Tabla 25: Precipitación máxima anual 24 horas.....	51
Tabla 26: Resultados para la distribución de Gumbel.....	52
Tabla: 27 Resultados intensidades máximas 24 horas.....	52
Tabla 28: Cuadro de Intensidades para diferentes periodos de retorno.....	53
Tabla 29: Coeficiente de Escorrentía (Zonas Rurales).....	54
Tabla 30: Ponderación del Coeficiente de Escorrentía.....	55
Tabla 31: Calculo del coeficiente de Escorrentía Ponderado.....	56
Tabla 32: Caudal de diseño (Método Racional).....	57
Tabla 33: Condiciones de Humedad.....	59
Tabla 34: Grupos Hidrológicos del Suelo.....	60
Tabla 35:Números de curva de escorrentía para usos selectos de tierra agrícola, suburbana y urbana (condiciones antecedentes de humedad II, I <sub>a</sub> = 0,2 S).....	61
Tabla 36: Media de los valores de CN para los grupos hidrológicos B y C.....	63
Tabla 37: Determinación de CN PONDERADO método SCS.....	63
Tabla 38: Calculo de la Retención Inicial y Abstracciones Iniciales.....	64
Tabla 39: Datos para la elaboración del Hietograma.....	64
Tabla 40: Datos para la elaboración del Hietograma de Precipitación Efectiva.....	67

Diana Mireya Anguizaca Jimbo  
Sara Alejandra Mendieta Flores



# UNIVERSIDAD DE CUENCA

Fundada en 1867

Tabla 41: Calculo de parámetros para la elaboración del Hidrograma (Espey, Altman y Graves) .....	70
Tabla 42: Valores para el cálculo del coeficiente de Manning .....	71
Tabla 43: Datos del Hidrograma Unitario .....	72
Tabla 44: Análisis comparativo de alternativas .....	84

## INDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1: Imagen Satelital Cuchil .....	17
Ilustración 2: Levantamiento Topográfico.....	17
Ilustración 3: Delimitación de la Cuenca.....	19
Ilustración 4: Cauce Principal de la Cuenca .....	21
Ilustración 5: Mapa de Pendientes .....	26
Ilustración 6: Mapa de Zonificación de Pendientes .....	29
Ilustración 7: Curva de Distribución de Pendientes .....	31
Ilustración 8: Curva Hipsométrica .....	31
Ilustración 9: Curva hipsométrica característica del ciclo de erosión. ....	32
Ilustración 10: Curva de Pendiente del Cauce Principal.....	35
Ilustración 11: Mapa de Zonificación por Uso de Suelo .....	41
Ilustración 12: Mapa de Zonificación de Pendientes .....	42
Ilustración: 13 Subdivisión del Ecuador.....	48
Ilustración 14: Curvas de Intensidad, Duración, Frecuencia (IDF).....	53
Ilustración 15: Relación Escurrimiento - Lluvia.....	58
Ilustración 16: Hietograma de precipitación total .....	65
Ilustración 17: Hietograma de Precipitación Efectiva .....	68
Ilustración 18: Factor de conducción de cuenca .....	72
Ilustración 19: Hidrograma Unitario.....	73
Ilustración 20: Hidrograma de tormentas periodo de retorno T=10 años.....	74
Ilustración 21: Construcción de modelo hidráulico .....	76
Ilustración 22: Esquema alternativa 1 .....	82
Ilustración 23: Esquema alternativa 2 .....	83



# UNIVERSIDAD DE CUENCA

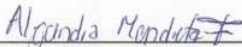
Fundada en 1867



## UNIVERSIDAD DE CUENCA

Fundada en 1867

Yo, Sara Alejandra Mendieta Flores, reconozco y acepto el derecho de la Universidad de Cuenca, en base al Art. 5 literal c) de su Reglamento de Propiedad Intelectual, de publicar este trabajo por cualquier medio conocido o por conocer, al ser este requisito para la obtención de mi título de Ingeniera Civil. El uso que la Universidad de Cuenca hiciere de este trabajo, no implicará afección alguna de mis derechos morales o patrimoniales como autor.

  
Sara Alejandra Mendieta Flores  
0105206049

---

*Cuenca Patrimonio Cultural de la Humanidad. Resolución de la UNESCO del 1 de diciembre de 1999*

Av. 12 de Abril, Ciudadela Universitaria, Teléfono: 405 1000, Ext.: 1311, 1312, 1316

e-mail [cdjbv@ucuenca.edu.ec](mailto:cdjbv@ucuenca.edu.ec) casilla No. 1103

Cuenca - Ecuador



## UNIVERSIDAD DE CUENCA

Fundada en 1867

Yo, Diana Mireya Anguizaca Jimbo, reconozco y acepto el derecho de la Universidad de Cuenca, en base al Art. 5 literal c) de su Reglamento de Propiedad Intelectual, de publicar este trabajo por cualquier medio conocido o por conocer, al ser este requisito para la obtención de mi título de Ingeniera Civil. El uso que la Universidad de Cuenca hiciere de este trabajo, no implicará afección alguna de mis derechos morales o patrimoniales como autor.

Diana Mireya Anguizaca Jimbo

1400517700





**UNIVERSIDAD DE CUENCA**  
Fundada en 1867

Yo, Sara Alejandra Mendieta Flores, certifico que todas las ideas, opiniones y contenidos expuestos en la presente investigación son de exclusiva responsabilidad de su autor/a.

*Sara Alejandra Mendieta Flores*  
Sara Alejandra Mendieta Flores  
0105206049



UNIVERSIDAD DE CUENCA



UNIVERSIDAD DE CUENCA  
Fundada en 1867

Yo, Diana Mireya Anquizaca Jimbo, certifico que todas las ideas, opiniones y contenidos expuestos en la presente investigación son de exclusiva responsabilidad de su autor/a.

Diana Mireya Anquizaca Jimbo  
1400517700



# UNIVERSIDAD DE CUENCA

Fundada en 1867

## **ESTUDIO PARA TRES PASOS DE AGUA DE LA QUEBRADA QUIMANDEL EN LAS VIAS DE ACCESO A LA PARROQUIA DE CUCHIL, CANTON SÍGSIG, PROVINCIA DEL AZUAY**

### **1. INTRODUCCION**

El desarrollo de las poblaciones y el continuo crecimiento de la frontera agrícola ganadera producen degradación en las condiciones naturales de las unidades hidrográficas, lo cual se ve reflejado en la presencia de grandes avenidas en épocas de lluvia y la ausencia de flujos en los cauces naturales en épocas de estiaje.

Cuchil posee un desarrollo económico por la agricultura y ganadería principalmente, por lo que las inundaciones afectan a la economía de la zona, provocando pérdidas traducidas en infraestructura y terrenos destinados al sector agropecuario. También la infraestructura vial que permite la exportación de los productos se encuentra en la zona de estudio y la misma está frecuentemente amenazada por las inundaciones.

Como consecuencia de lo anterior cada vez se hace notar con mayor frecuencia, la preocupación por los problemas ambientales, es así que el presente estudio busca dar solución al problema de inundaciones que se genera en el área urbana de la parroquia Cuchil a causa de las múltiples intervenciones realizadas en el cauce de la quebrada Quimandel.

#### **1.1 ANTECEDENTES**

Con el fin de obtener el título de Ingeniera Civil en la Universidad de Cuenca, se ha escogido el tema en el área de hidrología e hidráulica, enriqueciendo el conocimiento adquirido dentro de la carrera universitaria, los temas a tratarse en esta monografía en la actualidad cumplen un papel muy importante para el bienestar social y económico de las regiones, siendo la base para el mejoramiento de otros sistemas, como es el sistema vial en el caso de la parroquia Cuchil.

El aprendizaje de software como el GIS, HEC-GEORAS Y HEC-RAS, nos ha motivado a elaborar esta monografía, ya que son programas que facilitan el manejo de la información, teniendo al final herramientas que permiten comprobar resultados.

Diana Mireya Anguizaca Jimbo  
Sara Alejandra Mendieta Flores



# UNIVERSIDAD DE CUENCA

Fundada en 1867

El tema en estudio ha permitido escoger la mejor alternativa para el diseño de los pasos de agua en la parroquia Cuchil.

## 1.2 JUSTIFICACION

Debido a la necesidad de mantener una trama vial en buen estado, y el brindar a la sociedad un ambiente seguro ante las amenazas originadas por uno de los fenómenos naturales que más afectan las obras viales como es la lluvia, se ha visto la necesidad de evaluar y proponer la adecuación de obras de arte destinadas a salvar corrientes de agua que garanticen una circulación fluida y continua.

Este trabajo de monografía está caracterizado por la búsqueda de la aplicación de los conocimientos adquiridos durante el Módulo de Drenaje Vial. Nuestro interés se fundamenta en lograr un sistema vial urbano que proporcione competitividad a la parroquia y al aglomerado circundante, que aseguren calidad de vida, confort y menores costos al traslado de las personas, bienes y servicios.

## 1.3 OBJETIVOS

### 1.3.1 OBJETIVO GENERAL

El objetivo general del estudio es determinar para diferentes períodos de retorno la garantía de caudales y niveles máximos de crecida en la Quebrada Quimandel en los puntos de interés, y la implementación de un modelo de período extendido (Modelo matemático dinámico) que indique la influencia de las estructuras de paso en el comportamiento de la quebrada durante un evento de lluvias intensas en la parroquia de Cuchil.

### 1.3.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Determinar los parámetros para las curvas de intensidad, duración, frecuencia para períodos de retorno 2, 5, 10, 20, 25, 50, y 100 años a partir de los datos pluviométricos y pluviográficos de la estación más cercana al lugar del estudio.
- Elaboración del hietograma e hidrograma para determinar caudales y los niveles de máxima crecida en los puntos de interés



# UNIVERSIDAD DE CUENCA

Fundada en 1867

- Plantear alternativas de intervención en las vías que intersecan con la quebrada en las proximidades de la cabecera parroquial de Cuchil.

## 1.4 TRABAJO REALIZADO

El proyecto se ha realizado mediante la investigación aplicada, caracterizada por la búsqueda de información cartográfica, satelital, hidrometeorológica y topográfica disponible en los diferentes Institutos de Meteorología de nuestra Ciudad.

La información obtenida ha permitido la aplicación de modelos numéricos de probada eficacia como es el HEC-RAS para la obtención de niveles de inundación.

El trabajo de campo, ha consistido en la toma de datos para la identificación de la problemática existente, técnica que ha permitido la observación directa del estado y circunstancias actuales de las vías en estudio

El estudio ha posibilitado la identificación de una alternativa de diseño para los diferentes pasos de la quebrada y que son adecuados para la realidad socio-económica, así como para los parámetros requeridos para el diseño.

## 2. AREA DE ESTUDIO

### 2.1 UBICACION GEOGRAFICA Y SUPERFICIE

La parroquia Cuchil está ubicada en la parte sur-este del cantón Sígsig. Limita: al norte con la periferia del centro cantonal; al este, con las parroquias Chigüinda y Bermejos del cantón Gualaquiza; al sur, con la parroquia Jima; y al oeste, la parroquia Ludo.

Cuchil tiene una extensión de 138.9 Km<sup>2</sup>. Localizado a una distancia de 74 km desde la ciudad de Cuenca; conectada por la vía asfaltada hasta el Sígsig, luego 4 km por carretera lastrada hasta el centro parroquial. (Azuay por Dentro, 2006)

### 2.2 RESEÑA HISTORICA

Esta parroquia fue creada el 19 de agosto del año 1950, antes era un caserío del Sígsig. El nombre de Cuchil, se debe a la existencia de una planta denominada "chilchil" que se utilizaba como escoba, al barrer los pisos de las viviendas, que en su mayoría eran de tierra, dejaban un olor agradable. Los propulsores de la parroquialización fueron: Marcial Bravo Guevara y Gabriel Orellana. Su primer Teniente Político fue Gabriel Bravo Illescas. (Azuay por Dentro, 2006)



# UNIVERSIDAD DE CUENCA

Fundada en 1867

## 2.3 RASGOS CULTURALES

Las festividades religiosas más importantes que se celebran en la parroquia son de la “Santísima Cruz” el 3 de mayo; de la “Virgen de Mayo” con participación de la juventud femenina; en junio la del “Sagrado Corazón de Jesús” realizada por los varones. La celebración litúrgica del santo jubileo se realiza en febrero de todos los años. (Azúay por Dentro, 2006)

## 2.4 ACTIVIDAD ECONOMICA

La agricultura es la principal ocupación de sus pobladores, destacándose los huertos frutales, especialmente las manzanas por su gran calidad. El tejido de sombreros de paja toquilla, estos son vendidos a los intermediarios en la feria del Sígsig y otras tejedoras lo entregan en la cooperativa María Auxiliadora del centro cantonal. En mínima escala, los hombres se dedican a la extracción del oro en las minas de Infiernillos y en los lavaderos que existen en el río Santa Bárbara.

Según los datos del último censo del 2001, declararon pertenecer a la población económicamente activa (5 y más años) un total de 602 personas, el 55,1 por ciento son hombres y 44,9 por ciento mujeres. Se dedican a la agricultura y ganadería el 37 por ciento; en las industrias manufactureras se ocupan el 41 por ciento, destacándose dentro de ellas, la fabricación de prendas de vestir, curtido y adobo de cueros(35%); fabricación de muebles. En la industria de la construcción intervienen el 9 por ciento de la población activa de la parroquia, el resto de la población, se encuentra ocupada en la rama de los servicios, destacándose los servicios de transporte, administración pública y defensa y servicio doméstico, como los más representativos. (Azúay por Dentro, 2006)

## 2.5 CENTROS EDUCATIVOS Y OTRAS ENTIDADES

En el centro parroquial funcionan la escuela fiscal mixta “Ernesto López” y un jardín de infantes anexa a la misma escuela, se tiene un colegio a distancia que depende de La Voz del Upano; en el caserío de San Antonio de Jacarcar funciona la escuela “Elías Brito”. La parroquia tiene entidades públicas, un Subcentro de salud, Tenencia Política, Jefatura de Área del Registro Civil y Junta Parroquial. (Azúay por Dentro, 2006)



# UNIVERSIDAD DE CUENCA

Fundada en 1867

## 2.6 SECTORES IMPORTANTES

Rascorral, Cuchil Capilla, Loma de Cuchil, Sidcay, Pungala, Satunsaray, Zhaguarguchi y San Antonio de Jacarcas son los principales. En este último caserío, se tiene la particularidad de mantener la raza española, con este fin, los miembros de esta comunidad contraen matrimonio entre familiares, detalle que ha cambiado en los últimos años. (Azuay por Dentro, 2006)

## 2.7 PRINCIPALES INDICADORES DEMOGRAFICOS

La población de la parroquia Cuchil, según el Censo del 2001, representa el 6,5 por ciento del total del cantón Sígsig; ha crecido en el último período intercensal 1990-2001, a un ritmo del -1,07 por ciento promedio anual. El 23,6 por ciento de su población, reside en la cabecera parroquial; se caracteriza por ser una población joven, ya que el 48,5 por ciento se encuentra dentro del grupo de edad <1-20 años. (Azuay por Dentro, 2006)

## 3. RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN

### 3.1 INFORMACIÓN HIDROMETEOROLÓGICA

Parte de la información se ha recopilado de los Anuarios publicados por el Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología, INAMHI, el cual contiene un resumen estadístico anual de las observaciones y mediciones de los parámetros meteorológicos generados que han sido procesadas en la Gestión de Desarrollo Informático.

El Anuario meteorológico está constituido de tres secciones, el estudio se enfoca en la segunda Sección, en la cual se presentan cuadros estadísticos, que contienen la información climática; se incluyen los resúmenes diarios, mensuales y anuales de las variables meteorológicas, que disponen de seis meses de datos como mínimo; presenta además interpretaciones gráficas de variaciones en precipitación y temperatura y un resumen de los valores pluviométricos mensuales, tanto de las estaciones climatológicas como pluviométricas. (INAMHI, 1999)

La instalación de las estaciones, así como la ubicación del instrumental para la toma y/o registro de los datos meteorológicos, se ha realizado de acuerdo a normas internacionales establecidas por la Organización Meteorológica Mundial. (INAMHI, 1999)



# UNIVERSIDAD DE CUENCA

Fundada en 1867

Los valores estadísticos mensuales publicados en el anuario han sido obtenidos en base a las tres observaciones diarias (07, 13 y 19 horas), independientemente del tipo de estación. (INAMHI, 1999)

Para cada una de las estaciones de la red, se publican en el inventario los siguientes datos generales (INAMHI, 1999):

- Código de la Estación.
- Nombre de la Estación.
- Código de Tipo-estación
- Código Zona hidrológica
- Ubicación Geográfica:( Latitud, Longitud y Altura en m.s.n.m).
- Ubicación política: código de provincia.
- Institución propietaria
- Fecha de iniciación de observaciones
- Fecha de levantamiento/suspensión

Para el análisis de la quebrada Quimandel, perteneciente al cantón Sígsig, se ha tomado los datos de la Estación Pluviométrica más cercana M424, ubicada en el cantón Sígsig. Esta estación contiene datos pluviométricos mensuales desde el 01/01/1968, fecha de instalación, hasta la actualidad.

Por otra parte, se ha recopilado información del Programa de Manejo del Agua y el Suelo, PROMAS, que ha proporcionado datos de precipitaciones máximas diarias desde el año 1974 a 1992 de la estación M424 ubicada en la Zona 34 (Véase Ilustración: 13 Subdivisión del Ecuador).

## 3.2 INFORMACIÓN CARTOGRÁFICA

Con el objeto de determinar el área de influencia de la Unidad Hidrográfica se ha adquirido la cartografía de la zona a escala 1:25000 levantada por el Instituto Geográfico Militar (IGM).

La información de la Cuenca del Rio Paute ha sido proporcionada por el Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal del Cantón Sígsig, en formato Shapefile (SHP) y CAD sobre imagen satelital en escala 1:1000, conforme se muestra en la

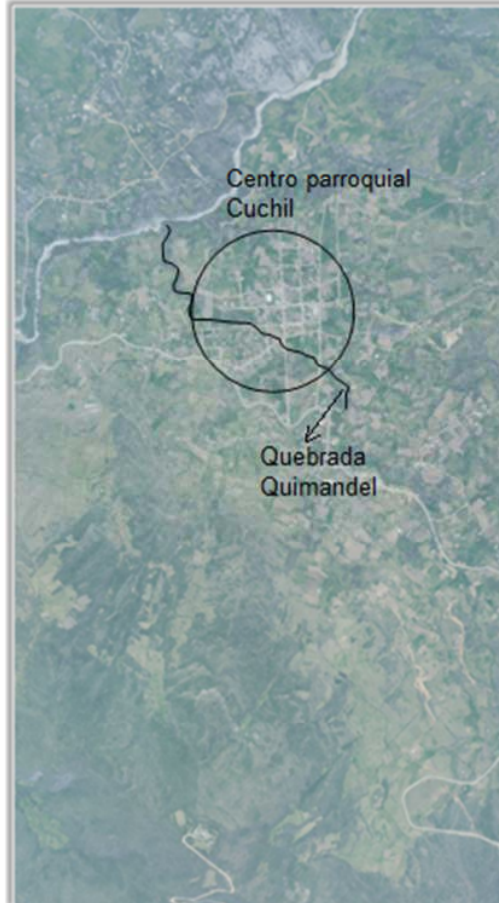
Ilustración 1: Imagen Satelital Cuchil

Diana Mireya Anguizaca Jimbo  
Sara Alejandra Mendieta Flores





**Ilustración 1: Imagen Satelital Cuchil**



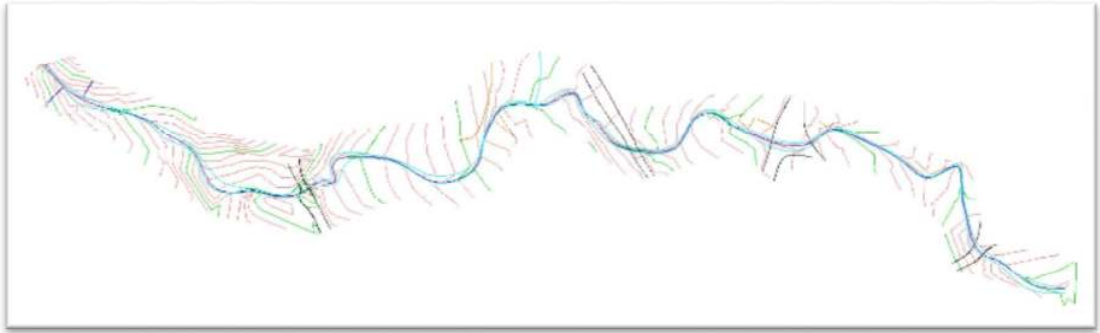
### 3.3 INFORMACIÓN TOPOGRÁFICA

El levantamiento topográfico se ha realizado a lo largo de la cuenca de estudio ubicada en la parroquia Cuchil, en una longitud de 650m y un ancho de 40m, como se indica en la .

Ilustración 2: Levantamiento Topográfico.

Los datos del levantamiento se muestran en el Anexo A1.

#### **Ilustración 2: Levantamiento Topográfico**



## 4. DELIMITACION DEL AREA DE ESTUDIO Y CARACTERIZACION DE LA CUENCA

Se ha realizado la definición de la unidad hidrográfica de estudio, para posteriormente definir las características físicas de la cuenca, procurando medir numéricamente las influencias de las mismas, con la finalidad de conocer los diferentes índices hidrológicos.

### 4.1 DELIMITACION DE LA CUENCA HIDROGRAFICA

El proceso de delimitación de la cuenca se ha realiza utilizando el método tradicional – delimitación sobre cartas topográficas sobre la Cuenca de la Quebrada Quimandel, según se observa en la

Ilustración 3: Delimitación de la Cuenca.

Para el trazado se ha considerado los siguientes criterios:

- Identificación de la red de drenaje o corrientes superficiales, y esbozo general de la posible delimitación.
- La divisoria deber cortar perpendicularmente a las curvas de nivel y pasar, estrictamente, por los puntos de mayor nivel topográfico.
- Cuando la divisoria vaya aumentando su altitud, cortará a las curvas de nivel por su parte convexa.
- Cuando la divisoria vaya decreciendo, cortará a las curvas de nivel por la parte cóncava.
- La línea divisoria, nunca debe cortar, un río, un arroyo o curso de agua, excepto en el punto final de la divisoria.

(Torres H., 2010)

Divisoria: Se designa divisoria a la línea que separa las precipitaciones que caen en las cuencas inmediatamente vecinas, y que encaminan la escorrentía resultante para uno u otro sistema fluvial. La divisoria sigue una línea rígida, atravesando el curso de agua solamente en el punto de salida. La divisoria une



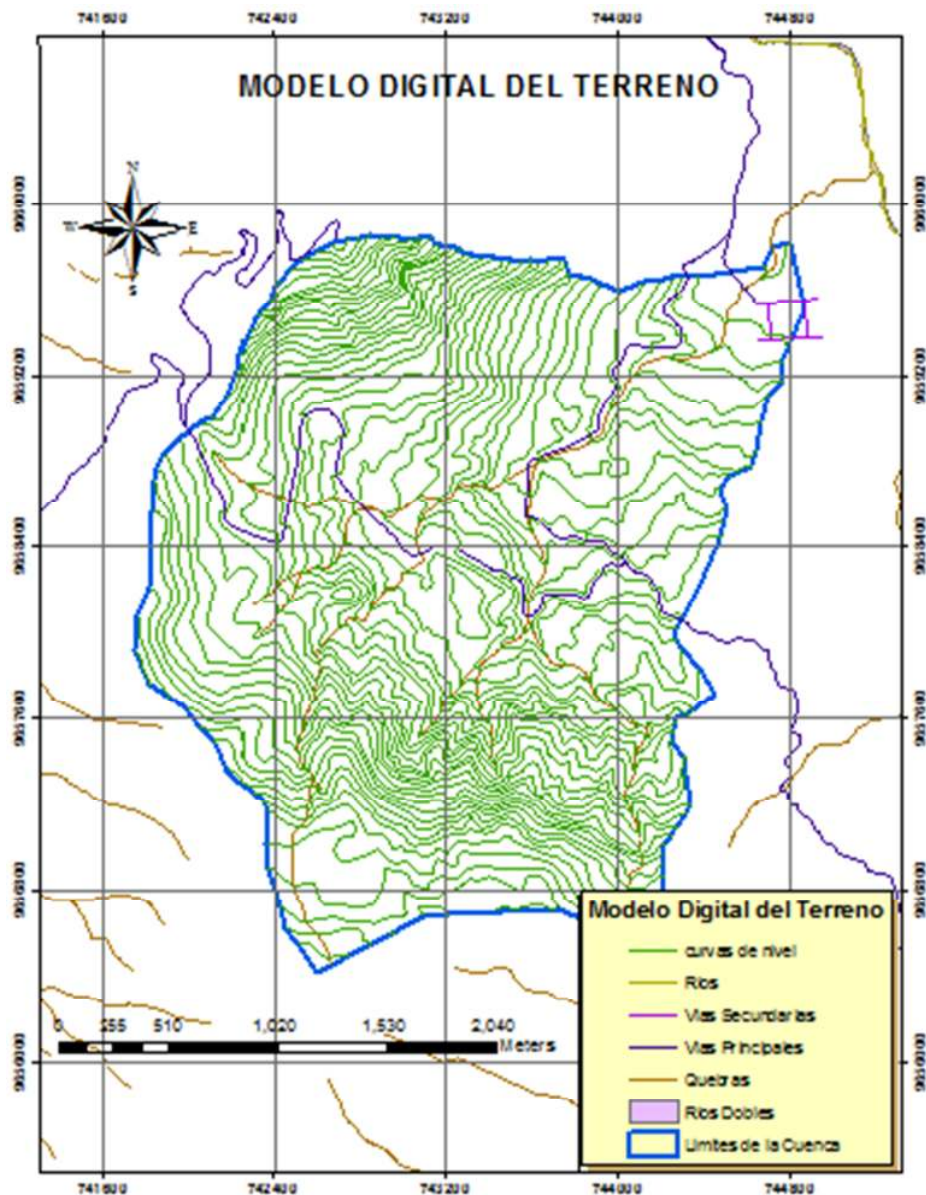
# UNIVERSIDAD DE CUENCA

Fundada en 1867

los puntos de máxima cota entre cuencas, lo que no impide que en el interior de la cuenca existan picos aislados con una cota superior a cualquier punto de la divisoria. (Monsalve, 2009)

En muchos casos la pérdida de agua en una parte de la cuenca es compensada por ganancias en otras partes. En grandes cuencas la magnitud de la diferencia entre pérdidas y ganancias debido a divisoria topográfica es usualmente pequeña.

**Ilustración 3: Delimitación de la Cuenca**



Diana Mireya Anguizaca Jimbo  
Sara Alejandra Mendieta Flores



# UNIVERSIDAD DE CUENCA

Fundada en 1867

## 4.2 DETERMINACION DE PARAMETROS MORFOMETRICOS

La morfometría pretende hallar parámetros que sirvan para caracterizar un ambiente geomorfológico y que, además, sean susceptibles de un tratamiento estadístico o matemático a fin de disminuir la influencia de la subjetividad en las conclusiones que se deriven de esos parámetros. En particular, la morfometría de cuencas queda definida por su forma, relieve y drenaje, para lo cual se ha establecido una serie de parámetros, que a través de ecuaciones matemáticas, sirven de referencia para la clasificación y comparación de cuencas. (Tragsa-Tragsatec, 1994)

### 4.2.1 AREA DE LA CUENCA

Es el tamaño de la superficie de la cuenca en  $\text{km}^2$ , se ha realizado la digitalización en CAD de la delimitación de la unidad hidrográfica, obteniendo los valores que se detalla a continuación:

$$A_t = 7.39 \text{ km}^2$$

Este es uno de los parámetros más importantes, debido a que es la base para el cálculo de otros parámetros hidrológicos. (Fuentes, 2004)

En la Tabla 1: Clasificación de Cuencas según su tamaño ( $\text{Km}^2$ ), se presenta valores típicos para clasificar las cuencas, en donde se ha tenido que el área de estudio puede ser clasificada como un Sector.

**Tabla 1: Clasificación de Cuencas según su tamaño ( $\text{Km}^2$ )**

<b>Clases de tamaño de cuencas (<math>\text{Km}^2</math>)</b>	
<i>Rango de áreas</i>	<i>Clases de tamaño</i>
5 $\text{km}^2$ o menos	Unidad
5-20 $\text{Km}^2$	Sector
20-100 $\text{Km}^2$	Microcuenca
100 - 300 $\text{Km}^2$	Subcuenca
mayor de 300 $\text{Km}^2$	Cuenca

Fuente: Barros G, 1990

### 4.2.2 LONGITUD DEL CAUCE PRINCIPAL

Es la medida del escurrimiento principal de la cuenca, desde la parte más alta hasta la salida. Este parámetro influye en el tiempo de concentración y en la mayoría de los índices morfométricos. (Fuentes, 2004)

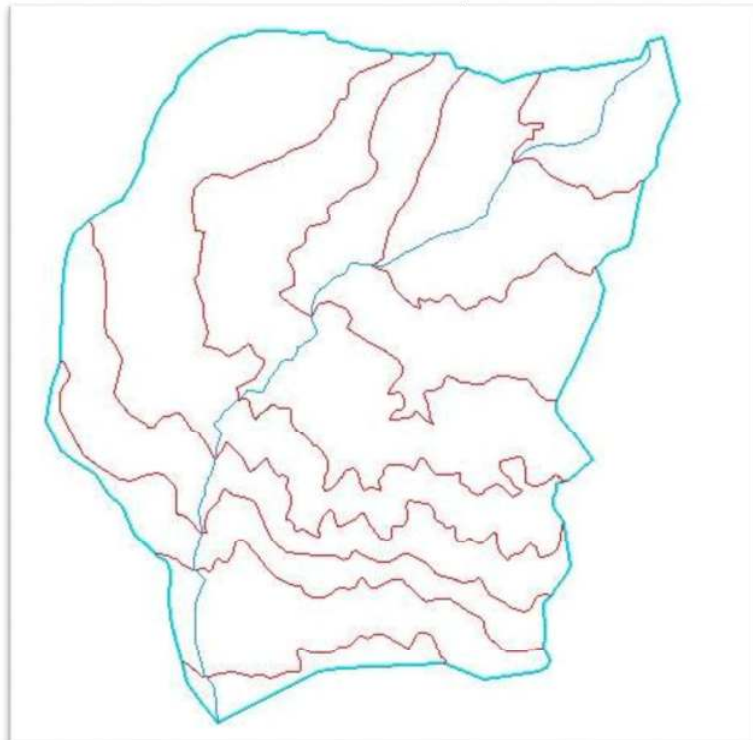


# UNIVERSIDAD DE CUENCA

Fundada en 1867

Estos cursos se caracterizan por tener corrientes con agua todo el tiempo, el nivel de agua subterráneo mantiene una alimentación continua y no desciende nunca debajo del lecho del río.

**Ilustración 4: Cauce Principal de la Cuenca**



**Tabla 2: Clases de valores de longitud del cauce principal (Km)**

<b>Clases de valores de longitud del cauce principal</b>	
<i>Rango de longitud</i>	<i>Clases de longitud del cauce</i>
6.9-10.9	Corto
11.0-15.0	Mediano
15.1-19.1	Largo

Fuente: Fuentes, 2004

La longitud del curso principal para el área de estudio es de 4.8km, de acuerdo a la Tabla 2: Clases de valores de longitud del cauce principal (Km), y con la información de la longitud del curso principal de la cuenca, este se ha categorizado como una cuenca de curso corto.

Diana Mireya Anguizaca Jimbo  
Sara Alejandra Mendieta Flores



# UNIVERSIDAD DE CUENCA

Fundada en 1867

## 4.2.3 FACTOR FORMA (Kf)

Este índice, propuesto por Gravelius, se estima a partir de la relación entre el ancho promedio del área de captación y la longitud de la cuenca, longitud que se mide desde la salida hasta el punto más alejado a ésta.

El factor de forma, viene dado por:

$$Kf = B/L$$

$$B = A/L$$

$$Kf = A/L^2.$$

En donde:

B: ancho promedio, en km.

L: longitud de la cuenca, en km.

A: área de captación de la cuenca, en km

Por consiguiente los valores que se han obtenido para la cuenca en estudio son:

$$L = 4.04 \text{ km.}$$

$$A: 7.39 \text{ Km}^2$$

$$B = 1.83 \text{ km.}$$

$$Kf = 0.45$$

Se han clasificado las cuencas de acuerdo con la Tabla 3:

**Tabla 3: Clases de valores de forma**

<b>Clases de valores de forma</b>	
<i>Rangos de Kf</i>	<i>Clases de forma</i>
0.01-0.18	Muy poco achatada
0.18-0.36	Ligeramente achatada
0.36-0.54	Moderadamente achatada

Fuente: Fuentes, 2004

En la Tabla 3: Clases de valores de forma, y con el valor de Kf obtenido se ha observado que la cuenca tiene una forma moderadamente achatada.

## 4.2.4 DENSIDAD DE DRENAJE (Dd)

Este índice permite tener un mejor conocimiento de la complejidad y desarrollo del sistema de drenaje de la cuenca. En general, una mayor densidad de



# UNIVERSIDAD DE CUENCA

Fundada en 1867

escurrimiento indica mayor estructuración de la red fluvial, o bien que existe mayor potencial de erosión.

La densidad de drenaje provee una liga entre los atributos de forma de la cuenca y los procesos que operan a lo largo del curso de la corriente. (Fuentes, 2004)

Se calcula dividiendo la longitud total de los cursos de agua de la cuenca por el área total que las contiene:

$$D_d = \frac{L}{A_t}$$

Siendo:

L: Longitud total de los cursos de agua, en Km

A<sub>t</sub>: Área de la cuenca, en Km<sup>2</sup>

$$\begin{aligned} L &= 11.07 \text{ km} \\ A_t &= 7.39 \text{ km}^2 \\ D_d &= 1.49 \text{ km/km}^2 \end{aligned}$$

Se puede clasificar al tipo de drenaje según los diferentes rangos como se muestra en la Tabla 4: Clases de densidad de drenaje.

**Tabla 4: Clases de densidad de drenaje**

<b>Clases de densidad de drenaje</b>	
<i>Rangos de densidad</i>	<i>Clases</i>
entre 0.5 Km/km <sup>2</sup>	Drenaje pobre
Hasta 3.5 Km/km <sup>2</sup>	Bien drenadas

Fuente: Monsalve 1999

La cuenca en estudio se ha clasificado como una cuenca de drenaje pobre.

## 4.2.5 INDICE DE ALARGAMIENTO (Ia)

Este índice relaciona la longitud máxima encontrada en la cuenca, medida en el sentido del río principal y el ancho máximo de ella medido perpendicularmente; se ha calculado de acuerdo a la fórmula siguiente (Horton, 1945).

$$Ia = \frac{Lm}{l}$$



# UNIVERSIDAD DE CUENCA

Fundada en 1867

Dónde:

Lm: Longitud máxima de la cuenca

I : ancho máximo de la cuenca

$$Ia = \frac{4.04}{2.94} = 1.37$$

Cuando el factor Ia (índice de alargamiento) toma valores muchos mayores a la unidad, se trata de cuencas alargadas, mientras que para valores cercanos a 1, se trata de cuencas cuya red de drenaje presenta la forma de abanico y puede tenerse un río principal corto. (Cottler, 2004)

Con el valor obtenido, según la

Tabla 5: Clases de valores de alargamiento, la cuenca se ha clasificado como Poco Alargada.

**Tabla 5: Clases de valores de alargamiento**

<b>Clases de valores de alargamiento</b>	
<i>Rangos de Ia</i>	<i>Clases de alargamiento</i>
0.0-1.49	Poco alargada
1.5-2.8	Moderadamente alargada
2.9-4.2	Muy alargada

Fuente: Cottler, 2004

## 4.2.6 EXTENSION MEDIA DE LA ESCORRENTIA SUPERFICIAL

Se define como la distancia media en que el agua de lluvia debe escurrir sobre los terrenos de una hoya, en caso de que la escorrentía se diese en línea recta desde donde la lluvia cayó hasta el punto más próximo al lecho de una corriente cualquiera de la cuenca. (Monsalve, 2009)

La extensión media de la escorrentía superficial será:

$$A = 4 * L * I$$

$$I = A/4L$$

En donde:

L: longitud total de las corrientes de agua, en km.

A: área de drenaje de la cuenca en km<sup>2</sup>.





# UNIVERSIDAD DE CUENCA

Fundada en 1867

Por consiguiente:

$$I = 0.16 \text{ km}$$

## 4.2.7 SINUOSIDAD DE LAS CORRIENTES DE AGUA

Es la relación entre la longitud del río principal medida a lo largo de su cauce,  $L$ , y la longitud del valle del río principal medida en línea curva o recta,  $L_t$ . (Fuentes, 2004)

Este parámetro da una medida de la velocidad de la escorrentía del agua a lo largo de la corriente.

$$Si = \frac{L}{L_t} \text{ (Valor adimensional)}$$

De donde se ha obtenido:

$$L = 4.8 \text{ Km}$$

$$L_t = 4.04 \text{ Km}$$

$$Si = 1.19$$

Un valor de  $S$  menor o igual a 1.25 indica una baja sinuosidad. (Fuentes, 2004)

## 4.2.8 PENDIENTE DE LA CUENCA

Según Villodas, R; esta característica controla en gran parte la velocidad con que se produce la escorrentía superficial y afecta por lo tanto el tiempo que lleva el agua lluvia para concentrarse en los lechos fluviales que constituyen la red de drenaje de las hoyas.

El más completo de los métodos que puede ser usado para la obtención de los valores representativos de las pendientes de los terrenos de una hoya es el de las cuadrículas asociadas a un vector, este método consiste en determinar la distribución porcentual de las pendientes de los terrenos por medio de una muestra estadística de las pendientes normales a las curvas de nivel de un número grande de puntos dentro de la cuenca.

Los datos se han obtenido empleando el Sistemas de Información geográficos (GIS); para la digitalización de la información se ha empleado un tamaño del pixel de 50cm x 50 cm, dando un total de puntos de  $n=2937$ . La discretización de los puntos se indica en la

Diana Mireya Anguizaca Jimbo  
Sara Alejandra Mendieta Flores



# UNIVERSIDAD DE CUENCA

Fundada en 1867

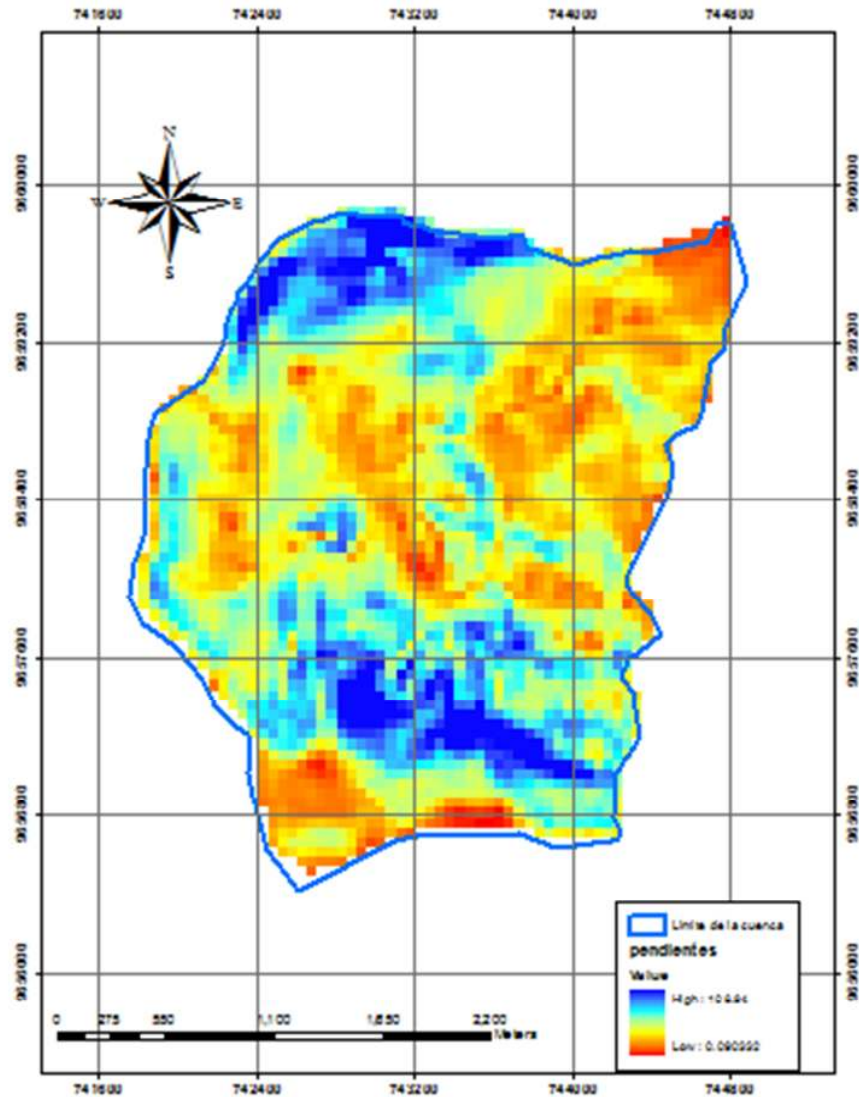
Ilustración 5: Mapa de Pendientes.

**Ilustración 5: Mapa de Pendientes**



# UNIVERSIDAD DE CUENCA

Fundada en 1867



Con la pendiente de todos los puntos definidos por las cuadrículas, se ha clasificado los valores por intervalos de clase. El número de intervalos esta en relación con el numero  $n$  de puntos obtenidos, pero en general no debe ser menor de un valor comprendido entre 5 y 10. Según la ley de Sturges, él número de intervalos  $k$  de una muestra de tamaño  $n$  es:

$$k = 1 + 3.3 * \log(n)$$

$$K = 13$$

Con un tamaño del intervalo de clase  $C=R/K = 0.373$ , en donde  $R$  es el rango de la muestra igual al valor máximo menos el valor mínimo. Los valores máximos y mínimos de las pendientes obtenidas son: 108. 940 % y 0.09% respectivamente.

Diana Mireya Anguizaca Jimbo  
Sara Alejandra Mendieta Flores



# UNIVERSIDAD DE CUENCA

Fundada en 1867

La representación gráfica de los valores de pendiente clasificadas por intervalos se presentan en la

Ilustración 6: Mapa de Zonificación de Pendientes.

Los datos obtenidos y los generados a partir de ellos se indican en la Tabla 6: Tabla de distribución de pendientes.

**Tabla 6: Tabla de distribución de pendientes**

PENDIENTES (%)			# DE OCURRENCIAS	% DEL TOTAL	% ACUMULADO	M MEDIA	# OCURRENCIAS X M media
0.090	-	8.463	97	3.30	100.00	4.277	414.85
8.463	-	16.836	456	15.53	96.70	12.650	5768.35
16.836	-	25.209	579	19.71	81.17	21.023	12172.29
25.209	-	33.583	533	18.15	61.46	29.396	15668.07
33.583	-	41.956	432	14.71	43.31	37.769	16316.23
41.956	-	50.329	320	10.90	28.60	46.142	14765.47
50.329	-	58.702	221	7.52	17.71	54.515	12047.85
58.702	-	67.075	134	4.56	10.18	62.888	8427.02
67.075	-	75.448	75	2.55	5.62	71.261	5344.59
75.448	-	83.821	46	1.57	3.06	79.634	3663.18
83.821	-	92.194	34	1.16	1.50	88.007	2992.25
92.194	-	100.567	7	0.24	0.34	96.380	674.66
100.567	-	108.940	3	0.10	0.10	104.75	314.26
<b>TOTAL</b>			<b>2937</b>	<b>100.00</b>			<b>98569.09</b>

La pendiente media se define como la pendiente que ocurre en el 50% del tiempo.

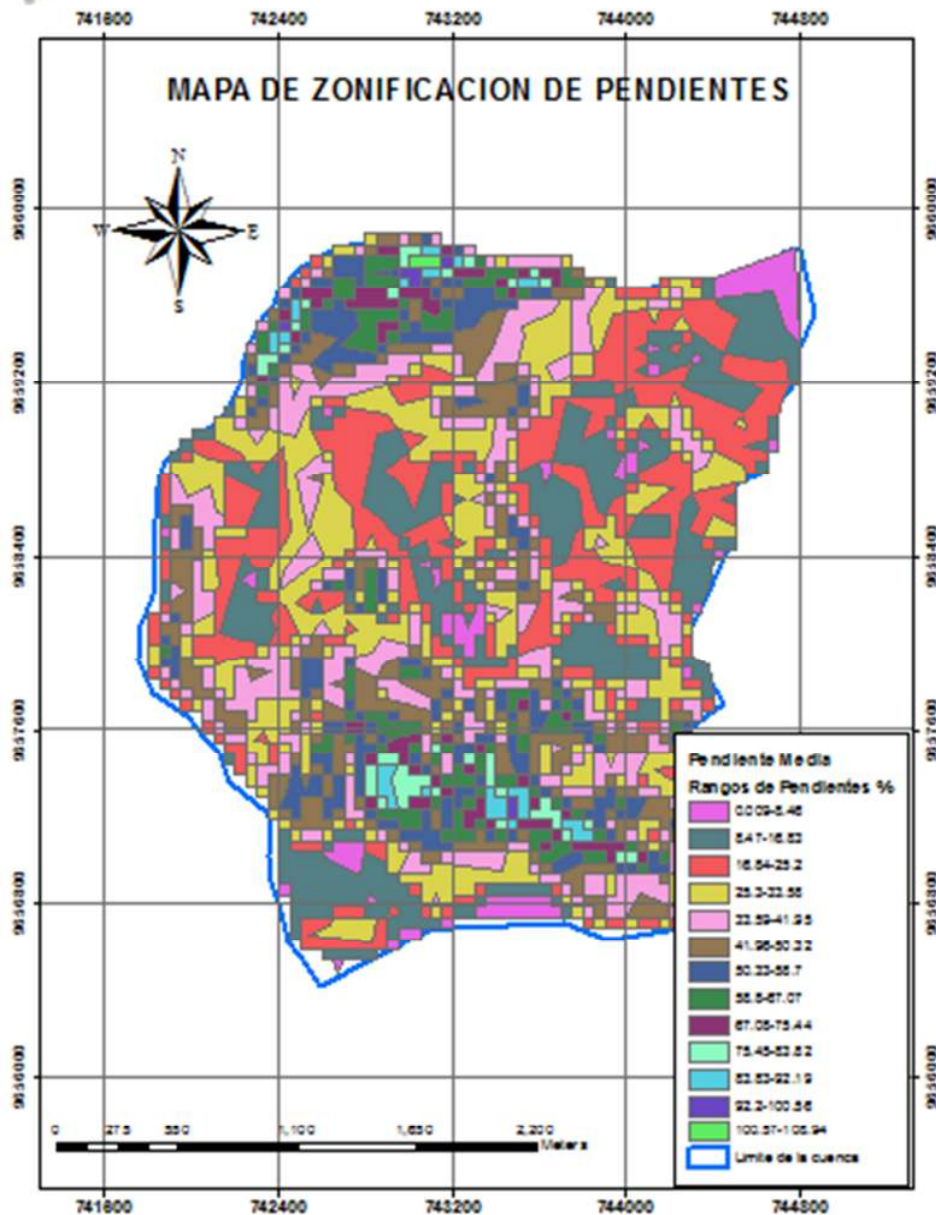
	PENDIENTE	%ACUMULADO
MEDIA	33.56	46
MEDIANA	19.67	50



UNIVERSIDAD DE CUENCA

Fundada en 1867

**Ilustración 6: Mapa de Zonificación de Pendientes**



#### 4.2.9 CURVA DE DISTRIBUCION DE PENDIENTES

La curva de distribución de pendientes relaciona el valor menor de la pendiente en cada intervalo de clase con el porcentaje acumulado correspondientes a cada intervalo de clase, conforme se muestra en la Ilustración 7: Curva de Distribución de Pendientes, haciendo excepción de los valores extremos de pendiente encontrados.

Al valor de la pendiente menor encontrada corresponde el 100% de la frecuencia acumulada. Dicha frecuencia acumulada representa el porcentaje del tiempo en que una pendiente determinada es igualada o excedida. Al valor de la pendiente

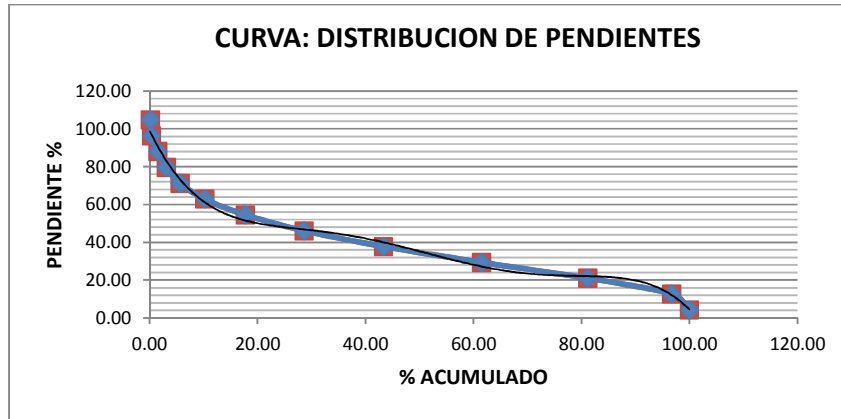


# UNIVERSIDAD DE CUENCA

Fundada en 1867

mayor encontrada corresponde un valor de frecuencia acumulada igual a 1 por el número de ocurrencias, y este valor expresado en porcentaje. (Fuentes, 2004)

**Ilustración 7: Curva de Distribución de Pendientes**



## 4.2.10 CURVA HIPSOMETRICA

Es la representación gráfica del relieve de una cuenca. Representa el estudio de la variación de la elaboración de varios terrenos de la cuenca con referencia al nivel medio del mar. Esta variación puede ser indicada por medio de un gráfico que muestra el porcentaje de área de drenaje que existe por encima o por debajo de varias elevaciones. (Campos, 1999)

Se ha obtenido para la cuenca de la Quebrada Quimandel los datos indicados en la Tabla 7: Tabla de datos para Curvas Hipsométrica

**Tabla 7: Tabla de datos para Curvas Hipsométrica**

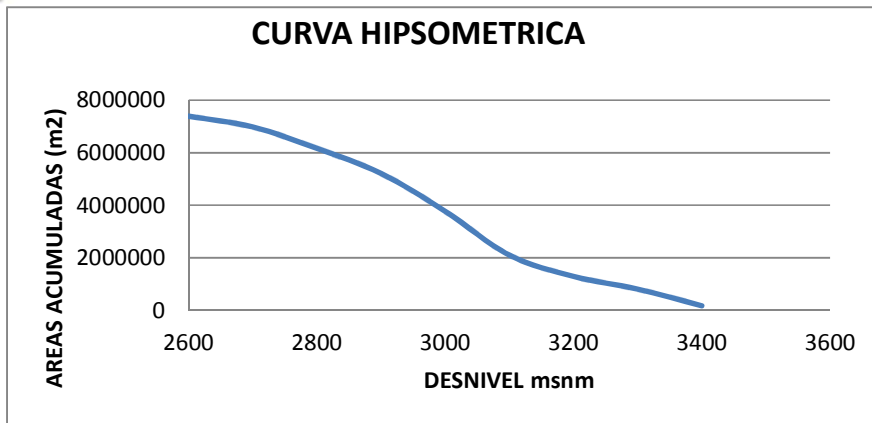
AREA ENTRE COTAS	COTAS	AREA ACUMULADA
169493.982	3400	169493.982
633935.492	3300	803429.474
484079.354	3200	1287508.828
810766.144	3100	2098274.972
1670855.994	3000	3769130.966
1438566.775	2900	5207697.741
951623.678	2800	6159321.419
819265.286	2700	6978586.705
411737.942	2600	7390324.647

**Ilustración 8: Curva Hipsométrica**



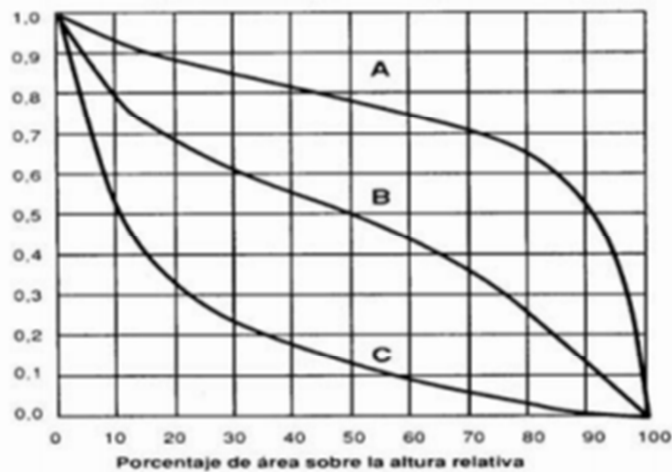
# UNIVERSIDAD DE CUENCA

Fundada en 1867



Con el análisis hipsométrico se puede evaluar el ciclo erosivo y la etapa evolutiva en que se encuentra la cuenca. Ilustración 9: Curva hipsométrica característica del ciclo de erosión.

**Ilustración 9: Curva hipsométrica característica del ciclo de erosión.**



Curva A: Etapa Juvenil; Curva B: Madura; Curva C: Vejez

Fuente: Campos, 1992

Con esta consideración la Cuenca de la Quebrada Quimandel (Ilustración 8: Curva Hipsométrica) se ha considerado como una Cuenca Joven.

## 4.2.11 ELEVACION MEDIA DE LA CUENCA (Hm)

Diana Mireya Anguizaca Jimbo  
Sara Alejandra Mendieta Flores





# UNIVERSIDAD DE CUENCA

Fundada en 1867

Para determinar la elevación media de una cuenca existen diferentes métodos, uno de ellos es la técnica Área – elevación, este método inicia con la medición del área de las diferentes franjas de terreno, delimitada por las curvas de nivel consecutivas y la divisoria de aguas. (Fuentes, 2004)

Los cálculos para las diferentes cotas se muestran en la Tabla 8: Tabla de datos para Elevación media de la Cuenca.

$$H_m = \frac{\sum_{n=1}^n \frac{H_n + H_{n+1}}{2} * A_{n,n+1}}{A_t}$$

Dónde:

$H_n, H_{n+1}$  =Cotas de las curvas de nivel

$A_{n, n+1}$  = Áreas entre las curvas de nivel  $H_n, H_{n+1}$

$A_t$  = Área total de la cuenca.

**Tabla 8: Tabla de datos para Elevación media de la Cuenca**

Cota media	LONGITUD (Km)	Área (km2)	Cota media*Área
3320	0.24559	0.169493982	562.7200202
3250	0.56473	0.633935492	2060.290349
3150	0.19894	0.484079354	1524.849965
3050	0.38005	0.810766144	2472.836739
2950	0.355032	1.670855994	4929.025182
2850	0.65608	1.438566775	4099.915309
2750	0.46014	0.951623678	2616.965115
2650	0.91665	0.819265286	2171.053008
2550	1.0259	0.411737942	1049.931752
TOTAL	4.80	7.390	21487.58744

Cota media	2907.530	msnm
------------	----------	------

Se debe tener en cuenta que la altitud y la elevación media de una cuenca son importantes por la influencia que ejercen sobre la precipitación, sobre las pérdidas de agua por elevación y transpiración y, consecuentemente, sobre el caudal medio.

## 4.2.12 DESNIVEL ALTITUDINAL



# UNIVERSIDAD DE CUENCA

Fundada en 1867

Es el valor de la diferencia entre la cota más alta de la cuenca y la más baja. Se relaciona con la variabilidad climática y ecológica. Una cuenca con mayor cantidad de pisos altitudinales puede albergar más ecosistemas al presentarse variaciones importantes en su precipitación y temperatura. (Fuentes, 2004)

Las clases de los valores agrupados de desnivel altitudinal se clasifican de acuerdo a la Tabla 9: Clases de desnivel altitudinal

$$\text{Desnivel} = 3400 - 2600 = 800 \text{ msnm}$$

**Tabla 9: Clases de desnivel altitudinal**

<b>Clases de desnivel altitudinal</b>	
<i>Rangos de Altitudes</i>	<i>Clases de altitudes</i>
600-1220	Bajo
1221-1841	Mediano
1842-2462	Alto

Fuente: Fuentes, 2004

## 4.2.13 PENDIENTE DE LA CORRIENTE PRINCIPAL

La pendiente del cauce se la puede estimar por diferentes métodos, uno de ellos es el de los valores extremos, el cual consiste en determinar el desnivel H entre los puntos más elevado y más bajo del cauce en estudio y luego dividirlo entre la longitud L del mismo. (Fuentes, 2004)

$$S = \frac{H}{L}$$

Dónde:

S: Pendiente media del cauce

H: Desnivel entre las cotas

L: Longitud del cauce

La pendiente media se ha obtenido con los datos de la Tabla 10: Datos para la pendiente del cauce principal.

**Tabla 10: Datos para la pendiente del cauce principal**

<b>COTAS</b>	<b>LONGITUD (Km)</b>	<b>LONGITUD ACUMULADA</b>	<b>S</b>	<b>Área bajo la curva</b>
3340	0.00	0.00	0.00	0.00
3300	0.24559	0.25	0.16	815.36
3200	0.56473	0.81	0.18	1835.37
3100	0.19894	1.01	0.50	626.66
3000	0.38005	1.39	0.26	1159.15
2900	0.355032	1.74	0.28	1047.34

Diana Mireya Anguizaca Jimbo  
Sara Alejandra Mendieta Flores



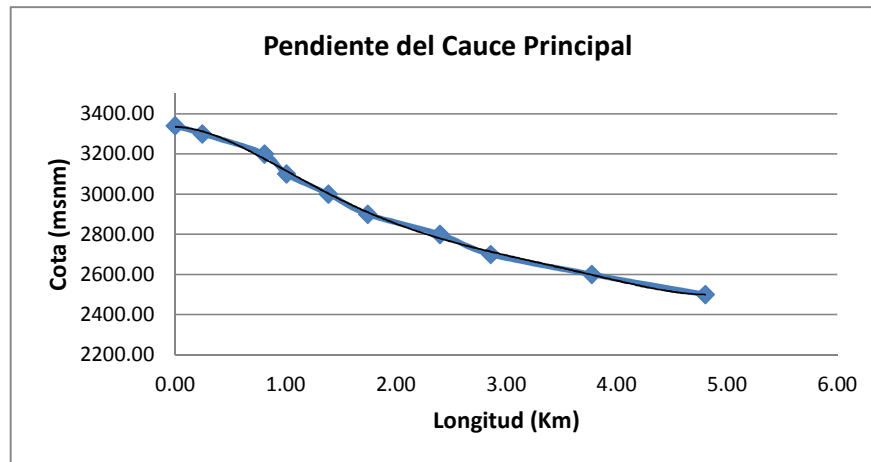
# UNIVERSIDAD DE CUENCA

Fundada en 1867

2800	0.65608	2.40	0.15	1869.83
2700	0.46014	2.86	0.22	1265.39
2600	0.91665	3.78	0.11	2429.12
2500	1.0259	4.8	0.10	2616.05
<b>TOTAL</b>		4.80		13664.27

Cota media	2844.88
S media	0.21 %

**Ilustración 10: Curva de Pendiente del Cauce Principal**



## 4.2.14 RECTANGULO MEDIO EQUIVALENTE

Este índice fue introducido por hidrólogos franceses como un intento de comparar la influencia de las características de la cuenca sobre la escorrentía.

El rectángulo equivalente asimila la superficie y el perímetro de la cuenca a un rectángulo equivalente, tiene el mismo índice de compacidad e idéntica repartición hipsométrica; tiene la siguiente formulación (Martínez *et al*, 1996):

L = lado mayor del rectángulo equivalente

l = lado menor del rectángulo equivalente

Kc= Índice de compacidad

$$L = K_c \frac{\sqrt{A_t}}{1.12} \left[ 1 + \sqrt{1 - \left( \frac{1.12}{I_c} \right)^2} \right]$$

$$l = K_c \frac{\sqrt{A_t}}{1.12} \left[ 1 - \sqrt{1 - \left( \frac{1.12}{I_c} \right)^2} \right]$$

La Tabla 11: Datos para Rectángulo Medio Equivalente, indica los valores calculados para las cotas medias, con su respectiva longitud; los resultados para

Diana Mireya Anguizaca Jimbo  
Sara Alejandra Mendieta Flores



# UNIVERSIDAD DE CUENCA

Fundada en 1867

el rectángulo equivalente se muestran en la Tabla 12: Resultados para el Rectángulo Medio Equivalente.

**Tabla 11: Datos para Rectángulo Medio Equivalente**

Cota media	LONGITUD (Km)	Área Acumulada (km <sup>2</sup> )	Long. en Rectángulo
3320	0.24559	0.169	0.091
3250	0.56473	0.803	0.430
3150	0.19894	1.288	0.690
3050	0.38005	2.098	1.124
2950	0.355032	3.769	2.019
2850	0.65608	5.208	2.790
2750	0.46014	6.159	3.299
2650	0.91665	6.979	3.734
2550	1.0259	7.390	3.958
	4.80		

**Tabla 12: Resultados para el Rectángulo Medio Equivalente**

Área de la Cuenca	7.39	Km <sup>2</sup>
Perímetro de la Cuenca	11.53	Km
L equivalente	3.963	Km
Lado menor (l)	1.867	Km

#### 4.2.15 COEFICIENTE DE MASIVIDAD (km)

Este coeficiente representa la relación entre la elevación media de la cuenca y su superficie. (Fuentes, 2004)

$$Km = \frac{\text{Altura media de la cuenca (m)}}{\text{Area de la cuenca (km}^2\text{)}}$$

$$Km = \frac{2907.530}{7.39} = 393$$

Este valor toma valores bajos en cuencas montañosas y altos en cuencas llanas conforme se indica en la Tabla 13: Clases de valores de masividad

**Tabla 13: Clases de valores de masividad**

Clases de valores de masividad
--------------------------------

Diana Mireya Anguizaca Jimbo  
Sara Alejandra Mendieta Flores



# UNIVERSIDAD DE CUENCA

Fundada en 1867

Rangos de "Km"	Clases de masividad
0-35	Muy montañosa
35-70	Montañosa
70-105	Moderadamente montañosa

Fuente: Fuentes, 2004

Se ha determinado que la cuenca se caracteriza como moderadamente montañosa.

## 4.3 INDICES HIDROLOGICOS

### 4.3.1 INDICE DE COMPACIDAD (Kc)

Este índice compara la forma de la cuenca con la de una circunferencia, cuyo círculo inscrito tiene la misma área de la cuenca en estudio. Kc se define como la razón entre el perímetro de la cuenca y el perímetro de la circunferencia. (Tragsa- Tragsatec, 1994)

La ecuación que permite el cálculo de este coeficiente corresponde a:

$$K_c = 0.28 \frac{P}{\sqrt{A_t}}$$

En donde:

P= perímetro de la cuenca en km.

A= área de drenaje de la cuenca en km<sup>2</sup>.

$$P=11.64\text{Km}$$

$$A=7.39 \text{ km}^2$$

$$k_c = 1.2$$

Este valor adimensional, independiente del área de estudio tiene por definición un valor de 1 para cuencas imaginarias de forma exactamente circular. El grado de aproximación de este índice a la unidad indicará la tendencia a concentrar fuertes volúmenes de aguas de escurrimiento, siendo más acentuado cuanto más cercano sea a la unidad, lo cual quiere decir que entre más bajo sea Kc, mayor será la concentración de agua. (Fuentes, 2004)

Según los rangos de compacidad mostrados en la Tabla 14, la cuenca de estudio se ha estimado como redonda a oval redonda.

**Tabla 14: Clases de valores de compacidad**

<b>Clases de valores de compacidad</b>
--

Diana Mireya Anguizaca Jimbo  
Sara Alejandra Mendieta Flores



# UNIVERSIDAD DE CUENCA

Fundada en 1867

Rangos de $Kc$	Clases de compacidad
<1.25	Redonda a oval redonda
1.25-1.5	De oval redonda a oval oblonga
1.5-1.75	De oval oblonga a rectangular oblonga

Fuente: Tragsa-Tragsatec (1994)

## 4.3.2 TIEMPO DE CONCENTRACION

Es el tiempo que demora en viajar una partícula de agua desde el punto más remoto hasta el punto de interés. Corresponde al lapso entre el final de la lluvia y el momento en que cesa el escurrimiento superficial. (Fuentes, 2004)

Algunas de las fórmulas que se ha empleado para el cálculo de este tiempo son las siguientes:

- Kirpich

$$T_c = 0,06626 * \left(\frac{L^2}{S}\right)^{0.385}$$

- Temez

$$T_c = 0,126 * \left(\frac{L}{S^{0.35}}\right)^{0.75}$$

- Pasini

$$T_c = 0,023 * \left(A * \frac{L}{S}\right)^{0.5}$$

- Pizarro

$$T_c = 13.584 * \left(\frac{L^2}{H}\right)^{0.77}$$

Dónde:

$T_c$ : Tiempo de concentración (horas)  
 $L$ : Longitud del cauce principal en (Km)  
 $S$ : Pendiente del cauce principal (m/m)  
 $A$ : área de la cuenca (Km<sup>2</sup>)  
 $H$ : Diferencia de alturas (m)

Aplicando los diferentes métodos, se presentan los resultados en la Tabla 15: Tiempos de Concentración ( $T_c$ ).

**Tabla 15: Tiempos de Concentración ( $T_c$ )**



# UNIVERSIDAD DE CUENCA

Fundada en 1867

	<b>Tc (horas)</b>	<b>Tc (min)</b>
Kirpich	0.40	24.26
Temez	0.62	36.93
Pasini	0.30	17.94
Pizarro	0.85	51.12

Para estudios de control de inundaciones se considera la opción más desfavorable que corresponde al menor tiempo de concentración; sin embargo por las condiciones económicas del centro parroquial Cuchil se ha estimado conveniente el uso del método de Pizarro, mismo que reporta caudales menores lo que se traduce a estructuras de menores dimensiones y por ende de menor costo.

$$Tc = 13.584 * \left( \frac{4.8^2}{840} \right)^{0.77} = 0.85 \text{ horas} = 51.12 \text{ min}$$

**Tabla 16: Clases de Tiempo de Concentración**

<b>Clases de tiempo de concentración (min)</b>	
<i>Rango de Tc</i>	<i>Clases</i>
0-41.5	Rápido
41.6-83.2	Moderado
83.3-125.1	Lento

Según los rangos de la Tabla 16: Clases de Tiempo de Concentración, el tiempo de concentración se ha clasificado como Moderado.

## 5. CONDICIONES TOPOGRAFICAS Y USOS DEL SUELO

### 5.1 DETERMINACION DE CONDICIONES DE ESCORRENTIA

La escorrentía es el agua generada por una cuenca en forma de flujo superficial y por tanto constituye la forma más disponible del recurso. En manejo de cuencas es de gran importancia ya que es un reflejo del comportamiento y estado de una cuenca. (Rojas, 2009)

### 5.2 ANALISIS DE SUELO Y CARACTERISTICAS DE INFILTRACION



# UNIVERSIDAD DE CUENCA

Fundada en 1867

Según Rojas, la infiltración es el proceso por el cual el agua penetra desde la superficie del terreno hacia el suelo.

La capacidad de infiltración es la cantidad máxima de agua que puede absorber un suelo en determinadas condiciones, valor que es variable en el tiempo en función de la humedad del suelo, el material que conforma al suelo, y la mayor o menor compactación que tiene el mismo.

## **Factores que afectan la infiltración**

El agua, para infiltrarse, debe penetrar a través de la superficie del terreno y circular a través de éste. Hay dos grupos de factores que influyen en el proceso:

- a) Factores que definen las características del terreno o medio permeable
  - Condiciones de superficie
  - Características del terreno
  - Condiciones ambientales
  
- b) Factores que definen las características del fluido (agua) que se infiltra

## **5.3 USOS DE SUELO**

Para determinar el mapa de usos se ha empleado el programa computacional Arc-Gis, que es un software de procesamiento geoespacial, con el que se han definido las características de la cuenca, según se indica en la Ilustración 11: Mapa de Zonificación por Uso de Suelo

Se ha trabajado con imágenes satelitales, con una resolución espacial de 40 cm x 40 cm. Para elegir las clases de usos del suelo a representar, definiendo claramente la distinción entre posibles usos.

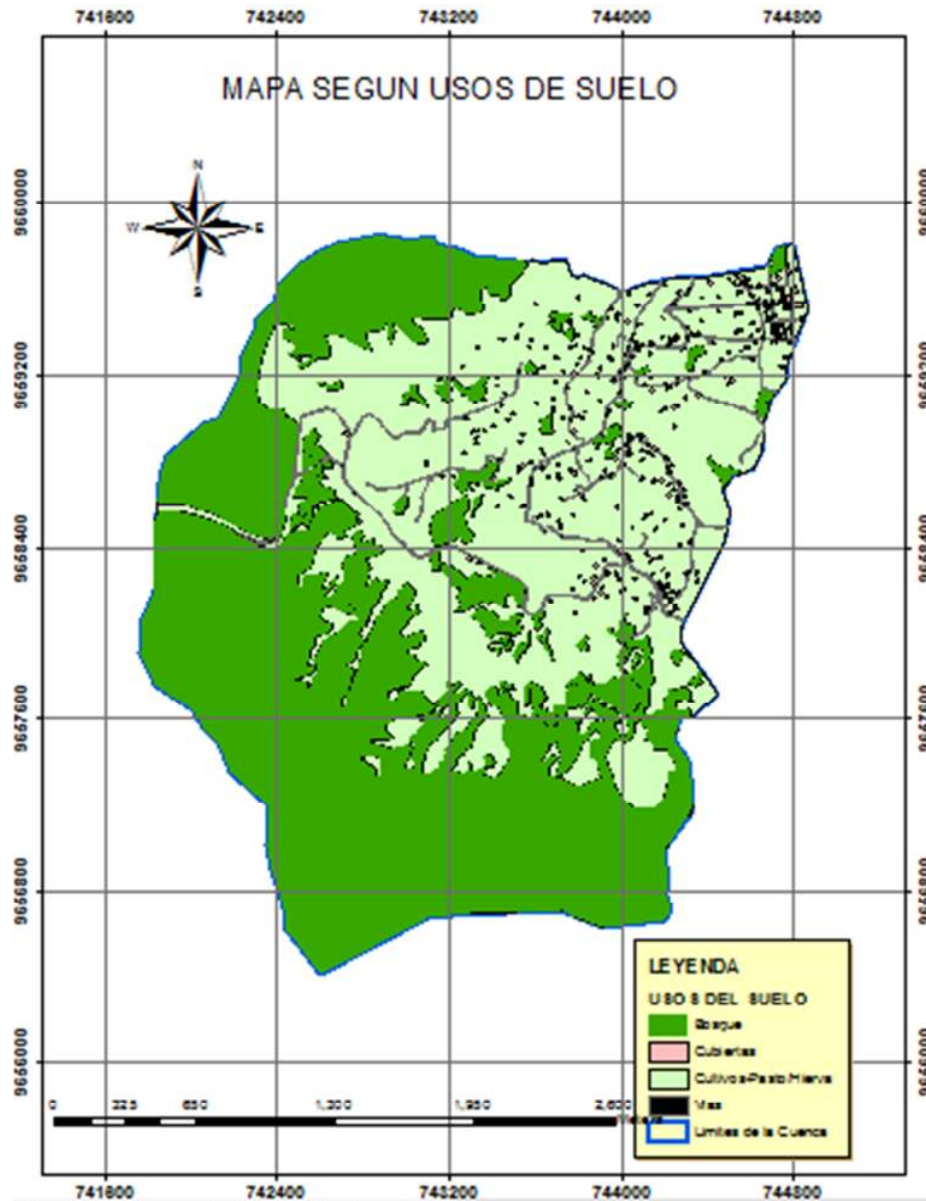
Para el proyecto según la inspección de campo, para el suelo que rodea la cuenca en estudio se han considerado cuatro usos:

- Vías: Considerada como área semipermeable debido a que gran parte de ellas son de tierra
- Bosque: Área Permeable
- Zonas de cultivo: Esta zona se ha utilizado para diferentes usos en los siguientes porcentajes:
  - 30% Pasto: Área Permeable
  - 40% Hierba: Se ha considerado como semipermeable debido a que esta área es de uso mixto principalmente para la agricultura y ganadería, lo que produce una densificación del suelo disminuyendo su permeabilidad.
  - 30% Cultivos: Se ha considerado como una zona permeable debido a que ésta área de suelo es constantemente removida en los procesos agrícolas.



- Cubiertas: Área Permeable

Ilustración 11: Mapa de Zonificación por Uso de Suelo



Siguiendo estos criterios se ha clasificado el área de la micro cuenca tal como se muestra en la Tabla 17.

Diana Mireya Anguizaca Jimbo  
Sara Alejandra Mendieta Flores



# UNIVERSIDAD DE CUENCA

Fundada en 1867

**Tabla 17 Tablas de áreas de suelo según sus usos**

USOS DEL SUELO	AREA (m <sup>2</sup> )	
Bosque	3655025.33	
Vías	105618.75	
Cubiertas	46893.24	
Zonas de Cultivos	3392861.94	1017859
		1357145
		1017859
<b>TOTAL</b>	<b>7200399.26</b>	

## 5.4 DETERMINACION DEL MAPA DE PENDIENTES

Basado en el análisis de las características morfológicas analizadas en el modelo digital del terreno, se ha generado el mapa de pendientes, ver

Ilustración 12: Mapa de Zonificación de Pendientes.

Para cada rango de pendiente las áreas correspondientes se presentan en la Tabla 18.

**Tabla 18: Áreas según rangos de pendiente**

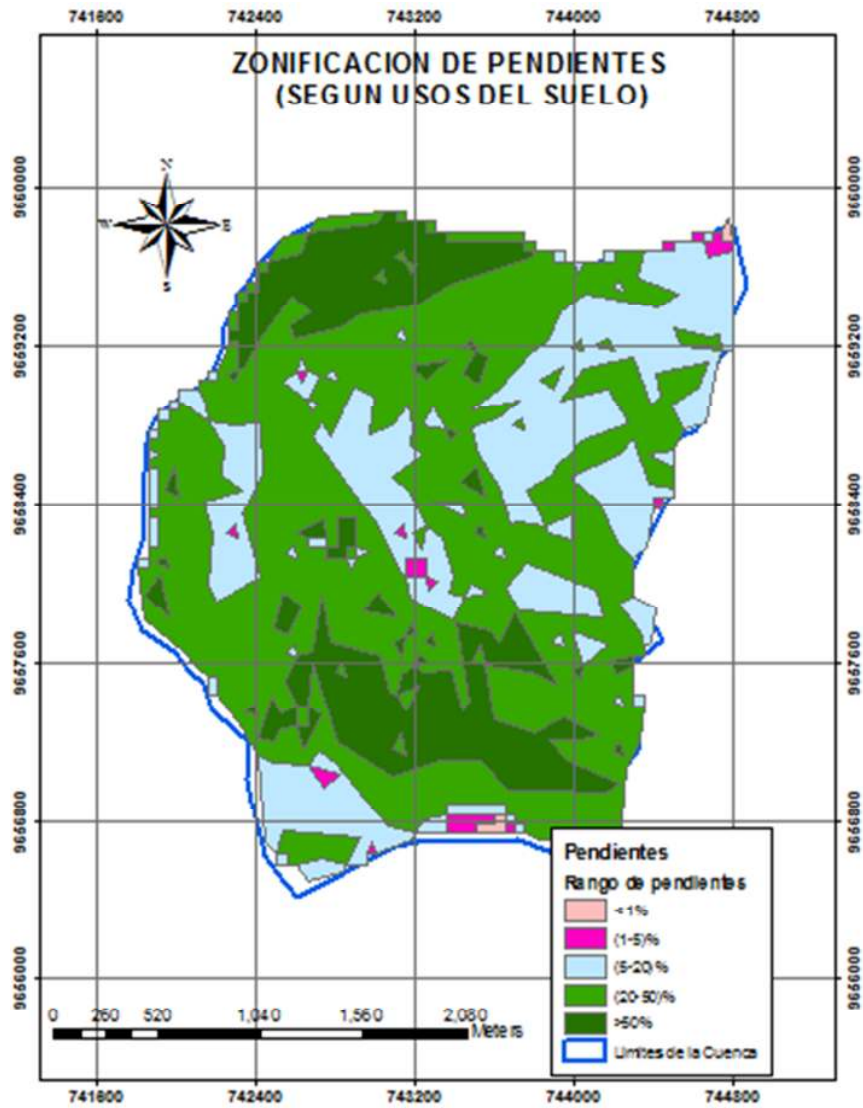
Rango Pendiente (%)	área (m <sup>2</sup> )
<1	13599.285
1-5	68628.781
5-20	1865739.874
20-50	4072723.189
>50	1304377.680
total	7325068.809

## Ilustración 12: Mapa de Zonificación de Pendientes



# UNIVERSIDAD DE CUENCA

Fundada en 1867



Para el análisis más detallado del coeficiente de escorrentía, considerando el uso del suelo y su respectiva pendiente, se ha clasificado los usos del suelo agrupándolos por rangos de pendiente, los resultados obtenidos se muestran en la

Tabla 19.

Diana Mireya Anguizaca Jimbo  
Sara Alejandra Mendieta Flores



# UNIVERSIDAD DE CUENCA

Fundada en 1867

**Tabla 19: Áreas de Uso de Suelo según rangos de pendientes**

Rango Pendiente (%)	Uso de suelo	área (m2)
<1%	bosque nativos (vegetación densa)	10585.42
	cultivos, hierba, pasto	2541.96
>1%	bosque nativos (vegetación densa)	39763.41
	cubiertas	383.99
	cultivos, hierba, pasto	21878.74
	vías	944.50
>5%	bosque nativos (vegetación densa)	579998.46
	cubiertas	30567.32
	cultivos, hierba, pasto	1155448.09
	vías	60434.32
>20%	bosque nativos (vegetación densa)	2015282.29
	cubiertas	15932.46
	cultivos, hierba, pasto	1929513.99
	vías	43224.12
>50%	bosque nativos (vegetación densa)	1009395.76
	cubiertas	9.47
	cultivos, hierba, pasto	283479.16
	vías	1015.81

Con los datos clasificados según su uso y pendiente, se ha generado la clasificación de áreas por uso de suelo y pendiente indicada en la

Tabla 20 : Clasificación de Áreas por uso de Suelo y pendiente, en su elaboración se ha tomado en cuenta la permeabilidad del suelo:



**Tabla 20 : Clasificación de Áreas por uso de Suelo y pendiente**

Clasificación de Áreas por uso de suelo y pendiente							
Cobertura Vegetal	Permeabilidad del Suelo	Pendiente del Terreno					total
		Pronunciada	Alta	Media	Suave	Despreciable	
		>50%	>20%	>5%	>1%	<1%	
Vías, Viviendas	Impermeable	9.5	15932.5	30567.3	384		46893.2
	Semipermeable	1015.8	43224.1	60434.3	944.5		105618.7
	Permeable						
Cultivos (30% del área identificada)	Impermeable						
	Semipermeable						
	Permeable	85044	578854	346634	6564	762.59	1017859
Pasto, Vegetación, ligera (30% área identificada)	Impermeable						
	Semipermeable						
	Permeable	85044	578854	346634	6564	762.59	1017859
Hierba, Grama (40% del área identificada)	Impermeable						
	Semipermeable	113392	771806	462179.2	8752	1016.8	1357145
	Permeable						
Bosque Vegetación Densa	Impermeable						
	Semipermeable						
	Permeable	1009396	2015282	579998.46	39763	10585	3655025
total		1293900	4003953	1826448.2	62971	13127	7200399

## 6. ANALISIS ESTADISTICO DE DATOS HIDROMETEREOLÓGICOS

### 6.1 CONFECCIÓN DE LA LLUVIA DE PROYECTO

Para el establecimiento de la lluvia de proyecto se ha hecho uso de los datos pluviométricos obtenidos del registro del INAMHI, que se corresponden a la precipitación registrada en el pluviómetro del Sígsig INAMHI M424 ubicado en la latitud 3° 2' 53" S 78° 47' 09" W, entre los años 1974 y 1992, con algunas intermitencias.

Diana Mireya Anguizaca Jimbo  
Sara Alejandra Mendieta Flores



# UNIVERSIDAD DE CUENCA

Fundada en 1867

El detalle se puede observar en la

Tabla 21: Datos de precipitación máxima en 24 horas mensual entre los años 1974 y 1992 en la estación Sígsig

PRECIPITACIONES MÁXIMAS 24 horas (mm)															
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	PROM	MAX	MIN
1974					20.60	8.40	22.90	7.40	17.50	27.70	19.30	9.60	16.68	27.70	7.40
1975	4.80	18.30	28.20	8.10	27.40	32.50	22.90	9.40	12.70	18.50	19.10	26.80	19.06	32.50	4.80
1976	5.10	15.80	14.20	16.80	23.90	14.00	28.00	23.70	3.80	4.10	24.10	11.20	15.39	28.00	3.80
1977	8.40	18.90	22.40	13.50	6.80	21.90	3.80	9.40	13.20	15.40	15.50	13.40	13.55	22.40	3.80
1978	25.40	11.00	27.40	13.00	10.90	24.20	14.20	11.90	14.30	11.00	11.30	9.70	15.36	27.40	9.70
1979	8.90	16.00	26.60	30.50	9.90	10.90	10.90	11.00	3.80	10.70	16.00	5.60	13.40	30.50	3.80
1980	33.50	16.00	14.50	21.50	21.40	9.60	12.80	6.70	11.20	12.70	13.70	10.40	15.33	33.50	6.70
1981	31.50	4.80	23.90	10.90	17.20	11.20	20.10	24.40	2.30	24.10	13.50	28.70	17.72	31.50	2.30
1982	11.20	4.60	21.10	18.00	15.20	1.80	9.60	5.80	3.60	21.30	16.80	28.40	13.12	28.40	1.80
1983	12.00	28.70	20.60	30.50	23.40	7.60	5.90	6.60	8.60	26.40	6.10	21.30	16.48	30.50	5.90
1984	22.90	14.00	14.70	25.90	21.60	9.40	20.50	13.40	13.00	10.90	12.00		16.21	25.90	9.40
1985	10.70		3.80	10.40	13.90	12.70	12.90	26.40	8.60	13.20	18.50	16.80	13.45	26.40	3.80
1986	5.00	14.90	12.50	14.30	17.70	7.30	17.10	7.90	26.70	8.90	12.40	10.90	12.97	26.70	5.00
1987	9.40	27.60	21.00	17.10	19.60	3.20	5.60	10.60	19.60	9.40	9.50	14.20	13.90	27.60	3.20
1988					13.70	7.40	11.00	16.70	5.80	34.00	32.70	11.70	16.63	34.00	5.80
1989	12.70	22.30	18.50	26.90	15.30	10.40	15.60	5.10	6.60	30.20	6.10	1.00	14.23	30.20	1.00
1990	14.00	16.00	6.90	9.10	9.10	7.90	23.40	15.70	14.20	20.80	24.10	23.90	15.43	24.10	6.90
1991	20.60	32.80	19.60	8.40	12.80	25.00	6.30	16.30	5.40	7.70	22.70	11.70	15.78	32.80	5.40
1992	7.60	9.60	21.90	7.80	6.70	12.00	7.70	7.10	13.10	6.10	36.40		12.36	36.40	6.10

Tabla 21: Datos de precipitación máxima en 24 horas mensual entre los años 1974 y 1992 en la estación Sígsig



# UNIVERSIDAD DE CUENCA

Fundada en 1867

PRECIPITACIONES MÁXIMAS 24 horas (mm)															
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	PROM	MAX	MIN
1974					20.60	8.40	22.90	7.40	17.50	27.70	19.30	9.60	16.68	27.70	7.40
1975	4.80	18.30	28.20	8.10	27.40	32.50	22.90	9.40	12.70	18.50	19.10	26.80	19.06	32.50	4.80
1976	5.10	15.80	14.20	16.80	23.90	14.00	28.00	23.70	3.80	4.10	24.10	11.20	15.39	28.00	3.80
1977	8.40	18.90	22.40	13.50	6.80	21.90	3.80	9.40	13.20	15.40	15.50	13.40	13.55	22.40	3.80
1978	25.40	11.00	27.40	13.00	10.90	24.20	14.20	11.90	14.30	11.00	11.30	9.70	15.36	27.40	9.70
1979	8.90	16.00	26.60	30.50	9.90	10.90	10.90	11.00	3.80	10.70	16.00	5.60	13.40	30.50	3.80
1980	33.50	16.00	14.50	21.50	21.40	9.60	12.80	6.70	11.20	12.70	13.70	10.40	15.33	33.50	6.70
1981	31.50	4.80	23.90	10.90	17.20	11.20	20.10	24.40	2.30	24.10	13.50	28.70	17.72	31.50	2.30
1982	11.20	4.60	21.10	18.00	15.20	1.80	9.60	5.80	3.60	21.30	16.80	28.40	13.12	28.40	1.80
1983	12.00	28.70	20.60	30.50	23.40	7.60	5.90	6.60	8.60	26.40	6.10	21.30	16.48	30.50	5.90
1984	22.90	14.00	14.70	25.90	21.60	9.40	20.50	13.40	13.00	10.90	12.00		16.21	25.90	9.40
1985	10.70		3.80	10.40	13.90	12.70	12.90	26.40	8.60	13.20	18.50	16.80	13.45	26.40	3.80
1986	5.00	14.90	12.50	14.30	17.70	7.30	17.10	7.90	26.70	8.90	12.40	10.90	12.97	26.70	5.00
1987	9.40	27.60	21.00	17.10	19.60	3.20	5.60	10.60	19.60	9.40	9.50	14.20	13.90	27.60	3.20
1988					13.70	7.40	11.00	16.70	5.80	34.00	32.70	11.70	16.63	34.00	5.80
1989	12.70	22.30	18.50	26.90	15.30	10.40	15.60	5.10	6.60	30.20	6.10	1.00	14.23	30.20	1.00
1990	14.00	16.00	6.90	9.10	9.10	7.90	23.40	15.70	14.20	20.80	24.10	23.90	15.43	24.10	6.90
1991	20.60	32.80	19.60	8.40	12.80	25.00	6.30	16.30	5.40	7.70	22.70	11.70	15.78	32.80	5.40
1992	7.60	9.60	21.90	7.80	6.70	12.00	7.70	7.10	13.10	6.10	36.40		12.36	36.40	6.10

Los datos disponibles son únicamente de precipitaciones máximas en 24 horas. Por este motivo las curvas IDF necesarias se han construido de forma sintética, utilizando una expresión general.

## 6.2 CONSTRUCCION DE CURVAS IDF

Según el INAMI para establecer las curvas IDF a partir de los datos de precipitación máxima en 24 horas que se han expuesto anteriormente, se ha hecho uso de la siguiente expresión:

$$I_{TR} = \frac{K * Id_{TR}}{t^n}$$

$I_{TR}$  = intensidad de precipitación para el período de retorno (mm/h)

$Id_{TR}$  = Intensidad diaria para un periodo de retorno (mm/h)

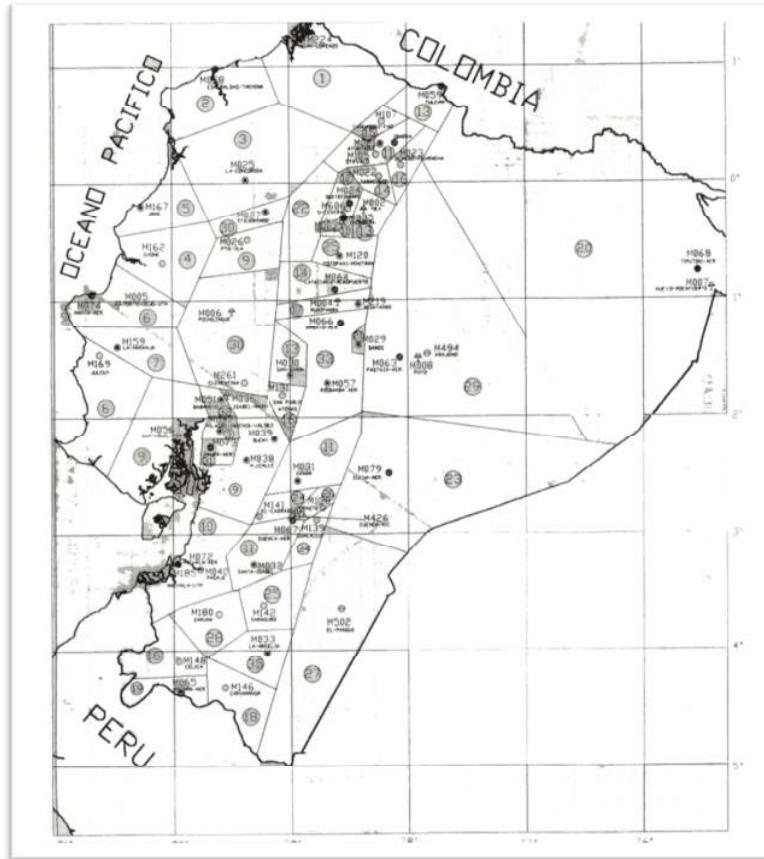
t = Tiempo de duración de la lluvia (min)

K, n = constantes de ajustes de la ecuación determinadas mediante el método de mínimos cuadrados

Los valores de las constantes que aparecen en la expresión anterior, se han obtenido a partir de un estudio realizado por el INAMI en el que se han analizado precipitaciones y cuencas en todo el Ecuador. Se ha dividido el país en diferentes zonas que corresponderán a diferentes valores de las constantes, para el caso específico de Cuchil se encuentra en la zona 34 correspondiendo los valores que se presentan en la Tabla 22: Valores de ajuste recomendados por INAMHI para la

zona 34. La subdivisión del país se puede apreciar en la Ilustración: 13 Subdivisión del Ecuador:

**Ilustración: 13 Subdivisión del Ecuador**



Fuente: INAMI, 2009

**Tabla 22: Valores de ajuste recomendados por INAMHI para la zona 34**

DURACION (min)	K	n
5<t<43 min	92.854	0.4083
43<t<1440 min	480.47	0.8489

Con estos datos únicamente se requiere determinar el valor de la intensidad diaria para el tiempo de retorno ( $I_{dTR}$ ) para lo cual se ha utilizado una distribución de extremos de Gumbel.

### 6.3 METODO DE GUMBEL

Según Gumbel, el “valor máximo” que se quiere determinar para un determinado

Diana Mireya Anguizaca Jimbo  
Sara Alejandra Mendieta Flores





# UNIVERSIDAD DE CUENCA

Fundada en 1867

período de retorno se determina por medio de la expresión:

$$x = xm + Dx = xm + k * sn_1$$

Dónde:

- x: valor máximo (precipitación) para un período de retorno T.
- xm: media de la serie dada de valores máximos
- Dx: desviación respecto a la media, que se estima mediante el producto:  $k * sn_1$
- k: Factor de frecuencia, que indica el número de veces de desviación típica en que el valor extremo considerado excede a la media de la serie.
- sn1: desviación estándar, desviación típica de los valores extremos.

El valor de la variable "k" se estima a partir del conocimiento del período de retorno en años y del número de años disponibles en la serie.

Así:

$$k = \frac{(y_T - y_n)}{S_n}$$

- yn: valor que se obtiene a partir del número de años de la serie, ver Tabla 24.
- Sn: valor que se obtiene a partir del número de años de la serie, ver Tabla 24.
- yT: variable de Gumbel para el período de retorno T. Se determina a partir del valor del período de retorno. El valor se puede obtener de la Tabla 23 Valores de "yT" para distintos períodos de retorno T

Gumbel

$$p = 1 - e^{-e^{-yT}}$$

$$y_T = -\ln(-\ln(1 - p))$$

$$y_T = -\ln\left(-\ln\left(1 - \frac{1}{T(x)}\right)\right)$$

T(x): periodo de retorno, años

**Tabla 23 Valores de "y<sub>T</sub>" para distintos períodos de retorno T**

T	2	5	10	25	30	50	75	100	250	500
y <sub>T</sub>	0.36651	1.49994	2.25037	3.19853	3.38429	3.90194	4.31078	4.60015	5.5194	6.2136

**Tabla 24 Valores de "y<sub>n</sub>" y "S<sub>n</sub>" según número de observaciones**

Nº datos	y <sub>n</sub>	S <sub>n</sub>	Nº datos	y <sub>n</sub>	S <sub>n</sub>	Nº datos	y <sub>n</sub>	S <sub>n</sub>
1	0.3665	0.00000	35	0.54034	1.12847	69	0.55453	1.18440
2	0.4043	0.49838	36	0.54105	1.13126	70	0.55477	1.18535

Diana Mireya Anguizaca Jimbo  
Sara Alejandra Mendieta Flores



# UNIVERSIDAD DE CUENCA

Fundada en 1867

Nº datos	yn	Sn	Nº datos	yn	Sn	Nº datos	yn	Sn
3	0.4285	0.64348	37	0.54174	1.13394	71	0.55500	1.18629
4	0.4458	0.73147	38	0.54239	1.13650	72	0.55523	1.18720
5	0.4587	0.79278	39	0.54302	1.13896	73	0.55546	1.18809
6	0.4690	0.83877	40	0.54362	1.14131	74	0.55567	1.18896
7	0.4773	0.87493	41	0.54420	1.14358	75	0.55589	1.18982
8	0.4842	0.90432	42	0.54475	1.14576	76	0.55610	1.19065
9	0.4901	0.92882	43	0.54529	1.14787	77	0.55630	1.19147
10	0.4952	0.94963	44	0.54580	1.14989	78	0.55650	1.19227
11	0.4996	0.96758	45	0.54630	1.15184	79	0.55669	1.19306
12	0.5035	0.98327	46	0.54678	1.15373	80	0.55689	1.19382
13	0.5069	0.99713	47	0.54724	1.15555	81	0.55707	1.19458
14	0.5100	1.00948	48	0.54769	1.15731	82	0.55726	1.19531
15	0.51284	1.02057	49	0.54812	1.15901	83	0.55744	1.19604
16	0.5153	1.03060	50	0.54854	1.16066	84	0.55761	1.19675
17	0.5176	1.03973	51	0.54895	1.16226	85	0.55779	1.19744
18	0.5198	1.04808	52	0.54934	1.16380	86	0.55796	1.19813
19	0.5217	1.05575	53	0.54972	1.16530	87	0.55812	1.19880
20	0.5235	1.06282	54	0.55009	1.16676	88	0.55828	1.19945
21	0.5252	1.06938	55	0.55044	1.16817	89	0.55844	1.20010
22	0.5267	1.07547	56	0.55079	1.16955	90	0.55860	1.20073
23	0.5282	1.08115	57	0.55113	1.17088	91	0.55876	1.20135
24	0.5295	1.08646	58	0.55146	1.17218	92	0.55891	1.20196
25	0.5308	1.09145	59	0.55177	1.17344	93	0.55905	1.20256
26	0.5320	1.09613	60	0.55208	1.17467	94	0.55920	1.20315
27	0.5331	1.10054	61	0.55238	1.17586	95	0.55934	1.20373
28	0.5342	1.10470	62	0.55268	1.17702	96	0.55948	1.20430
29	0.5352	1.10864	63	0.55296	1.17816	97	0.55962	1.20486
30	0.5362	1.11237	64	0.55324	1.17926	98	0.55976	1.20541
31	0.5371	1.11592	65	0.55351	1.18034	99	0.55989	1.20596
32	0.5379	1.11929	66	0.55378	1.18139	100	0.56002	1.20649
33	0.5388	1.12249	67	0.55403	1.18242	101	0.56015	1.20701
34	0.5395	1.12555	68	0.55429	1.18342			

Sustituyendo en la expresión anterior:

$$x = xm + k * sn_1 = xm + \frac{(y_T - y_n)}{Sn} * sn_1$$

Para evaluar la exactitud de los valores extremos (INM, 1999) calculados para distintos períodos de retorno se consideran los límites dentro de los cuales se espera que se encuentre el valor máximo “x” para diferentes niveles de confianza.

Así:

$$x \pm t(c) * M$$

Dónde:

t(c): que según los diferentes niveles de confianza adopta los valores de c:

$$c=95\% \text{ @ } tc=1,960$$

Diana Mireya Anguizaca Jimbo  
Sara Alejandra Mendieta Flores



# UNIVERSIDAD DE CUENCA

Fundada en 1867

c=90% @ tc=1,645

c=80% @ tc=1,282

M: se estima mediante la fórmula:

$$M = sn_1 * \frac{m}{N^{0.5}}$$

$$m = (1.1 * k^2 + 1.14 * k + 1)^{0.5}$$

sn1: desviación estándar

N=número de datos de la serie

## 6.4 CALCULO DE LA INTENSIDAD MAXIMA 24HORAS

El cálculo se ha realizado a partir de los datos expuestos anteriormente. En la Tabla 25: Precipitación máxima anual 24 horas, se pueden apreciar las precipitaciones máximas en 24 horas correspondientes a cada uno de los años en los que ha sido posible obtener este dato

**Tabla 25: Precipitación máxima anual 24 horas**

Año	Pd (mm)	n
1974	27.70	1
1975	32.50	2
1976	28.00	3
1977	22.40	4
1978	27.40	5
1979	30.50	6
1980	33.50	7
1981	31.50	8
1982	28.40	9
1983	30.50	10
1984	25.90	11
1985	26.40	12
1986	26.70	13
1987	27.60	14
1989	30.20	15
1990	24.10	16
1991	32.80	17
1992	36.40	18

Con ello se ha obtenido los resultados mostrados en la Tabla 26: Resultados para la distribución de Gumbel, en los extremos que se buscaba:

Diana Mireya Anguizaca Jimbo  
Sara Alejandra Mendieta Flores



# UNIVERSIDAD DE CUENCA

Fundada en 1867

**Tabla 26: Resultados para la distribución de Gumbel**

DESCRIPCIÓN	SIMBOLO	VALOR
Número de observaciones	n	18
Media de la muestra	M	29.0278
Desviación típica	Sx	3.5203
Coefficientes de Gumbel f(n)	Yn	0.5198
Coefficientes de Gumbel f(n)	Sn	1.0481
Coefficiente de variación	Cv	0.1213

Dicha distribución conduce a los valores de la Tabla: 27 , de precipitación máxima total en 24 horas

**Tabla: 27 Resultados intensidades máximas 24 horas**

Periodo de retorno	Yt	Pt (mm/día)	It (mm/h)
2	0.367	28.520	1.188
5	1.500	32.322	1.347
10	2.250	34.843	1.452
25	3.199	38.027	1.584
50	3.902	40.390	1.683
100	4.600	42.735	1.781
500	6.214	48.155	2.006



# UNIVERSIDAD DE CUENCA

Fundada en 1867

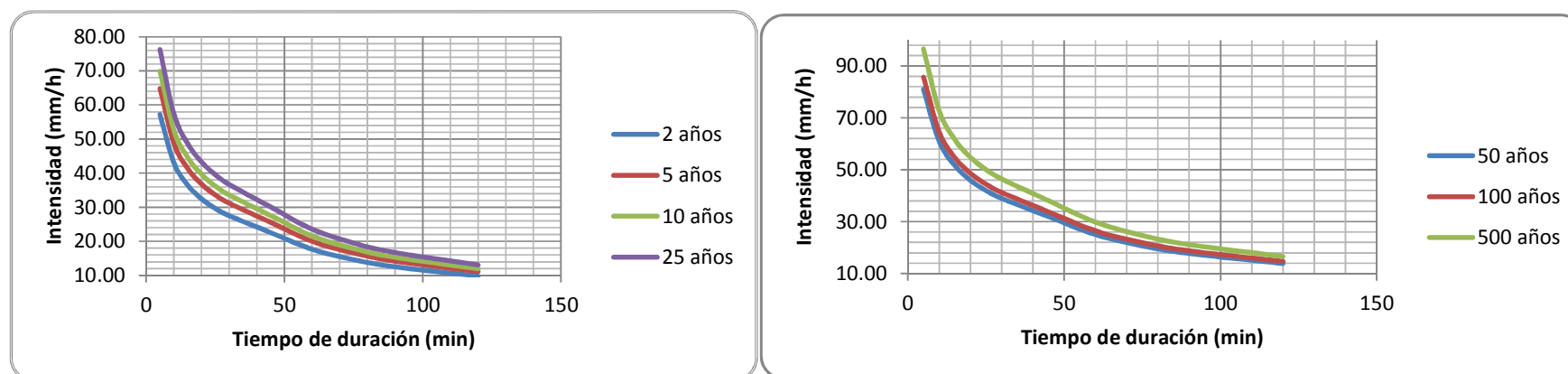
## 6.5 RESULTADOS DE CURVAS IDF

Con los parámetros calculados anteriormente y la expresión que aparece al inicio de este apartado, se ha confeccionado las curvas IDF correspondientes, que aparecen en la Tabla 28, así como en la Ilustración 14.

**Tabla 28: Cuadro de Intensidades para diferentes periodos de retorno**

T (años)	INTENSIDADES																								
	TIEMPO (minutos)																								
	5	10	15	20	25	30	45	60	75	90	120	150	180	210	240	300	360	420	480	600	720	840	960	1200	1440
<b>2 años</b>	57.19	43.10	36.52	32.47	29.65	27.52	22.55	17.67	14.62	12.52	9.81	8.12	6.95	6.10	5.45	4.51	3.86	3.39	3.02	2.50	2.14	1.88	1.68	1.39	1.19
<b>5 años</b>	64.82	48.84	41.39	36.80	33.60	31.19	25.56	20.02	16.57	14.19	11.12	9.20	7.88	6.91	6.17	5.11	4.37	3.84	3.43	2.84	2.43	2.13	1.90	1.57	1.35
<b>10 años</b>	69.87	52.65	44.62	39.67	36.22	33.62	27.55	21.58	17.86	15.30	11.98	9.91	8.49	7.45	6.65	5.50	4.72	4.14	3.69	3.06	2.62	2.30	2.05	1.70	1.45
<b>25 años</b>	76.26	57.46	48.69	43.30	39.53	36.69	30.07	23.55	19.49	16.70	13.08	10.82	9.27	8.13	7.26	6.01	5.15	4.52	4.03	3.34	2.86	2.51	2.24	1.85	1.59
<b>50 años</b>	81.00	61.03	51.72	45.99	41.98	38.97	31.94	25.02	20.70	17.73	13.89	11.49	9.85	8.64	7.71	6.38	5.47	4.80	4.28	3.54	3.03	2.66	2.38	1.97	1.68
<b>100 años</b>	85.70	64.58	54.72	48.66	44.42	41.23	33.79	26.47	21.90	18.76	14.70	12.16	10.42	9.14	8.16	6.75	5.78	5.07	4.53	3.75	3.21	2.82	2.52	2.08	1.78
<b>500 años</b>	96.57	72.77	61.66	54.83	50.06	46.46	38.08	29.83	24.68	21.14	16.56	13.70	11.74	10.30	9.19	7.61	6.52	5.72	5.10	4.22	3.62	3.17	2.83	2.35	2.01

**Ilustración 14: Curvas de Intensidad, Duración, Frecuencia (IDF)**



Diana Mireya Anguizaca Jimbo  
Sara Alejandra Mendieta Flores



# UNIVERSIDAD DE CUENCA

Fundada en 1867

## 6.6 ESTIMACION DEL COEFICIENTE DE ESCORRENTIA

El Coeficiente de Escorrentía representa la porción de la precipitación que se convierte en caudal, es decir, la relación entre el volumen de escorrentía superficial y el de precipitación total sobre un área (cuenca) determinada.

$$C = \frac{\text{Vol Esc Superficial}}{\text{Vol Prec Total}}$$

El Coeficiente de escorrentía varía de acuerdo a la magnitud de la lluvia y particularmente con las condiciones fisiográficas de la Cuenca Hidrográfica (Cobertura vegetal, pendientes, tipo de suelo), por lo que su determinación es aproximada. (Tutoriales al día, Ingeniería Civil, Hidrología).

En la Tabla 29 se muestran algunos valores comunes del Coeficiente de Escorrentía utilizados para el cálculo de Cuencas Rurales (no urbanizadas).

**Tabla 29: Coeficiente de Escorrentía (Zonas Rurales)**

Coeficiente de escorrentía (Zonas Rurales)						
Cobertura Vegetal	Permeabilidad del Suelo	Pendiente del Terreno				
		Pronunciada	Alta	Media	Suave	Despreciable
		>50%	>20%	>5%	>1%	<1%
Vías, Viviendas	Impermeable	0.8	0.75	0.7	0.65	0.6
	Semipermeable	0.7	0.65	0.6	0.55	0.5
	Permeable	0.5	0.45	0.4	0.35	0.3
Cultivos (30% del área identificada)	Impermeable	0.7	0.65	0.6	0.55	0.5
	Semipermeable	0.6	0.55	0.5	0.45	0.4
	Permeable	0.4	0.35	0.3	0.25	0.2
Pasto, Vegetación, ligera (30% área identificada)	Impermeable	0.65	0.6	0.55	0.5	0.45
	Semipermeable	0.55	0.5	0.45	0.4	0.35
	Permeable	0.35	0.3	0.25	0.2	0.15
Hierba, Grama (40% del área identificada)	Impermeable	0.6	0.55	0.5	0.45	0.4
	Semipermeable	0.5	0.45	0.4	0.35	0.3
	Permeable	0.3	0.25	0.2	0.15	0.1
Bosque Vegetación Densa	Impermeable	0.55	0.5	0.45	0.4	0.35
	Semipermeable	0.45	0.4	0.35	0.3	0.25
	Permeable	0.25	0.2	0.15	0.1	0.05

Fuente: Andrés Martínez de Azagra Paredes, 2006

Para la selección del Coeficiente de Escorrentía, se necesita conocer (además del tipo de cobertura vegetal) dos parámetros específicos del área en estudio: la pendiente promedio del terreno (la cual podría bien ser la resultante del estudio morfológico de la cuenca) y el tipo de suelo predominante en el área de estudio, de Diana Mireya Anguizaca Jimbo  
Sara Alejandra Mendieta Flores



# UNIVERSIDAD DE CUENCA

Fundada en 1867

forma tal de poder estimar su nivel de permeabilidad, la cual se ha determinado a partir de inspección en campo. Como referencia, los tres niveles de permeabilidad que se han utilizado en esta tabla pueden ser asociados a los tipos de suelos de la siguiente manera:

- **Impermeable:** Cubiertas
- **Semipermeable:** Hierba y Vías
- **Permeable:** Cultivos, Pasto y Bosque

Al combinar la Ilustración 11: Mapa de Zonificación por Uso de Suelo y la

Ilustración 6: Mapa de Zonificación de Pendientes, en el programa ARC-MAP, se ha obtenido los valores de áreas en función del uso del suelo y de las pendientes (

Tabla 19: Áreas de Uso de Suelo según rangos de pendientes), se ha multiplicado los datos de la Tabla 29: Coeficiente de Escorrentía (Zonas Rurales), con los datos de la

Tabla 19: Áreas de Uso de Suelo según rangos de pendientes, se ha determinado los valores de la Tabla 30 con los valores ponderados de coeficientes de escorrentía para cada tipo de uso de suelo.

**Tabla 30: Ponderación del Coeficiente de Escorrentía**

Ponderación de los Coeficientes de escorrentía[CxA]							
Cobertura Vegetal	Permeabilidad del Suelo	Pendiente del Terreno					total
		Pronunciada	Alta	Media	Suave	Despre ciable	
		>50%	>20%	>5%	>1%	<1%	
Vías, Cubiertas	Impermeable	7.6	11949.3	21397.1	249.6		33603.6
	Semipermeable	711.1	28095.7	36260.6	519.5		65586.8
	Permeable						
Cultivos (30% del área identificada)	Impermeable						
	Semipermeable						
	Permeable	34017.5	202599.0	103990.3	1640.9	152.5	342400.2

Diana Mireya Anguizaca Jimbo  
Sara Alejandra Mendieta Flores



# UNIVERSIDAD DE CUENCA

Fundada en 1867

Pasto, Vegetación, ligera (30% área identificada)	Impermeable						
	Semipermeable						
	Permeable	29765.3	173656.3	86658.6	1312.7	114.4	291507.3
Hierba, Grama (40% del área identificada)	Impermeable						
	Semipermeable	56695.8	347312.5	184871.7	3063.0	305.0	592248.1
	Permeable						
Bosque Vegetación Densa	Impermeable						
	Semipermeable						
	Permeable	252348.9	403056.5	86999.8	3976.3	529.3	746910.8
Total		373546.2	1166669.2	520178.1	10762	1101.2	2072256.8

## 6.7 COEFICIENTE DE ESCORRENTIA PONDERADO

En general las cuencas receptoras presentarán variedad de suelos, con coberturas, pendientes y permeabilidades variables.

En estos casos se recomienda determinar el Coeficiente de Escorrentía mediante un promedio ponderado de los coeficientes parciales de cada zona. Para ello, se ha dividido la cuenca en zonas con características homogéneas de tipo de suelo, cobertura vegetal y pendiente, a las cuales se les ha asignado el respectivo Coeficiente “parcial”.(Tutoriales al día, Ingeniería Civil, Hidrología):

$$C_{ponderado} = \frac{\sum Ci * Ai}{At}$$

Los resultados se presentan en la Tabla 31.

**Tabla 31: Calculo del coeficiente de Escorrentía Ponderado**

Cobertura Vegetal	Permeabilidad del Suelo	total CxA (Parciales)	total áreas parciales (m2)
Vías, Viviendas	Impermeable	33603.6	152512.0
	Semipermeable	65586.8	
	Permeable		
Cultivos (30% del área identificada)	Impermeable		1017858.581
	Semipermeable		
	Permeable	342400.2	
Pasto, Vegetación, ligera (30%)	Impermeable		1017858.581
	Semipermeable		
	Permeable	291507.3	

Diana Mireya Anguizaca Jimbo  
Sara Alejandra Mendieta Flores





# UNIVERSIDAD DE CUENCA

Fundada en 1867

área identificada)			
Hierba, Grama (40% del área identificada)	Impermeable		1357144.8
	Semipermeable	592248.1	
	Permeable		
Bosque Vegetación Densa	Impermeable		3655025.33
	Semipermeable		
	Permeable	746910.8	
<b>TOTAL</b>		<b>2072256.8</b>	<b>7200399.3</b>

$$C_{ponderado} = \frac{\sum C_i * A_i}{A_t} = \frac{2072256.8}{7200399.3} = 0.287$$

## 7. DETERMINACION DE CAUDALES

### 7.1 CAUDAL DE DISEÑO (MÉTODO RACIONAL)

Debido a que no se cuenta con registro de caudales en la quebrada Quimandel, que permitan corroborar los datos de caudales de escorrentía directa a utilizar en el estudio, se ha considerado la utilización del método racional únicamente como parámetro de comparación debido a que la literatura recomienda el uso de este método para áreas de drenaje menores a 1.60 km<sup>2</sup> (menor al área de estudio), la comparación se ha realizado entre caudales punta obtenidos en los hidrogramas de escorrentía directa, que se determina más adelante.

Calculo del caudal de diseño por el método Racional (Tabla 32):

$$Q = \frac{C * I * A}{3.6}$$

Dónde:

**Tabla 32: Caudal de diseño (Método Racional)**

C (Coeficiente de escorrentía)	0.287	
A (área )	7.39	km <sup>2</sup>
I (intensidad )	24.78	mm/hr
<b>Caudal</b>	<b>14.6</b>	<b>m<sup>3</sup>/sg</b>

Diana Mireya Anguizaca Jimbo  
Sara Alejandra Mendieta Flores



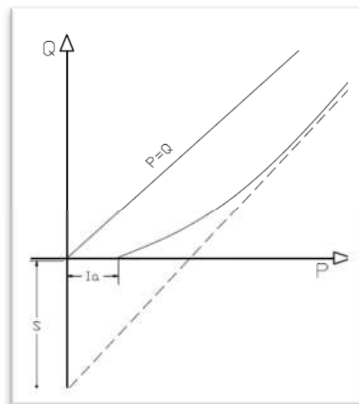
## 7.2 METODO SOIL CONSERVATION SERVICE (SCS)

Este método, desarrollado por el SCS, también llamado del “número de curva” consiste en hacer una estimación del volumen de escurrimiento resultante de una precipitación – escurrimiento directo y del tiempo de distribución del escurrimiento, incluyendo el caudal de punta.

La estimación del escurrimiento correspondiente a una lluvia, se hace con los datos de lluvia medidos en pluviómetros y para los cuales se ha desarrollado la relación lluvia - escurrimiento.

De la relación del escurrimiento con la lluvia se obtiene generalmente una gráfica como la que indica la Ilustración 15.

**Ilustración 15: Relación Escurrimiento - Lluvia**



Fuente: Ven Te Chow

Para precipitaciones ( $P$ ) menores que Abstracción Inicial ( $I_a$ ), no tiene lugar el escurrimiento superficial ( $Q$ ).

La Abstracción Inicial ( $I_a$ ) consiste principalmente en pérdidas por interceptación, almacenamiento en depresiones e infiltración, antes de que se produzca el escurrimiento.

Para cantidad de lluvia en aumento, la curva  $Q$  en relación con  $P$  se aproxima asintóticamente a una línea recta paralela ( $S$ ) denominada retención potencial máxima, que es la máxima cantidad de lluvia que la cuenca puede absorber. Como hay muchas curvas que cumplen la condición de pasar por el punto ( $I_a, Q$ ) y aproximarse asintóticamente a  $Q = P - S$ , se necesita definir otra condición para



# UNIVERSIDAD DE CUENCA

Fundada en 1867

establecer la forma de la curva.

Esto se hace estableciendo que la relación entre la retención real ( $P - I_a - Q$ ), y la retención potencial máxima ( $S$ ) es igual a la relación entre la escorrentía real ( $Q$ ) y la escorrentía potencial máxima ( $P - I_a$ ):

$$\frac{P - I_a - Q}{S} = \frac{Q}{P - I_a}$$

Según recomendaciones del SCS por experiencias prácticas se considera que  $I_a$  es aproximadamente el 20% de la retención potencial máxima, así  $I_a = 0.2 S$ , por lo que la ecuación de escurrimiento puede escribirse como:

$$Q = \frac{(P - 0.2S)^2}{P + 0.8S}$$

El valor de  $S$  (mm) se relaciona con el número de curva de escorrentía (CN) por la definición:

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

$$I_a = 0.2 * S$$

*Fuente: Hidrología, Guía del trabajo Practico No.7, Hidrograma Unitario Sintético*

## 7.2.1 DETERMINACIÓN DEL NÚMERO CURVA (CN)

Se conocen y aceptan tres clases de condiciones de humedad antecedentes para una cuenca, según el SCS, como se muestra en la Tabla 33:

**Tabla 33: Condiciones de Humedad**

	Precipitación total en los 5 días anteriores	
Humedad Previa	Plantas en periodo latente	Plantas en periodo de crecimiento
I (seco)	Menos de 13 mm	Menos de 35 mm
II (normal)	De 13 a 32 mm	De 35 a 52 mm
III (húmedo)	Más de 32 mm	Más de 52 mm

Fuente: Singh, 1992,p.447



# UNIVERSIDAD DE CUENCA

Fundada en 1867

Para la influencia de las características de la cuenca (uso de la tierra, condiciones del suelo) en la Tabla 33 se ha considerado el valor humedad previa de II (Normal) y para el valor de CN, primero se ha utilizado la

Tabla 34, en donde se determina el grupo hidrológico del suelo dependiendo del potencial de escorrentía y de la infiltración de la tierra, para luego determinar el CN dependiendo del uso del suelo.

**Tabla 34: Grupos Hidrológicos del Suelo**

<b>Grupos Hidrológicos del Suelo</b>	<b>Potencial de Escorrentía</b>	<b>Infiltración cuando la tierra esta humedad</b>	<b>Suelos Típicos</b>
A	Escaso	Alta	Potencial de escurrimiento bajo. Suelos que tienen altas capacidades de infiltración cuando están completamente húmedos: principalmente arenas y gravas muy bien ordenadas. Estos suelos tienen alta velocidad de transmisión de agua.
B	Moderado	Moderada	Suelos que tienen capacidades de infiltración moderadas cuando están completamente húmedas: principalmente suelos medianamente profundos y drenados, con textura de sus agregados variando entre moderada y muy fina. Están caracterizadas porque tienen velocidades medias de transmisión de agua.
C	Medio	Lenta	Suelos que tienen capacidades de infiltración bajas cuando están completamente húmedas principalmente de suelos que contienen una capa

Diana Mireya Anguizaca Jimbo  
Sara Alejandra Mendieta Flores



# UNIVERSIDAD DE CUENCA

Fundada en 1867

Grupos Hidrológicos del Suelo	Potencial de Escorrentía	Infiltración cuando la tierra esta humedad	Suelos Típicos
			que impide el movimiento hacia abajo del agua o suelos con textura fina o moderadamente fina, estos suelos tienen baja transmisión de agua
D	Elevado	Muy Lenta	Suelos que se expanden significativamente cuando se mojan, arcillas altamente plásticas y ciertos suelos salinos. Estos suelos tienen una velocidad de transmisión de del agua muy baja.

Fuente: Jiménez, 1992

Una vez determinado el valor del grupo hidrológico, se ha analizado los valores de número de curva (CN) dependiendo del uso del suelo en la .

Tabla 35.

**Tabla 35: Números de curva de escorrentía para usos selectos de tierra agrícola, suburbana y urbana (condiciones antecedentes de humedad II,  $I_a = 0,2 S$ )**

Descripción del Uso 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

Diana Mireya Anguizaca Jimbo  
Sara Alejandra Mendieta Flores



# UNIVERSIDAD DE CUENCA

Fundada en 1867

	condiciones optimas	39	61	74	80
vegas de ríos:	condiciones optimas	30	58	71	78
Bosques:	troncos delgados, cubierta pobre, sin hierba	45	66	77	83
	cubierta buena	25	55	70	77
áreas abiertas, césped, parques, campos de golf, cementerios, etc.	Cond. opt: cubierta de pasto en el 75% o mas	39	61	74	80
	Cond. acept: cubierta de pasto en el 50 al 75%	49	69	79	84
áreas comerciales de negocios (85% impermeables)		89	92	94	95
distritos industriales (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
parqueaderos pavimentados, techos, accesos, etc.		98	98	98	98
calles y carreteras:	pavimentos con cunetas y alcantarillados	98	98	98	98
	Grava	76	85	89	91
	Tierra	72	82	87	89

Fuente: Chow, V.; D.R. Maidment y L.W. Mays (1994)

En dicha Tabla, además de la utilización de la tierra, cubierta vegetal y práctica de cultivo se hace una distinción entre condiciones para cuatro grupos hidrológicos de suelos.

Según la inspecciones de campo se ha determinado las siguientes condiciones hidrológicas:

- Cultivos : Sin tratamiento de conservación
- Hierba: Condiciones aceptables: cubierta de pasto entre 50 y 75 %
- Pasto: Condiciones Optimas
- Cubiertas: promedio del lote 1/4 acre
- Vías: calles y carreteras de grava
- Bosque: Cubierta Buena

Los grupos hidrológicos de suelo se clasifican según su capacidad para transmitir agua (infiltración): el grupo A tiene una intensidad alta de transmisión de agua, el grupo B moderada, el C lenta, y el D muy lenta.(Jiménez, 1992)

Con ayuda de la .



# UNIVERSIDAD DE CUENCA

Fundada en 1867

Tabla 35: Números de curva de escorrentía para usos selectos de tierra agrícola, suburbana y urbana (condiciones antecedentes de humedad II,  $I_a = 0,2 S$ ), y de los datos registrados en el reconocimiento de campo, el número de curva para humedad precedente Clase II puede estimarse para un punto particular o para toda la cuenca de drenaje.

Para la cuenca de la quebrada Quimandel, al realizar el reconocimiento en campo se ha determinado que por las condiciones de escurrimiento y filtración se tienen dos grupos hidrológicos, de tal manera que para el cálculo se han interpolado los valores de los grupos hidrológicos B y C, que se muestran en la Tabla 36.

**Tabla 36: Media de los valores de CN para los grupos hidrológicos B y C**

	CN		
	B	C	media
Cultivos	81	88	84.5
Hierba	69	79	74
pasto	61	74	67.5
cubiertas	75	83	79
vías	85	89	87
bosques	55	70	62.5

Una vez determinado los valores de CN para cada zona según el uso del suelo, se ha determinado el CN ponderado, indicado en la Tabla 37.

**Tabla 37: Determinación de CN PONDERADO método SCS**

USOS DE SUELO:	% DE AREA	AREA (HA)		CN	CN*AREA
Bosque	50.8	365.503		62.5	22843.9
Vías	1.5	10.562		87	918.9
Cubiertas	0.7	4.689		79	370.5
Cubierta   Cultivos	47.1	339.29	101.786	84.5	8600.9

Diana Mireya Anguizaca Jimbo  
Sara Alejandra Mendieta Flores



# UNIVERSIDAD DE CUENCA

Fundada en 1867

Vegetal	(30%)				
	Hierba (40%)		135.714	74	10042.9
	Pasto (30%)		101.786	67.5	6870.5
				<b>CN Ponderado</b>	68.95

Con el valor de CN ponderado se ha calculado los valores correspondientes a la retención potencial máxima y la abstracción inicial, tal como se detalla en la Tabla 38.

**Tabla 38: Calculo de la Retención Inicial y Abstracciones Iniciales**

Retención potencial máxima	S	114.38	mm
Abstracciones iniciales	la	22.88	mm

## 7.2.2 ELABORACION DEL HIETOGRAMA DE DISENO

Para la elaboración del hietograma se ha utilizado el método de bloques alternos, con la información de las curvas Intensidad-Duración-Frecuencia (IDF).

Se elige la curva Intensidad Duración Frecuencia correspondiente a un periodo de retorno de 10 años que se muestra en la Tabla 28: Cuadro de Intensidades para diferentes periodos de retorno, considerando que el tamaño de las estructuras deseadas debe ajustarse a la realidad socio-económica de la población.

El hietograma, (Ilustración 16), se ha elaborado para un tiempo de lluvia igual al tiempo de concentración de la cuenca, distribuido en intervalos de 5 min. Los respectivos cálculos se indican en la Tabla 39: Datos para la elaboración del Hietograma.

**Tabla 39: Datos para la elaboración del Hietograma**

Tiempo (minutos)	Intensidad (mm/h)	Precipitación (mm)	$\Delta P$
5	69.87	5.82	5.8225
10	52.65	8.78	2.9525
15	44.62	11.16	8.2025
20	39.67	13.22	5.020
25	36.22	15.09	10.070
30	33.62	16.81	6.7391
35	31.57	18.42	11.67
40	29.89	19.93	8.25



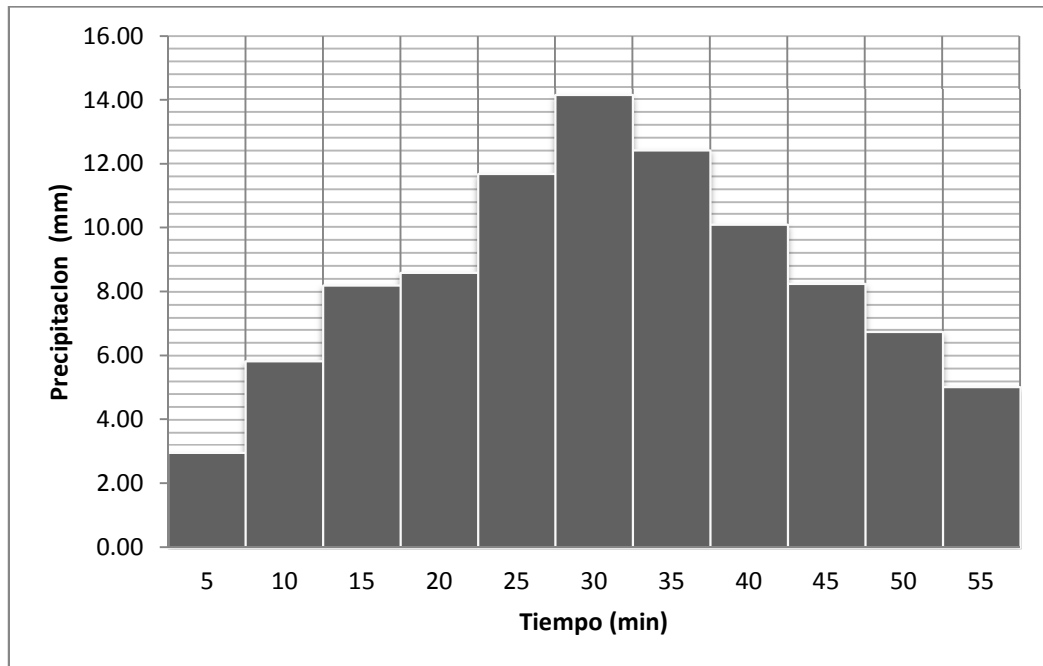


# UNIVERSIDAD DE CUENCA

Fundada en 1867

45	27.55	20.66	12.4125
50	25.2	21.00	8.5875
55	24.78	22.72	14.1275

**Ilustración 16: Hietograma de precipitación total**



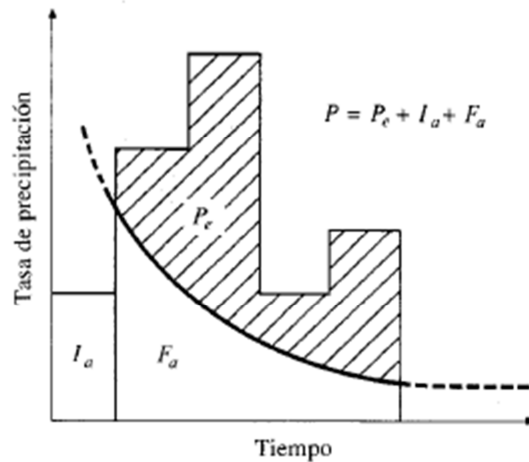
## 7.2.3 METODO SCS PARA LAS ABSTRACCIONES

Para la tormenta como un todo, la profundidad de exceso de precipitación 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  $S$ .



# UNIVERSIDAD DE CUENCA

Fundada en 1867



Existe una cierta cantidad de precipitación la (precipitación inicial antes del encharcamiento) para lo cual no escurrirá escorrentía, luego la escorrentía potencial es  $P - I_a$ . La hipótesis del método SCS consiste en que las relaciones de las dos cantidades potenciales son iguales (Chow, V.; D.R. Maidment y L.W. Mays 1994), es decir:

$$\frac{F_a}{S} = \frac{P_e}{P - I_a}$$

Del principio de continuidad

$$P = P_e + I_a * F_a$$

Entonces:

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

## 7.2.4 DISTRIBUCIÓN TEMPORAL DE LAS ABSTRACCIONES SCS

Si bien se ha analizado la abstracción de la precipitación al inicio de la lluvia es necesario considerar la retención que se produce durante la lluvia, mediante la distribución temporal de las abstracciones ( $F_a$ ), en una tormenta se calcula utilizando la siguiente fórmula. (Chow, V.; D.R. Maidment y L.W. Mays 1994)

$$F_a = \frac{S(P - I_a)}{(P - I_a + S)^2}$$

$$P \geq I_a$$



# UNIVERSIDAD DE CUENCA

Fundada en 1867

Dónde:

S: Retención Potencial máxima

P: precipitación total (mm)

Ia: Abstracciones Iniciales

Se calcula el exceso de precipitación  $P_e$ , expuestos en la

Tabla 40: Datos para la elaboración del Hietograma de Precipitación Efectiva.

$$P_e = P - I_a - F_a$$

$P_e$ : precipitación efectiva.

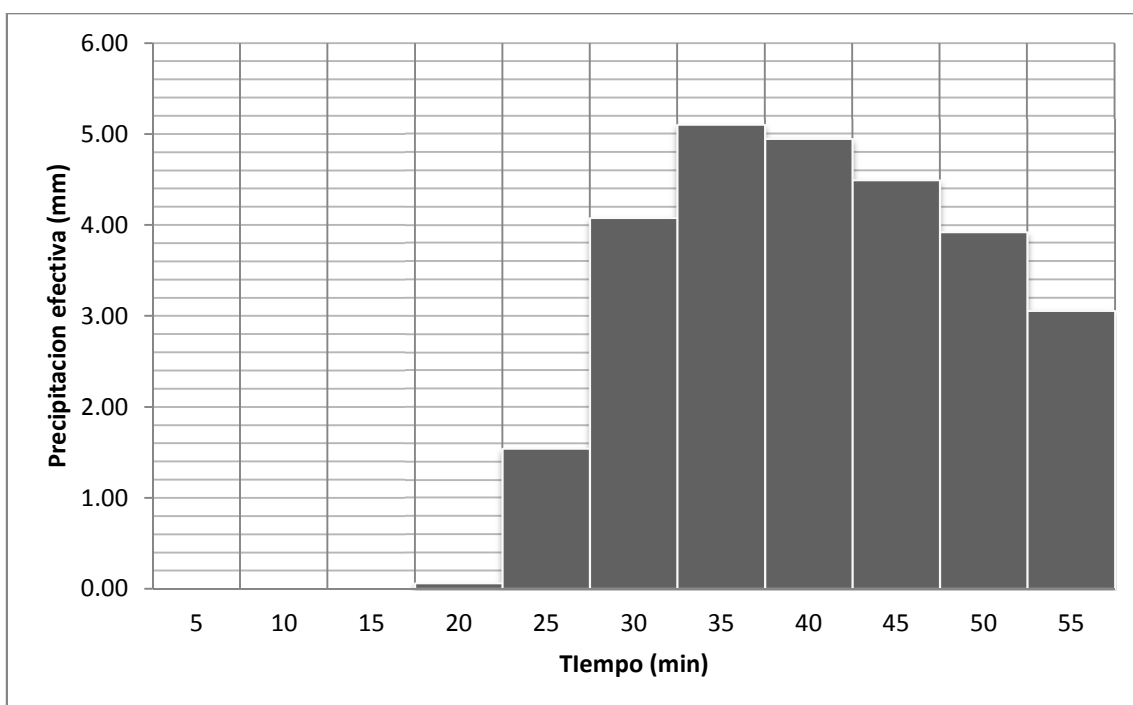
**Tabla 40: Datos para la elaboración del Hietograma de Precipitación Efectiva**

N	tiempo	Precipitación total	P acumulada	Ia	Fa	Precipitación efectiva acumulada	Precipitación efectiva
1	5	2.95	2.95	2.95	0.00	0.00	0.00
2	10	5.82	8.78	8.78	0.00	0.00	0.00
3	15	8.20	16.98	16.98	0.00	0.00	0.00
4	20	8.59	25.57	22.88	2.62	0.06	0.06
5	25	11.68	37.24	22.88	12.76	1.60	1.54
6	30	14.13	51.37	22.88	22.81	5.68	4.08
7	35	12.41	63.78	22.88	30.13	10.77	5.09
8	40	10.07	73.85	22.88	35.26	15.71	4.94
9	45	8.25	82.10	22.88	39.02	20.20	4.49
10	50	6.74	88.84	22.88	41.84	24.13	3.92
11	55	5.02	93.86	22.88	43.80	27.18	3.06

El resultado de esta precipitación obtenida se grafica como indica la Ilustración 17



**Ilustración 17: Hietograma de Precipitación Efectiva**



## 7.2.5 CALCULO DE HIDROGRAMAS Y CAUDALES DE DISEÑO (SCS)

Debido a la falta de registro de caudales en la zona de estudio, se ha utilizado un hidrograma unitario sintético, que se ajusta a las características de la cuenca.

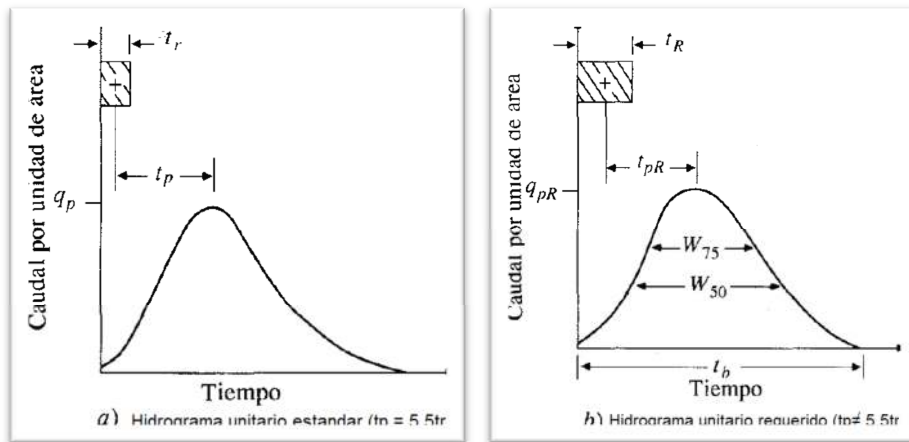
Diana Mireya Anguizaca Jimbo  
Sara Alejandra Mendieta Flores



## Hidrograma unitario sintético de Snyder

Según Ven Te Chow, analiza algunas características de un hidrograma unitario estándar de cuencas particulares. Se pueden calcular 5 características de un hidrograma unitario requerido para una duración de lluvia dada:

- $q_{pR}$ : caudal pico por unidad de área de la cuenca
- $t_{pR}$ : retardo de cuenca (diferencia de tiempo entre el centroide del hietograma de exceso de lluvia y el pico del hidrograma unitario)
- $t_b$ : tiempo base
- los anchos  $W$  (en unidades de tiempo) del hidrograma unitario al 60 y 70 % del caudal pico.



Fuente: Ven Te Chow

Para el cálculo Ven Te Chow ha utilizado las ecuaciones generalizadas desarrolladas por Espey, Altman y Graves (1977).

Las ecuaciones son:

$$T_p = 3.1L^{0.23}S^{-0.25}I^{-0.18}\phi^{1.57}$$

$$Q_p = 31.62 \times 10^3 A^{0.96}T_p^{-1.07}$$

$$TB = 125.89 \times 10^3 A Q_p^{-0.95}$$

$$W_{50} = 16.22 \times 10^3 A^{0.93}Q_p^{-0.92}$$

$$W_{75} = 3.24 \times 10^3 A^{0.79}Q_p^{-0.78}$$

Dónde:

L: Distancia total (en pies) a lo largo del canal principal desde el punto considerado hasta la divisoria de aguas, aguas arriba.

Diana Mireya Anguizaca Jimbo  
Sara Alejandra Mendieta Flores



# UNIVERSIDAD DE CUENCA

Fundada en 1867

- S: Pendiente del canal principal (en pies por pie).  
 I: Área impermeable dentro de la cuenca (en porcentaje), supuesta igual al 5% para una cuenca no desarrollada.  
 $\Phi$ : Factor de conducción adimensional para la cuenca, el cual es una función del porcentaje de impermeabilidad y de la rugosidad.  
 A: Área de drenaje de la cuenca (en millas cuadradas).  
 $T_p$ : Tiempo de ocurrencia del pico para el hidrograma unitario medido desde el principio de la escorrentía (en minutos).  
 $Q_p$ : Caudal pico en el hidrograma unitario (en pies<sup>3</sup>/sg).  
 $T_B$ : Tiempo base en el hidrograma unitario (en minutos).  
 $W_{50}$ = Ancho del hidrograma al 50% de  $Q_p$  (en minutos).  
 $W_{75}$ = el ancho al 75% de  $Q_p$  (en minutos).

El cálculo de los parámetros antes mencionados se indica en la Tabla 41.

**Tabla 41: Calculo de parámetros para la elaboración del Hidrograma (Espey, Altman y Graves)**

HIDROGRAMA UNITARIO					
DESCRIPCIÓN	SIMBOLO	VALOR	UNIDAD	VALOR	UNIDAD
Longitud de la cuenca	L	4.80	km		
Pendiente de la cuenca	S	0.21	m/m		
Área impermeable en la cuenca	I	2%	%	5%	%
Coeficiente de Manning	n	0.12	adim		
Factor de conductividad	$\Phi$	1.20	adim		
Área de drenaje	A	7.39	km <sup>2</sup>	2.85	mill <sup>2</sup>
Tiempo al pico	$T_p$	96.53	min		
caudal pico	$Q_p$	651.14	cfs	18.44	m <sup>3</sup> /s
Tiempo Base	TB	763.01	min		
Ancho del hidrograma 50% caudal	W50	110.95	min		
Ancho del hidrograma 75% caudal	W75	47.40	min		

Tomando en cuenta las características observadas en el reconocimiento de campo de la quebrada (Ver fotografías Anexo A3), y basándonos en la Tabla 42: Valores para el cálculo del coeficiente de Manning, se ha determinado el coeficiente de rugosidad de “n”.

Las características seleccionadas fueron:

- Material involucrado: Corte en roca
- Grado de irregularidad: Moderado

Diana Mireya Anguizaca Jimbo  
 Sara Alejandra Mendieta Flores



# UNIVERSIDAD DE CUENCA

Fundada en 1867

- Variaciones de la sección Transversal: Ocasionalmente Alternante
- Efecto relativo de las obstrucciones: Severo
- Vegetación: Media-Alta
- Grado de los efectos por meandros: Apreciable

**Tabla 42: Valores para el cálculo del coeficiente de Manning**

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

Fuente: Chow, V. (1994).

El cálculo de los coeficientes de rugosidad de Manning por procedimientos convencionales está sujeto a una gran incertidumbre debido a que en dichos procedimientos no se considera aspectos morfológicos del cauce de montaña sino aspectos de ríos de llanura.



# UNIVERSIDAD DE CUENCA

Fundada en 1867

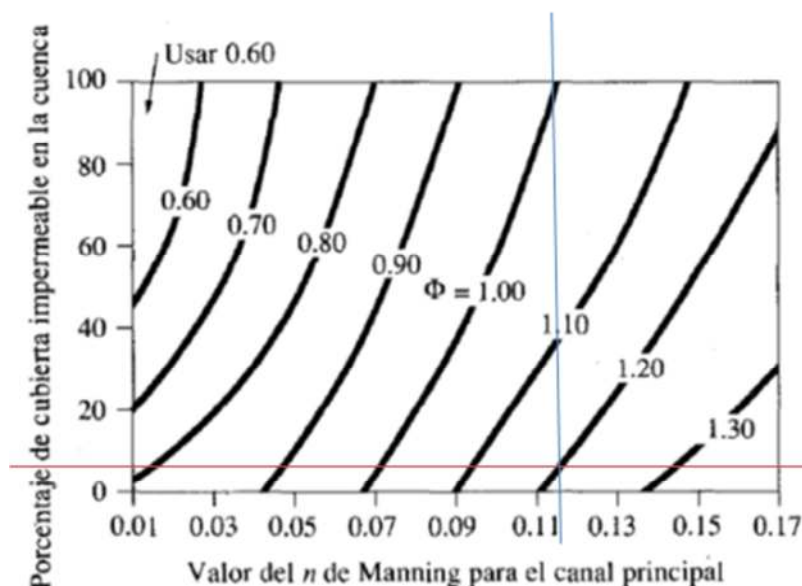
Especialmente en cauces de regímenes irregulares (periodos secos evidentes y crecidas considerables), la literatura establece que es necesario contemplar macrorugosidad y no solo aquellos valores debidos a los granos de lecho.

Para el cauce de estudio de acuerdo a las observaciones realizadas en campo, se establece que se debe contemplar un componente que proyecte unas rugosidades mayores a las que se calculan para ríos de llanura.

Al presentarse en el estudio un cauce de montaña, se ha establecido que el coeficiente calculado  $n=0.12$  estaría del lado sobrestimado, lo cual va en sentido de la seguridad del proyecto.

Y el valor del factor de conductividad se ha determinado en base a la Ilustración 18.

**Ilustración 18: Factor de conducción de cuenca**



Fuente: Espey, Altman y Graves, 1977

Con los parámetros anteriores calculados se ha elaborado el hidrograma unitario, la Tabla 43, indica los valores del hidrograma.

**Tabla 43: Datos del Hidrograma Unitario**

	Tiempo (min)	Caudal (m³/s)	volumen (m³)	profundidad de lluvia (mm)	Caudales de Hidrograma unitario (m³/s*mm)
	0.0	0.00		36.56	0.000
T(W50)	59.5	9.22	16469.88		0.252

Diana Mireya Anguizaca Jimbo  
Sara Alejandra Mendieta Flores



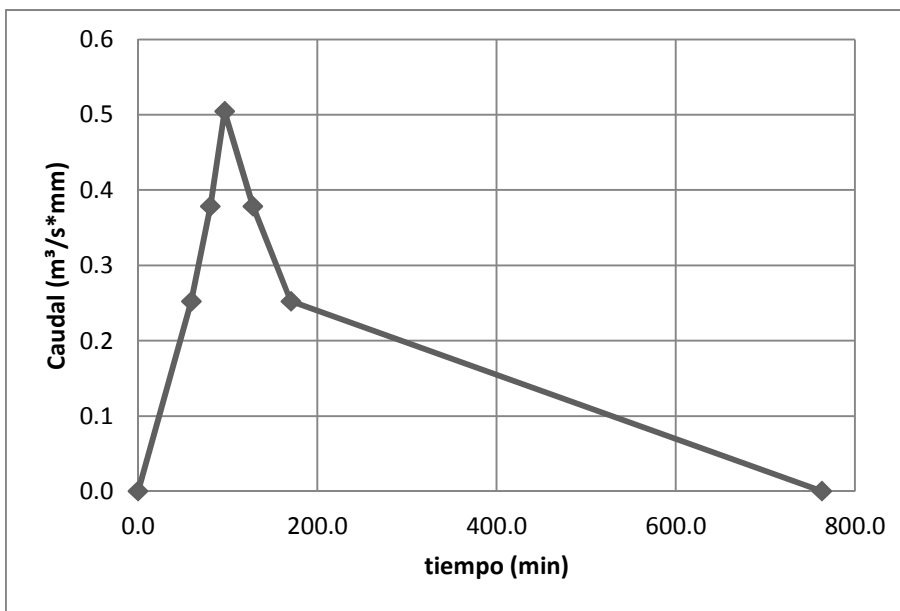


# UNIVERSIDAD DE CUENCA

Fundada en 1867

T(W75)	80.7	13.83	14646.90	0.378
tp	96.5	18.44	15293.52	0.504
T(W75)	128.1	13.83	30587.04	0.378
T(W50)	170.5	9.22	29293.79	0.252
tb	763.0	0.00	163874.82	0.000
TOTAL			270165.95	

**Ilustración 19: Hidrograma Unitario**



## Elaboración del hidrograma Acumulado

Para la elaboración del hidrograma acumulado, se ha utilizado el método de covolución, considerando los tránsitos de los hidrogramas sintéticos para cada una de las intensidades del hietograma de diseño a través de la cuenca.

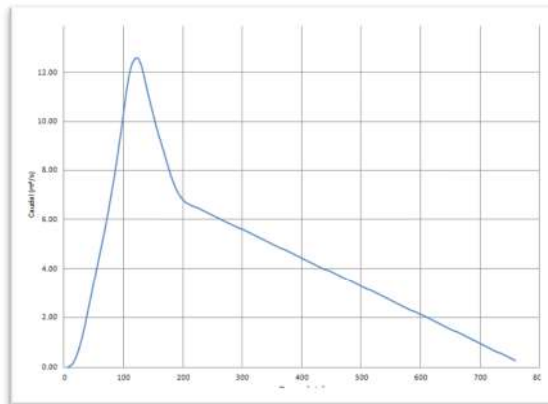
El hidrograma resultante se muestra en la Ilustración 20.



# UNIVERSIDAD DE CUENCA

Fundada en 1867

## Ilustración 20: Hidrograma de tormentas periodo de retorno T=10 años



En resumen, del estudio hidrológico de la quebrada los resultados para los métodos estudiados son los siguientes:

METODO RACIONAL		METODO SCS	
PARAMETROS		PARAMETROS	
C (Coeficiente de escorrentía)	0.287	CN	68.95
A :área km2	7.39	A: área Km2	7.39
I :intensidad mm /h	24.78	I: Intensidad mm/h	24.78
<b>Q: Caudal m3/s</b>	<b>14.6</b>	S: Retención potencial mm	114.38
		la: abstracción Inicial mm	22.88
		<b>Q: Caudal m3/s</b>	<b>12.5</b>

## 8. SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS

El Proyecto está constituido básicamente por cuatro cruces de vías del centro urbano de la parroquia Cuchil, sobre la base de la selección de alternativas se ha previsto estandarizar la sección transversal de todos los cruces, debido a que las condiciones topográficas, hidrológicas y geológicas, se mantienen a lo largo de la quebrada.

### 8.1 MODELACION HIDRAULICA

Para la modelación hidráulica se ha utilizado el Software HEC RAS, facilitando el manejo de la información mediante un modelo hidráulico que permita obtener resultados apegados a la realidad.



# UNIVERSIDAD DE CUENCA

Fundada en 1867

## 8.1.1 DESCRIPCIÓN DEL SOFTWARE

El modelo Hec-Ras, ha sido desarrollado por el Centro de Ingeniería Hidrológica (Hydrologic Engineering Center) del cuerpo de ingenieros de la armada de los EE.UU. (US Army Corps of Engineers) y tiene como predecesor al programa HEC-2, con varias mejoras con respecto a éste, entre las que destaca la interface gráfica de usuario que facilita las labores de pre proceso y pos proceso. El modelo numérico incluido en el programa permite realizar análisis del flujo permanente y no permanente unidimensional gradualmente variado en lámina libre.

Entre sus principales características técnicas se tiene:

- Realiza el cálculo hidráulico de estructuras (puentes, aliviaderos, alcantarillas, etc.).
- Permite la visualización gráfica de datos y resultados
- Permite la edición gráfica de secciones transversales.

La aplicación del modelo Hec-Ras es la modelación hidráulica en régimen permanente y no permanente de cauces abiertos, ríos y canales artificiales.

## 8.1.2 MODELACION EN EL SOFTWARE HEC RAS

Para la modelación en el programa HEC RAS la metodología seguida en la obtención de los parámetros a ingresar, se indican a continuación:

- a. Recopilación de la Información bibliográfica, cartográfica e hidrometeorológica existente.
- b. Reconocimiento de campo, mediante los recorridos a lo largo del cauce de la quebrada se ha determinado las condiciones de vegetación, tipo de suelo, asentamientos y uso de suelo, adicionalmente durante los recorridos se han identificado los tramos y secciones a realizar el levantamiento topográfico. Se procedió a tomar las características geométricas de los pasos, como diámetro, sección transversal de la quebrada, alturas y las características de la calzada como longitud, ancho y altura.
- c. Ingreso de las secciones transversales de la quebrada con información correspondiente al levantamiento realizado, desde 100m aguas arriba del paso 1 hasta 100m aguas abajo del paso 4, las secciones están espaciadas



# UNIVERSIDAD DE CUENCA

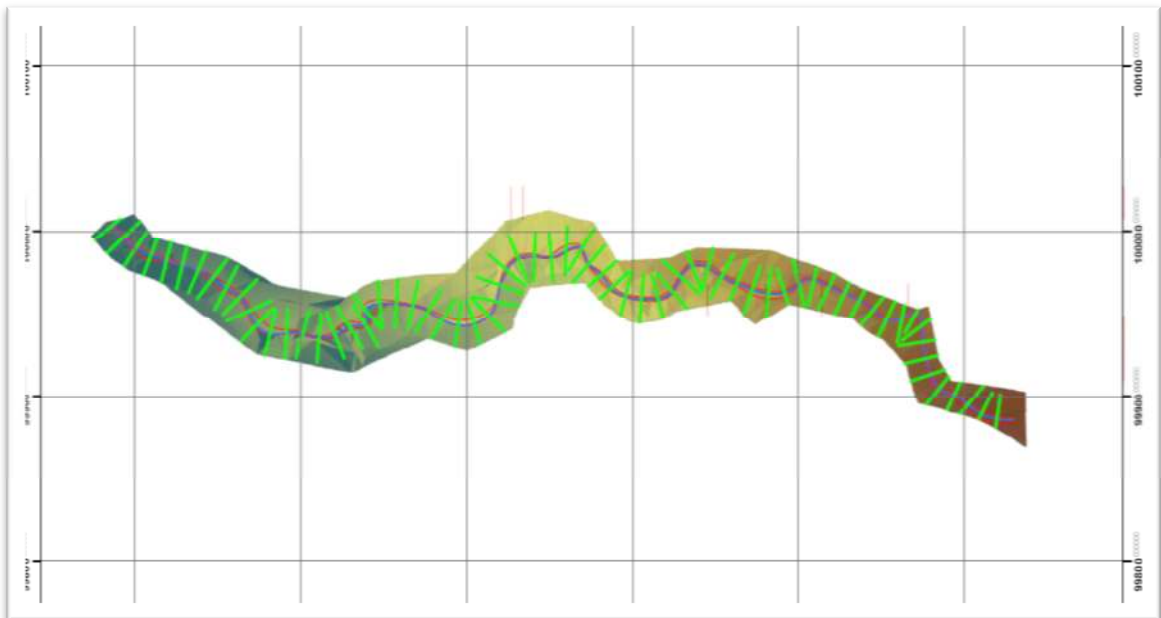
Fundada en 1867

- en promedio cada 10 metros, las cuales han sido corregidas (reenumeradas en las progresivas) estando la primera sección 0+000 a 0+690
- d. Estimación del coeficiente de rugosidad de Manning y coeficientes de contracción y expansión para las diferentes secciones de la quebrada.
  - e. Estimación de los aportes de la quebrada mediante el método SCS, para lo cual se trazaron los hietogramas e hidrogramas de tormenta. Para la determinación de las áreas de las quebradas se ha utilizado las cartas nacionales respectivas, las cuales fueron previamente digitalizadas. El caudal pico de aporte de la quebrada en el punto de interés se estimó en 12.5 m<sup>3</sup>/s.

Una vez conocido todos los parámetros antes descritos se procede a la construcción del modelo hidráulico, para lo cual se emplea el software de cálculo HEC RAS, y su complemento GIS (HEC GEO-RAS); el procedimiento se ha realizado para un periodo de retorno de 10 años, el cálculo se detalla a continuación.

Con el levantamiento topográfico a detalle se ha construido un modelo digital del terreno (MDT), sobre el MDT se traza el eje del cauce y las secciones transversales, es necesario identificar para cada sección las abscisas sobre la cual existe cambio en la rugosidad del cauce.

**Ilustración 21: Construcción de modelo hidráulico**





# UNIVERSIDAD DE CUENCA

Fundada en 1867

En la Ilustración 21, se muestra los parámetros considerados para la construcción de la geometría, que se ha utilizado en el modelo hidráulico, con el uso del HEC GEO-RAS se ha transformado la información en un fichero para el modelo HEC-RAS.

Al modelo obtenido es necesario depurar las secciones con la finalidad de permitir que el modelo a implementar tenga el mejor ajuste posible; adicionalmente se ha estacionado para cada sección los valores correspondientes al coeficiente de rugosidad de Manning considerando sus condiciones morfológicas, tipo de suelo y cobertura vegetal.

Sobre el modelo se ha aplicado el hidrograma de escorrentía que se muestra en la Ilustración 20: Hidrograma de tormentas periodo de retorno  $T=10$  años, para una lluvia de duración igual al tiempo de concentración y un período de retorno de 10 años.

Con estos datos se ha procedido a calcular los niveles de agua para cada sección, para cada instante de tiempo; este proceso se lo ha ejecutado para las condiciones actuales de la quebrada, obteniendo los resultados que se muestran en el Anexo A5, de toda la serie temporal analizada se ha obtenido los niveles máximos registrados, que se ilustran en los Planos Anexos A8 (ALTERNATIVAS), secciones obtenidas para evaluación.

## 8.1.3 RESULTADOS

Con la implementación del modelo se tiene para la alternativa seleccionada aguas arriba y aguas abajo de cada paso los datos que se presentan a continuación:



# UNIVERSIDAD DE CUENCA

Fundada en 1867

## PASO 1

Plan: Plan 01 quimandel quimandel RS: 527 BR U Profile: Max WS					
E.G. Elev (m)	2905.86	Element	Left OB	Channel	Right OB
Vel Head (m)	0.45	Wt. n-Val.	0.115	0.05	0.115
W.S. Elev (m)	2905.41	Reach Len. (m)	7	7	7
Crit W.S. (m)	2905.41	Flow Area (m2)	0.77	3.58	0.95
E.G. Slope (m/m)	0.022035	Area (m2)	0.77	3.58	0.95
Q Total (m3/s)	12.58	Flow (m3/s)	0.62	11.19	0.77
Top Width (m)	6	Top Width (m)	1.37	3.25	1.37
Vel Total (m/s)	2.37	Avg. Vel. (m/s)	0.8	3.12	0.81
Max Chl Dpth (m)	1.38	Hydr. Depth (m)	0.56	1.1	0.69
Conv. Total (m3/s)	84.8	Conv. (m3/s)	4.2	75.4	5.2
Length Wtd. (m)	7	Wetted Per. (m)	1.58	3.32	1.91
Min Ch El (m)	2904.03	Shear (N/m2)	105.79	233.22	107.74
Alpha	1.56	Stream Power (N/m s)	84.82	728.54	87.45
Frctn Loss (m)	0.19	Cum Volume (1000 m3)	1.13	1.02	1.25
C & E Loss (m)	0.02	Cum SA (1000 m2)	3.2	1.21	3.55

Plan: Plan 01 quimandel quimandel RS: 527 BR D Profile: Max WS					
E.G. Elev (m)	2904.48	Element	Left OB	Channel	Right OB
Vel Head (m)	0.39	Wt. n-Val.	0.115	0.05	0.115
W.S. Elev (m)	2904.09	Reach Len. (m)	1	1	1
Crit W.S. (m)	2904.09	Flow Area (m2)	0.5	3.64	0.6
E.G. Slope (m/m)	0.035689	Area (m2)	0.5	3.64	0.6
Q Total (m3/s)	12.58	Flow (m3/s)	0.82	10.63	1.13
Top Width (m)	6	Top Width (m)	0.47	5.05	0.48
Vel Total (m/s)	2.66	Avg. Vel. (m/s)	1.65	2.92	1.89
Max Chl Dpth (m)	1.3	Hydr. Depth (m)	1.05	0.72	1.26
Conv. Total (m3/s)	66.6	Conv. (m3/s)	4.3	56.3	6
Length Wtd. (m)	1	Wetted Per. (m)	0.5	5.35	0.48
Min Ch El (m)	2902.79	Shear (N/m2)	350.71	238.02	433.1
Alpha	1.09	Stream Power (N/m s)	576.93	695.5	820.07
Frctn Loss (m)	0.06	Cum Volume (1000 m3)	1.12	1	1.24
C & E Loss (m)	0.06	Cum SA (1000 m2)	3.19	1.18	3.55



# UNIVERSIDAD DE CUENCA

Fundada en 1867

## PASO 2

Plan: Plan 01 quimandel quimandel RS: 297 BR U Profile: Max WS					
E.G. Elev (m)	2887.54	Element	Left OB	Channel	Right OB
Vel Head (m)	0.41	Wt. n-Val.	0.115	0.05	0.115
W.S. Elev (m)	2887.13	Reach Len. (m)	8	8	8
Crit W.S. (m)	2887.13	Flow Area (m2)	1.13	3.13	1.2
E.G. Slope (m/m)	0.040137	Area (m2)	1.13	3.13	1.2
Q Total (m3/s)	12.57	Flow (m3/s)	1.38	9.87	1.32
Top Width (m)	6	Top Width (m)	1.89	1.81	2.3
Vel Total (m/s)	2.31	Avg. Vel. (m/s)	1.22	3.15	1.11
Max Chl Dpth (m)	2.75	Hydr. Depth (m)	0.6	1.73	0.52
Conv. Total (m3/s)	62.7	Conv. (m3/s)	6.9	49.3	6.6
Length Wtd. (m)	8	Wetted Per. (m)	1.92	4.48	2.36
Min Ch El (m)	2884.38	Shear (N/m2)	231.29	274.93	199.29
Alpha	1.52	Stream Power (N/m s)	282.68	867.25	220.55
Frctn Loss (m)	0.29	Cum Volume (1000 m3)	0.57	0.57	0.72
C & E Loss (m)	0	Cum SA (1000 m2)	1.51	0.59	1.8

Plan: Plan 01 quimandel quimandel RS: 297 BR D Profile: Max WS					
E.G. Elev (m)	2886.67	Element	Left OB	Channel	Right OB
Vel Head (m)	0.45	Wt. n-Val.	0.115	0.05	0.115
W.S. Elev (m)	2886.21	Reach Len. (m)	1	1	1
Crit W.S. (m)	2886.21	Flow Area (m2)	0.67	3.45	1.07
E.G. Slope (m/m)	0.033412	Area (m2)	0.67	3.45	1.07
Q Total (m3/s)	12.57	Flow (m3/s)	0.48	10.97	1.12
Top Width (m)	6	Top Width (m)	2.18	2.1	1.72
Vel Total (m/s)	2.42	Avg. Vel. (m/s)	0.72	3.18	1.05
Max Chl Dpth (m)	2.55	Hydr. Depth (m)	0.31	1.64	0.62
Conv. Total (m3/s)	68.8	Conv. (m3/s)	2.6	60	6.1
Length Wtd. (m)	1	Wetted Per. (m)	2.19	4.26	1.99
Min Ch El (m)	2883.66	Shear (N/m2)	100.08	265.52	175.14
Alpha	1.52	Stream Power (N/m s)	72.15	843.74	183.35
Frctn Loss (m)	0.05	Cum Volume (1000 m3)	0.57	0.55	0.71
C & E Loss (m)	0	Cum SA (1000 m2)	1.49	0.57	1.79



# UNIVERSIDAD DE CUENCA

Fundada en 1867

## PASO 3

Plan: Plan 01 quimandel quimandel RS: 209 BR U Profile: Max WS					
E.G. Elev (m)	2879.57	Element	Left OB	Channel	Right OB
Vel Head (m)	0.41	Wt. n-Val.	0.115	0.05	0.115
W.S. Elev (m)	2879.15	Reach Len. (m)	20	20	20
Crit W.S. (m)	2879.15	Flow Area (m2)	0.44	4.13	0.27
E.G. Slope (m/m)	0.025556	Area (m2)	0.44	4.13	0.27
Q Total (m3/s)	12.57	Flow (m3/s)	0.39	12	0.17
Top Width (m)	6	Top Width (m)	0.87	4.27	0.87
Vel Total (m/s)	2.6	Avg. Vel. (m/s)	0.89	2.91	0.64
Max Chl Dpth (m)	1.46	Hydr. Depth (m)	0.51	0.97	0.31
Conv. Total (m3/s)	78.6	Conv. (m3/s)	2.5	75.1	1.1
Length Wtd. (m)	20	Wetted Per. (m)	0.87	4.75	0.87
Min Ch El (m)	2877.69	Shear (N/m2)	127.59	217.51	78.7
Alpha	1.2	Stream Power (N/m s)	113.09	632.77	50.54
Frctn Loss (m)	0.56	Cum Volume (1000 m3)	0.5	0.37	0.5
C & E Loss (m)	0	Cum SA (1000 m2)	1.1	0.38	1.18

Plan: Plan 01 quimandel quimandel RS: 209 BR D Profile: Max WS					
E.G. Elev (m)	2877.92	Element	Left OB	Channel	Right OB
Vel Head (m)	0.43	Wt. n-Val.	0.115	0.05	0.115
W.S. Elev (m)	2877.48	Reach Len. (m)	8	8	8
Crit W.S. (m)	2877.47	Flow Area (m2)	1.12	2.29	2.16
E.G. Slope (m/m)	0.030816	Area (m2)	1.12	2.29	2.16
Q Total (m3/s)	12.57	Flow (m3/s)	1.16	7.97	3.44
Top Width (m)	6	Top Width (m)	2.01	1.98	2.01
Vel Total (m/s)	2.26	Avg. Vel. (m/s)	1.03	3.48	1.6
Max Chl Dpth (m)	1.48	Hydr. Depth (m)	0.56	1.16	1.07
Conv. Total (m3/s)	71.6	Conv. (m3/s)	6.6	45.4	19.6
Length Wtd. (m)	8	Wetted Per. (m)	2.02	2.32	2.02
Min Ch El (m)	2876	Shear (N/m2)	167.65	298.04	323.26
Alpha	1.66	Stream Power (N/m s)	172.78	1036.75	516.12
Frctn Loss (m)	0.4	Cum Volume (1000 m3)	0.49	0.31	0.48
C & E Loss (m)	0.01	Cum SA (1000 m2)	1.07	0.31	1.15

Diana Mireya Anguizaca Jimbo  
Sara Alejandra Mendieta Flores





# UNIVERSIDAD DE CUENCA

Fundada en 1867

## PASO 4

Plan: Plan 01 quimandel quimandel RS: 59 BR U		Profile: Max WS			
E.G. Elev (m)	2869.45	Element	Left OB	Channel	Right OB
Vel Head (m)	0.23	Wt. n-Val.	0.115	0.05	0.115
W.S. Elev (m)	2869.22	Reach Len. (m)	6	6	6
Crit W.S. (m)	2868.2	Flow Area (m2)	0.72	3.78	3.21
E.G. Slope (m/m)	0.024082	Area (m2)	0.72	3.78	3.21
Q Total (m3/s)	12.58	Flow (m3/s)	0.3	9.15	3.13
Top Width (m)		Top Width (m)			
Vel Total (m/s)	1.63	Avg. Vel. (m/s)	0.42	2.42	0.98
Max Chl Dpth (m)	2.37	Hydr. Depth (m)			
Conv. Total (m3/s)	81.1	Conv. (m3/s)	1.9	58.9	20.2
Length Wtd. (m)	6	Wetted Per. (m)	4.15	5.48	5.22
Min Ch El (m)	2866.85	Shear (N/m2)	40.85	162.77	145.14
Alpha	1.69	Stream Power (N/m s)	17.11	394.17	141.57
Frctn Loss (m)	0.19	Cum Volume (1000 m3)	0.13	0.11	0.06
C & E Loss (m)	0.01	Cum SA (1000 m2)	0.32	0.13	0.12

Plan: Plan 01 quimandel quimandel RS: 59 BR D		Profile: Max WS			
E.G. Elev (m)	2869.24	Element	Left OB	Channel	Right OB
Vel Head (m)	0.35	Wt. n-Val.	0.115	0.05	0.115
W.S. Elev (m)	2868.89	Reach Len. (m)	2	2	2
Crit W.S. (m)	2868.65	Flow Area (m2)	1.56	3.44	1.23
E.G. Slope (m/m)	0.044965	Area (m2)	1.56	3.44	1.23
Q Total (m3/s)	12.58	Flow (m3/s)	1.53	10	1.05
Top Width (m)		Top Width (m)			
Vel Total (m/s)	2.02	Avg. Vel. (m/s)	0.98	2.9	0.85
Max Chl Dpth (m)	1.46	Hydr. Depth (m)			
Conv. Total (m3/s)	59.3	Conv. (m3/s)	7.2	47.2	4.9
Length Wtd. (m)	2	Wetted Per. (m)	4	6.08	3.9
Min Ch El (m)	2867.43	Shear (N/m2)	171.46	249.93	138.93
Alpha	1.69	Stream Power (N/m s)	168.43	725.97	118.62
Frctn Loss (m)	0.14	Cum Volume (1000 m3)	0.12	0.08	0.05
C & E Loss (m)	0.05	Cum SA (1000 m2)	0.32	0.13	0.12

De los resultados se ha observado que la sección de los pasos es insuficiente, generándose niveles de inundación superiores a 2 m sobre el lecho de la quebrada, adicionalmente se ha observado un desbordamiento a lo largo de todo el cauce, esta condición se debe a que el cauce natural ha sido intervenido, reduciendo la sección a

Diana Mireya Anguizaca Jimbo  
Sara Alejandra Mendieta Flores



# UNIVERSIDAD DE CUENCA

Fundada en 1867

un canal de aproximadamente 2m de ancho por 1m de profundidad, lo cual resulta insuficiente para transportar los caudales producidos por la escorrentía superficial.

## 8.2 ALTERNATIVAS DE DISEÑO

### 8.2.1 ALTERNATIVA 1

Como primera alternativa se ha planteado el uso de ducto cajón, para el dimensionamiento se ha considerado los niveles de crecida obtenidos en la evaluación de la quebrada, sin interferencias, con la finalidad de recuperar los niveles originales de creciente de la quebrada.

En este contexto se ha obtenido que la sección mínima recomendada para un adecuado desarrollo de los caudales en su paso por la cabecera parroquial de Cuchil, corresponda a la implementación de un ducto de 6m de ancho y 3m de profundidad, dividido por una pantalla.

**Ilustración 22: Esquema alternativa 1**



Con estos datos se ha calculado los niveles de agua para cada sección, para cada instante de tiempo, obteniendo los resultados que se muestran en el Anexo A6, de toda la serie temporal analizada se ha obtenido los niveles máximos registrados, que se ilustran en los Planos Anexos A9, secciones obtenidas para evaluación.



# UNIVERSIDAD DE CUENCA

Fundada en 1867

Del análisis se ha podido destacar que la sección de los pasos es suficiente, generándose niveles de inundación menores a 2 m sobre el lecho de la quebrada, adicionalmente se ha observado un desbordamiento a lo largo de todo el cauce, por lo cual para un adecuado manejo de la escorrentía es necesario implementar las medidas de control de inundaciones que se detallarán más adelante.

## 8.2.2 ALTERNATIVA 2

Para la segunda alternativa se ha planteado el uso de ductos metálicos prefabricados (ármicos), las condiciones previstas para el dimensionamiento son las establecidas para la alternativa 1.

En este contexto se ha obtenido que la sección mínima recomendada para un adecuado desarrollo de los caudales en su paso por la cabecera parroquial de Cuchil, se prevea la colocación de pasos con 2 ductos metálicos circulares de 2.5m de diámetro.

**Ilustración 23: Esquema alternativa 2**



Con estos datos se ha calculado los niveles de agua para cada sección, para cada instante de tiempo, obteniendo los resultados que se muestran en el Anexo A7, de toda la serie temporal analizada se ha obtenido los niveles máximos registrados, que se ilustran en los Planos Anexos A10, secciones obtenidas para evaluación.

Del análisis podemos destacar que la sección de los pasos es suficiente, generándose niveles de inundación menores a 2 m sobre el lecho de la quebrada,



# UNIVERSIDAD DE CUENCA

Fundada en 1867

adicionalmente se observa un desbordamiento a lo largo de todo el cauce, por lo cual para un adecuado manejo de la escorrentía es necesario implementar las medidas de control de inundaciones que se detallarán más adelante.

## 8.3 ANALISIS ECONOMICO DE ALTERNATIVAS

Como ya se mencionó las alternativas planteadas cumple con las condiciones técnicas necesarias, sin embargo es necesario conocer los costos referenciales de cada una de ellas con el fin de definir cuál de ellas se ajusta de mejor manera a la realidad económica de la comunidad.

De esta manera se ha procedido a valorar los rubros principales tal como se presenta en la Tabla 44, es evidente que la primera alternativa es la de menor costo, por lo cual se recomienda elevar a nivel de diseño definitivo.

**Tabla 44: Análisis comparativo de alternativas**

ITEM	DESCRIPCION	UNID	P.UNIT	CANTIDAD		P. TOTAL	
				ALT1	ALT2	ALT1	ALT2
1	Encofrado Recto	m2	10.81	1,097.60	742.40	11,865.06	8,025.34
2	Excavación mecanica en suelo conglomerado de 0 a 2 m de profundidad,	m3	3.67	1,942.08	1,942.08	7,127.43	7,127.43
3	Material de Reposicion (Incluye esponjamiento)	m3	11.65		1,988.67	0.00	23,168.00
4	Relleno compactado	m3	3.46		1,529.75	0.00	5,292.92
5	Hormigón Simple 280 Kg/cm2	m3	131.04	200.20	80.37	26,234.21	10,532.05
6	Acero de Refuerzo (Incluye corte y doblado)	Kg	1.92	200.20	80.37	384.38	154.32
7	Tubería metalica corrugada D=2.50 M e=2 mm (ARMICO)	m	669.65		42	0.00	28,125.30
SUBTOTAL						45,611.08	82,425.37
12 % DEL IVA						5,473.33	9,891.04
TOTAL PRESUPUESTO						51,084.41	92,316.41



# UNIVERSIDAD DE CUENCA

Fundada en 1867

## 9. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Según se puede observar en las imágenes Anexo A2, el cauce de la quebrada es poco profundo y sus márgenes son susceptibles de inundación en una distancia aproximada de 100m a cada lado medidos desde el eje, por lo cual se recomienda para los rellenos la colocación de drenaje o cunetas de desfogue al pie de los mismos para evitar daños a las estructuras por efecto de inundaciones.

Como ya se ha indicado la construcción de los pasos garantiza niveles de inundación menores iguales a 2m sobre el lecho de la quebrada, en las visitas de campo se evidencia la presencia de asentamientos próximos a las márgenes a niveles inferiores a los de inundación, por lo cual la construcción de los pasos de agua no garantiza de ninguna manera un adecuado control de crecientes.

A lo cual se recomienda la construcción de diques (bermas de tierra), en las márgenes de la quebrada respetando el eje actual y la sinuosidad de la misma de ninguna manera se recomienda el encauzamiento o re direccionamiento de flujo pues esta actividad produce daños a la estructura del suelo, aumento en la velocidad de flujo y socavación en la base de los pasos de agua.

Si bien la proyección de los diques constituye la formulación de un nuevo proyecto se puede considerar las siguientes recomendaciones para su construcción de manera provisional:

- Alto máximo de la berma 1.25m, considerando los niveles máximos obtenidos en la modelación.
- Borde libre sobre el nivel de inundación 0.5m
- Ancho de la berma de protección 1m
- Ancho del borde superior del dique recomendado 1m
- Inclinación de los taludes 1V:2H
- Se recomienda emplear para la construcción del dique material arcillo limoso, revestido con encespado de sitio, para evitar la infiltración y erosión.

Del estudio realizado se considera pertinente un gálibo libre para la estructura 1.0m entre el nivel máximo de crecida



# UNIVERSIDAD DE CUENCA

Fundada en 1867

De los parámetros analizados para la construcción del modelo matemático se obtiene entre los más relevantes que el coeficiente de rugosidad de Manning se estima con un valor de 0.12, debido a que el lecho de la quebrada se encuentra constituido en su mayoría por materiales pétreos de gran tamaño y abundante vegetación, asociándole a un cauce de montaña, dado que este valor está sobrestimado se recomienda realizar estudios para la obtención de ecuaciones que caracterizan estos tipos de cauce.



# UNIVERSIDAD DE CUENCA

Fundada en 1867

## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- METODO D ELOS COEFICIENTE DE ESCORRENTIA. Andrés Martínez de Azagra Paredes (2006)
- CHOW, V.; D.R. MAIDMENT y L.W. MAYS (1994).- Hidrología Aplicada. Mc Graw Hill
- ESTUDIO DE LLUVIAS INTENSAS, INAMI, Ing. Luis Rodríguez Fiallos, Quito-Ecuador 1999
- ESPEY, W.H., Jr., D.G. Altman, y C.B. Graces, Nomographs for ten-minute unit hydrographs for small urban watersheds, Tech, Memo, No.32, Urban Water Resources Research Prog., New York, Dic 1977.
- *Hidrología, Guía del trabajo Practico No.7, Hidrograma Unitario Sintético*
- Tutoriales al día, Ingeniería Civil, Hidrología ([www.tutorialesaldia.com](http://www.tutorialesaldia.com))
- JIMENEZ, H. 1992. Hidrología Básica I. Facultad de Ingeniería de la Universidad del Valle. Cali, Colombia. 187p.
- CHOW, V. (1994).- Hidráulica de Canales Abiertos. Mc Graw Hill
- BARROS, Gustavo. Curso de Hidrología. Ed. Universidad de Sucre. Sincelejo. 1990
- MONSALVE, Germán. Hidrología en la Ingeniería. Ed. Escuela Colombiana de Ingeniería. Santafé de Bogotá. 1995
- CAMPOS, A. 1992. Procesos del ciclo hidrológico. Universidad autónoma de San Luis Potosí. 1ra ed.
- FUENTES, J.J. 2004. Análisis morfométrico de cuencas: caso del estudio en el Parque Nacional de Pico de Tancitaro. INECOL.
- COTTLER, H y M. Maas. 2004. Protocolo para el manejo integral de cuencas. 1ra ed. INE-SEMARNAT
- ROJAS, R. Hidrologia Aplicada al manejo de Cuencas. 2009
- INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGÍA e HIDROLOGÍA. 2009. Base de datos: Precipitación. Estación Sigsig – Ec. Periodo de registro: 1974 - 1992.



# UNIVERSIDAD DE CUENCA

Fundada en 1867

## ANEXOS

### ANEXO A1 Datos del Levantamiento Topográfico

Pt.	Azimuth	Zenith	S. Dist	H. Dist	North	East	Elevación	Code
11135	Stn				100000	100000	2920	STN
11139	0	71.3558	11.04	10.476	100010.5	100000	2923.413	E
11140	288.3946	98.4255	15.615	15.435	100004.9	99985.38	2917.562	T
11141	335.4755	81.5559	9.67	9.574	100008.7	99996.08	2921.285	T
11142	287.41	94.1853	16.92	16.872	100005.1	99983.93	2918.655	T
11143	309.0552	90.1225	11.628	11.628	100007.3	99990.98	2919.886	T
11144	286.4333	92.5229	18.185	18.162	100005.2	99982.61	2919.016	T
11145	298.264	96.1858	12.499	12.423	100005.9	99989.08	2918.553	T
11146	280.4208	86.4339	19.358	19.326	100003.6	99981.01	2921.033	T
11147	289.0645	96.1711	13.827	13.744	100004.5	99987.01	2918.414	T
11148	263.2402	82.1917	26.726	26.486	99996.96	99973.69	2923.499	T
11149	221.2003	86.3926	22.089	22.052	99983.44	99985.44	2921.216	T
11150	220.3145	94.0635	13.242	13.208	99989.96	99991.42	2918.979	T
11151	219.1148	100.113	11.603	11.42	99991.15	99992.78	2917.875	T
11152	216.3144	110.0903	6.836	6.418	99994.84	99996.18	2917.573	T
11153	216.5726	105.195	9.108	8.784	99992.98	99994.72	2917.52	T
11154	209.1806	109.1723	5.061	4.777	99995.83	99997.66	2918.256	T
11155	215.4345	115.0549	8.608	7.795	99993.67	99995.45	2916.277	T
11156	198.4054	107.2524	1.616	1.542	99998.54	99999.51	2919.444	T
11157	58.464	73.4809	3.327	3.195	100001.7	100002.7	2920.856	T
11158	188.1359	90.542	23.92	23.918	99976.33	99996.58	2919.55	T
11159	108.124	91.2537	10.601	10.598	99996.69	100010.1	2919.664	T
11160	174.013	95.4019	17.049	16.965	99983.13	100001.8	2918.243	T
11161	109.3424	95.1447	11.013	10.967	99996.33	100010.3	2918.921	T
11162	167.3429	101.2241	15.815	15.504	99984.86	100003.3	2916.808	T
11163	139.1229	103.5814	11.519	11.178	99991.54	100007.3	2917.147	T
11164	163.1429	104.0504	14.51	14.074	99986.52	100004.1	2916.397	T
11165	138.0403	106.2356	11.763	11.285	99991.61	100007.5	2916.607	T
11166	161.0759	107.394	13.906	13.251	99987.46	100004.3	2915.709	T
11167	153.0316	105.5647	13.518	12.998	99988.41	100005.9	2916.214	T
11168	129.2522	100.0416	30.217	29.751	99981.11	100023	2914.644	T
11169	127.081	98.4146	30.193	29.846	99981.98	100023.8	2915.363	T
11170	130.3554	98.5309	30.382	30.018	99980.47	100022.8	2915.235	T
11171	120.2258	98.5746	27.844	27.504	99986.09	100023.7	2915.59	T
11172	138.3514	97.5716	30.856	30.559	99977.08	100020.2	2915.658	T
11173	142.2554	95.4608	31.677	31.517	99975.02	100019.2	2916.744	T
11174	106.3747	94.2614	25.967	25.889	99992.59	100024.8	2917.919	T
11175	155.0632	93.3003	32.948	32.887	99970.17	100013.8	2917.916	T
11176	120.3159	98.0851	49.421	48.922	99975.15	100042.1	2912.924	T
11177	121.1931	99.0045	49.511	48.9	99974.58	100041.8	2912.172	T
11178	114.121	96.5136	46.817	46.482	99980.94	100042.4	2914.336	T
11179	122.3245	97.4317	49.837	49.385	99973.43	100041.6	2913.232	T

Diana Mireya Anguizaca Jimbo  
Sara Alejandra Mendieta Flores





# UNIVERSIDAD DE CUENCA

Fundada en 1867

Pt.	Azimuth	Zenith	S. Dist	H. Dist	North	East	Elevación	Code
11180	126.3815	96.5004	49.874	49.52	99970.45	100039.7	2913.993	T
11181	106.1645	95.0258	44.97	44.796	99987.44	100043	2915.97	T
11182	137.2202	94.4431	51.279	51.103	99962.4	100034.6	2915.689	T
11183	124.2416	96.5447	59.678	59.245	99966.53	100048.9	2912.745	T
11184	106.1429	94.193	58.041	57.876	99983.81	100055.6	2915.551	T
11185	133.4211	95.0204	60.499	60.266	99958.36	100043.6	2914.619	T
11186	114.0946	96.2044	58.529	58.171	99976.19	100053.1	2913.459	T
11187	119.5355	97.3204	58.679	58.172	99971	100050.4	2912.234	T
11188	122.0953	97.3111	60.213	59.695	99968.22	100050.5	2912.048	T
11189	Stn				99926.14	100133	2904.688	STN
11135	299.0226	84.1439	152.93	152.159	100000	100000	2920	
11191	299.0226	84.1451	152.983	152.213	100000	99999.95	2919.997	E
11192	295.5608	86.29	77.079	76.934	99959.79	100063.8	2909.391	T
11193	296.4926	85.4421	77.122	76.909	99960.84	100064.4	2910.393	T
11194	299.4728	84.1408	76.783	76.395	99964.09	100066.7	2912.375	T
11195	295.2313	85.5917	77.939	77.748	99959.47	100062.8	2910.116	T
11196	305.4134	82.3247	76.971	76.32	99970.67	100071	2914.648	T
11197	287.1857	85.1457	80.69	80.412	99950.07	100056.3	2911.346	T
11198	311.0942	81.2751	62.388	61.697	99966.75	100086.6	2913.923	T
11199	305.5424	84.3155	57.791	57.528	99959.88	100086.4	2910.17	T
11200	282.4719	88.2738	58.584	58.563	99939.1	100075.9	2906.237	T
11201	305.3858	85.5054	56.137	55.99	99958.77	100087.5	2908.727	T
11202	282.2323	87.0923	57.892	57.821	99938.54	100076.6	2907.535	T
11203	305.1446	85.2101	56.08	55.896	99958.4	100087.4	2909.209	T
11204	278.0953	86.5212	57.762	57.676	99934.33	100075.9	2907.817	T
11205	294.4534	87.1914	52.258	52.201	99948	100085.6	2907.106	T
11206	269.2234	84.0851	59.646	59.336	99925.49	100073.7	2910.745	T
11207	287.3616	88.1432	55.418	55.392	99942.89	100080.2	2906.363	T
11208	289.1226	90.4116	38.405	38.403	99938.77	100096.8	2904.202	T
11209	288.2353	89.3202	38.342	38.341	99938.24	100096.6	2904.975	T
11210	290.4135	89.2704	38.212	38.21	99939.64	100097.3	2905.029	T
11211	280.2316	88.5436	38.902	38.894	99933.15	100094.8	2905.403	T
11212	301.3926	88.105	39.466	39.447	99946.84	100099.5	2905.916	T
11213	263.5005	86.3133	40.662	40.588	99921.78	100092.7	2907.127	T
11214	315.5134	84.425	41.801	41.623	99956.01	100104	2908.514	T
11215	286.1546	93.1725	27.076	27.032	99933.71	100107.1	2903.109	T
11216	325.401	83.2054	31.942	31.727	99952.34	100115.1	2908.363	T
11217	305.5124	89.3129	17.6	17.599	99936.45	100118.8	2904.809	T
11218	322.2806	84.3749	22.644	22.544	99944.02	100119.3	2906.782	T
11219	305.0916	92.1957	17.519	17.505	99936.22	100118.7	2903.95	T
11220	318.4124	85.5521	16.974	16.931	99938.86	100121.9	2905.87	T
11221	303.4053	91.3337	16.709	16.703	99935.4	100119.1	2904.208	T
11222	306.473	86.5156	14.503	14.481	99934.81	100121.4	2905.456	T
11223	282.261	88.1932	7.187	7.184	99927.69	100126	2904.873	T
11224	192.5504	87.444	11.689	11.68	99914.75	100130.4	2905.123	T

Diana Mireya Anguizaca Jimbo  
Sara Alejandra Mendieta Flores



# UNIVERSIDAD DE CUENCA

Fundada en 1867

Pt.	Azimuth	Zenith	S. Dist	H. Dist	North	East	Elevación	Code
11225	182.422	91.1601	10.765	10.762	99915.39	100132.5	2904.425	T
11226	150.3145	91.0936	9.238	9.236	99918.1	100137.6	2904.476	T
11227	335.1657	85.0451	5.026	5.008	99930.69	100130.9	2905.094	T
11228	333.3749	85.3207	13.809	13.768	99938.47	100126.9	2905.738	T
11229	346.155	91.0004	16.027	16.024	99941.7	100129.2	2904.383	T
11230	331.4201	84.5703	18.702	18.63	99942.54	100124.2	2906.309	T
11231	337.1556	82.4748	31.645	31.395	99955.09	100120.9	2908.631	T
11232	346.3735	93.5057	16.059	16.022	99941.73	100129.3	2903.585	T
11233	342.4058	83.0815	31.811	31.583	99956.29	100123.6	2908.464	T
11234	352.2758	97.3353	16.711	16.566	99942.56	100130.9	2902.463	T
11235	350.3443	86.3925	34.073	34.015	99959.69	100127.5	2906.65	T
11236	356.4219	98.0532	14.833	14.685	99940.8	100132.2	2902.575	T
11237	351.1648	89.5023	27.881	27.881	99953.7	100128.8	2904.741	T
11238	34.3642	112.3715	5.026	4.639	99929.96	100135.7	2902.73	T
11239	354.3051	96.3358	19.143	19.017	99945.07	100131.2	2902.474	T
11240	116.2305	101.3059	6.667	6.532	99923.24	100138.9	2903.332	T
11241	21.5757	101.4516	18.918	18.522	99943.32	100140	2900.809	T
11242	14.493	98.0326	18.864	18.678	99944.19	100137.8	2902.019	T
11243	24.3302	99.0705	17.833	17.608	99942.15	100140.3	2901.837	T
11244	82.5156	100.2533	15.285	15.032	99928.01	100147.9	2901.897	T
11245	9.2428	95.0138	26.727	26.624	99952.4	100137.4	2902.321	T
11246	1.025	89.4624	37.421	37.42	99963.55	100133.7	2904.811	T
11247	13.5407	98.3851	25.007	24.723	99950.14	100139	2900.903	T
11248	13.5639	92.0959	44.97	44.938	99969.75	100143.9	2902.963	T
11249	21.574	94.5146	39.589	39.446	99962.72	100147.8	2901.307	T
11250	40.1404	98.3555	39.83	39.383	99956.2	100158.5	2898.708	T
11251	25.4901	97.5051	30.043	29.761	99952.93	100146	2900.561	T
11252	41.0658	97.1825	39.384	39.064	99955.57	100158.7	2899.654	T
11253	39.1038	96.5801	40.62	40.32	99957.39	100158.5	2899.736	T
11254	71.1202	98.485	32.586	32.201	99936.52	100163.5	2899.67	T
11255	34.2421	95.0642	50.55	50.349	99967.68	100161.5	2900.159	T
11256	56.5846	98.2541	49.91	49.371	99953.04	100174.4	2897.348	T
11257	41.2024	95.1031	63.666	63.407	99973.74	100174.9	2898.92	T
11258	57.3912	97.3032	49.396	48.972	99952.34	100174.4	2898.208	T
11259	49.3522	96.3338	55.569	55.205	99961.93	100175.1	2898.314	T
11260	78.1422	97.3659	44.772	44.377	99935.18	100176.5	2898.729	T
11261	57.4112	97.1526	51.233	50.822	99953.31	100176	2898.191	T
11262	74.2821	97.3037	63.601	63.055	99943.02	100193.8	2896.35	T
11263	71.1621	96.4934	63.546	63.096	99946.4	100192.8	2897.11	T
11264	74.5452	97.0517	63.762	63.275	99942.61	100194.1	2896.795	T
11265	60.2836	96.3656	70.143	69.676	99960.47	100193.7	2896.582	T
11266	88.4	96.0005	67.413	67.043	99927.7	100200.1	2897.615	T
11267	51.1402	96.014	78.21	77.778	99974.84	100193.7	2896.45	T
11268	Stn				99950.06	100220.5	2894.546	STN
11189	254.4231	83.3629	91.286	90.719	99926.14	100133	2904.688	

Diana Mireya Anguizaca Jimbo  
Sara Alejandra Mendieta Flores



# UNIVERSIDAD DE CUENCA

Fundada en 1867

Pt.	Azimuth	Zenith	S. Dist	H. Dist	North	East	Elevación	Code
11270	254.4241	83.363	91.245	90.678	99926.15	100133.1	2904.683	E
11271	321.2816	101.5641	5.663	5.54	99954.4	100217.1	2893.353	T
11272	325.0311	91.4439	7.096	7.093	99955.88	100216.5	2894.309	T
11273	320.194	92.1522	4.954	4.95	99953.87	100217.4	2894.33	T
11274	328.4502	90.0525	18.432	18.432	99965.82	100211	2894.496	T
11275	328.3751	89.1921	17.932	17.931	99965.37	100211.2	2894.737	T
11276	144.2538	90.0432	11.371	11.371	99940.81	100227.2	2894.51	T
11277	354.0516	96.5148	13.983	13.883	99963.87	100219.1	2892.854	T
11278	355.091	94.2251	15.383	15.338	99965.35	100219.2	2893.35	T
11279	354.4303	95.5714	13.246	13.175	99963.18	100219.3	2893.151	T
11280	77.3156	94.1947	9.987	9.959	99952.21	100230.3	2893.771	T
11281	354.4746	91.3921	23.846	23.836	99973.8	100218.4	2893.836	T
11282	337.2233	90.1323	17.973	17.973	99966.65	100213.6	2894.455	T
11283	6.5331	97.3019	25.41	25.192	99975.07	100223.6	2891.206	T
11284	317.0638	88.281	20.628	20.62	99965.17	100206.5	2895.076	T
11285	7.3742	95.1502	24.631	24.528	99974.37	100223.8	2892.271	T
11286	47.391	95.3953	21.002	20.899	99964.14	100236	2892.452	T
11287	47.5558	96.1615	22.677	22.542	99965.17	100237.3	2892.048	T
11288	48.0526	97.3755	23.5	23.292	99965.62	100237.9	2891.404	T
11289	356.4453	91.5211	27.339	27.324	99977.34	100219	2893.633	T
11290	12.3011	95.4734	30.615	30.458	99979.8	100227.1	2891.435	T
11291	13.1929	96.2352	31.284	31.089	99980.32	100227.7	2891.039	T
11292	0.5121	92.1746	33.096	33.07	99983.13	100221	2893.199	T
11293	13.1841	96.4918	32.514	32.283	99981.48	100228	2890.663	T
11294	13.0853	95.2744	34.08	33.925	99983.1	100228.3	2891.281	T
11295	Stn				99978.51	100248.1	2890.678	STN
11268	224.0415	84.2011	39.792	39.598	99950.06	100220.5	2894.546	
11297	224.0415	84.2105	39.786	39.593	99950.07	100220.5	2894.535	E
11298	318.1002	100.3812	7.969	7.833	99984.35	100242.9	2889.148	T
11299	321.5546	93.1738	8.824	8.809	99985.45	100242.6	2890.112	T
11300	314.2121	95.0515	7.578	7.548	99983.79	100242.7	2889.947	T
11301	294.4519	87.471	5.074	5.07	99980.64	100243.5	2890.815	T
11302	305.3608	86.0717	29.966	29.898	99995.92	100223.8	2892.646	T
11303	189.183	88.5102	5.633	5.632	99972.96	100247.2	2890.732	T
11304	319.0805	87.1444	36.73	36.688	100006.3	100224.1	2892.384	T
11305	42.3428	104.2529	7.936	7.686	99984.17	100253.3	2888.642	T
11306	40.505	99.0654	8.168	8.065	99984.61	100253.4	2889.325	T
11307	342.0355	88.5513	33.006	33.001	100009.9	100237.9	2891.241	T
11308	48.3943	98.1152	8.311	8.226	99983.95	100254.3	2889.434	T
11309	2.193	89.4849	34.115	34.115	100012.6	100249.5	2890.73	T
11310	345.4746	97.4746	5.853	5.799	99984.14	100246.7	2889.825	T
11311	350.5758	100.294	5.946	5.847	99984.29	100247.2	2889.536	T
11312	2.3255	94.0624	12.693	12.661	99991.16	100248.6	2889.71	T
11313	108.3821	94.1353	10.937	10.907	99975.03	100258.4	2889.812	T
11314	Stn				99985.6	100266	2888.877	STN

Diana Mireya Anguizaca Jimbo  
Sara Alejandra Mendieta Flores



# UNIVERSIDAD DE CUENCA

Fundada en 1867

Pt.	Azimuth	Zenith	S. Dist	H. Dist	North	East	Elevación	Code
11295	248.2701	84.3747	19.371	19.286	99978.51	100248.1	2890.678	
11316	248.2743	84.3726	19.403	19.318	99978.51	100248	2890.683	E
11317	290.0928	86.0839	10.395	10.371	99989.17	100256.3	2889.564	E
11318	310.281	86.1054	14.175	14.144	99994.78	100255.3	2889.809	T
11319	283.3714	87.3958	6.188	6.183	99987.05	100260	2889.117	T
11320	295.4345	96.5502	6.144	6.1	99988.25	100260.5	2888.125	T
11321	308.575	88.1648	6.33	6.328	99989.58	100261.1	2889.055	T
11322	26.2647	114.5307	5.24	4.753	99989.85	100268.1	2886.66	T
11323	16.1826	88.503	6.134	6.133	99991.48	100267.7	2888.989	T
11324	14.3307	88.142	8.33	8.326	99993.66	100268.1	2889.121	T
11325	19.2002	102.2648	3.591	3.507	99988.91	100267.2	2888.091	T
11326	19.0855	91.1015	2.006	2.006	99987.49	100266.7	2888.824	T
11327	17.4308	89.4557	14.674	14.674	99999.58	100270.5	2888.925	T
11328	212.185	86.293	9.429	9.412	99977.64	100261	2889.442	T
11329	24.1714	90.2554	16.056	16.056	100000.2	100272.6	2888.744	T
11330	126.0825	105.1834	9.639	9.297	99980.11	100273.5	2886.32	T
11331	123.4859	99.192	9.68	9.552	99980.28	100274	2887.297	T
11332	130.4312	98.5324	9.331	9.219	99979.58	100273	2887.423	T
11333	145.0338	91.3316	8.921	8.917	99978.29	100271.1	2888.623	T
11334	180.2426	87.1454	11.977	11.963	99973.63	100265.9	2889.44	T
11335	28.1837	90.0439	22.159	22.159	100005.1	100276.5	2888.835	T
11336	128.5806	98.5915	18.654	18.425	99974.01	100280.3	2885.951	T
11337	73.0115	93.2455	20.126	20.091	99991.46	100285.2	2887.666	T
11338	125.0729	94.5504	19.189	19.118	99974.6	100281.7	2887.22	T
11339	78.1323	94.38	13.37	13.327	99988.32	100279.1	2887.785	T
11340	134.5935	96.2606	17.926	17.813	99973	100278.6	2886.856	T
11341	147.4936	89.302	17.385	17.385	99970.88	100275.3	2889.015	T
11342	104.1255	94.5419	18.139	18.072	99981.16	100283.5	2887.314	T
11343	162.0459	87.3429	17.227	17.212	99969.22	100271.3	2889.594	T
11344	99.0934	94.0209	25.134	25.072	99981.61	100290.8	2887.096	T
11345	155.0335	87.082	28.047	28.012	99960.2	100277.8	2890.265	T
11346	115.4434	93.4351	34.102	34.029	99970.82	100296.7	2886.646	T
11347	124.4255	93.4736	34.191	34.116	99966.17	100294.1	2886.603	T
11348	137.2652	94.2724	24.645	24.57	99967.5	100282.6	2886.95	T
11349	Stn				99954.93	100304.9	2886.44	STN
11314	308.1418	87.1128	49.606	49.547	99985.6	100266	2888.877	
11351	308.1421	87.1143	49.6	49.541	99985.59	100266	2888.873	E
11352	304.2226	90.0105	19.012	19.012	99965.67	100289.2	2886.44	T
11353	299.5653	94.0818	20.273	20.22	99965.03	100287.4	2884.983	T
11354	303.3752	89.5946	15.109	15.109	99963.3	100292.4	2886.447	T
11355	298.5656	93.0906	15.442	15.419	99962.39	100291.4	2885.597	T
11356	298.3604	91.2504	15.438	15.433	99962.32	100291.4	2886.064	T
11357	296.4209	89.0145	13.045	13.043	99960.79	100293.3	2886.667	T
11358	298.3615	90.0327	7.969	7.969	99958.75	100297.9	2886.438	T
11359	332.5917	90.1812	6.42	6.42	99960.65	100302	2886.412	T

Diana Mireya Anguizaca Jimbo  
Sara Alejandra Mendieta Flores



# UNIVERSIDAD DE CUENCA

Fundada en 1867

Pt.	Azimuth	Zenith	S. Dist	H. Dist	North	East	Elevación	Code
11360	273.0203	85.2402	16.735	16.681	99955.81	100288.3	2887.788	T
11361	237.5524	87.3044	4.861	4.856	99952.35	100300.8	2886.657	T
11362	217.0728	84.0701	12.176	12.112	99945.27	100297.6	2887.694	T
11363	239.13	91.5457	3.978	3.976	99952.9	100301.5	2886.313	T
11364	183.4722	85.2909	10.685	10.652	99944.3	100304.2	2887.287	T
11365	176.4645	90.4822	10.52	10.519	99944.43	100305.5	2886.298	T
11366	147.5229	91.0521	9.681	9.679	99946.73	100310.1	2886.262	T
11367	166.5518	91.0635	10.069	10.067	99945.13	100307.2	2886.251	T
11368	128.0848	90.1248	14.773	14.773	99945.81	100316.6	2886.391	T
11369	343.1845	93.3332	5.091	5.081	99959.8	100303.5	2886.13	T
11370	358.2623	102.0732	2.742	2.681	99957.61	100304.9	2885.87	T
11371	18.1159	124.3341	5.05	4.159	99958.88	100306.2	2883.581	T
11372	19.0828	111.3849	4.554	4.233	99958.93	100306.3	2884.766	T
11373	16.0505	111.44	5.172	4.804	99959.55	100306.3	2884.531	T
11374	16.4902	115.0058	3.597	3.259	99958.05	100305.9	2884.925	T
11375	Stn				99973.93	100339.8	2881.248	STN
11349	241.2312	82.3055	40.02	39.679	99954.93	100304.9	2886.44	
11377	241.2246	82.3227	40.063	39.724	99954.91	100304.9	2886.428	E
11378	219.0322	83.4129	29.713	29.533	99951	100321.2	2884.492	T
11379	234.5154	87.3616	22.393	22.373	99961.06	100321.5	2882.163	T
11380	232.5823	84.3618	22.495	22.395	99960.45	100321.9	2883.342	T
11381	263.5556	83.4709	39.521	39.289	99969.78	100300.7	2885.505	T
11382	211.0735	85.1918	25.931	25.845	99951.81	100326.4	2883.342	T
11383	238.5402	84.25	23.156	23.046	99962.03	100320	2883.48	T
11384	274.5124	83.3506	25.257	25.099	99976.06	100314.8	2884.049	T
11385	255.3103	90.0222	11.644	11.644	99971.02	100328.5	2881.219	T
11386	259.4302	84.5815	12.046	12	99971.79	100328	2882.283	T
11387	251.3055	84.2815	11.686	11.632	99970.25	100328.7	2882.353	T
11388	237.2423	85.351	11.616	11.582	99967.69	100330	2882.121	T
11389	205.1946	86.0857	15.485	15.45	99959.97	100333.2	2882.267	T
11390	298.5034	83.1554	19.671	19.535	99983.36	100322.7	2883.534	T
11391	297.2409	95.3816	7.624	7.587	99977.43	100333	2880.478	T
11392	304.1037	86.5511	8.598	8.586	99978.76	100332.7	2881.689	T
11393	296.2004	87.5021	7.002	6.997	99977.04	100333.5	2881.491	T
11394	329.1741	83.5514	15.834	15.745	99987.47	100331.7	2882.904	T
11395	256.2423	87.272	3.897	3.893	99973.02	100336	2881.4	T
11396	358.5658	86.2728	16.121	16.09	99990.02	100339.5	2882.223	T
11397	194.562	87.0421	10.515	10.501	99963.79	100337.1	2881.764	T
11398	358.252	90.4829	7.446	7.445	99981.38	100339.6	2881.122	T
11399	42.5515	103.3406	6.837	6.646	99978.8	100344.3	2879.623	T
11400	44.5007	96.5245	5.944	5.902	99978.12	100343.9	2880.515	T
11401	58.3659	93.2108	9.679	9.663	99978.97	100348	2880.661	T
11402	52.1836	88.411	3.969	3.968	99976.36	100342.9	2881.318	T
11403	57.2423	91.2507	13.571	13.567	99981.24	100351.2	2880.891	T
11404	180.392	88.104	8.743	8.739	99965.2	100339.7	2881.505	T

Diana Mireya Anguizaca Jimbo  
Sara Alejandra Mendieta Flores



# UNIVERSIDAD DE CUENCA

Fundada en 1867

Pt.	Azimuth	Zenith	S. Dist	H. Dist	North	East	Elevación	Code
11405	85.041	97.5304	12.721	12.601	99975.02	100352.3	2879.482	T
11406	85.0447	94.5552	15.798	15.74	99975.28	100355.4	2879.869	T
11407	71.5033	93.4053	18.19	18.153	99979.59	100357	2880.059	T
11408	86.3044	98.4241	10.709	10.586	99974.58	100350.3	2879.605	T
11409	88.2832	98.2136	10.372	10.262	99974.21	100350	2879.719	T
11410	97.452	92.0131	9.395	9.389	99972.67	100349.1	2880.895	T
11411	145.5612	90.5242	11.287	11.285	99964.58	100346.1	2881.054	T
11412	Stn				99958.67	100382.9	2878.213	STN
11375	289.2929	86.1139	45.859	45.758	99973.93	100339.8	2881.248	
11414	289.2828	86.1245	45.87	45.769	99973.92	100339.8	2881.234	E
11415	295.4553	91.2251	22.614	22.608	99968.49	100362.5	2877.659	T
11416	292.591	87.5406	22.504	22.489	99967.45	100362.2	2879.028	T
11417	268.5724	83.2252	23.39	23.234	99958.24	100359.7	2880.9	T
11418	300.4644	86.5619	25.746	25.709	99971.82	100360.8	2879.579	T
11419	300.0417	87.2959	22.441	22.42	99969.9	100363.5	2879.183	T
11420	286.4627	87.092	12.191	12.176	99962.18	100371.2	2878.809	T
11421	315.5153	86.4603	25.059	25.019	99976.62	100365.5	2879.617	T
11422	238.5354	85.3306	18.437	18.381	99949.17	100367.2	2879.634	T
11423	235.5808	90.2412	17.47	17.47	99948.89	100368.4	2878.081	T
11424	233.0305	88.061	16.584	16.575	99948.7	100369.7	2878.753	T
11425	306.0202	88.0142	12.934	12.926	99966.27	100372.4	2878.649	T
11426	287.2658	93.2936	10.832	10.812	99961.91	100372.6	2877.544	T
11427	331.0545	87.2824	15.652	15.637	99972.35	100375.3	2878.894	T
11428	303.2337	93.2022	8.858	8.843	99963.53	100375.5	2877.688	T
11429	303.1406	91.0907	8.904	8.902	99963.54	100375.5	2878.025	T
11430	339.4059	88.4305	13.543	13.539	99971.36	100378.2	2878.507	T
11431	293.5213	87.3038	7.712	7.705	99961.78	100375.9	2878.539	T
11432	317.1246	87.4306	8.339	8.332	99964.78	100377.2	2878.536	T
11433	0.3604	88.4439	29.749	29.742	99988.41	100383.2	2878.856	T
11434	15.3946	89.1229	27.568	27.566	99985.21	100390.3	2878.585	T
11435	209.23	88.1632	17.381	17.373	99943.53	100374.4	2878.727	T
11436	222.0106	86.3953	3.146	3.14	99956.33	100380.8	2878.387	T
11437	29.0411	90.0644	16.344	16.344	99972.95	100390.8	2878.172	T
11438	98.4846	95.3416	5.974	5.946	99957.75	100388.8	2877.624	T
11439	59.425	92.382	12.424	12.411	99964.92	100393.6	2877.632	T
11440	102.4658	94.3459	12.002	11.964	99956.02	100394.6	2877.245	T
11441	72.1032	93.164	12.785	12.764	99962.57	100395.1	2877.473	T
11442	102.4058	93.4638	19.399	19.357	99954.42	100401.8	2876.926	T
11443	65.0156	97.1913	13.782	13.669	99964.44	100395.3	2876.448	T
11444	64.4958	95.3607	13.522	13.458	99964.39	100395.1	2876.884	T
11445	60.5551	96.2823	24.447	24.291	99970.47	100404.1	2875.448	T
11446	58.1959	94.22	24.875	24.803	99971.69	100404	2876.31	T
11447	61.5653	96.0936	24.388	24.248	99970.07	100404.3	2875.587	T
11448	88.3217	94.324	24.889	24.811	99959.3	100407.7	2876.232	T
11449	55.2147	91.4358	28.241	28.228	99974.71	100406.1	2877.35	T

Diana Mireya Anguizaca Jimbo  
Sara Alejandra Mendieta Flores



# UNIVERSIDAD DE CUENCA

Fundada en 1867

Pt.	Azimuth	Zenith	S. Dist	H. Dist	North	East	Elevación	Code
11450	Stn				99957.6	100427.1	2875.104	STN
11412	271.2311	85.5237	44.3	44.185	99958.67	100382.9	2878.213	
11452	271.2342	85.5257	44.274	44.16	99958.67	100382.9	2878.207	E
11453	318.1217	96.4035	11.844	11.763	99966.37	100419.2	2873.651	T
11454	315.5245	91.4032	11.663	11.658	99965.97	100419	2874.687	T
11455	297.581	87.2114	10.961	10.949	99962.73	100417.4	2875.534	T
11456	269.4353	86.2856	11.963	11.94	99957.54	100415.1	2875.762	T
11457	323.11	91.1543	12.487	12.484	99967.59	100419.6	2874.753	T
11458	338.5148	87.3153	18.828	18.811	99975.14	100420.3	2875.839	T
11459	68.5932	100.1121	7.343	7.227	99960.19	100433.8	2873.729	T
11460	48.3018	92.2328	12.583	12.573	99965.93	100436.5	2874.503	T
11461	85.1501	101.172	9.323	9.142	99958.35	100436.2	2873.203	T
11462	87.4827	100.2727	9.41	9.254	99957.95	100436.3	2873.32	T
11463	122.2229	93.0546	10.128	10.113	99952.18	100435.6	2874.481	T
11464	151.1556	91.3307	12.185	12.181	99946.92	100432.9	2874.698	T
11465	104.364	97.0419	20.948	20.788	99952.35	100447.2	2872.449	T
11466	106.5636	99.3945	19.875	19.593	99951.89	100445.8	2871.692	T
11467	109.2002	97.0447	19.659	19.509	99951.14	100445.5	2872.605	T
11468	97.5238	95.2838	23.112	23.006	99954.44	100449.9	2872.822	T
11469	142.0114	92.242	23.133	23.113	99939.38	100441.3	2874.057	T
11470	Stn				99934.26	100456.6	2871.43	STN
11450	308.182	84.1941	37.841	37.656	99957.6	100427.1	2875.104	
11472	308.1834	84.2228	37.805	37.623	99957.58	100427.1	2875.07	E
11473	2.2051	92.3951	11.144	11.132	99945.38	100457.1	2870.846	E
11474	2.145	86.5155	10.881	10.864	99945.11	100457	2871.959	E
11475	3.3403	88.0429	11.578	11.571	99945.8	100457.3	2871.753	T
11476	4.405	88.5151	12.662	12.659	99946.87	100457.7	2871.615	T
11477	269.1932	74.4724	5.37	5.182	99934.19	100451.4	2872.773	T
11478	40.5933	92.3341	24.166	24.142	99952.48	100472.5	2870.284	T
11479	42.3149	92.5116	23.214	23.186	99951.34	100472.3	2870.208	T
11480	40.2203	91.5035	24.22	24.208	99952.7	100472.3	2870.585	T
11481	44.3803	91.2426	23.048	23.041	99950.65	100472.8	2870.798	T
11482	53.2227	90.1645	10.468	10.468	99940.5	100465	2871.313	T
11483	45.5957	90.0522	26.234	26.234	99952.48	100475.5	2871.323	T
11484	82.5058	98.182	18.559	18.365	99936.54	100474.8	2868.683	T
11485	83.0045	94.56	18.094	18.027	99936.45	100474.5	2869.808	T
11486	46.4253	89.2004	29.874	29.872	99954.74	100478.4	2871.711	T
11487	82.1722	94.1852	19.142	19.088	99936.82	100475.5	2869.924	T
11488	140.4643	96.2057	5.787	5.752	99929.8	100460.3	2870.724	T
11489	78.0701	91.3141	25.5	25.491	99939.5	100481.6	2870.684	T
11490	120.295	99.052	24.866	24.554	99921.79	100477.8	2867.436	T
11491	120.3443	96.1744	24.248	24.102	99921.99	100477.4	2868.705	T
11492	118.3603	95.441	25.003	24.878	99922.35	100478.5	2868.865	T
11493	152.0442	94.4148	17.892	17.832	99918.5	100465	2869.899	T
11494	113.101	95.0521	30.776	30.654	99922.19	100484.8	2868.634	T

Diana Mireya Anguizaca Jimbo  
Sara Alejandra Mendieta Flores



# UNIVERSIDAD DE CUENCA

Fundada en 1867

Pt.	Azimuth	Zenith	S. Dist	H. Dist	North	East	Elevación	Code
11495	132.2503	95.0539	34.992	34.854	99910.75	100482.4	2868.257	T
11496	125.3719	95.2319	32.351	32.208	99915.5	100482.8	2868.326	T
11497	158.4902	91.2203	36.961	36.951	99899.8	100470	2870.482	T
11498	158.0809	91.0952	41.289	41.28	99895.94	100472	2870.525	T
11499	131.5739	94.2207	41.891	41.77	99906.33	100487.7	2868.173	T
11500	124.3304	94.2039	43.868	43.742	99909.45	100492.6	2868.041	T
11501	137.3226	97.2317	35.548	35.253	99908.25	100480.4	2866.793	T
11502	137.0405	95.2301	35.641	35.484	99908.28	100480.8	2868.02	T
11503	135.0824	97.1153	35.619	35.338	99909.21	100481.5	2866.901	T
11504	135.132	95.1619	35.513	35.363	99909.15	100481.5	2868.101	T
11505	132.3404	94.3625	42.057	41.921	99905.9	100487.5	2867.986	T
11506	136.2241	94.2324	42.054	41.931	99903.9	100485.6	2868.145	T
11507	135.0918	95.0029	43.266	43.1	99903.7	100487	2867.587	T
11508	133.4211	94.5116	43.202	43.047	99904.51	100487.7	2867.708	T
11509	135.0659	95.1454	43.302	43.121	99903.7	100487.1	2867.403	T
11510	133.3256	95.0825	43.318	43.144	99904.53	100487.9	2867.483	T
11511	132.055	95.4122	49.337	49.094	99901.34	100493.1	2866.473	T
11512	130.5507	95.3301	48.821	48.592	99902.43	100493.3	2866.642	T
11513	133.3308	95.3944	49.553	49.311	99900.28	100492.4	2866.475	T
11514	133.1202	94.5614	50.742	50.554	99899.65	100493.5	2866.997	T
11515	146.1159	93.4313	46.636	46.538	99895.58	100482.5	2868.338	T
11516	145.5759	93.2107	49.529	49.444	99893.28	100484.3	2868.468	T
11517	128.4337	92.5958	103.904	103.761	99869.34	100537.6	2865.927	T
11517	Stn				99869.34	100537.6	2865.927	STN
11470	308.4337	86.5401	103.913	103.761	99934.26	100456.6	2871.43	
11521	308.4246	86.5436	103.869	103.718	99934.21	100456.6	2871.41	E
11522	307.5729	91.3559	34.781	34.768	99890.73	100510.2	2864.84	E
11523	305.5358	91.1011	34.095	34.088	99889.33	100510	2865.115	T
11524	301.0233	89.5012	33.678	33.678	99886.71	100508.7	2865.907	T
11525	299.2903	88.2602	33.734	33.721	99885.94	100508.2	2866.733	T
11526	312.4537	90.4452	35.176	35.173	99893.22	100511.7	2865.352	T
11527	341.2235	89.362	37.342	37.341	99904.73	100525.6	2866.068	T
11528	335.0318	96.134	18.888	18.777	99886.37	100529.7	2863.762	T
11529	334.1023	95.3242	18.173	18.088	99885.62	100529.7	2864.055	T
11530	342.1948	95.2623	20.317	20.225	99888.61	100531.4	2863.885	T
11531	331.4956	93.4024	16.311	16.278	99883.69	100529.9	2864.766	T
11532	305.242	93.5907	10.662	10.636	99875.5	100528.9	2865.07	T
11533	358.1418	91.0108	33.349	33.344	99902.67	100536.5	2865.218	T

Diana Mireya Anguizaca Jimbo  
Sara Alejandra Mendieta Flores





UNIVERSIDAD DE CUENCA

Fundada en 1867

## **ANEXO A3 Cálculo del Hidrograma Total**

Diana Mireya Anguizaca Jimbo  
Sara Alejandra Mendieta Flores



# UNIVERSIDAD DE CUENCA

Fundada en 1867

Diana Mireya Anguizaca Jimbo  
Sara Alejandra Mendieta Flores



# UNIVERSIDAD DE CUENCA

Fundada en 1867

Diana Mireya Anguizaca Jimbo  
Sara Alejandra Mendieta Flores



# UNIVERSIDAD DE CUENCA

Fundada en 1867

## ANEXO A4 Fotografías

### PASO # 1 (Y de Cuchil)

Entrada Paso "Y" de Cuchil



Diana Mireya Anguizaca Jimbo  
Sara Alejandra Mendieta Flores



# UNIVERSIDAD DE CUENCA

Fundada en 1867

Cruce en la "Y" (Paso #1)



Diana Mireya Anguizaca Jimbo  
Sara Alejandra Mendieta Flores



# UNIVERSIDAD DE CUENCA

Fundada en 1867

## PASO # 2

Entrada Paso # 2



Diana Mireya Anguizaca Jimbo  
Sara Alejandra Mendieta Flores



# UNIVERSIDAD DE CUENCA

Fundada en 1867



Salida Paso # 2



Diana Mireya Anguizaca Jimbo  
Sara Alejandra Mendieta Flores



# UNIVERSIDAD DE CUENCA

Fundada en 1867



Diana Mireya Anguizaca Jimbo  
Sara Alejandra Mendieta Flores





# UNIVERSIDAD DE CUENCA

Fundada en 1867



**PASO # 3**

Entrada Paso # 3



Diana Mireya Anguizaca Jimbo  
Sara Alejandra Mendieta Flores



# UNIVERSIDAD DE CUENCA

Fundada en 1867



Diana Mireya Anguizaca Jimbo  
Sara Alejandra Mendieta Flores



# UNIVERSIDAD DE CUENCA

Fundada en 1867

## Salida Paso # 3



Diana Mireya Anguizaca Jimbo  
Sara Alejandra Mendieta Flores



# UNIVERSIDAD DE CUENCA

Fundada en 1867

## Vista Panorámica de la Cuenca



Diana Mireya Anguizaca Jimbo  
Sara Alejandra Mendieta Flores



# UNIVERSIDAD DE CUENCA

Fundada en 1867



Diana Mireya Anguizaca Jimbo  
Sara Alejandra Mendieta Flores



# UNIVERSIDAD DE CUENCA

Fundada en 1867

## ANEXO A5 Datos de Evaluación de la Quebrada Quimandel

abscisa	caudal	cota de fondo	cota agua	altura crítica	línea de energía	pendiente de energía	velocidad	area	ancho	# de froude
	(m <sup>3</sup> /s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/m)	(m/s)	(m <sup>2</sup> )	(m)	
0+690.0	12.59	2917.49	2919.09	2919.33	2919.92	0.06	4.48	4.25	6.15	1.32
0+680.0	12.59	2916.75	2918.24	2918.71	2919.74	0.13	5.65	2.88	5.10	1.79
0+670.0	12.59	2915.93	2917.26	2917.51	2918.08	0.06	4.07	3.47	5.79	1.43
0+660.0	12.59	2915.60	2916.72	2916.84	2917.26	0.04	3.42	4.63	8.10	1.22
0+650.0	12.59	2915.13	2916.25	2916.50	2917.07	0.07	4.53	4.52	8.56	1.55
0+640.0	12.59	2914.15	2915.52	2915.82	2916.42	0.12	5.80	4.92	9.89	1.71
0+630.0	12.59	2912.69	2914.27	2914.61	2915.37	0.17	6.15	4.20	8.69	1.78
0+620.0	12.58	2912.16	2913.14	2913.41	2913.99	0.08	4.33	3.85	7.81	1.66
0+610.0	12.58	2911.55	2912.21	2912.58	2913.48	0.16	5.16	3.01	8.45	2.25
0+600.0	12.58	2909.76	2910.71	2911.24	2912.76	0.21	6.86	2.74	6.62	2.55
0+590.0	12.58	2907.94	2908.79	2909.17	2910.04	0.14	5.22	3.10	7.64	2.15
0+580.0	12.58	2906.72	2907.48	2907.70	2908.19	0.08	3.81	3.82	9.73	1.65
0+570.0	12.58	2905.64	2906.71	2906.84	2907.24	0.05	3.37	4.65	7.93	1.19
0+560.0	12.58	2904.68	2906.37		2906.76	0.04	3.20	6.12	8.52	0.89
0+550.00	12.58	2904.06	2905.45	2905.40	2905.68	0.05	3.13	7.58	13.80	1.03
0+540.00	12.58	2903.56	2905.40		2905.43	0.01	1.04	16.71	14.78	0.31
0+530.00	12.58	2904.03	2904.92	2905.26	2906.22	0.15	5.43	3.72	14.13	2.22
0+520.00	12.58	2902.79	2903.40	2903.38	2903.60	0.13	2.81	6.53	15.39	1.74
0+510.00	12.58	2900.95	2902.15	2902.35	2902.79	0.09	4.12	5.76	19.15	1.59
0+500.00	12.58	2900.86	2901.46	2901.54	2901.80	0.06	2.90	6.17	15.95	1.38
0+490.00	12.57	2899.90	2900.92	2901.10	2901.53	0.07	3.89	5.50	16.03	1.53
0+480.00	12.57	2898.87	2900.20	2900.36	2900.74	0.08	4.23	6.99	21.90	1.42
0+470.00	12.57	2898.12	2899.30	2899.46	2899.82	0.11	4.67	7.26	25.30	1.60
0+460.00	12.57	2897.27	2898.27	2898.23	2898.44	0.06	2.97	8.42	18.38	1.20
0+450.00	12.57	2897.13	2897.70	2897.55	2897.83	0.05	2.42	9.12	18.95	1.21
0+440.00	12.58	2896.32	2897.10	2897.14	2897.37	0.07	3.14	7.58	18.74	1.41
0+430.00	12.57	2895.17	2896.29	2896.50	2896.96	0.09	4.07	5.58	19.43	1.59
0+420.00	12.58	2894.01	2895.28	2895.50	2896.03	0.11	4.43	5.42	19.54	1.65
0+410.00	12.58	2893.42	2894.15	2894.09	2894.32	0.09	2.96	7.36	14.80	1.40
0+400.00	12.58	2892.55	2893.28	2893.18	2893.42	0.07	2.73	8.14	16.12	1.19
0+390.00	12.58	2891.17	2892.39	2892.57	2892.97	0.10	4.49	6.19	17.35	1.61
0+380.00	12.58	2890.41	2891.52	2891.53	2891.75	0.03	3.04	9.53	20.27	1.05
0+370.00	12.57	2889.22	2890.74	2890.93	2891.31	0.06	4.09	6.68	18.55	1.29
0+360.00	12.57	2889.37	2890.23	2890.24	2890.46	0.03	3.17	9.58	20.33	1.13
0+350.00	12.57	2888.43	2889.50	2889.78	2890.40	0.11	4.48	4.11	12.62	1.82
0+340.00	12.57	2888.76	2888.71	2888.93	2889.44	0.06	4.15	5.36	18.89	1.12
0+330.00	12.57	2888.51	2888.05	2888.08	2888.30	0.05	3.41	8.43	16.99	1.03

Diana Mireya Anguizaca Jimbo  
Sara Alejandra Mendieta Flores



# UNIVERSIDAD DE CUENCA

Fundada en 1867

abscisa	caudal	cota de fondo	cota agua	altura crítica	línea de energía	pendiente de energía	velocidad	area	ancho	# de froude
	(m <sup>3</sup> /s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/m)	(m/s)	(m <sup>2</sup> )	(m)	
0+320.00	12.57	2886.14	2887.32	2887.52	2887.95	0.05	3.73	5.29	15.79	1.29
0+310.00	12.55	2885.14	2886.88		2887.20	0.03	2.89	7.76	16.26	0.90
0+300.00	12.57	2884.38	2886.46	2886.55	2886.86	0.10	3.58	6.15	13.74	1.11
0+290.00	12.57	2883.66	2885.52	2885.66	2886.02	0.08	3.83	5.90	12.51	1.16
0+280.00	12.57	2883.04	2884.51	2884.87	2885.67	0.12	5.16	3.51	10.06	1.70
0+270.00	12.57	2881.96	2883.20	2883.34	2883.67	0.09	4.04	6.50	17.89	1.48
0+260.00	12.57	2881.21	2882.35	2882.23	2882.48	0.05	2.49	8.83	16.61	0.97
0+250.00	12.57	2880.20	2881.77		2882.02	0.03	2.94	8.99	18.61	0.93
0+240.00	12.57	2879.69	2881.04	2881.48	2882.14	0.09	4.82	3.24	6.18	1.65
0+230.00	12.57	2879.15	2880.14	2880.41	2880.98	0.07	4.96	5.90	16.78	1.64
0+220.00	12.57	2877.68	2879.46	2879.75	2880.18	0.05	3.86	4.27	9.85	1.18
0+210.00	12.57	2877.69	2879.04	2879.17	2879.46	0.03	3.04	6.61	21.44	1.05
0+200.00	12.56	2877.63	2878.64	2878.70	2878.88	0.04	2.75	9.68	29.77	1.13
0+190.00	12.57	2876.83	2877.99	2878.21	2878.72	0.10	4.36	4.61	11.24	1.71
0+180.00	12.57	2876.00	2877.02	2877.17	2877.51	0.10	4.33	6.47	17.65	1.66
0+170.00	12.56	2874.85	2876.15	2876.23	2876.57	0.04	3.76	7.07	12.48	1.17
0+160.00	12.57	2873.76	2875.54	2875.75	2876.10	0.05	3.89	6.08	11.54	1.09
0+150.00	12.57	2873.58	2875.03	2875.13	2875.61	0.07	4.75	6.10	11.32	1.39
0+140.00	12.57	2873.31	2874.23	2874.48	2875.10	0.11	6.15	5.36	11.39	2.10
0+130.00	12.57	2871.94	2873.20	2873.42	2873.90	0.07	4.43	5.91	14.59	1.44
0+120.00	12.57	2871.10	2872.55	2872.58	2872.80	0.06	3.34	7.93	17.41	1.08
0+110.00	12.57	2870.93	2872.20		2872.23	0.01	1.26	19.48	23.68	0.41
0+100.00	12.57	2870.33	2871.43	2871.61	2872.02	0.06	4.25	6.74	16.51	1.40
0+090.00	12.57	2869.41	2870.97	2871.03	2871.24	0.05	3.67	9.08	20.90	1.04
0+080.00	12.56	2868.42	2870.33	2870.42	2870.70	0.09	3.83	6.97	16.36	1.08
0+070.00	12.57	2867.67	2869.38	2869.53	2869.89	0.14	4.41	5.46	12.35	1.33
0+060.00	12.57	2866.85	2868.64		2868.77	0.01	2.04	11.83	16.87	0.54
0+050.00	12.57	2867.43	2868.25	2868.48	2869.06	0.12	4.75	5.10	15.63	1.93
0+040.00	12.57	2866.25	2867.15	2867.23	2867.53	0.11	3.82	5.76	12.24	1.65
0+030.00	12.57	2865.42	2866.26	2866.35	2866.66	0.04	3.40	7.02	14.35	1.21
0+020.00	12.57	2864.80	2865.87	2865.91	2866.18	0.05	3.10	7.22	16.37	1.32
0+010.00	12.57	2864.26	2865.21	2865.32	2865.64	0.10	3.89	5.54	11.25	1.74

Diana Mireya Anguizaca Jimbo  
Sara Alejandra Mendieta Flores



# UNIVERSIDAD DE CUENCA

Fundada en 1867

## ANEXO A6 Datos de Diseño Alternativa 1 (Ducto Cajón)

abscisa	caudal	cota de fondo	cota agua	altura crítica	línea de energía	pendiente de energía	velocidad	area	ancho	# de froude
	(m <sup>3</sup> /s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/m)	(m/s)	(m <sup>2</sup> )	(m)	
0+690.00	12.59	2917.49	2919.09	2919.33	2919.92	0.06	4.48	4.25	6.15	1.32
0+680.00	12.59	2916.75	2918.24	2918.71	2919.74	0.13	5.66	2.88	5.10	1.79
0+670.00	12.59	2915.93	2917.26	2917.51	2918.08	0.06	4.07	3.47	5.79	1.43
0+660.00	12.59	2915.60	2916.72	2916.84	2917.26	0.04	3.42	4.63	8.10	1.22
0+650.00	12.59	2915.13	2916.25	2916.50	2917.07	0.07	4.52	4.53	8.56	1.54
0+640.00	12.59	2914.15	2915.52	2915.82	2916.43	0.12	5.80	4.91	9.89	1.71
0+630.00	12.59	2912.69	2914.27	2914.61	2915.37	0.17	6.15	4.20	8.69	1.78
0+620.00	12.58	2912.16	2913.14	2913.41	2913.99	0.08	4.34	3.84	7.80	1.66
0+610.00	12.58	2911.55	2912.21	2912.58	2913.48	0.16	5.16	3.01	8.45	2.25
0+600.00	12.58	2909.76	2910.71	2911.24	2912.76	0.21	6.84	2.74	6.63	2.54
0+590.00	12.58	2907.94	2908.79	2909.17	2910.04	0.14	5.22	3.10	7.64	2.15
0+580.00	12.58	2906.72	2907.48	2907.70	2908.19	0.08	3.81	3.83	9.74	1.65
0+570.00	12.58	2905.64	2906.71	2906.84	2907.24	0.05	3.36	4.66	7.94	1.19
0+560.00	12.17	2904.68	2906.37		2906.74	0.03	3.10	6.13	8.52	0.86
0+550.00	12.57	2904.06	2905.53		2905.71	0.04	2.74	8.83	15.08	0.86
0+540.00	12.58	2903.56	2905.50		2905.53	0.00	0.98	18.26	15.72	0.28
0+530.00	12.58	2904.03	2905.26	2905.26	2905.54	0.02	2.76	9.06	17.20	0.90
0+527.00	Bridge									
0+520.00	12.58	2902.79	2903.40	2903.38	2903.60	0.13	2.81	6.52	15.38	1.74
0+510.00	12.58	2900.95	2902.15	2902.35	2902.80	0.09	4.14	5.73	19.13	1.60
0+500.00	12.58	2900.86	2901.46	2901.54	2901.80	0.06	2.90	6.17	15.95	1.38
0+490.00	12.58	2899.90	2900.92	2901.10	2901.53	0.07	3.89	5.51	16.05	1.53
0+480.00	12.58	2898.87	2900.20	2900.36	2900.74	0.08	4.23	6.98	21.90	1.43
0+470.00	12.58	2898.12	2899.29	2899.46	2899.83	0.11	4.69	7.23	25.27	1.61
0+460.00	12.57	2897.27	2898.27	2898.23	2898.44	0.06	2.97	8.44	18.40	1.20
0+450.00	12.57	2897.13	2897.70	2897.55	2897.83	0.05	2.42	9.12	18.95	1.21
0+440.00	12.57	2896.32	2897.09	2897.13	2897.37	0.07	3.15	7.55	18.73	1.42
0+430.00	12.57	2895.17	2896.29	2896.50	2896.96	0.09	4.08	5.55	19.40	1.59
0+420.00	12.57	2894.01	2895.28	2895.50	2896.03	0.11	4.43	5.41	19.53	1.65
0+410.00	12.57	2893.42	2894.15	2894.09	2894.32	0.09	2.96	7.35	14.79	1.40
0+400.00	12.57	2892.55	2893.28	2893.18	2893.42	0.07	2.73	8.13	16.11	1.19
0+390.00	12.57	2891.17	2892.39	2892.56	2892.97	0.10	4.49	6.19	17.35	1.61
0+380.00	12.57	2890.41	2891.52	2891.53	2891.75	0.03	3.03	9.53	20.27	1.05
0+370.00	12.57	2889.22	2890.74	2890.93	2891.31	0.06	4.10	6.67	18.54	1.29
0+360.00	12.57	2889.37	2890.22	2890.24	2890.46	0.03	3.17	9.56	20.32	1.13
0+350.00	12.57	2888.43	2889.50	2889.78	2890.40	0.11	4.48	4.10	12.60	1.82
0+340.00	12.57	2886.76	2888.71	2888.93	2889.44	0.06	4.14	5.39	19.03	1.12

Diana Mireya Anguizaca Jimbo  
Sara Alejandra Mendieta Flores





# UNIVERSIDAD DE CUENCA

Fundada en 1867

abscisa	caudal	cota de fondo	cota agua	altura crítica	línea de energía	pendiente de energía	velocidad	area	ancho	# de froude
	(m <sup>3</sup> /s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/m)	(m/s)	(m <sup>2</sup> )	(m)	
0+330.00	12.57	2886.51	2888.05	2888.08	2888.30	0.05	3.39	8.48	17.00	1.02
0+320.00	12.57	2886.14	2887.33	2887.52	2887.95	0.05	3.72	5.29	15.79	1.29
0+310.00	12.57	2885.14	2886.92		2887.19	0.03	2.70	8.35	16.29	0.84
0+300.00	12.57	2884.38	2886.82	2886.55	2886.91	0.02	1.86	12.04	17.54	0.50
0+297.00	Bridge									
0+290.00	12.57	2883.66	2885.52	2885.67	2886.02	0.08	3.85	5.88	12.50	1.17
0+280.00	12.57	2883.04	2884.51	2884.87	2885.67	0.12	5.16	3.51	10.06	1.70
0+270.00	12.57	2881.96	2883.20	2883.34	2883.67	0.09	4.04	6.50	17.89	1.48
0+260.00	12.57	2881.21	2882.35	2882.23	2882.48	0.05	2.48	8.86	16.63	0.97
0+250.00	12.57	2880.20	2881.77		2882.02	0.03	2.94	9.01	18.62	0.93
0+240.00	12.57	2879.69	2881.04	2881.48	2882.13	0.09	4.81	3.24	6.18	1.65
0+230.00	12.57	2879.15	2880.14	2880.42	2880.99	0.07	4.96	5.89	16.75	1.64
0+220.00	12.57	2877.68	2879.46	2879.75	2880.19	0.05	3.91	4.18	9.64	1.20
0+210.00	12.57	2877.69	2878.98	2879.17	2879.54	0.05	3.45	5.31	20.44	1.23
0+209.00	Bridge									
0+180.00	12.57	2876.00	2877.02	2877.17	2877.51	0.09	4.31	6.49	17.65	1.66
0+170.00	12.56	2874.85	2876.15	2876.23	2876.57	0.04	3.77	7.04	12.45	1.18
0+160.00	12.57	2873.76	2875.54	2875.75	2876.10	0.05	3.91	6.04	11.49	1.09
0+150.00	12.57	2873.58	2875.03	2875.13	2875.61	0.07	4.74	6.11	11.32	1.39
0+140.00	12.57	2873.31	2874.23	2874.48	2875.10	0.11	6.16	5.35	11.38	2.10
0+130.00	12.57	2871.94	2873.20	2873.42	2873.90	0.07	4.43	5.91	14.59	1.44
0+120.00	12.57	2871.10	2872.54	2872.58	2872.80	0.06	3.37	7.86	17.37	1.09
0+110.00	12.56	2870.93	2872.06		2872.10	0.01	1.54	16.14	23.68	0.54
0+100.00	12.56	2870.33	2871.49	2871.62	2871.92	0.04	3.70	7.80	16.51	1.18
0+090.00	12.58	2869.41	2870.97	2871.03	2871.24	0.05	3.66	9.12	20.91	1.04
0+080.00	12.58	2868.42	2870.33	2870.42	2870.70	0.09	3.83	6.98	16.36	1.08
0+070.00	12.58	2867.67	2869.38	2869.53	2869.89	0.14	4.40	5.48	12.36	1.32
0+060.00	12.58	2866.85	2868.80	2868.18	2868.89	0.01	1.73	14.57	17.42	0.44
0+059.00	Bridge									
0+050.00	12.58	2867.43	2868.25	2868.48	2869.06	0.12	4.74	5.11	15.63	1.93
0+040.00	12.58	2866.25	2867.15	2867.22	2867.53	0.11	3.82	5.77	12.24	1.65
0+030.00	12.58	2865.42	2866.26	2866.35	2866.66	0.04	3.39	7.05	14.38	1.20
19.9999	12.58	2864.8	2865.87	2865.92	2866.18	0.054047	3.1	7.24	16.4	1.32
9.99984	12.58	2864.26	2865.21	2865.32	2865.64	0.100644	3.9	5.54	11.24	1.75

Diana Mireya Anguizaca Jimbo  
Sara Alejandra Mendieta Flores



# UNIVERSIDAD DE CUENCA

Fundada en 1867

## ANEXO A7 Datos de Diseño Alternativa 2 (Ármicos)

abscisa	caudal	cota de fondo	cota agua	altura crítica	línea de energía	pendiente de energía	velocidad	area	ancho	# de froude
	(m <sup>3</sup> /s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/m)	(m/s)	(m <sup>2</sup> )	(m)	
0+690.00	12.50	2917.49	2918.63	2919.33	2922.49	0.50	8.93	1.71	4.66	3.39
0+680.00	12.50	2916.75	2918.26	2918.70	2919.65	0.12	5.46	2.99	5.20	1.72
0+670.00	12.50	2915.93	2917.11	2917.50	2918.37	0.12	5.03	2.67	4.74	1.94
0+660.00	12.50	2915.60	2916.60	2916.84	2917.38	0.07	4.04	3.72	7.16	1.55
0+650.00	12.50	2915.13	2916.38	2916.50	2916.91	0.04	3.70	5.79	9.62	1.17
0+640.00	12.50	2914.15	2915.56	2915.81	2916.31	0.10	5.36	5.35	10.35	1.56
0+630.00	12.50	2912.69	2914.33	2914.61	2915.18	0.13	5.53	4.73	9.29	1.56
0+620.00	12.50	2912.16	2913.06	2913.41	2914.18	0.13	4.95	3.25	7.00	2.02
0+610.00	12.50	2911.55	2912.30	2912.57	2913.17	0.09	4.32	3.77	9.44	1.75
0+600.00	12.50	2909.76	2910.83	2911.23	2912.12	0.11	5.56	3.61	7.74	1.92
0+590.00	12.50	2907.94	2908.72	2909.17	2910.36	0.21	5.93	2.61	6.58	2.60
0+580.00	12.50	2906.72	2907.38	2907.70	2908.47	0.16	4.68	2.94	8.63	2.23
0+570.00	12.50	2905.64	2906.57	2906.84	2907.40	0.09	4.17	3.57	7.05	1.60
0+560.00	12.50	2904.68	2906.54		2906.79	0.02	2.62	7.67	9.58	0.69
0+550.00	12.50	2904.06	2905.82		2905.89	0.01	1.85	13.65	18.70	0.51
0+540.00	12.50	2903.56	2905.80		2905.82	0.00	0.81	23.45	18.62	0.21
0+530.00	12.50	2904.03	2905.72	2905.26	2905.79	0.00	1.51	17.70	19.65	0.41
0+527.00	culvert									
0+520.00	12.50	2902.79	2903.44	2903.38	2903.61	0.10	2.58	7.14	16.12	1.55
0+510.00	12.50	2900.95	2902.18	2902.34	2902.71	0.07	3.80	6.31	19.67	1.44
0+500.00	12.50	2900.86	2901.43	2901.54	2901.83	0.08	3.13	5.66	15.90	1.53
0+490.00	12.50	2899.90	2901.03	2901.10	2901.36	0.04	2.99	7.43	17.17	1.11
0+480.00	12.50	2898.87	2900.19	2900.36	2900.75	0.08	4.29	6.83	21.80	1.45
0+470.00	12.50	2898.12	2899.28	2899.46	2899.86	0.12	4.83	6.97	25.00	1.67
0+460.00	12.50	2897.27	2898.27	2898.23	2898.44	0.06	2.96	8.41	18.38	1.20
0+450.00	12.50	2897.13	2897.71	2897.55	2897.83	0.05	2.38	9.26	19.03	1.18
0+440.00	12.50	2896.32	2897.13	2897.13	2897.36	0.05	2.88	8.26	19.12	1.25
0+430.00	12.50	2895.17	2896.36	2896.50	2896.80	0.05	3.41	6.96	21.05	1.27
0+420.00	12.50	2894.01	2895.27	2895.50	2896.04	0.11	4.49	5.29	19.38	1.68
0+410.00	12.50	2893.42	2894.15	2894.09	2894.31	0.09	2.94	7.36	14.79	1.39
0+400.00	12.50	2892.55	2893.30	2893.18	2893.43	0.07	2.64	8.36	16.19	1.14
0+390.00	12.50	2891.17	2892.49	2892.56	2892.81	0.05	3.48	7.92	17.66	1.17
0+380.00	12.50	2890.41	2891.58	2891.53	2891.75	0.02	2.67	10.79	20.84	0.89
0+370.00	12.50	2889.22	2890.72	2890.93	2891.36	0.07	4.28	6.26	18.16	1.37
0+360.00	12.50	2889.37	2890.28	2890.24	2890.46	0.02	2.81	10.74	20.95	0.97
0+350.00	12.50	2888.43	2889.62	2889.78	2890.09	0.05	3.35	6.45	24.26	1.26
0+340.00	12.50	2886.76	2888.68	2888.93	2889.50	0.07	4.35	4.81	17.04	1.18
0+330.00	12.50	2886.51	2888.14	2888.08	2888.30	0.03	2.77	10.09	17.18	0.81

Diana Mireya Anguizaca Jimbo  
Sara Alejandra Mendieta Flores



# UNIVERSIDAD DE CUENCA

Fundada en 1867

abscisa	caudal	cota de fondo	cota agua	altura critica	linea de energia	pendiente de energia	velocidad	area	ancho	# de froude
	(m3/s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/m)	(m/s)	(m2)	(m)	
0+320.00	12.50	2886.14	2887.35	2887.52	2887.90	0.04	3.52	5.69	15.84	1.20
0+310.00	12.50	2885.14	2886.75	2886.94	2887.34	0.06	3.72	5.64	16.17	1.23
0+300.00	12.50	2884.38	2886.55	2886.55	2886.81	0.06	2.97	7.52	16.35	0.88
0+297.00	culvert									
0+290.00	12.50	2883.66	2885.66	2885.66	2885.93	0.04	2.93	7.81	13.81	0.85
0+280.00	12.50	2883.04	2884.64	2884.86	2885.34	0.07	4.17	5.41	20.48	1.29
0+270.00	12.50	2881.96	2883.08	2883.34	2884.13	0.22	5.64	4.52	16.57	2.23
0+260.00	12.50	2881.21	2882.37		2882.48	0.05	2.38	9.17	16.76	0.92
0+250.00	12.50	2880.20	2881.84	2881.79	2882.02	0.02	2.54	10.36	19.01	0.78
0+240.00	12.50	2879.69	2881.36	2881.47	2881.74	0.02	3.05	8.10	23.55	0.89
0+230.00	12.50	2879.15	2880.10	2880.41	2881.13	0.09	5.37	5.21	15.37	1.82
0+220.00	12.50	2877.68	2879.35	2879.75	2880.33	0.08	4.46	3.27	7.35	1.44
0+210.00	12.50	2877.69	2879.35	2879.17	2879.46	0.01	1.76	13.94	26.43	0.52
0+209.00	culvert									
0+180.00	12.50	2876.00	2876.65	2877.16	2885.76	2.31	14.86	1.34	6.07	0.52
0+170.00	12.50	2874.85	2875.87	2876.22	2877.04	0.15	5.89	4.04	9.33	2.14
0+160.00	12.50	2873.76	2875.48	2875.74	2876.15	0.06	4.21	5.40	10.64	1.20
0+150.00	12.50	2873.58	2875.08	2875.13	2875.54	0.05	4.30	6.71	11.55	1.23
0+140.00	12.50	2873.31	2874.32	2874.48	2874.89	0.07	5.17	6.36	11.75	1.68
0+130.00	12.50	2871.94	2873.15	2873.42	2874.05	0.09	4.92	5.18	14.24	1.64
0+120.00	12.50	2871.10	2872.46	2872.58	2872.87	0.11	4.16	6.37	16.46	1.42
0+110.00	12.50	2870.93	2871.98		2872.03	0.02	1.77	14.16	23.68	0.65
0+100.00	12.50	2870.33	2871.62	2871.62	2871.86	0.02	2.91	9.90	16.51	0.88
0+090.00	12.50	2869.41	2870.91	2871.02	2871.29	0.07	4.20	7.95	20.68	1.22
0+080.00	12.50	2868.42	2870.42	2870.42	2870.64	0.05	3.09	8.57	17.52	0.84
0+070.00	12.50	2867.67	2869.46	2869.53	2869.80	0.09	3.72	6.46	13.20	1.08
0+060.00	12.50	2866.85	2868.71	2868.17	2868.82	0.01	1.88	13.08	17.12	0.49
0+059.00	culvert									
0+050.00	12.50	2867.43	2868.48	2868.48	2868.73	0.03	2.87	8.81	16.77	1.00
0+040.00	12.50	2866.25	2867.09	2867.22	2867.57	0.15	4.24	5.06	11.66	1.94
0+030.00	12.50	2865.42	2866.12	2866.34	2866.82	0.08	4.35	5.18	12.66	1.70
0+020.00	12.50	2864.80	2865.88	2865.91	2866.17	0.05	3.02	7.37	16.55	1.28
0+010.00	12.50	2864.26	2865.30	2865.32	2865.60	0.06	3.26	6.59	12.25	1.39

Diana Mireya Anguizaca Jimbo  
Sara Alejandra Mendieta Flores



UNIVERSIDAD DE CUENCA

Fundada en 1867

## **ANEXO A8 Secciones Evaluación quebrada Quimandel**



# UNIVERSIDAD DE CUENCA

Fundada en 1867



# UNIVERSIDAD DE CUENCA

Fundada en 1867



UNIVERSIDAD DE CUENCA

Fundada en 1867

**ANEXO A9 Secciones Alternativa 1 (Ductos cajón)**



# UNIVERSIDAD DE CUENCA

Fundada en 1867





# UNIVERSIDAD DE CUENCA

Fundada en 1867



# UNIVERSIDAD DE CUENCA

Fundada en 1867



UNIVERSIDAD DE CUENCA

Fundada en 1867

## **ANEXO A10 Secciones Alternativa 2 (Ármicos)**



# UNIVERSIDAD DE CUENCA

Fundada en 1867