



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE CIENCIAS

ESCUELA DE CIENCIAS QUÍMICAS

**“MODELACIÓN DE BASE DE LA DISTRIBUCIÓN TEMPORAL
DE UN EVENTO DE LLUVIA INTENSA OCURRIDO SOBRE LA
QUEBRADA DE CUNDUANA, PROVINCIA DE CHIMBORAZO,
CIUDAD RIOBAMBA ”**

TRABAJO DE TITULACIÓN

TIPO: PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

Trabajo de titulación presentado para optar por el grado académico de:

INGENIERO EN BIOTECNOLOGÍA AMBIENTAL

AUTOR: MILTON CHRISTIAN CÁRDENAS GAMBOA

TUTOR: LUIS MIGUEL SANTILLÁN QUIROGA

Riobamba – Ecuador

2018

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo la cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho de Autor.

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE CIENCIAS
ESCUELA DE CIENCIAS QUÍMICAS

El Tribunal del Trabajo de Titulación certifica que: El trabajo de investigación: **"Modelación de base de la distribución temporal de un evento de lluvia intensa ocurrido sobre la quebrada de Cunduana, perteneciente al cantón Riobamba, provincia de Chimborazo"** de responsabilidad del Sr. Egresado Milton Christian Cárdenas Gamboa, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal del Trabajo de Titulación, quedando autorizada su presentación.

NOMBRE

FIRMA

FECHA

Msc. Luis Miguel Santillán Quiroga
**DIRECTOR DEL TRABAJO
DE TITULACIÓN**

Msc. Soledad Núñez
MIEMBRO DEL TRIBUNAL

Yo, Milton Christian Cárdenas Gamboa, soy responsable de las ideas, doctrinas y resultados expuestos en este trabajo de titulación y el patrimonio intelectual del mismo, pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

MILTON CHRISTIAN CÁRDENAS GAMBOA

DEDICATORIA

A mi madre Jane, por ser parte indispensable que compone el objetivo principal de mi vocación profesional, a mis hermanos, Jorge y Muriel por ser soporte emocional y moral ante adversidades de la vida, a mi padre Iván por ser ejemplo de superación y valentía.

Al Msc. Miguel Santillán, por guiarme en la realización de este proyecto y ser ejemplo de triunfo en metas profesionales.

TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN.....	XV
SUMARY	XVI
INTRODUCCIÓN	1

CAPÍTULO I

1. MARCO TEÓRICO	4
1.1 Fundamentación Legal	4
1.2 Precipitación.....	4
<i>1.2.1. Formas de precipitación.....</i>	<i>5</i>
<i>1.2.2. Tipos de precipitaciones</i>	<i>6</i>
1.3 Lecturas de precipitación	6
<i>1.3.1. Hietogramas</i>	<i>7</i>
<i>1.3.2. Histogramas.....</i>	<i>7</i>
1.4 Ciclo hidrológico	7
<i>1.4.1. Procesos del ciclo de precipitación</i>	<i>7</i>
1.5 Caída de las gotas.....	8
1.6 Variaciones de precipitación	9
<i>1.6.1. Variaciones geográficas</i>	<i>9</i>
<i>1.6.2. Variaciones en el tiempo</i>	<i>9</i>
<i>1.6.2.1 Precipitaciones máximas</i>	<i>10</i>
<i>1.6.3. Variables meteorológicas</i>	<i>10</i>
<i>1.6.3.1. La temperatura.....</i>	<i>10</i>
<i>1.6.3.2. El viento.....</i>	<i>11</i>
<i>1.6.3.3. Presión atmosférica</i>	<i>11</i>
<i>1.6.3.4. Humedad Atmosférica.....</i>	<i>11</i>
<i>1.6.3.5. Evaporación.....</i>	<i>12</i>
<i>1.6.3.6. Dispositivos para medir la evaporación</i>	<i>12</i>
1.7 Clasificación de las nubes.....	13
<i>1.7.1. Por su origen</i>	<i>13</i>
<i>1.7.2. Las nubes por su naturaleza</i>	<i>14</i>

1.7.3.	<i>Por el nivel atmosférico que ocupan</i>	15
1.7.4.	<i>Por sus formas</i>	16
1.8	Cuencas	17
1.8.1.	<i>Tipos de cuencas</i>	18
1.8.1.1.	<i>Cuenca endorréica:</i>	18
1.8.1.2.	<i>Exorreica</i>	18
1.9.1.	<i>El balance hidrológico a nivel de cuenca.</i>	18
1.9	Tipos de suelo	19
1.9.1.	<i>Afloramientos rocosos</i>	19
1.9.2.	<i>Suelo arenoso</i>	19
1.9.3.	<i>Suelo limoso</i>	20
1.9.4.	<i>Suelo arcilloso</i>	20
1.10	Generalidades de HEC-HMS	21
1.11	ARCGIS	21
1.12	Componentes del HEC-HMS	21
1.12.1.	Explorador de cuenca	22

CAPÍTULO II

2.	MARCO METODOLÒGICO	23
2.1.	Tipo y diseño de Investigación	23
2.2.	Población de estudio	23
2.3.	Tamaño de muestra	24
2.4.	Técnicas e instrumentos de recogida de datos	24
2.5.	Técnica de procesamiento de datos	24
2.6.	Hipótesis de trabajo	24
2.7.	Localización de la investigación	25
2.8.	Área de estudio	25
2.9.	Características del suelo	25
2.9.1.	<i>Características físicas</i>	26
2.9.2.	<i>Características químicas</i>	26
2.10.	Proceso de simulación	26
2.10.1.	<i>Obtención del DEM</i>	26
2.11.	Delimitación de la cuenca	27
2.12.	Análisis morfométrico de la curva	28
2.13.	Obtención del tiempo de concentración y tiempo de retardo	30
2.14.	Tiempo de retardo	30

2.15.	Numero de curva (CN)	31
2.16.	Selección de estaciones de influencia	34
2.17.	Interpretación de eventos de lluvia para generar hietogramas de diseño	35
2.18.	Hidrograma de crecida	47
2.19.	Ingresar datos de la cuenca	48
2.20.	Ingresar datos del hietograma de diseño	49
2.21.	Establecer el modelo meteorológico	51
2.22.	Especificar formato de salida de resultados	51

CAPITULO III

3.	RESULTADOS	53
3.1.	Análisis y discusión de resultados	53
3.1.1.	<i>Resumen de resultados globales</i>	53
3.1.1.1.	<i>Gráficas de resultados de la microcuenca</i>	59
3.1.1.2.	<i>Resumen de resultados para punto de cierre</i>	68
3.1.1.3.	<i>Resultados de series de tiempo</i>	77
	CONCLUSIONES	91

GLOSARIO

BIBLIOGRAFÍA

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-2 Características químicas del suelo, sector quebrada Cunduana.....	26
Tabla 2-2 Área y perímetro de la zona de estudio.....	29
Tabla 3-2 Longitud de río en el área de estudio.....	29
Tabla 4-2 Clasificación propuesta de grupos hidrológicos del suelo.....	33
Tabla 5-2 Registro de precipitaciones ESPOCH.....	35
Tabla 6-2 Hietograma de diseño 14 de febrero del 2013.....	35
Tabla 1-3 Resultados globales día 14 de febrero del 2013.....	53
Tabla 2-3 Resultados globales día 12 de agosto del 2013.....	54
Tabla 3-3 Resultados globales día 21 de diciembre del 2014.....	54
Tabla 4-3 Resultados globales día 7 de julio del 2014.....	55
Tabla 5-3 Resultados globales día 9 de agosto del 2014.....	55
Tabla 6-3 Resultados globales día 22 de abril del 2015.....	56
Tabla 7-3 Resultados globales día 14 de octubre del 2015.....	56
Tabla 8-3 Resultados globales día 14 de diciembre del 2015.....	57
Tabla 9-3 Resultados globales día 5 de enero del 2016.....	57
Tabla 10-3 Resultados globales día 8 de agosto del 2016.....	58
Tabla 11-3 Resultados globales día 8 de agosto del 2016.....	58
Tabla 12-3 Resultados globales día 16 de marzo del 2017.....	59
Tabla 13-3 Resumen día 14 de febrero del 2017.....	70
Tabla 14-3 Resumen día 12 de agosto del 2013.....	70
Tabla 15-3 Resumen día 21 de diciembre del 2014.....	71
Tabla 16-3 Resumen 7 de julio del 2014.....	71
Tabla 17-3 Resumen 9 de agosto del 2014.....	72
Tabla 18-3 Resumen 22 de abril del 2015.....	73
Tabla 19-3 Resumen 14 de octubre del 2015.....	73

Tabla 20-3 Resumen 14 de diciembre del 2015	74
Tabla 21-3 Resumen 5 de enero del 2016	75
Tabla 22-3 Resumen 8 de enero del 2016	75
Tabla 23-3 Resumen 8 de agosto del 2016	76
Tabla 24-3 Resumen 16 de marzo del 2017	77
Tabla 25-3 Series de tiempo día 14 de febrero del 2013	78
Tabla 26-3 Series de tiempo día 12 de agosto del 2013	79
Tabla 27-3 Series de tiempo día 21 de diciembre del 2014	80
Tabla 28-3 Series de tiempo día 7 de julio del 2014	81
Tabla 29-3 Series de tiempo día 9 de agosto del 2014	82
Tabla 30-3 Series de tiempo día 22 de abril del 2015	83
Tabla 31-3 Series de tiempo día 14 de octubre del 201	84
Tabla 32-3 Series de tiempo día 14 de diciembre del 2015	85
Tabla 33-3 Series de tiempo día 5 de enero del 2016	86
Tabla 34-3 Series de tiempo día 8 de enero del 2016	87
Tabla 35-3 Series de tiempo día 8 agosto del 2016.....	88
Tabla 36-3 Series de tiempo día 1 de marzo del 2017	89

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-1 Nube frontal	13
Figura 2-1 Nube orográfica.....	13
Figura 3-1 Nube convectiva.....	14
Figura 4-1 Nube por naturaleza	14
Figura 5-1 Nube artificial.....	14
Figura 6-1 Nube baja	15
Figura 7-1 Nube alta	15
Figura 8-1 Nube cumulus.....	16
Figura 9-1 Stratus.....	16
Figura 10-1 Nube cirrus	17
Figura 11-1 Nube nimbus	17
Figura 12-1 Afloramientos rocosos.....	19
Figura 13-1 Suelo arenoso	19
Figura 14-1 Suelo limoso.....	20
Figura 15-1 Suelo arcilloso.....	20
Figura 1-2 Punto medio	25
Figura 2-2 Delimitación DEM en software ARCGIS	27
Figura 3-2 Delimitación de la cuenca	27
Figura 4-2 Área de la curva.....	28
Figura 5-2 Trayectoria del rio	29
Figura 6-2 Determinación de tipo de suelo.....	32
Figura 7-2 Determinación número de curva	34
Figura 8-2 Creación de un nuevo proyecto	48
Figura 9-2 Exportación de la cuenca a HEC-HMS	49

Figura 10-2 Ingreso de datos de área de la cuenca.....	50
Figura 11-2 Ingreso de modelo meteorológico	51
Figura 12-2 Modelación simulada completa.....	52

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1-3 Hietograma de precipitación día 14 febrero del 2013.....	60
Gráfico 2-3 Hietograma de precipitación día 12 agosto del 2013.....	61
Gráfico 3-3 Hietograma de precipitación día 21 diciembre del 2014	62
Gráfico 4-3 Hietograma de precipitación día 7 julio del 2014.....	62
Gráfico 5-3 Hietograma de precipitación día 9 agosto del 2014.....	63
Gráfico 6-3 Hietograma de precipitación día 22 abril del 2015.....	64
Gráfico 7-3 Hietograma de precipitación día 14 octubre del 2015	64
Gráfico 8-3 Hietograma de precipitación día 14 diciembre del 2015	65
Gráfico 9-3 Hietograma de precipitación día 5 enero del 2016	66
Gráfico 10-3 Hietograma de precipitación día 8 de enero del 2016.....	66
Gráfico 11-3 Hietograma de precipitación día 8 agosto del 2016.....	67
Gráfico 12-3 Hietograma de precipitación día 16 marzo del 2017	68
Gráfico 13-3 Medias Marginales de inundación	90

INDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1-2 Tiempo de concentración de Kirpich	30
Ecuación 2-2 Tiempo de retardo de Kirpich	30

RESUMEN

El motivo del presente trabajo se originó por intensos episodios de lluvia, provocados en años anteriores, donde se originó un colapso del alcantarillado. Por lo cual era necesario realizar un estudio dentro de la zona y determinar, un modelo de episodio de lluvia intensa, la utilización de programas informáticos como: ARCGIS y HEC-HMS, con el fin de crear simulaciones para prevenir este tipo de catástrofes en el sistema de alcantarillado de la zona. Mediante la recolección de información y el planteamiento de procesos se obtuvo una caracterización morfométrica de la cuenca de la quebrada de Cunduana, la misma que corresponde a un sector hidrológico con un área de 6.71 Km², con una pendiente 89.91 m/m. Los caudales máximos generados en el hidrograma de la cuenca de la quebrada de Cunduana, son fundamentales para el diseño de estructuras que permitan la protección de los pobladores, frente a eventos de inundaciones, los cuales si llegasen a presentar y no se posee algún obra o estructura que permita su regulación, afectaría de manera negativa la calidad de vida de los mismos.

Palabras clave: <CIENCIAS EXACTAS Y NATURALES>, <BIOTECNOLOGÍA>, <LLUVIA>, <AMBIENTAL, MODELACION>, <HEC-HMS>, <ARCHIS>, <CUNDUANDA (COMUNIDAD)>.

SUMMARY

The investigation was carried out in the Cunduana Creek, Province of Chimborazo, Riobamba City, due to intense episodes of rain, provoked in previous years, where a collapse of the sewerage system originated. Therefore, it was necessary to carry out a study within the area and determine a model of an intense rainfall episode using computer programs such as: ARCGIS and HEC-HMS, in order to create simulations to prevent this type of catastrophe in the area's sewerage system. By collecting information and planning processes, a morphometric characterization of the Cunduana creek basin was obtained, which corresponds to a hydrological sector with an area of 6.71 km², with a gradient of 89.91 m/m. The maximum flows generated in the hydrograph of the Cunduana Creek basin are fundamental for the design of structures that allow the protection of the inhabitants against flooding events, which if they occur and do not have any work or structure that allows its regulation, would negatively affect their quality of life.

Key Words: CUNDUANDA, RAVINE, RAIN, INTENSE, BIOTECHNOLOGY, ENVIRONMENTAL, MODELING, HEC-HMS, ARCHIS

INTRODUCCIÓN

Los episodios de lluvias en la Quebrada de Cunduana han generado destrozos y desbordamientos en el sistema de alcantarillado de la zona. La investigación que se presenta a continuación se enfoca en el estudio y la realización de un modelo, que sirva de base para determinar un posible episodio de lluvia intensa en la región. Con la utilización de sistemas informáticos como ARCGIS y HEC-HMS, se crea una simulación basada en un modelo que determina periodos de tiempo establecidos.

Varios han sido los desastres que se han capturado por el desbordamiento de quebradas, efecto de intensas lluvias y fuertes precipitaciones. Durante el año 2013, el comportamiento de la precipitación a nivel nacional fue irregular tanto en su distribución espacial como temporal, registrando incrementos y decrementos porcentuales. En la región Litoral, a excepción de los meses de enero, febrero, marzo y abril que registraron incrementos porcentuales (entre el 20% al 80%) el resto de meses presentaron decrementos de precipitación los cuales se acentuaron durante el período seco (hasta del -100%) en relación a sus normales climáticas.

En Riobamba, la precipitación acumulada durante el período lluvioso (enero-mayo) en Riobamba Aeropuerto fue de 210.3 mm, representando un decremento porcentual de (-22%) respecto a su normal climática de 270.5 mm; mientras en (septiembre-noviembre) fue de 86.1 mm, representando un decremento porcentual de (-27%) respecto a su normal climática de 117.2

La investigación presenta tres capítulos. En los cuales, el primero se desenvuelve un marco teórico compuesto por conceptos y definiciones que aclaran el panorama de estudio, con el fin de develar interrogantes que se generan al verificar la hipótesis expuesta. Además se hace énfasis en dar el primer paso a la solución de un problema en la comunidad Cunduana, que se ve afectada debido a los desbordamientos de materiales pétreos a las calles, provocando el caos en el alcantarillado y en el tránsito. Cerca del sector se encuentra una planta de tratamiento de agua, la cual también se ve afectada al presentarse fuertes temporales lluviosos.

El segundo capítulo presenta el proceso metodológico y análisis de caudales se encuentra definido en el capítulo tres de esta investigación. Mediante una descripción paso a paso para crear una simulación basada en parámetros de la zona

El procedimiento utilizado para la determinación de un modelo es en base a datos recopilados de intensas precipitaciones en años anteriores, y a su vez tomar conciencia de los posibles actos perjudiciales que puede inducir las tempestades.

Para el último capítulo muestra los resultados obtenidos sus conclusiones mediante las herramientas utilizadas; es así como se formulan hietogramas de diseño que son procesados de forma manual siguiendo la metodología indicada en el capítulo 2. Para ello se manipula un programa HEC-HMS que requiere de insumos variados, pues realiza un estudio interdisciplinario para determinación de hidrogramas de crecida.

.

OBJETIVOS

Objetivo general

Determinar la modelación de base de la distribución temporal de un evento de lluvia intensa ocurrido en los últimos 5 años sobre la quebrada de Cunduana, referente al cantón Riobamba, provincia de Chimborazo.

Objetivos específicos

Generar un hietograma de diseño de la tormenta más intensa de lluvia ocurrida en cada año mediante los registros de precipitación obtenidos desde el año 2013 hasta el año 2017 en la estación meteorológica del INAMHI-ESPOCH.

Determinar los insumos requeridos en la herramienta Hec Hms para modelar la distribución temporal de los eventos de lluvia intensa de cada año desde el 2013 hasta el 2017.

Construir los hidrogramas e hietogramas generados de los eventos de lluvia intensa registrados en cada año de estudio.

Comparar los resultados de los caudales generados con los sucesos de inundación registrados en el sector norte de la ciudad de Riobamba.

CAPÍTULO I

1. MARCO TEÓRICO

1.1 Fundamentación Legal

Según el Art. 264, numeral 1 y 2 de la Constitución manifiesta que: “*Los gobiernos municipales tendrán las siguientes competencias: (...) 1. Planificar el desarrollo cantonal y formular los correspondientes planes de ordenamiento territorial, de manera articulada con la planificación nacional, regional, provincial y parroquial, con el fin de regular el uso y la ocupación del suelo urbano y rural.*”; (...)2.- “*Ejercer el control sobre el uso y ocupación del suelo en el cantón (...)*”. (Constitución de la República del Ecuador, 2017)

1.2 Precipitación

Se engloba dentro del término precipitación a todas las aguas meteóricas que caen sobre la superficie de la tierra, tanto bajo la forma líquida como sólida (nieve, granizo). Estos diversos tipos de precipitaciones son normalmente medidos sin efectuar su discriminación por medio de su equivalente en agua. La precipitación es el origen de todas las corrientes superficiales y profundas, por lo cual su cuantificación y el conocimiento de su distribución, en el tiempo y en el espacio, se constituyen en problemas básicos para la hidrología. (Segerer, 2006 pág. 5)

La precipitación comprende a todo tipo de aguas que caen meteóricamente en la superficie terrestre. Estas precipitaciones pueden ser de tipo líquido o sólido. Las precipitaciones generan las corrientes de origen superficial o profundo por lo cual su conocimiento es importante para los problemas básicos que se presentan en la rama de la hidrología (Vélez, 2000).

1.2.1 Formas de precipitación

Al respecto (Sarocho, 2013) menciona los diferentes tipos de precipitación:

- **Agua líquida:** Es la forma más común y resulta de la caída directa de las nubes. A menudo la precipitación comienza como hielo, pero se funde en su trayecto a la tierra. Abarca superficies de regular extensión. Se compone de gotas mayores de 0,5 mm de diámetro, que caen con una velocidad superior a 3 m/s. La nube que la genera es el Nimbostratus (Myrna, y otros, 2013). Según su mayor o menor intensidad, se las denomina lluvia fuerte, moderada o ligera.
- **Lluvia general:** Es una lluvia de larga duración (de 3 a 48 horas) y de importante registro (de 10 a 200 mm), abarca grandes extensiones, comúnmente provincias o países enteros. Es lluvia producida por la elevación de masas de aire calientes y húmedas.
- **Llovizna:** Suele ser también de larga duración, pero de poca intensidad, no pasando de 1 mm por hora. Las lloviznas se producen en igualdad de condiciones que las lluvias generales, pero las masas de aire de las que provienen, o no son muy húmedas o no fueron elevadas muy altas. Son precipitaciones uniformes, formadas por gotitas de diámetros menores a 0,5 mm, las que debido a la pequeña velocidad de caída, parecen flotar en el aire (Sarochar, 2012).
- **Garúa:** Es una llovizna de niebla. No afecta mayormente la visibilidad. Debido a su reducido peso y tamaño, las gotitas se mueven aleatoriamente en todas direcciones, por lo que parecen mojar por todos lados. La cantidad de agua que precipita es muy escasa. Las garúas son muy frecuentes en las costas chilenas, especialmente durante los meses de agosto y septiembre, época en que las neblinas suelen tener un espesor de 300 a 400 m.
- **Chaparrón o chubasco:** Son lluvias breves, pero de muy alta intensidad, pudiendo alcanzar varias decenas de milímetros por hora.
- **Aguacero:** Es también una lluvia breve, pero a diferencia del chaparrón, mucho más abundante. Sus variedades más importantes son:
 - a) Aguacero fuerte: es una lluvia breve, muy fuerte, reducida a una pequeña zona.
 - b) Aguacero torrencial: es breve, pero fortísimo. Suele producir daños materiales.

1.2.2 Tipos de precipitaciones

Según (Ministerio de Educación y Ciencia, 2004) establece el tipo de precipitaciones: Es la que resulta del levantamiento del aire que converge en un área de baja presión o centro ciclónico, pudiéndose presentar como precipitación frontal y no frontal.

- **La precipitación no frontal** puede ocurrir en cualquier depresión barométrica, resultando el ascenso debido a la convergencia de masas de aire que tienden a rellenar la zona de baja presión.
- **La precipitación frontal** resulta del levantamiento de aire cálido a un lado de una superficie frontal sobre aire más denso y frío; puede en consecuencia estar asociada a un frente frío o cálido.
- **La precipitación de frente caliente** se forma cuando el aire avanza hacia arriba sobre una masa de aire más frío. La magnitud del ascenso es relativamente baja puesto que la pendiente promedio de la superficie frontal es por lo general de 1:100 a 1:300. La precipitación puede extenderse de 300 a 500 km por delante del frente, y por lo general la lluvia resultante varía entre ligera a moderada y continúa hasta que termina el paso del frente (Villodas, 2008).
- **La precipitación de frente frío** es de naturaleza corta y se forma cuando el aire cálido es obligado a subir por una masa de aire frío que está avanzando. Los frentes fríos se mueven más rápidamente que los calientes, y sus superficies frontales tienen pendientes que varían entre 1:50 y 1:150, es decir con mayor pendiente que los anteriores. En consecuencia, el aire cálido se eleva mucho más rápidamente en este tipo de frentes, y las intensidades de la precipitación son por lo general mucho mayores, frecuentemente de tipo tormentoso.

1.3 Lecturas de precipitación

Se utilizan las herramientas hietogramas e histogramas, las cuales nos dan datos acerca de las cantidades precipitadas que se produce en un determinado periodo de tiempo.

1.3.1. Hietogramas

Este hietograma de diseño es la forma gráfica de representar la lluvia incremental, por lo tanto, se presenta como un diagrama de barras, del cual deriva varios procedimientos, entre ellos Intensidad-Duración-Frecuencia. (Valencia, 2007)

1.3.2. Histogramas

Al igual que el hietograma, el histograma es una representación gráfica de la variación caudal en relación con el tiempo en determinado punto de una Cuenca Hidrográfica, este a su vez refleja las condiciones fisiográficas de esta Cuenca y la relación lluvia-escorrentía. (Valencia, 2007)

1.4 Ciclo hidrológico

Es el ciclo fundamental para entender los procesos que se suceden en la tierra. Requiere conocimientos multidisciplinarios. No existe un punto de partida en el ciclo del agua en la tierra, pero lo que sí está claro es que se basa en todos los estados del agua, gas, líquido y sólido. Todos los estados se presentan en la naturaleza y todas ellas son importantes de cara a los recursos humanos. Lo más importante es tener en cuenta la interrelación del hombre con la naturaleza y su influencia en el ciclo del agua. (HIDROLOGIA BASICA Y APLICADA, 2007)

El ciclo presenta diferencias cuantitativas y cualitativas en sus diversos componentes y fases, conforme la región o zona y hay que aprender a convivir con sus características naturales. Por esta razón es importante revisarlo e indicar los posibles cambios provocados por el manejo y uso de las tierras. (Wambeke, 2013 pág. 11)

1.4.1. Procesos del ciclo de precipitación

(HIDROLOGIA BASICA Y APLICADA, 2007) Señala el siguiente proceso:

- **Infiltración:** Es un proceso por el cual el agua se transfiere desde la superficie del terreno hacia las profundidades. Depende de la morfología y composición del terreno. La infiltración: se puede dar de forma saturada o no saturada. Los dos procesos son muy diferentes. En tanto que uno depende directamente de la ley de Darcy el otro fenómeno

está influido por las reacciones físico químicas que ocurren entre el material y el agua. Uno de los más importantes es el fenómeno físico de tensión superficial. Ésta es responsable del movimiento de una gran cantidad de sales en el interior del terreno.

- **Evaporación:** Es el proceso por el cual el agua pasa de estado líquido a estado gaseoso, transfiriéndose a la atmósfera.
- **Transpiración:** Es el resultado de la respiración de las plantas o paso del agua a través de las raíces hacia las hojas y la atmósfera. La cantidad de agua contenida en la vegetación es mínima en comparación con la que consume.
- **Escurrimiento:** Es el proceso superficial por el cual el agua fluye por la superficie del terreno hacia los cauces y el mar.
- **Evapotranspiración:** Es la combinación de la evaporación y transpiración, Transporte de sedimentos; éste proceso es el que crea la morfología de las cuencas, es el responsable de la desertización de las cuencas, los fenómenos de progradación en embalses, la estabilidad de los cauces.

1.5 Caída de las Gotas

Las velocidades hacia arriba, por debajo de las nubes y en las nubes, a menudo sobrepasan los valores necesarios para sostener los elementos dentro de aquellas; por esta razón, para que ocurra precipitación, tales elementos deben aumentar su tamaño hasta que su velocidad de caída exceda a la ascensional del aire. Por otra parte, dichos elementos deben ser también lo suficientemente grandes para penetrar en el aire no saturado que se encuentra por debajo de la base de la nube, sin evaporarse completamente antes de llegar a la tierra (Villodas, 2008).

Una gota de agua que cae desde la base de una nube a un kilómetro sobre el suelo, en un aire que tenga 90% de humedad relativa y que se está elevando a 10 cm/s, requeriría de un diámetro de aproximadamente 440 μm para llegar a la tierra con un diámetro de 200 μm , límite que se considera a menudo como el que hay entre el tamaño de las gotas en una nube y el tamaño precipitable (Cosme, 2012).

Si todas las gotas de una nube fueran del mismo tamaño, se encontrasen a la misma temperatura y estuvieran formadas por agua líquida, la nube se mantendría en equilibrio termodinámico, sin

dar lugar a la formación de gotas gruesas capaces de constituir precipitación. (Segerer, 2006 pág. 6)

1.6 Variaciones de precipitación

(Segerer, 2006), menciona tres tipos de variantes:

1.6.1. Variaciones Geográficas

En general la precipitación es mayor cerca del ecuador y disminuye al aumentar la latitud. Sin embargo, la irregularidad y orientación de las isoyetas en los mapas de precipitación media anual del mundo, indican que su distribución geográfica depende de factores más relevantes que la referida distancia al ecuador (Sanchez, 2013).

La fuente principal de humedad para la precipitación es la evaporación a partir de las superficies de las grandes masas de agua. Por lo tanto, la precipitación tiende a ser mayor cerca de las costas, salvo distorsiones debidas a factores orográficos.

Puesto que el ascenso de las masas de aire constituye el factor más importante para casi todos los tipos de precipitación, las cantidades y las frecuencias son por lo general mayores en el lado de barlovento de las barreras montañosas (Villodas, 2008).

1.6.2. Variaciones en el Tiempo

Aunque algunas fracciones del registro de precipitaciones que se consideren aisladamente, puedan sugerir un aumento o una disminución temporal de sus magnitudes, parece existir una tendencia a regresar hacia la media al considerar largas series de datos, de modo que en ellas los períodos extraordinariamente húmedos tienden a ser balanceados por los períodos secos (Tendencias de las precipitaciones y temperaturas en una pequeña cuenca fluvial del sureste peninsular semiárido, 2011).

La irregularidad de estas fluctuaciones ha sido asiduamente investigada. Aún cuando se han estudiado más de 100 ciclos aparentes, que van desde períodos de 1 a 744 años, y la bibliografía especializada registra numerosos esfuerzos para detectar estas variaciones, con excepción de los cambios diurnos y estacionales, no se han podido demostrar concluyentemente ciclos persistentes y regulares, de alguna magnitud apreciable. Para tratar de establecer la existencia de tales ciclos,

se deberían graficar los años sucesivos en abscisas y las alturas de precipitación de cada año en ordenadas, dibujando la curva cronológica resultante, de cuyo análisis podrá surgir o no un determinado grado de ciclicidad en la distribución con que se presenten las precipitaciones.

1.6.2.1 Precipitaciones Máximas

Otros eventos cuyo estudio reviste gran interés en ingeniería hidrológica lo constituyen las precipitaciones de gran magnitud en una región dada, tanto en lo que hace a la o las épocas en que puedan producirse, como las extensiones que abarquen, por las crecidas que pueden generar en los cursos hídricos que alimentan o que sirven de desagüe a las aguas derivadas de los escurrimientos superficiales (Hidrología, 2000).

1.6.3. Variables meteorológicas

1.6.3.1. La temperatura

Es de todo conocido que la temperatura es una de las magnitudes más utilizadas para describir el estado de la atmósfera. De hecho, la información meteorológica que aparece en los medios de comunicación casi siempre incluye un apartado dedicado a las temperaturas: sabemos que la temperatura del aire varía entre el día y la noche, entre una estación y otra, y también entre una ubicación geográfica y otra. En invierno puede llegar a estar bajo los 0° C y en verano superar los 40° C.

Para medir la temperatura, tenemos que basarnos en propiedades de la materia que se ven alteradas cuando ésta cambia: la resistencia eléctrica de algunos materiales, el volumen de un cuerpo, el color de un objeto, etc. El instrumento que se utiliza para medir la temperatura se llama termómetro y fue inventado por Galileo en 1593. Hay muchos tipos distintos de termómetros. El modelo más sencillo consiste en un tubo graduado de vidrio con un líquido en su interior que puede ser, por ejemplo, alcohol o mercurio. Como estos líquidos se expanden más que el vidrio, cuando aumenta la temperatura, asciende por el tubo y cuando disminuye la temperatura se contrae y desciende por el tubo (Ministerio de Educación y Ciencia, 2004).

1.6.3.2. El viento

En las mediciones del viento se especifica su intensidad o fuerza (unidad = m/s) y su dirección. Ésta se expresa según un código alfabético, que indica la dirección geográfica desde donde sopla el viento (N: Norte; E: Este; S: Sur; W: Oeste, y las direcciones intermedias, como NE o SW). También, se utiliza un código numérico que indica el ángulo desde donde sopla el viento, con respecto al norte, de acuerdo a la siguiente convención: 0° = norte; 90° = este; 180° = sur; 270° = oeste. En las estaciones meteorológicas, el viento se mide a 2 m sobre la superficie y los sensores deben instalarse en un lugar bien expuesto. La fuerza o velocidad del viento se da en metros por segundo (m/s) (Sarocha, 2013).

1.6.3.3. Presión atmosférica

El aire que nos rodea, aunque no lo notemos, pesa y, por tanto, ejerce una fuerza sobre todos los cuerpos debido a la acción de la gravedad. Esta fuerza por unidad de superficie es la denominada presión atmosférica, cuya unidad de medida en el Sistema Internacional es el Pascal (1 Pascal = 1N/m^2). La presión atmosférica depende de muchas variables, sobre todo de la altitud. Cuanto más arriba en la atmósfera nos encontremos, la cantidad de aire por encima de nosotros será menor, lo que hará que también sea menor la presión que éste ejerza sobre un cuerpo ubicado allí. El siguiente gráfico muestra los valores promedio de la presión atmosférica en función de la altitud. En él puede apreciarse cómo la presión atmosférica desciende con la altura, mostrando un decrecimiento aproximadamente exponencial (Ministerio de Educación y Ciencia, 2004).

1.6.3.4. Humedad Atmosférica

Se define como el vapor de agua contenido en el aire, se consideran tres parámetros relacionados según (Instituto nacional de Meteorología e Hidrología, 2014):

- **Tensión de vapor:** Es la fuerza ejercida por el vapor de agua de la atmósfera sobre la superficie de la tierra, independientemente de la ejercida por el resto de gases que constituyen el aire. Se mide en hectopascales por tratarse de presión. Denominase tensión de vapor saturante a la fuerza ejercida por el vapor de agua cuando el aire está saturado, o sea, contiene la mayor cantidad posible de vapor de agua a una temperatura dada.
- **Humedad relativa:** Es un parámetro que determina el grado de saturación de la atmósfera. La humedad relativa del aire húmedo con respecto al agua, es la relación entre la fracción molar del vapor de agua en el aire y la fracción molar correspondiente si el

aire estuviese saturado con respecto al agua, a una presión y una temperatura dadas, su unidad de medida es el porcentaje, mientras más alto sea el porcentaje, mayor es el grado de saturación de vapor agua en la atmósfera.

- **Temperatura del punto de rocío:** Es la temperatura a la que hay que enfriar una masa para que se sature, a presión y humedad constantes (proceso isobárico). Se mide en grados centígrados y décimos de grado por tratarse de una temperatura. Normalmente se usa el término punto de rocío para significar temperatura del punto de rocío.

1.6.3.5. Evaporación

El (Instituto nacional de Meteorología e Hidrología, 2014) menciona que: “el Hidrometeoro, que se refiere a la emisión de vapor de agua a la atmósfera por una superficie libre de agua líquida pura, a una temperatura inferior al punto de ebullición”.

- **Evaporación potencial:** Cantidad de vapor de agua que puede ser emitida por una superficie de agua pura, por unidad de superficie y por unidad de tiempo, en las condiciones atmosféricas existentes, siempre que se cuente con una cantidad suficiente de agua, o sea, disponiendo en todo momento del agua necesaria para evaporar.

-

1.6.3.6. Dispositivos para medir la evaporación

Existe un numeroso grupo de instrumentos para medir la evaporación, el usado por el INAMHI es el Tanque de Evaporación Tipo A que mide la llamada Evaporación Potencial, definida anteriormente:

Tanque de evaporación: Evaporímetro compuesto por un tanque o depósito de mediana profundidad, con una superficie relativamente grande, para medir el descenso, debido a la evaporación, en el nivel de agua que contiene. La evaporación se mide en milímetros de evaporación equivalentes a la pérdida de un litro de agua contenida en una superficie libre de un metro cuadrado. El tanque se encuentra instalado a diez centímetros sobre la superficie de la tierra en una tarima aislante de madera.

1.7 Clasificación de las nubes

1.7.1 Por su origen

Podemos clasificar a las nubes según su origen. Ya comentamos con anterioridad que existen nubes que se forman debido a la presencia de los frentes, son las nubes frontales. Los frentes cálidos, ocluidos y fríos son zonas donde se encuentran nubes. De la misma forma podríamos hablar de nubes situadas en la parte delantera y trasera del frente. Tendremos las nubes pos y pre frontales de frente frío, por poner un ejemplo. Las nubes orográficas son aquellas que están ligadas en su génesis a la orografía o accidentes del terreno. Las nubes conectivas serán aquellas que se forman por la convección o burbujeo atmosférico en los días cálidos e inestables (Léon, 2014).

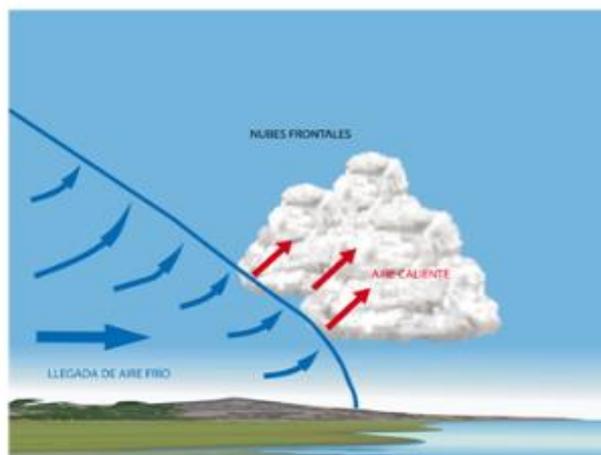


Figura 1-1 Nube frontal

Fuente: (HIDROLOGIA BASICA Y APLICADA, 2007)



Figura 2-1 Nube orográfica

Fuente: (HIDROLOGIA BASICA Y APLICADA, 2007)



Figura 3-1 Nube conectiva
Fuente: (Física Aplicada, 2017)

1.7.2 Las nubes por su naturaleza

Las nubes naturales y artificiales. Las primeras se originan de forma natural. Las segundas se forman por la acción directa o indirecta de los seres humanos (penachos de humo, nubes asociadas a la contaminación.) (ALGETE, 2013).



Figura 4-1 Nube por naturaleza
Fuente: (Física Aplicada, 2017)



Figura 5-1 Nube artificial
Fuente: (Física Aplicada, 2017)

1.7.3 Por el nivel atmosférico que ocupan

Si consideramos que la tropósfera está dividida en tres niveles o capas a distinta altura tenemos una clasificación muy útil atendiendo a la altura que, mayoritariamente, ocupa una nube. Así, las nubes próximas al suelo y que llegan hasta los 2- 3 km de altura son llamadas nubes bajas. Las que ocupan un nivel intermedio entre los 3 y 7 km, serán las nubes medias. Las nubes altas son aquellas que ocupan el nivel superior de la troposfera y pueden llegar hasta los 14 km de altura o más. Las alturas de los niveles anteriores hay que considerarlas con cierta “elasticidad”, sus valores son orientativos y dependen de la latitud donde nos encontremos. Siguiendo con nuestra línea clasificatoria por niveles tenemos un caso especial, las nubes de desarrollo vertical formadas por sistemas nubosos que se extienden desde capas bajas a muy altas (Léon, 2014).



Figura 6-1 Nube baja
Fuente: (Física Aplicada, 2017)



Figura 7-1 Nube alta
Fuente: (Física Aplicada, 2017)

1.7.4 Por sus formas

A principios del siglo XIX se dieron los primeros pasos para nombrarlas. En 1803 el científico inglés Luke Howard (1772-1864) presentó una clasificación basada en sus formas más habituales.

Luke Howard llamó a las nubes abultadas, que aparecen como amontonadas e hinchadas, **Cumulus**, que significa montón. A las nubes en capas se las denominó **Stratus** que significa capa o manto. Las nubes en forma de mechón de pelo las denominó **Cirrus**. A las nubes cargadas de lluvia, las denominó **Nimbus**. (ALGETE, 2013)



Figura 8-1 Nube cumulus
Fuente: (Física Aplicada, 2017)



Figura 9-1 Stratus
Fuente: (Física Aplicada, 2017)



Figura 10-1 Nube cirrus
Fuente: (Física Aplicada, 2017)



Figura 11-1 Nube nimbus
Fuente: (Física Aplicada, 2017)

1.8 Cuencas

La cuenca es la unidad hidrológica superficial más utilizada. No coincide con las unidades hidrológicas subterráneas. Consiste en una porción de territorio que se puede aislar de forma que si esta fuese impermeable toda el agua que escurriría por ella drenaría por un mismo punto. Dos tipos de cuenca se pueden reconocer, endorreicas y exorreicas (HIDROLOGIA BASICA Y APLICADA, 2007).

1.8.1. Tipos de cuencas

1.8.1.1. Cuenca endorreica:

Normalmente, el agua que se ha acumulado en una cuenca de drenaje con el tiempo fluye a través de los ríos o arroyos en la superficie de la tierra o por difusión subterránea a través de roca permeable, en última instancia, terminan en los océanos. Sin embargo, en una cuenca endorreica, la lluvia que cae dentro de ella, no sale, pero sólo puede dejar el sistema de drenaje por evaporación y filtración. La parte inferior de dicha cuenca está normalmente ocupada por un lago salado o salina. (HIDROLOGIA BASICA Y APLICADA, 2007)

1.8.1.2. Exorreica

Son los sistemas abiertos de circulación de agua por las superficies de tierra cuyos ríos principales de recolección y desagüe terminan desembocando en el mar, es decir, fuera del territorio. Estas cuencas presentan muchos elementos y características complejas a lo largo del ciclo de agua de todo su sistema. Los sistemas abiertos contienen un gran rango de entradas, almacenamientos, flujos, transferencias y salidas de agua. Las entradas a un sistema exorreico son las precipitaciones, tanto en forma de lluvia como en forma sólida de nieve o granizo, y el deshielo, especialmente el de los glaciares de las grandes montañas y cordilleras. (Ramirez, 2013)

1.9.1. El balance hidrológico a nivel de cuenca.

La cuenca es una unidad de control hidrológico interesante pero no único. La cuenca tiene la característica principal de que la lluvia queda casi perfectamente delimitada por el parteaguas. El agua que cae humedece el terreno y se filtra poco a poco, si la lluvia es suficientemente fuerte el terreno es incapaz de dejar pasar toda el agua que cae y comienza a escurrir por la superficie. Lo hace en forma de pequeños cauces que se van uniendo con otros hasta llegar a los torrentes y ríos. La forma de poder controlar el agua en una cuenca es aplicar la ecuación de conservación de la masa. (HIDROLOGIA BASICA Y APLICADA, 2007)

1.9 Tipos de suelo

1.9.1. *Afloramientos rocosos*

Se caracteriza por grandes rocas sobresalientes del suelo, las cuales demuestran un grado de aridez y erosión. Los afloramientos rocosos deben ser descritos en términos de porcentaje de cobertura en la superficie, junto con información adicional relevante al tamaño, esparcimiento y dureza de los afloramientos. (Vargas, 2009)



Figura 12-1 Afloramientos rocosos
Fuente: (FAO, 2009)

1.9.2. *Suelo arenoso*

En ellos predomina la arena. Por el tamaño grande de sus partículas, estos suelos no retienen el agua que baja a zonas más profundas. Generalmente son de color claro y como no contienen mucha materia orgánica no suelen ser productivos para la agricultura (Ortega, 2014).



Figura 13-1 Suelo arenoso
Fuente: (FAO, 2009)

1.9.3. *Suelo limoso*

El suelo limoso es aquel que está compuesto en mayor medida por el limo, un sedimento cuyo tamaño no supera los 0,05 milímetros. Dado su tamaño tan pequeño y liviano, es transportado a través de las corrientes de aire y de los ríos y es depositado en distintas zonas, especialmente en aquellas cercanas a los cauces de los ríos. (Rodríguez, 2014)



Figura 14-1 Suelo limoso
Fuente: (FAO, 2009)

1.9.4. *Suelo arcilloso*

Cuentan con una característica que definen el tamaño de las partículas que lo forman, modificando también su textura. Están compuestos en gran parte por el mineral conocido como arcilla. Esto los convierte en un suelo de textura pesada, pegajoso cuando está húmedo y muy duro ante carencia de agua (Grevisse, 2016).



Figura 15-1 Suelo arcilloso
Fuente: (FAO, 2009)

1.10 Generalidades de HEC-HMS

El modelo HEC-HMS (“Hydrologic Engineering Center-Hydrologic Modeling System”) fue diseñado para simular procesos de lluvia-escorrentía en sistemas dendríticos de cuencas. Se usa en estudios de disponibilidad de agua, drenaje urbano, pronósticos de flujo, futuras urbanizaciones, reducción del daño por inundaciones, etc. Es un programa gratuito, de dominio público y fue desarrollado por el Centro de Ingeniería Hidrológica del Cuerpo de Ingenieros de la Armada de los EE.UU. Surge como evolución del programa HEC-1 pero incluye muchas mejoras, como una interface gráfica que facilita al usuario las labores de pre y post-proceso y la posibilidad de conectarse a un sistema de información geográfica (Carriollo, 2016).

1.11 ARCGIS

Un SIG, se puede definir como “un sistema de hardware, software y procedimientos diseñados para facilitar la obtención, gestión, manipulación, análisis, modelado, representación y salida de datos espacialmente referenciados, para resolver problemas de la planificación y gestión. En un SIG se almacena información cartográfica y alfanumérica, con la información cartográfica es posible conocer la localización exacta de cada elemento en el espacio y con respecto a otros elementos (topología), con la alfanumérica, se obtienen datos sobre las características o atributos de cada elemento geográfico. (Ochoa, 2008)

1.12 Componentes del HEC-HMS

Para simular la respuesta hidrológica de una cuenca, HEC-HMS utiliza los siguientes componentes: modelos de cuenca, modelos meteorológicos, especificaciones de control y datos de entrada. Una simulación calcula la transformación de lluvia a caudal en el modelo de la cuenca, dada la entrada del modelo meteorológico. Las especificaciones de control definen el periodo de tiempo durante el cual se realizará la simulación y el intervalo de tiempo a utilizar. Los componentes de los datos de entrada, tales como las series temporales, tablas y datos por celdas son requeridos como parámetros o condiciones de contorno tanto en el modelo de la cuenca como en el meteorológico. (Nanía, 2007)

1.12.1. Explorador de cuenca

El explorador de cuenca está desarrollado para dar un rápido acceso a todos los componentes de un proyecto HEC-HMS. Se puede navegar del modelo de la cuenca a un pluviómetro y después al modelo meteorológico sin abrir ventanas adicionales. El explorador de cuenca está dividido en 3 partes: “Components”, “Compute” y “Results”. La estructura jerárquica de los componentes del modelo, tales como el modelo de la cuenca, el modelo meteorológico, las especificaciones de control, etc. está disponible en la pestaña “Components”. Los componentes del modelo están organizados en carpetas individuales. Cuando se selecciona un componente, el explorador de cuenca lo expande para mostrar los subcomponentes. Los signos más (+) y menos (-) pueden usarse para expandir o colapsar el explorador. Desde la pestaña “Compute” puede accederse a las simulaciones, optimizaciones y análisis. En la pestaña “Results” encontraremos todos los resultados del proyecto. Incluso los resultados de diferentes simulaciones pueden compararse en un mismo gráfico o tabla. (Nanía, 2007)

CAPÍTULO II

2. MARCO METODOLÓGICO

2.1. Tipo y diseño de Investigación

Tomando en cuenta que se busca la generación de conocimiento con aplicación directa a los problemas de la sociedad, basándose fundamentalmente en los hallazgos tecnológicos de la investigación básica, ocupándose del proceso de enlace entre la teoría y el producto el tipo de investigación, se ha determinado que la investigación es de tipo aplicada con un diseño no experimental.

2.2. Población de estudio

La población de estudio para la investigación han sido registros recopilados a través de los años en cuestión a días que presenten mayor precipitación, siendo esto los días más importantes para el estudio en su totalidad; los días registrados son:

- 14 de febrero de 2013
- 12 de agosto de 2013
- 21 de diciembre de 2014
- 7 de julio del 2014
- 9 de agosto del 2014
- 22 de abril del 2015
- 14 de octubre del 2015
- 14 de diciembre del 2015
- 5 de enero del 2016
- 8 de enero del 2016
- 8 de agosto del 2016
- 16 de marzo de 2017

2.3. Tamaño de muestra

Debido a que se tiene datos específicos de cada día, es considerable trabajar con toda la población, la misma que aporta con el estudio y la comprobación de la hipótesis.

2.4. Técnicas e instrumentos de recogida de datos

El estudio partió de un análisis empírico del tipo de suelo en el área de estudio, la misma que permitió la toma de datos de importancia para el desarrollo de la modelación base.

Se realizó varias visitas técnicas a la Estación Meteorológica de la Escuela Politécnica de Chimborazo, se utilizaron los registros pluviométricos de la muestra pertinente. Cabe recalcar que se seleccionó la estación de influencia más cercana al área de estudio, ya que contiene datos reales para realizar el estudio, de igual manera, dichos datos se encuentran registrados y validados por el INAMHI.

De igual manera, mediante instrumentos meteorológicos brindados por la Estación Meteorológica de la Escuela Politécnica de Chimborazo se interpretaron y graficaron varias fajas pluviográficas, las mismas que presentan datos de precipitaciones de acuerdo a determinados intervalos de tiempo.

2.5. Técnica de procesamiento de datos

El desarrollo del procesamiento de datos consiste en un modelo lineal general univariado. Ayuda a saber de qué forma los datos de los factores ingresados como precipitación, caudal, tiempo y duración de tormenta, tienen que ver con los eventos de inundación registrados por medios de comunicación.

2.6. Hipótesis de trabajo

Existe una relación entre las precipitaciones máximas con los eventos de desbordamiento en la quebrada de Cunduana.

2.7. Localización de la investigación

El estudio se realizó en la provincia de Chimborazo, en la ciudad de Riobamba en la Quebrada de Cunduana, localizada en las coordenadas de latitud y longitud: (-1.6326710, -78.7311183) punto medio. (-1.6351483,-78.7250732) punto medio. (-1.6365190,-78.7155095) punto medio donde se encuentra una planta de tratamiento de agua (-1.6384541,-78.7144591), punto final de la Quebrada. (-1.6498639,-78.7060832).

2.8. Área de estudio

Punto medio (-1.6326710, -78.731118)

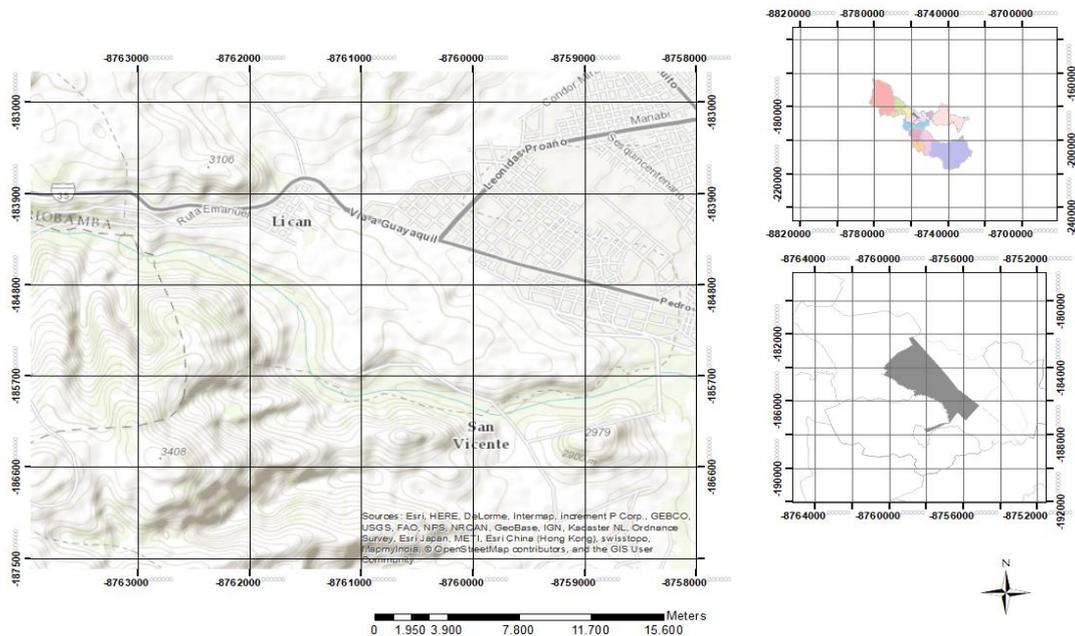


Figura 1-2 Punto medio (-1.6326710, -78.731118)

Realizado por: Cárdenas Christian, 2018

2.9. Características del suelo

Para la investigación se utilizaron las características físicas y químicas del suelo a estudiar, las mismas que fueron tomadas de la investigación de Cruz (2016) quien para su proyecto de titulación denominado: “Efecto de seis extractos de plantas amazónicas sobre el cultivo de Brócoli asociada” realizado en la Licán, determina los aspectos que a continuación se presentan.

2.9.1. Características Físicas

Textura: Arena Franca, Estructura: suelta, Pendiente: plana, Drenaje: bueno, Permeabilidad: buena, Profundidad: 25 cm.

2.9.2. Características Químicas

Tabla 1-2 Características químicas del suelo, sector quebrada Cunduana

	Época de lluvia
pH	7,89 Alcalino
Materia Orgánica	2,46 Bajo
Contenido de NH₄	0,091 Bajo
Contenido de P:	30,17 mg/Kg Alto
Contenido de k₂O:	0,59 mg/100g Alto
Conductividad Eléctrica	212,1 μ S/cm No salino

Realizado por: Cárdenas Christian, 2018

Fuente: (Cuvi, 2016)

2.10. Proceso de simulación

2.10.1. Obtención del DEM

Un modelo digital del terreno (MDT) es un conjunto estructurado de datos que define la distribución espacial de la altitud de la superficie del terreno. Para delimitar el terreno se ha utilizado el programa ARCGIS.

Los modelos de elevación de ráster, o con cuadrícula, son uno de los tipos de datos SIG más habituales. Se pueden utilizar de muchas formas para el análisis y se pueden compartir fácilmente, el mismo ofrece la oportunidad de llevar a cabo modelos de elevación de alta calidad. Estos gráficos muestran representaciones sombreadas de una superficie de primer retorno.

Los modelos de elevación se encuentran de manera gratuita en la red, por lo cual facilita la creación del modelo base de la cuenca de estudio.

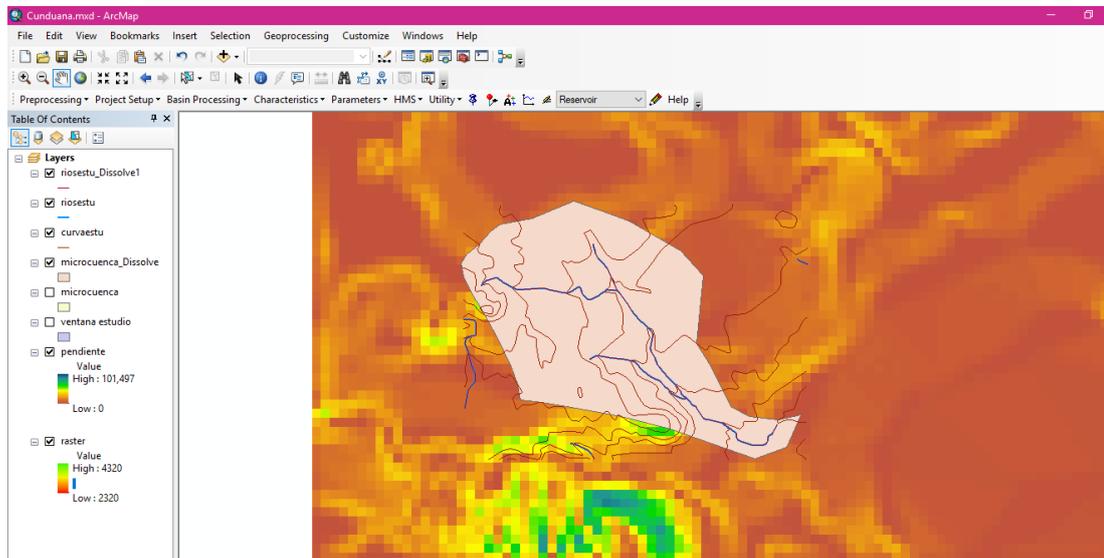


Figura 2-2 Delimitación DEM en software ARCGIS

Realizado por: Cárdenas, Christian, 2018

2.11. Delimitación de la cuenca

Mediante el uso del programa ARCGIS se ha delimitado la cuenca como se muestra en el siguiente gráfico. Determinando la zona de aportación de acuerdo a las curvas de nivel que se encuentran en la ventana de estudio.

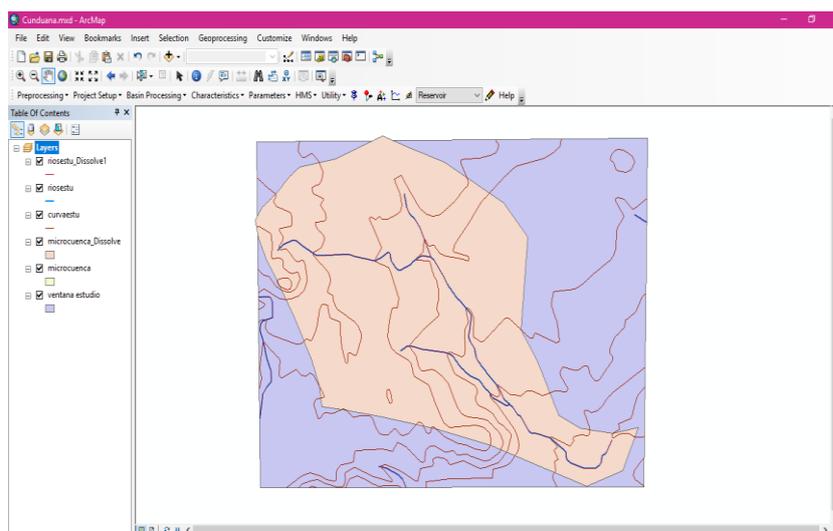


Figura 3-2 Delimitación de la cuenca

Realizado por: Cárdenas, Christian, 2018

2.12. Análisis morfométrico de la curva

Los parámetros morfométricos son insumos de vital importancia para el desarrollo de la modelación base en el software HEC-HMS. Los cuales son datos de partida que se deben tener en consideración. En este caso, dichos aspectos principales son:

- El área, Km²
- Longitud del río principal, Km
- Desnivel o también conocido como cota máxima y mínima

Para determinar estos valores es necesario recurrir al software ARCGIS. Creando una nueva capa, en el cual se muestre solo el contorno de estudio de la cuenca, se podrá apreciar de mejor manera el área. Tal como se muestra a continuación.

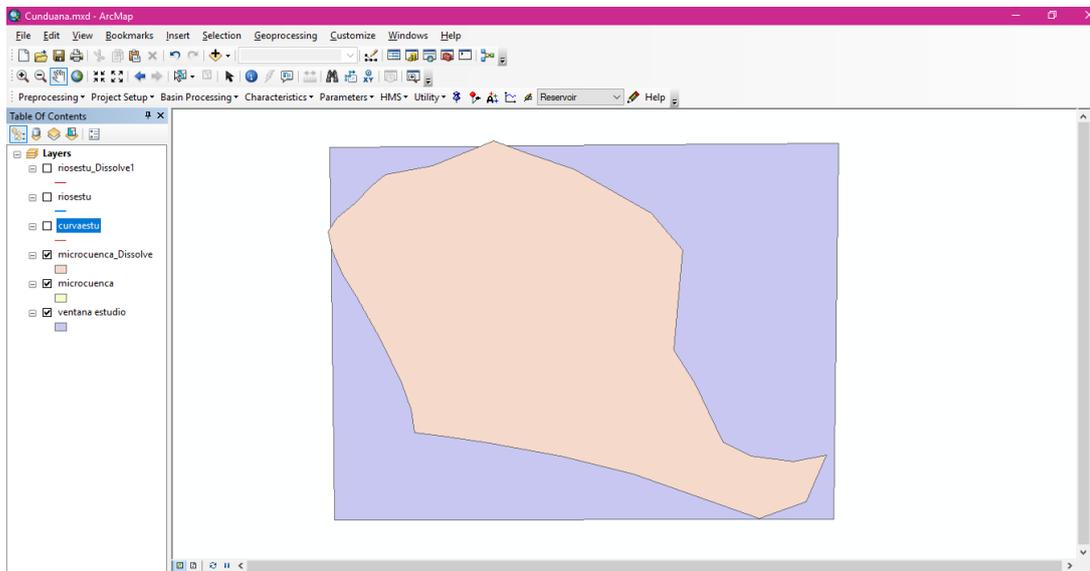
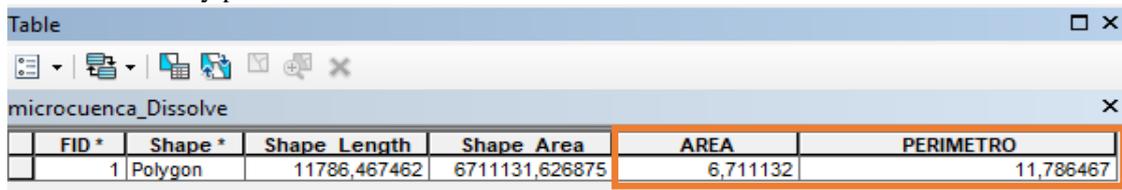


Figura 4-2 Área de la curva

Realizado por: Cárdenas, Christian, 2018

ARCGIS, ofrece la posibilidad de conocer los datos que se necesiten de acuerdo al área de estudio. Para esto basta con dar clic derecho en la capa presente, en la opción "Open Attribute Table" La misma que desplegará una serie de valores, en el cual se pueden añadir, tantos campos como sean necesarios para determinar los valores a utilizar. En este caso se presenta el área y perímetro del campo de estudio.

Tabla 2-2 Área y perímetro de la zona de estudio



FID *	Shape *	Shape Length	Shape Area	AREA	PERIMETRO
1	Polygon	11786,467462	6711131,626875	6,711132	11,786467

Realizado por: Cárdenas, Christian, 2018

De igual manera, para la obtención de la longitud principal del río, el proceso es el mismo al anterior, con la diferencia de la creación de la capa que presente la trayectoria que cumple el objeto de estudio. Tal como se presenta a continuación.

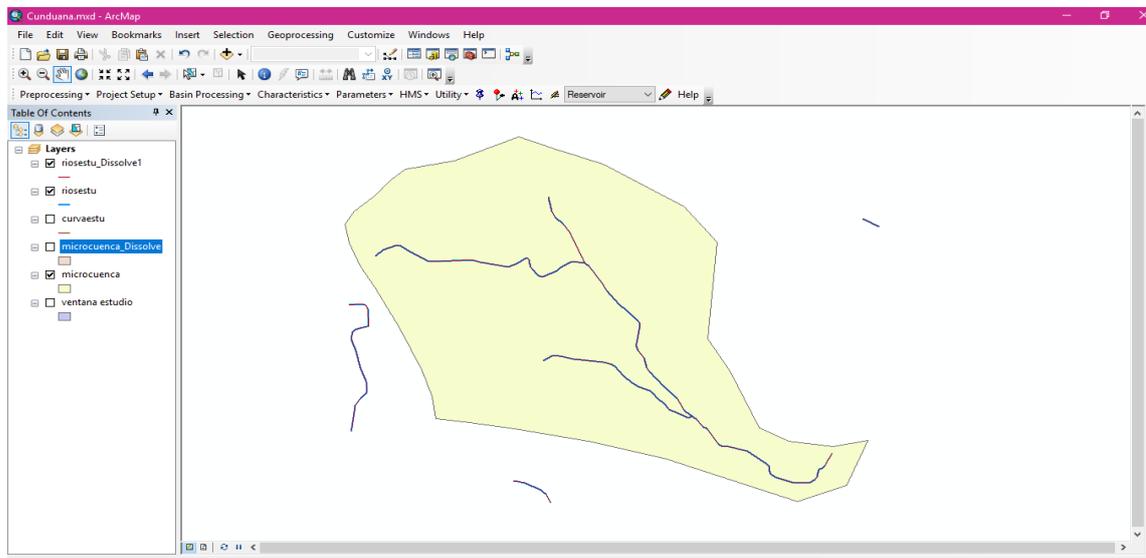
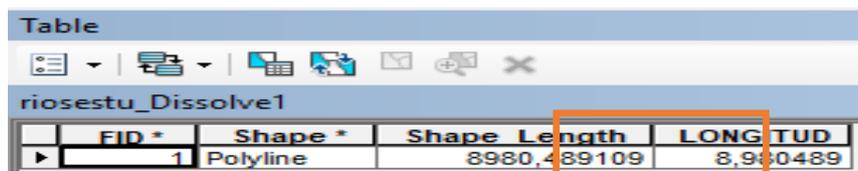


Figura 5-2 Trayectoria del río

Realizado por: Cárdenas, Christian, 2018

Ahora bien, para conocer la longitud se determina mediante el proceso idéntico al anterior. Clic derecho en la capa presente, en la opción "Open Attribute Table" la tabla a continuación se despliega.

Tabla 3-2 Longitud de río en el área de estudio



FID *	Shape *	Shape Length	LONGITUD
1	Polyline	8980,489109	8,980489

Realizado por: Cárdenas, Christian, 2018

2.13. Obtención del tiempo de concentración y tiempo de retardo

Tiempo de Concentración (Tc)

Para calcular el tiempo de concentración y el tiempo de retardo a partir de los valores de longitud y pendiente de cauce, utilizaremos las siguientes fórmulas:

Tiempo de concentración es el tiempo que tarda el agua en discurrir desde el punto más alejado de la cuenca hasta el punto de salida. Para calcularlo utilizaremos la fórmula de Kirpich:

$$T_c = 0,066 \cdot \left(\frac{L}{j^{0,55}} \right)^{0,77}$$

Ecuación 1-2 Tiempo de concentración de Kirpich

Donde

- Tc: tiempo de concentración, en horas.
- L: longitud del recorrido más largo del agua en la subcuenca, en km.
- j: pendiente media del recorrido más largo en la subcuenca, en m/m.

Es así que mediante la aplicación de la fórmula se obtiene un tiempo de concentración de 0,88902196 horas, el mismo que en minutos es 53 minutos.

2.14. Tiempo de retardo

Es el tiempo transcurrido desde el centro de gravedad del histograma de precipitación neta hasta la punta del hidrograma. Este valor se estima para cada una de las subcuencas y es función del tiempo de concentración:

$$T_{lag} \approx 0,6 \cdot T_c$$

Ecuación 2-2 Tiempo de retardo de Kirpich

Dando así el tiempo de retardo, 0.5334131476 horas, el mismo que expresado en minutos es: 32 min.

2.15. Número de curva (CN)

El número de curva viene dado por las siguientes propiedades generadoras de escurrimiento de la cuenca, siendo estas:

- El tipo hidrológico de suelo
- Uso de la tierra y tratamiento
- Condición previa de humedad

La metodología del número de la curva (CN), es la más empleada para transformar la precipitación total en precipitación efectiva, surgió de la observación del fenómeno hidrológico en distintos tipos de suelo en varios estados y para distintas condiciones de humedad.

Para la determinación del CN implementaron el software desarrollado bajo condiciones del modelo hidrológico MODIPÉ.

El modelo hidrológico MODIPÉ ha sido desarrollado entre 1994 y 1995 por Andrés Martínez de Azagra Paredes con la financiación del ICONA (a través del proyecto LUCDEME - Lucha contra la Desertificación en el Mediterráneo).

El proceso operativo es

- Fijar el tipo de suelo
- Identificar la cubierta vegetal existente
- Determinar la forma de explotación del terreno

El tipo de suelo en la Quebrada Cunduana es de GRUPO B, puesto que a su composición franco – arenosa, ingresa a tipos de suelos con moderada capacidad de infiltración cuando están saturados, suelos de mediana a alta profundidad con buen drenaje.

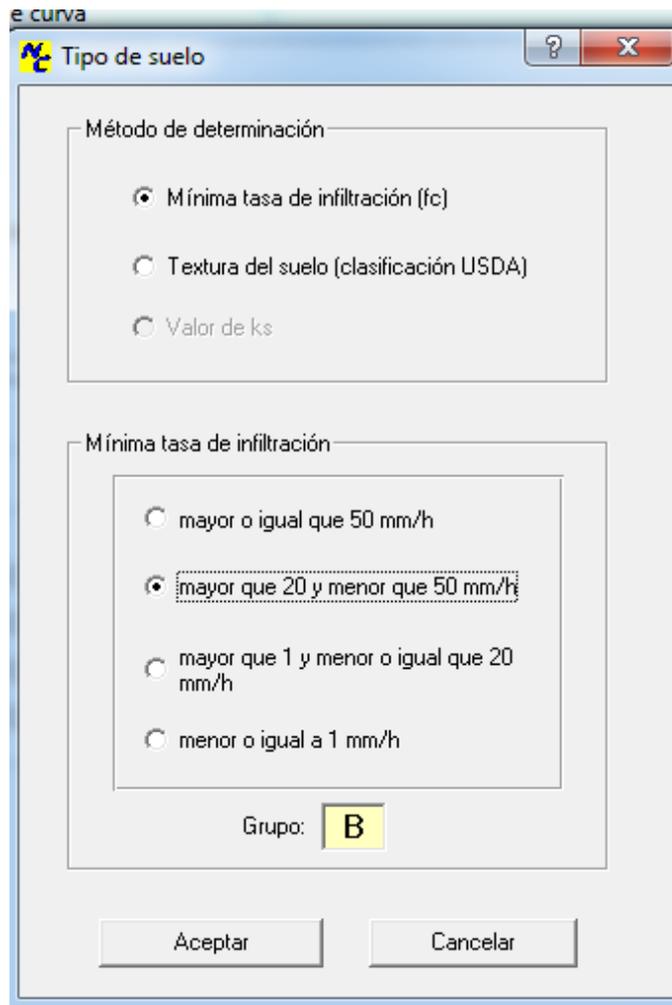


Figura 6-2 Determinación de tipo de suelo

Realizado por: Cárdenas, Christian, 2018

Se determina que para el Grupo B de tipo de suelo existe una mínima tasa de infiltración en un rango mayor de 20 y menor que 50 mm/h.

Definimos el tipo de vegetación, que se encuentra en la Quebrada Cunduana, la cual posee cultivos no alineados, o con surcos pequeños o mal definidos; siendo este tipo de vegetación cuando las labores agrícolas se realizan en líneas con dirección a la pendiente, tomando en cuenta las curvas de nivel.

La forma de explotación del suelo se define de acuerdo a una parcela agrícola, así seleccionamos R, que son labores de la tierra (sembrar, arar, labrar)

Tabla 4-2 Clasificación propuesta de grupos hidrológicos del suelo

TIPO DE VEGETACIÓN	TRATAMIENTO	CONDICION HIDROLOGICA	TIPO DE SUELO			
			A	B	C	D
Barbecho	Desnudo	-	77	86	91	94
	CR	Pobre	76	85	90	93
	CR	Buena	74	83	88	90
Cultivos alineados	R	Pobre	72	81	88	91
	R	Buena	67	78	85	89
	R + CR	Pobre	71	80	87	90
	R + CR	Buena	64	75	82	85
	C	Pobre	70	79	84	88
	C	Buena	65	75	82	86
	C + CR	Pobre	69	78	83	87
	C + CR	Buena	64	74	81	85
	C + T	Pobre	66	74	80	82
	C + T	Buena	62	71	78	81
	C + T + CR	Pobre	65	73	79	81
C + T + CR	Buena	61	70	77	80	
Cultivos no alineados, o con surcos pequeños o mal definidos	R	Pobre	65	76	84	88
	R	Buena	63	75	83	87
	R + CR	Pobre	64	75	83	86
	R + CR	Buena	60	72	80	84
	C	Pobre	63	74	82	85
	C	Buena	61	73	81	84
	C + CR	Pobre	62	73	81	84
	C + CR	Buena	60	72	80	83
	C + T	Pobre	61	72	79	82
	C + T	Buena	59	70	78	81
	C + T + CR	Pobre	60	71	78	81
C + T + CR	Buena	58	69	77	80	
Cultivos densos de leguminosas o prados en alternancia	R	Pobre	66	77	85	89
	R	Buena	58	72	81	85
	C	Pobre	64	75	83	85
	C	Buena	55	69	78	83
	C + T	Pobre	63	73	80	83
	C + T	Buena	51	67	76	80

Realizado por: Cárdenas, Christian, 2018

Fuente: (Carriollo, 2016)

Se considera una condición hidrológica pobre pues la quebrada se encuentra sin agua en la mayoría del año.

Figura 7-2 Determinación número de curva

Realizado por: Cárdenas, Christian, 2018

Finalmente, el programa arroja el valor de 76, el mismo que será ocupado en el estudio como Número de Curva (CN).

2.16. Selección de estaciones de influencia

Para esta investigación se utilizaron los datos de la Estación Meteorológica de la Escuela Politécnica de Chimborazo, siendo esta la estación más cercana a la zona de estudio, contiene los modelos adecuados para realizarlo y sobre todo los datos registrados en esta estación están validados por el INAMHI. Siendo los registros pluviométricos los que se muestran a continuación.

Tabla 5-2 Registro de precipitaciones ESPOCH

Año	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Máximo
2010	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	5,9	8,5	17,7	20,8	24,2	24,20
2011	10,2	19,6	19,2	16	11,2	11,1	4,1	3,2	19	10,1	29,6	17,1	29,60
2012	8,3	22	13	20	13	8	1	8	5	33,3	5	3,5	33,30
2013	3,5	59,6	8	13,5	15,2	9,7	1,7	4,4	2,9	20,9	17,8	6,2	59,60
2014	22,2	5,9	14,1	12,3	21,4	10,7	9,1	6	29,5	34,2	10,4	17	34,20
2015	13	8,5	22,6	13,2	23,3	7	7,8	2,2	0,7	21	19,9	7,8	23,30
2016	12,6	3,4	30,3	41	5,6	15	1,8	2,5	17,5	16,5	9,5	24,2	41,00
2017	15,7	49,3	26,8	10,1	16,7	17,5	5,2	11,5	5,5	8,2	16,65	16,65	49,30
MAX	22,20	59,60	30,30	41,00	23,30	17,50	9,10	11,50	29,50	34,20	29,60	24,20	59,60

Realizado por: Cárdenas, Christian, 2018

Fuente: (ESPOCH, 2017)

2.17. Interpretación de eventos de lluvia para generar hietogramas de diseño

Los registros pluviométricos que se generan en la estación meteorológica del INAMHI-ESPOCH, son interpretados de forma manual a través de una técnica empírica que consiste en la utilización de una lupa para visualizar el comportamiento de la altura de precipitación, con intervalos de 10 minutos en el lapso que dura la tormenta.

Tabla 6-2 Hietograma de diseño 14 de febrero del 2013

14 de febrero del 2013	
Tiempo (horas)	Precipitación mm
19:10	0.6
19:20	0.68
19:30	0.81
19:40	1.02
19:50	1.47
20:00	6.74
20:10	2.04
20:20	1.19

20:30	0.9
20:40	0.74
20:50	0.64
21:00	0.57
p, máxima	17.4
caudal m3/s	1.4
INUNDACIÓN	SI

Realizado por: Cárdenas, Christian, 2018
Fuente: (ESPOCH, 2017)

Tabla 7-2 Hietograma de diseño 12 de agosto del 2013

12 de agosto del 2013	
Tiempo (horas)	Precipitación mm
18:40	0.2
18:50	0.5
19:00	0.4
19:10	0.0
19:20	0.1
19:30	0.1
19:40	0.6
19:50	0.1
20:00	0.1
20:10	0.1
20:20	0.2
20:30	2.5
p, máxima	4.9
caudal m3/s	0,4
INUNDACIÓN	NO

Realizado por: Cárdenas, Christian, 2018
Fuente: (ESPOCH, 2017)

Tabla 8-2 Hietograma de diseño 21 de diciembre del 2014

21 de diciembre del 2014	
Tiempo (horas)	Precipitación (mm)
19:20	0
19:30	2.5

19:40	3.8
19:50	2.2
20:00	2.5
20:10	0.2
20:20	0.1
20:30	0
20:40	0
20:50	0.1
21:00	0.1
21:10	0.05
21:20	0.1
21:30	0.1
21:40	0.3
21:50	0.2
22:00	0.2
22:10	0.3
22:20	0.1
22:30	0.1
22:40	0.1
22:50	0.1
23:00	0.1
23:10	0
23:20	0.05
23:30	0.1
23:40	0.1
23:50	0
0:00	0
0:10	0
0:20	0
0:30	0
0:40	0
0:50	0
1:00	0
1:10	0
1:20	0

1:30	0
1:40	0
1:50	0.1
2:00	0.05
2:10	0.05
2:20	0
2:30	0
2:40	0
2:50	0
3:00	0.05
3:10	0.05
3:20	0
3:30	0
3:40	0
3:50	0
4:00	0
p, máxima	13.8
caudal m3/s	1,1
INUNDACIÓN	SI

Realizado por: Cárdenas, Christian, 2018

Fuente: (ESPOCH, 2017)

Tabla 9-2 Hietograma de diseño 7 de julio del 2014

7 de julio del 2014	
Tiempo (horas)	Precipitación (mm)
18:10	0.1
18:20	0
18:30	0.8
18:40	0.05
18:50	0.1
19:00	0.1
19:10	0.5
19:20	3.6
19:30	0.1
19:40	0

19:50	0
20:00	0
20:10	0.1
20:20	0.3
20:30	0.5
20:40	0.1
20:50	0.1
21:00	0.5
21:10	0.1
21:20	0.1
21:30	0.1
21:40	0.1
21:50	0.5
22:00	0.5
22:10	0.1
22:20	0.5
22:30	0.1
22:40	0
22:50	0.1
p, máxima	9.15
caudal m³/s	0,5
INUNDACIÓN	NO

Realizado por: Cárdenas, Christian, 2018

Fuente: (ESPOCH, 2017)

Tabla 10-2 Hietograma de diseño 9 de agosto del 2014

9 de agosto del 2014	
Tiempo (horas)	Precipitación (mm)
17:20	0.1
17:30	0.1
17:40	0.5
17:50	0.6
18:00	0.4
18:10	0.1
18:20	0.5

18:30	2
18:40	0.1
18:50	0.1
19:00	0.1
19:10	0.5
19:20	0.1
19:30	0.1
19:40	0
19:50	0.1
20:00	0.1
20:10	0.1
p, máxima	5.6
caudal m3/s	0,4
INUNDACIÓN	NO

Realizado por: Cárdenas, Christian, 2018

Fuente: (ESPOCH, 2017)

Tabla 11-2 Hietograma de diseño 22 abril del 2015

22 abril del 2015	
Tiempo (horas)	Precipitación (mm)
19:00	0.1
19:10	0.5
19:20	1.2
19:30	0.1
19:40	0
19:50	0.05
20:00	0.5
20:10	0.5
20:20	0.1
20:30	0.1
20:40	0.3
20:50	0.4
21:00	0.5
21:10	0.2
21:20	0.1

21:30	1.2
21:40	2.5
21:50	0.5
22:00	0.8
22:10	0.8
22:20	0.1
22:30	0.2
22:40	0.3
22:50	0.1
23:00	0.1
23:10	0.1
23:20	0.5
23:30	0.6
23:40	0.5
23:50	0.1
0:00	0.2
0:10	0.1
0:20	0.1
0:30	0.1
0:40	0
p, máxima	13.55
caudal m³/s	0,6
INUNDACIÓN	NO

Realizado por: Cárdenas, Christian, 2018

Fuente: (ESPOCH, 2017)

Tabla 12-2 Hietograma de diseño 14 de octubre del 2015

14 de octubre del 2015	
Tiempo (horas)	Precipitación(mm)
18:10	0
18:20	0.05
18:30	0.1
18:40	0.1
18:50	0.05
19:00	0.3
19:10	1.5

19:20	5
19:30	3
19:40	1
19:50	0.7
20:00	0.8
20:10	0.5
20:20	0.5
20:30	0.7
20:40	0.8
20:50	0.6
21:00	0.6
21:10	0.3
21:20	0.1
21:30	0.1
21:40	0.1
21:50	0.1
22:00	0.1
22:10	0.1
22:20	0.2
22:30	0.1
22:40	0
22:50	0.05
23:00	0.05
23:10	0
23:20	0.05
23:30	0.1
23:40	0.1
23:50	0
0:00	0.1
0:10	0.1
0:20	0.2
0:30	0.3
0:40	0.6
0:50	0.5
1:00	0.2

1:10	0.1
1:20	0.1
1:30	0.1
1:40	0.1
1:50	0.1
2:00	0.1
2:10	0.1
2:20	0.1
2:30	0.1
2:40	0
2:50	0
3:00	0.1
3:10	0.1
3:20	0.1
3:30	0
3:40	0
3:50	0.1
4:00	0.1
4:10	0.1
4:20	0.1
4:30	0.1
4:40	0.1
4:50	0.1
5:00	0.1
5:10	0
5:20	0
5:30	0
p, máxima	21.85
caudal m3/s	1,2
INUNDACIÓN	SI

Realizado por: Cárdenas, Christian, 2018

Fuente: (ESPOCH, 2017)

Tabla 13-2 Hietograma de diseño 14 de diciembre del 2015

14 de diciembre del 2015	
Tiempo (horas)	Precipitación(mm)
20:00	0.1
20:10	0.1
20:20	0
20:30	0
20:40	0
20:50	0
21:00	0.1
21:10	0.1
21:20	0.1
21:30	0.2
21:40	0.5
21:50	0.5
22:00	0.5
22:10	0.8
22:20	1
22:30	0.6
22:40	0.1
22:50	0.1
23:00	0.1
23:10	0.1
23:20	0
p, máxima	5
caudal m³/s	0,3
INUNDACIÓN	NO

Realizado por: Cárdenas, Christian, 2018

Fuente: (ESPOCH, 2017)

Tabla 14-2 Hietograma de diseño 5 de enero del 2016

5 de enero del 2016	
Tiempo (horas)	Precipitación(mm)
21:50	0.1
22:00	0.2
22:10	0

22:20	0.1
22:30	0
22:40	0
22:50	0
23:00	0.1
23:10	0.3
23:20	0.1
p, máxima	0.9
caudal m3/s	0,1
INUNDACIÓN	NO

Realizado por: Cárdenas, Christian, 2018

Fuente: (ESPOCH, 2017)

Tabla 15-2 Hietograma de diseño 08 de enero del 2016

08 de enero del 2016	
Tiempo (horas)	Precipitación(mm)
18:30	0.1
18:40	0.3
18:50	0.1
19:00	3.6
19:10	0.1
19:20	0.05
19:30	0.2
19:40	0.05
19:50	0
p, máxima	4.5
caudal m3/s	0,5
INUNDACIÓN	SI

Realizado por: Cárdenas, Christian, 2018

Fuente: (ESPOCH, 2017)

Tabla 16-2 Hietograma de diseño 8 de agosto del 2016

8 de agosto del 2016	
Tiempo (horas)	Precipitación(mm)
15:20	0.1
15:30	0.1

15:40	0.5
15:50	0.4
16:00	0.3
16:10	0.1
16:20	0
16:30	0.1
16:40	0.6
16:50	0.1
17:00	0
17:10	0
17:20	0.1
17:30	0.1
p, máxima	2.5
caudal m3/s	0,1
INUNDACIÓN	NO

Realizado por: Cárdenas, Christian, 2018

Fuente: (ESPOCH, 2017)

Tabla 17-2 Hietograma de diseño 16 de marzo del 2017

16 de marzo del 2017	
Tiempo (horas)	Precipitación(mm)
16:00	0
16:10	3
16:20	7
16:30	10
16:40	0.8
16:50	0.7
17:00	0.7
17:10	0.5
17:20	0.9
17:30	0.8
17:40	0.5
17:50	0.3
18:00	0.2
18:10	0.1
18:20	0.05

18:30	0.1
18:40	0.1
18:50	0.5
19:00	0.7
19:10	0.2
19:20	0
19:30	0
19:40	0.1
19:50	0.1
20:00	0
20:10	0.05
20:20	0
20:30	0
20:40	0
20:50	0.05
21:00	0.05
21:10	0
p, máxima	27.5
caudal m³/s	2,9
INUNDACIÓN	SI

Realizado por: Cárdenas, Christian, 2018

Fuente: (ESPOCH, 2017)

Ahora bien, a continuación, se expone el proceso de creación del modelo base de la microcuenca en el software HEC-HMS. Así como el análisis y discusión de los resultados que entrega el software.

2.18. Hidrograma de crecida

Se procede a tomar los datos del modelado para ingresarlo al HEC-HMS y crear la simulación. Una de las grandes facilidades que brinda el software de soporte de ARCGIS, HEC-HMS es que permite la creación de hidrogramas de crecida.

Los insumos que se requieren para poder generar los hidrogramas de crecida son los mismos que se calcularon en anteriores páginas de este trabajo de investigación, los cuales se mencionan en la tabla a continuación.

Tabla 18-2 Datos de partida para la modelación en HEC-HMS

Parámetros morfométrico de la cuenca	Área: 6.71 Km ²	Longitud del río principal: 8.98 Km	Numero de Curva: 72
--------------------------------------	----------------------------	-------------------------------------	---------------------

Realizado por: Cárdenas Christian, 2018

Para llevar a cabo la presente modelación, se debe seguir cuatro pasos sencillos. Los mismos que se enumeran a continuación.

1. Ingresar datos de la cuenca
2. Ingresar datos del hietograma de diseño
3. Establecer el modelo meteorológico
4. Especificar formato de salida de resultados

2.19. Ingresar datos de la cuenca

Como primer paso, se creará el archivo para ingresar datos de la cuenca. En la pestaña File, opción “new” se crea un nuevo proyecto.

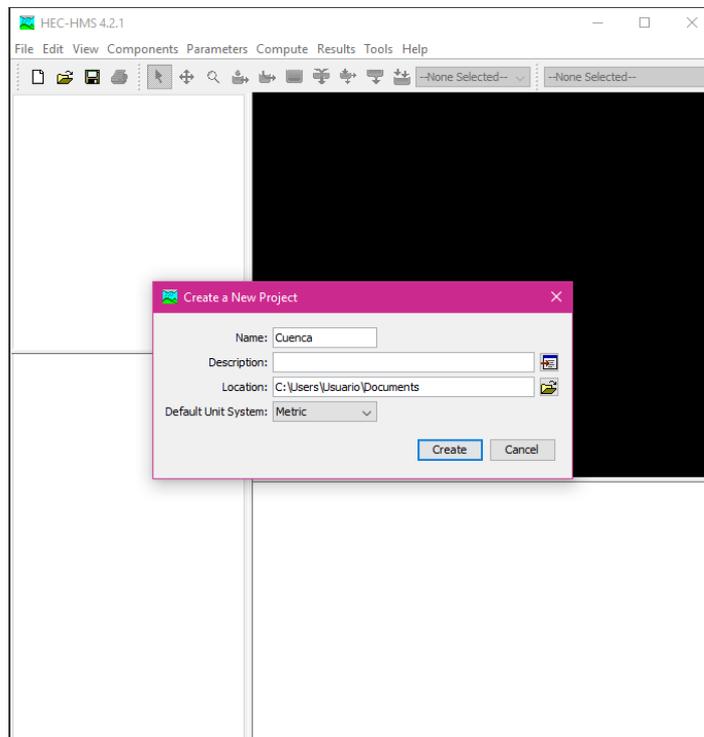


Figura 8-2 Creación de un nuevo proyecto

Realizado por: Cárdenas Christian, 2018

En la pestaña componentes, primera opción "Basing Model" se creará la cuenca de estudio, la misma que recibirá los datos exportados desde ARCGIS. En la misma se exportarán datos como el área, la red hídrica, etc.

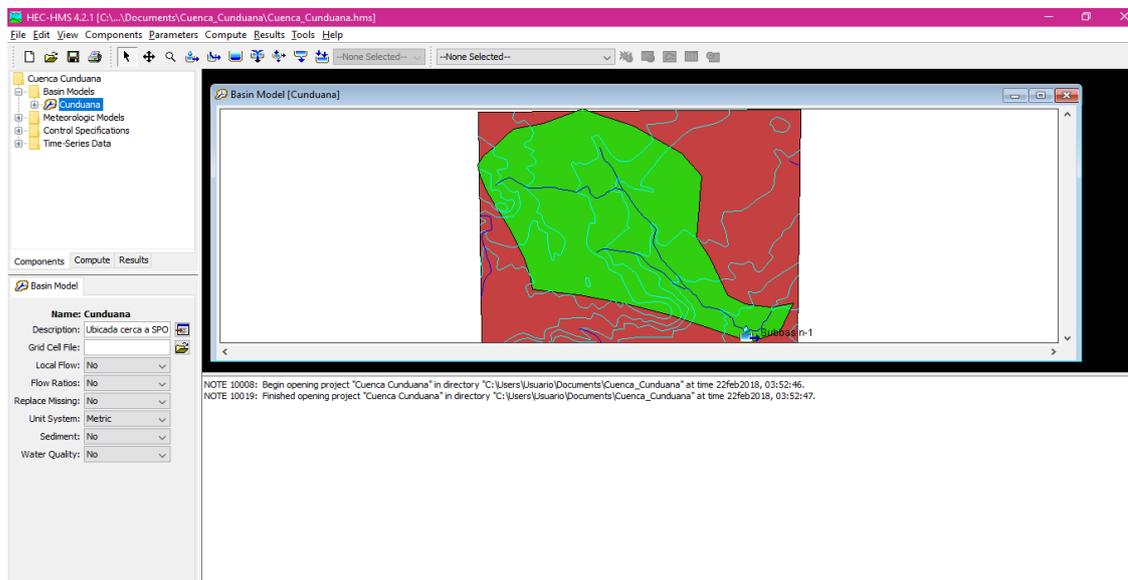


Figura 9-2 Exportación de la cuenca a HEC-HMS
Realizado por: Cárdenas Christian, 2018

2.20. Ingresar datos del hietograma de diseño

Una vez delimitada el área de estudio en HEC-HMS es necesario colocar el sitio donde se realizará el pronóstico del hidrograma de crecida, en el icono "Subbasin Creation Tool". El icono se lo ubicará en el sitio donde se realizará el estudio. Una vez ingresado, se llenará con los datos que solicita el software en base a nuestros aspectos generales descritos al inicio del ejercicio, tales como el tiempo de concentración, retardo, número de curva, etc.

Subbasin Loss Transform Options

Basin Name: Cunduana
Element Name: Subbasin-1

Description:

Downstream: --None--

*Area (KM2) 6,71

Latitude Degrees:

Latitude Minutes:

Latitude Seconds:

Longitude Degrees:

Longitude Minutes:

Longitude Seconds:

Canopy Method: --None--

Surface Method: --None--

Loss Method: SCS Curve Number

Transform Method: SCS Unit Hydrograph

Baseflow Method: --None--

Figura 10-2 Ingreso de datos de área de la cuenca

Realizado por: Cárdenas Christian, 2018

Para ingresar los datos del hietograma, en la pestaña "Components", "Time-Series" se genera una nueva carpeta de datos. En la misma se debe llenar los campos principales. Se lo deja por defecto, lo que se cambia en esta sección es el intervalo de tiempo. Como se muestra en tablas anteriores nuestros datos recopilados presentan un intervalo de 10 minutos. El mismo se ingresará en la casilla respectiva.

Tabla 19-2 Datos de hietograma de diseño

Time (ddMMYY...)	Precipitation (MM)
01ene2018, 00:10	2,77
01ene2018, 00:15	2,16
01ene2018, 00:20	1,81
01ene2018, 00:25	1,57
01ene2018, 00:30	1,41
01ene2018, 00:35	1,28
01ene2018, 00:40	1,18
01ene2018, 00:45	1,09
01ene2018, 00:50	1,02
01ene2018, 00:55	0,97
01ene2018, 01:00	0,92
01ene2018, 01:05	0,87
01ene2018, 01:10	0,83
01ene2018, 01:15	0,80
01ene2018, 01:20	0,77
01ene2018, 01:25	0,74

Realizado por: Cárdenas Christian, 2018

2.21. Establecer el modelo meteorológico

Como tercer paso se ingresará la parte meteorológica, la misma que se encuentra en la pestaña "Components" "Meteorologic Model Manager". En el cual se queda por defecto. Cabe recalcar que, si no se aumenta esta carpeta, la simulación estará incompleta.

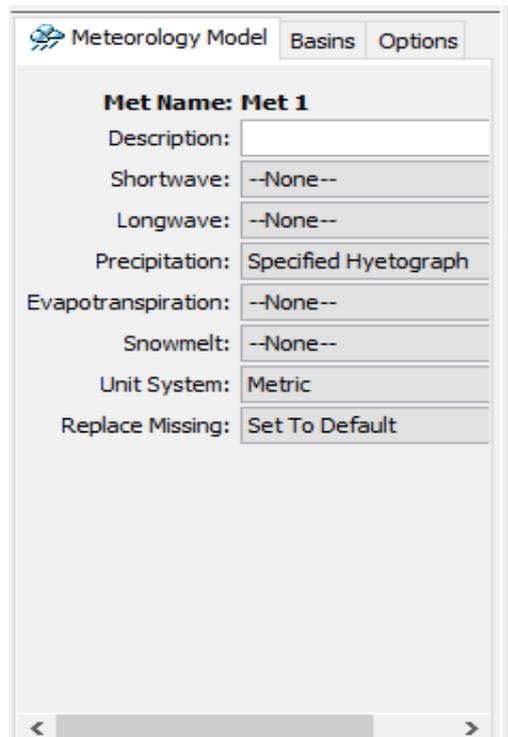


Figura 11-2 Ingreso de modelo meteorológico
Realizado por: Cárdenas Christian, 2018

2.22. Especificar formato de salida de resultados

Como último paso, se añadirá "Control Specification Manager" el cual especifica el formato de salida. En esta opción se especifica cómo se desea el hidrograma mediante un rango de tiempo. En este caso, la variación y fechas serán las mismas expuesta anteriormente con un intervalo de control de 5 min.

Finalmente se compila el programa.

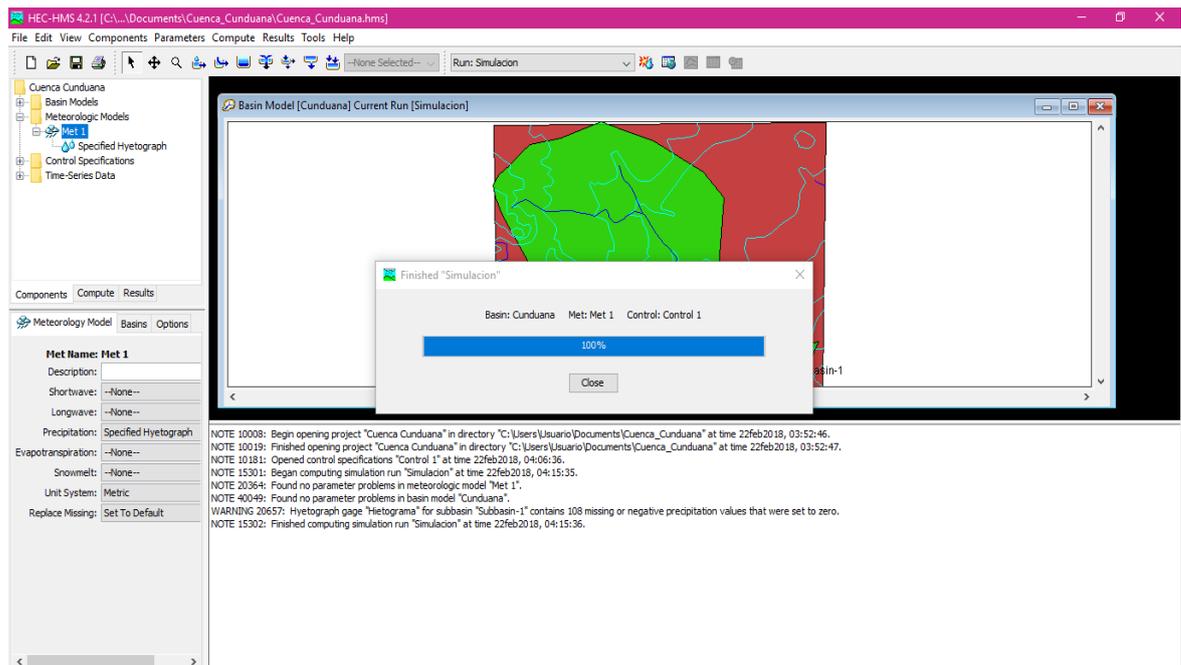


Figura 12-2 Modelación simulada completa
Realizado por: Cárdenas Christian, 2018

Cabe recalcar que el 100% significa que el programa no tuvo errores y funcionó de manera exitosa.

Para visualizar los resultados, en la parte izquierda se muestran varios datos de la cuenca en varias carpetas. La primera los aspectos generales de la cuenca, como longitud y caudal pico máximo de la cuenca.

CAPÍTULO III

3. RESULTADOS

3.1. Análisis y discusión de resultados

3.1.1. Resumen de resultados globales

Luego de la corrida de simulación, se obtiene la tabla Global Summary Results en la cual se encuentra los datos de Subbasin-1 (subcuenca que determina el punto de cierre de la micro cuenca en estudio). La tabla presenta un área en kilómetros cuadrados de 6.71, determinada anteriormente con la ayuda de ArcGis, bajo criterio de curvas de nivel y zonas de aportación dentro de la ventana de estudio. La Tabla Global Summary Results presenta datos generales de la simulación, como el caudal máximo registrado en la hora exacta durante el transcurso de la tormenta; también la cantidad de escorrentía generada en la zona de estudio.

Evento 1

(14 de febrero del 2013)

Tabla 1-3 Resultados globales día 14 de febrero del 2013

Project: Trabajo de Titulación Simulation Run: 14 de febrero 2013				
Start of Run: 14feb2013, 19:10		Basin Model: Cunduana		
End of Run: 15feb2013, 08:00		Meteorologic Model: 14 febrero 2013		
Compute Time: 13mar2018, 15:21:30		Control Specifications: control 14 de febrero 2013		
Show Elements:	All Elements	Volume Units:	<input checked="" type="radio"/> MM <input type="radio"/> 1000 M3	Sorting: Hydrologic
Hydrologic Element	Drainage Area (KM2)	Peak Discharge (M3/S)	Time of Peak	Volume (MM)
zona de desbordamiento	6,71	1,4	14feb2013, 20:30	2,25

Realizado por: Cárdenas Christian, 2018

Interpretación:

Podemos observar en la tabla 1-3 a fecha del 14 de febrero del 2013, se obtuvo una máxima descarga de 1,4 (M3/S), con un volumen de 2,25 (MM) en la quebrada de Cunduana.

Evento 2

(12 de agosto del 2013)

Tabla 2-3 Resultados globales día 12 de agosto del 2013

Hydrologic Element	Drainage Area (KM2)	Peak Discharge (M3/S)	Time of Peak	Volume (MM)
zona de desbordamiento	6,71	0,4	12ago2013, 20:55	0,24

Realizado por: Cárdenas Christian, 2018

Interpretación:

Observamos en la tabla 2-3 con fecha del 12 de agosto del 2013, se alcanzó una máxima descarga de 0,4 (M3/S) y con un volumen de 0,24 (MM), para la quebrada Cunduana.

Evento 3

(21 de diciembre del 2014)

Tabla 3-3 Resultados globales día 21 de diciembre del 2014

Hydrologic Element	Drainage Area (KM2)	Peak Discharge (M3/S)	Time of Peak	Volume (MM)
zona de desbordamiento	6,71	1,1	21dic2014, 20:15	0,69

Realizado por: Cárdenas Christian, 2018

Interpretación:

En esta tabla 3-3 con fecha de 21 de diciembre del 2014, se obtuvo una máxima descarga 1,1 (M3/S) y un volumen de 0,69 (MM), en la quebrada de Cunduana.

Evento 4

(7 de julio del 2014)

Tabla 4-3 Resultados globales día 7 de julio del 2014

Project: Trabajo de Titulación Simulation Run: 07 julio 2014				
Start of Run: 07jul2014, 18:00		Basin Model: Cunduana		
End of Run: 08jul2014, 00:00		Meteorologic Model: 07 julio 2014		
Compute Time: 13mar2018, 15:17:23		Control Specifications: Control 07 de julio 2014		
Show Elements:	All Elements	Volume Units:	<input checked="" type="radio"/> MM <input type="radio"/> 1000 M3	Sorting: Hydrologic
Hydrologic Element	Drainage Area (KM2)	Peak Discharge (M3/S)	Time of Peak	Volume (MM)
zona de desbordamiento	6,71	0,5	07jul2014, 19:45	0,46

Realizado por: Cárdenas Christian, 2018

Interpretación:

Se puede visualizar en la tabla 4-3 con fecha de 7 de julio del 2014, se alcanzó una máxima descarga de 0,5 (M3/S), con un volumen de 0,46 (MM), en base a la quebrada Cunduana.

Evento 5

(9 de agosto del 2014)

Tabla 5-3 Resultados globales día 9 de agosto del 2014

Project: Trabajo de Titulación Simulation Run: 09 agosto 2014				
Start of Run: 09ago2014, 17:10		Basin Model: Cunduana		
End of Run: 09ago2014, 21:00		Meteorologic Model: 09 agosto 2014		
Compute Time: 13mar2018, 15:18:49		Control Specifications: Control 9 de agosto 2014		
Show Elements:	All Elements	Volume Units:	<input checked="" type="radio"/> MM <input type="radio"/> 1000 M3	Sorting: Hydrologic
Hydrologic Element	Drainage Area (KM2)	Peak Discharge (M3/S)	Time of Peak	Volume (MM)
zona de desbordamiento	6,71	0,4	09ago2014, 18:55	0,28

Realizado por: Cárdenas Christian, 2018

Interpretación:

Podemos observar en la tabla 5-3 con fecha del 9 de agosto del 2014, se obtuvo una máxima descarga de 0,4 (M3/S), con un volumen de 0,28 (MM), en la quebrada Cunduana.

Evento 6

(22 de abril del 2015)

Tabla 6-3 Resultados globales día 22 de abril del 2015

Project: Trabajo de Titulación Simulation Run: 22 abril 2015				
Start of Run: 22abr2015, 18:50		Basin Model: Cunduana		
End of Run: 23abr2015, 02:00		Meteorologic Model: 22 abril 2015		
Compute Time: 13mar2018, 15:26:16		Control Specifications: Control 22 abril 2015		
Show Elements: All Elements	Volume Units: <input checked="" type="radio"/> MM <input type="radio"/> 1000 M3		Sorting: Hydrologic	
Hydrologic Element	Drainage Area (KM2)	Peak Discharge (M3/S)	Time of Peak	Volume (MM)
zona de desbordamiento	6,71	0,6	22abr2015, 22:10	0,68

Realizado por: Cárdenas Christian, 2018

Interpretación:

Se puede visualizar en la tabla 6-3 con fecha de 22 de abril del 2015, se alcanzó una máxima descarga de 0.6 (M3/S), con un volumen de 0,68 (MM), en base a la quebrada Cunduana

Evento 7

(14 de octubre del 2015)

Tabla 7-3 Resultados globales día 14 de octubre del 2015

Project: Trabajo de Titulación Simulation Run: 14 de octubre 2015				
Start of Run: 14oct2015, 18:10		Basin Model: Cunduana		
End of Run: 15oct2015, 07:00		Meteorologic Model: 14 octubre 2015		
Compute Time: 13mar2018, 15:22:13		Control Specifications: control 14 de octubre 2015		
Show Elements: All Elements	Volume Units: <input checked="" type="radio"/> MM <input type="radio"/> 1000 M3		Sorting: Hydrologic	
Hydrologic Element	Drainage Area (KM2)	Peak Discharge (M3/S)	Time of Peak	Volume (MM)
zona de desbordamiento	6,71	1,2	14oct2015, 19:50	1,46

Realizado por: Cárdenas Christian, 2018

Interpretación:

Podemos visualizar en la tabla 7-3 con fecha de 14 de octubre del 2015, se alcanzó una máxima descarga de 1,2 (M3/S), con un volumen de 1,46 (MM), en base a la quebrada Cunduana

Evento 8

(14 de diciembre del 2015)

Tabla 8-3 Resultados globales día 14 de diciembre del 2015

Hydrologic Element	Drainage Area (KM2)	Peak Discharge (M3/S)	Time of Peak	Volume (MM)
zona de desbordamiento	6,71	0,3	14dic2015, 22:45	0,24

Realizado por: Cárdenas Christian, 2018

Interpretación:

Se puede visualizar en la tabla 4-3 con fecha de 7 de julio del 2014, se alcanzó una máxima descarga de 0,5 (M3/S), con un volumen de 0,46 (MM), en base a la quebrada Cunduana

Evento 9

(5 de enero del 2016)

Tabla 9-3 Resultados globales día 5 de enero del 2016

Hydrologic Element	Drainage Area (KM2)	Peak Discharge (M3/S)	Time of Peak	Volume (MM)
zona de desbordamiento	6,71	0,1	05ene2016, 23:35	0,04

Realizado por: Cárdenas Christian, 2018

Interpretación:

Podemos observar en la tabla 9-3 con fecha del 5 de enero del 2016, se logró una máxima descarga de 0,1 (M3/S), con un volumen de 0,04 (MM), en base a la quebrada Cunduana

Evento 10

(8 de enero del 2016)

Tabla 10-3 Resultados globales día 8 de agosto del 2016

Project: Trabajo de Titulación Simulation Run: Run 1				
Start of Run: 08ene2016, 18:30		Basin Model: Cunduana		
End of Run: 08ene2016, 21:00		Meteorologic Model: 08 enero 2016		
Compute Time: 13mar2018, 15:14:42		Control Specifications: Control 8 de enero 2016		
Show Elements: All Elements	Volume Units: <input checked="" type="radio"/> MM <input type="radio"/> 1000 M3		Sorting: Hydrologic	
Hydrologic Element	Drainage Area (KM2)	Peak Discharge (M3/S)	Time of Peak	Volume (MM)
zona de desbordamiento	6,71	0,5	08ene2016, 19:25	0,24

Realizado por: Cárdenas Christian, 2018

Interpretación:

Se puede visualizar en la tabla 10-3 con fecha de 8 de enero del 2016, se alcanzó una máxima descarga de 0,5 (M3/S), con un volumen de 0,24 (MM), en base a la quebrada Cunduana

Evento 11

(8 de agosto del 2016)

Tabla 11-3 Resultados globales día 8 de agosto del 2016

Project: Trabajo de Titulación Simulation Run: Run 1				
Start of Run: 08ene2016, 18:30		Basin Model: Cunduana		
End of Run: 08ene2016, 21:00		Meteorologic Model: 08 enero 2016		
Compute Time: 13mar2018, 15:14:42		Control Specifications: Control 8 de enero 2016		
Show Elements: All Elements	Volume Units: <input checked="" type="radio"/> MM <input type="radio"/> 1000 M3		Sorting: Hydrologic	
Hydrologic Element	Drainage Area (KM2)	Peak Discharge (M3/S)	Time of Peak	Volume (MM)
zona de desbordamiento	6,71	0,5	08ene2016, 19:25	0,24

Realizado por: Cárdenas Christian, 2018

Interpretación:

En esta tabla 11-3 podemos observar con fecha de 8 de agosto del 2016, se alcanzó una máxima descarga de 0,5 (M3/S), con un volumen de 0,24 (MM), en base a la quebrada Cunduana

Evento 12

(16 de marzo del 2017)

Tabla 12-3 Resultados globales día 16 de marzo del 2017

Hydrologic Element	Drainage Area (KM2)	Peak Discharge (M3/S)	Time of Peak	Volume (MM)
zona de desbordamiento	6,71	2,9	16mar2017, 16:55	2,64

Realizado por: Cárdenas Christian, 2018

Interpretación:

Se puede visualizar en la tabla 12-3 con fecha de 16 de marzo del 2017, se obtuvo una máxima descarga de 2,9 (M3/S), con un volumen de 2,64 (MM), en base a la quebrada Cunduana

3.1.1.1. Gráficas de resultados de la microcuenca

La Tabla Graph for Subbasin de Subbasin-1 en el modelo base de distribución temporal, presenta dos interpretaciones después de correr la simulación. En la parte superior se encuentra un hietograma con dos colores, el color rojo representa las pérdidas en la simulación, es decir la cantidad de precipitación que se infiltra al suelo y no se transforma en escorrentía; esta infiltración tiene que ver específicamente con el tipo de suelo de la Quebrada Cunduana, la cual se encuentra en una zona con características de suelo Tipo B según la descripción que realiza el National Resources Conservation Servis de EEUU (NRCS), puesto que es un suelo con moderada capacidad de infiltración, debido a su condición franco-arenosa. La parte de color azul se refiere a la precipitación que no se infiltró en el suelo y se transformó en escorrentía directa o bruta, cuyo paso por la micro cuenca está determinado por el tiempo de concentración y tiempo de retardo que presenta la Quebrada de Cunduana. Esta escorrentía está relacionada directamente con el cálculo del caudal máximo que presenta la simulación y por ende el hidrograma de crecida.

Un hidrograma de crecida representa el comportamiento del caudal, donde en el eje de las abscisas se presenta el tiempo de las condiciones de control (control 1) del modelo y en eje de las ordenas se muestra el caudal en m3/s. El hidrograma de crecida dentro de la modelación de base de distribución temporal empieza desde cero en un tiempo de control igual a cero y llega a un pico máximo que corresponde al valor encontrado en el casillero Peak Discharge de la tabla Global Summary Results, seguidamente empieza a descender hasta retornar al valor de cero luego de haber concluído el tiempo de tormenta, establecido por el tiempo de concentración de la Quebrada Cunduana. Se puede observar que el tiempo de duración de tormenta varía según el evento de

tormenta, pero el hidrograma de crecida de caudales está estructurado por la escorrentía que se genera en la Quebrada, y por esta razón se coloca un tiempo de control extra, al tiempo de finalización de tormenta, que es lo necesario para que se muestre todo el hidrograma de crecida, ya que sigue existiendo escorrentía, luego de que se termine el periodo de precipitación. Cabe recalcar que el Hietograma sirve de base para determinar el Hidrograma y no viceversa.

Evento 1

(14 de febrero del 2013)

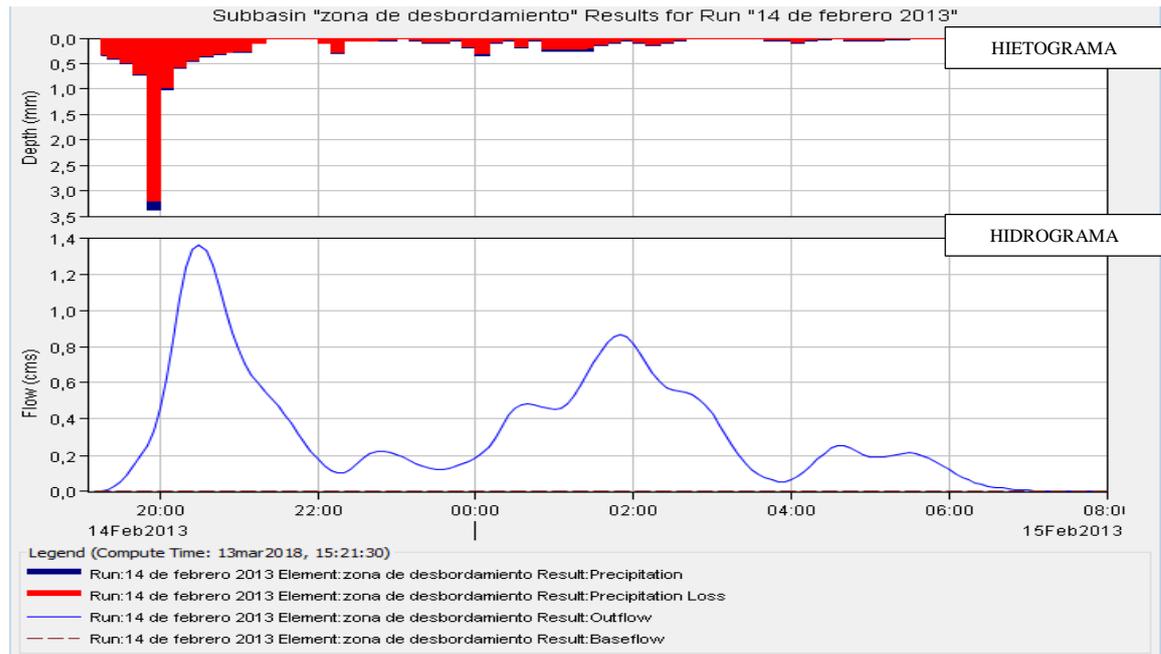


Gráfico 1-3 Histograma de precipitación día 14 febrero del 2013

Realizado por: Cárdenas Christian, 2018

Interpretación:

Nota:

Hietograma. - La parte roja representa la cantidad de precipitación que se infiltra en el suelo. La parte azul representa la cantidad de precipitación que se transforma en escorrentía.

Hidrograma. - Representa el comportamiento del caudal en m^3/s a través de la duración de tormenta, dentro de un tiempo de control.

Evento 2

(12 de agosto del 2013)

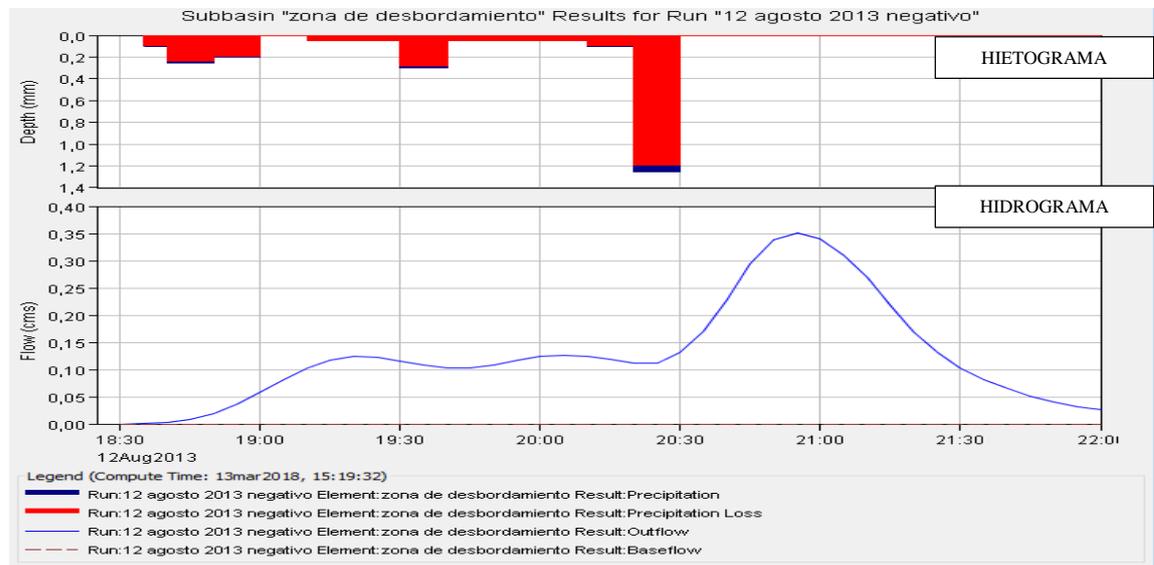


Gráfico 2-3 Histograma de precipitación día 12 agosto del 2013

Realizado por: Cárdenas Christian, 2018

Interpretación:

Nota:

Hietograma. - La parte roja representa la cantidad de precipitación que se infiltra en el suelo. La parte azul representa la cantidad de precipitación que se transforma en escorrentía.

Hidrograma. - Representa el comportamiento del caudal en m^3/s a través de la duración de tormenta, dentro de un tiempo de control.

Evento 3

(21 de diciembre del 2014)

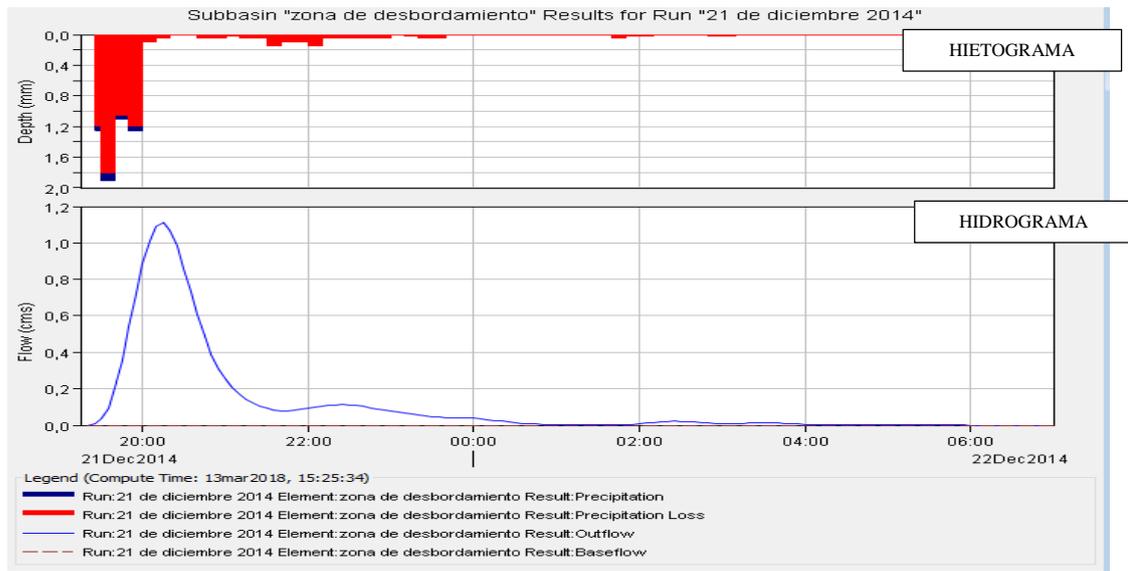


Gráfico 3-3 Histograma de precipitación día 21 diciembre del 2014

Realizado por: Cárdenas Christian, 2018

Interpretación:

Nota:

Hietograma. - La parte roja representa la cantidad de precipitación que se infiltra en el suelo. La parte azul representa la cantidad de precipitación que se transforma en escorrentía.

Hidrograma. - Representa el comportamiento del caudal en m^3/s a través de la duración de tormenta, dentro de un tiempo de control.

Evento 4

(7 de julio del 2014)

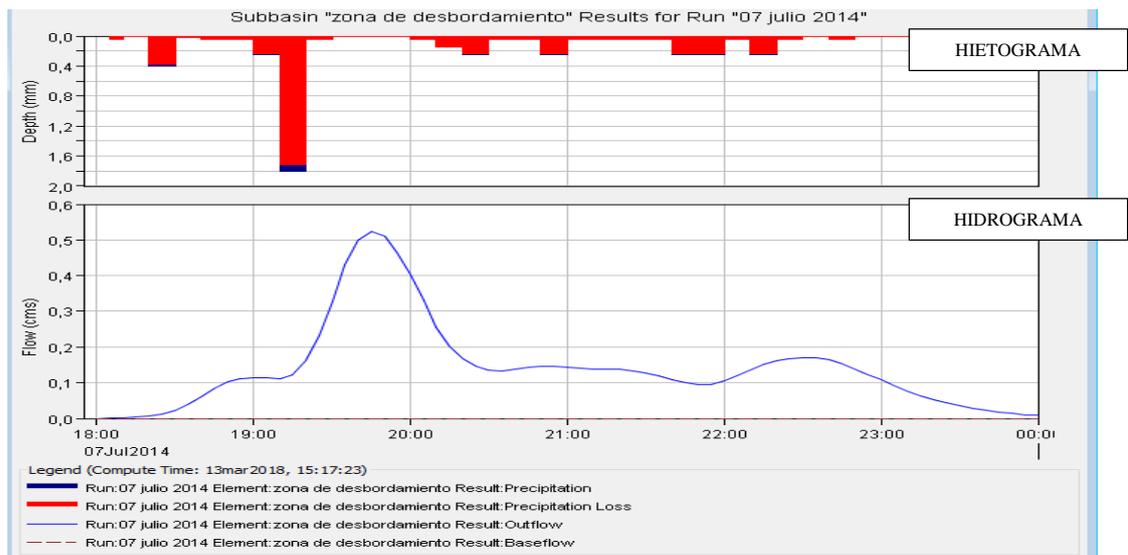


Gráfico 4-3 Histograma de precipitación día 7 julio del 2014

Realizado por: Cárdenas Christian, 2018

Interpretación:

Nota:

Hietograma. - La parte roja representa la cantidad de precipitación que se infiltra en el suelo. La parte azul representa la cantidad de precipitación que se transforma en escorrentía.

Hidrograma. - Representa el comportamiento del caudal en m^3/s a través de la duración de tormenta, dentro de un tiempo de control.

Evento 5

(9 de agosto del 2014)

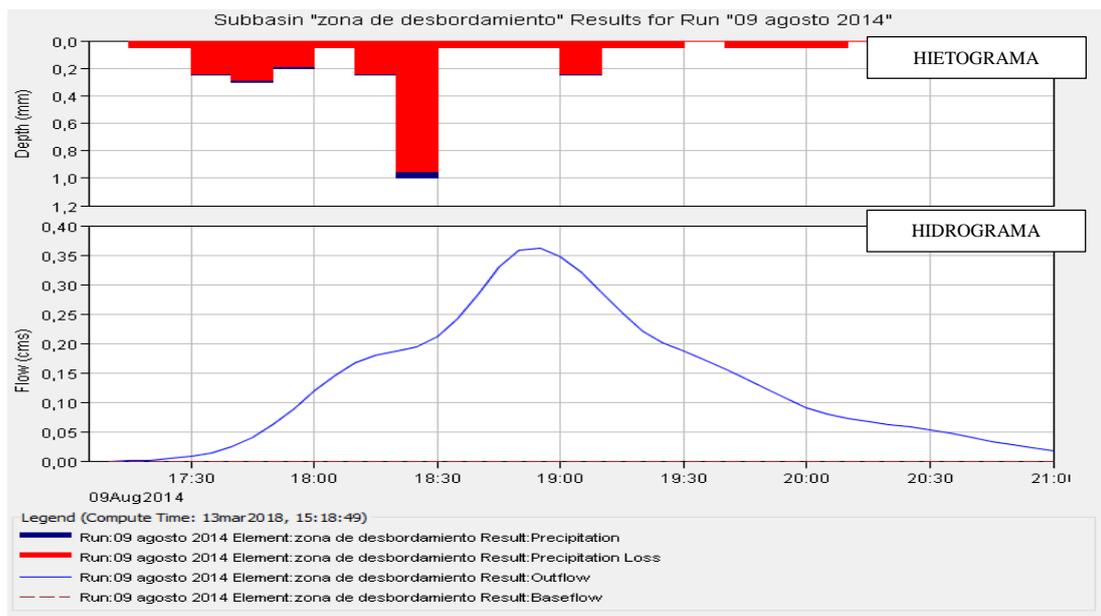


Gráfico 5-3 Hietograma de precipitación día 9 agosto del 2014

Realizado por: Cárdenas Christian, 2018

Interpretación:

Nota:

Hietograma. - La parte roja representa la cantidad de precipitación que se infiltra en el suelo. La parte azul representa la cantidad de precipitación que se transforma en escorrentía.

Hidrograma. - Representa el comportamiento del caudal en m^3/s a través de la duración de tormenta, dentro de un tiempo de control.

Evento 6

(22 de abril del 2015)

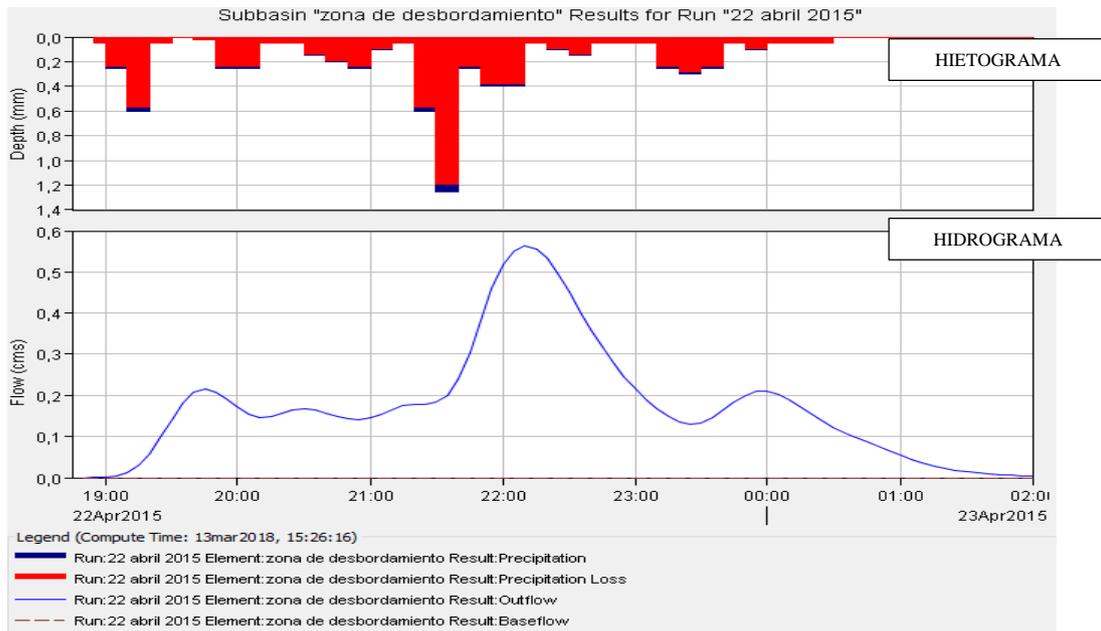


Gráfico 6-3 Hietograma de precipitación día 22 abril del 2015

Realizado por: Cárdenas Christian, 2018

Interpretación:

Nota:

Hietograma. - La parte roja representa la cantidad de precipitación que se infiltra en el suelo. La parte azul representa la cantidad de precipitación que se transforma en escorrentía.

Hidrograma. - Representa el comportamiento del caudal en m^3/s a través de la duración de tormenta, dentro de un tiempo de control.

Evento 7

(14 de octubre del 2015)

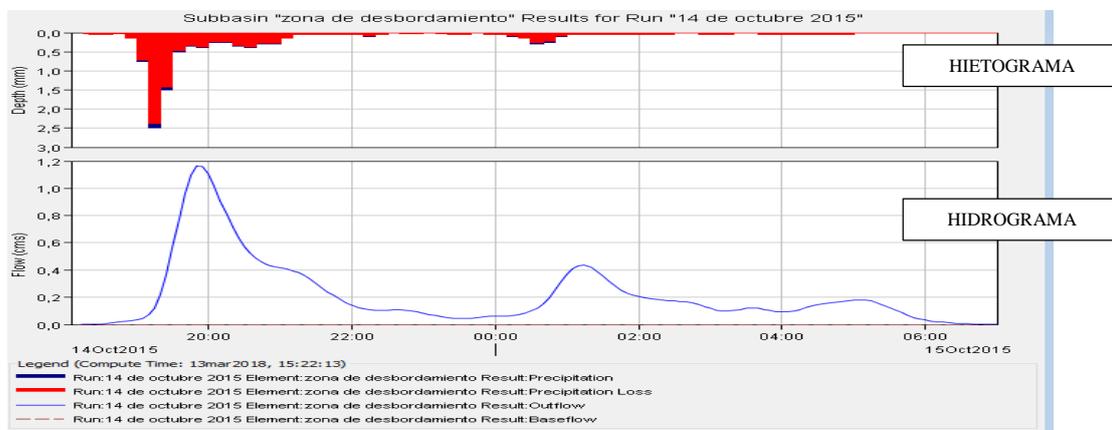


Gráfico 7-3 Hietograma de precipitación día 14 octubre del 2015

Realizado por: Cárdenas Christian, 2018

Interpretación:

Nota:

Hietograma. - La parte roja representa la cantidad de precipitación que se infiltra en el suelo.
La parte azul representa la cantidad de precipitación que se transforma en escorrentía.

Hidrograma. -Representa el comportamiento del caudal en m³/s a través de la duración de tormenta, dentro de un tiempo de control.

Evento 8

(14 de diciembre del 2015)

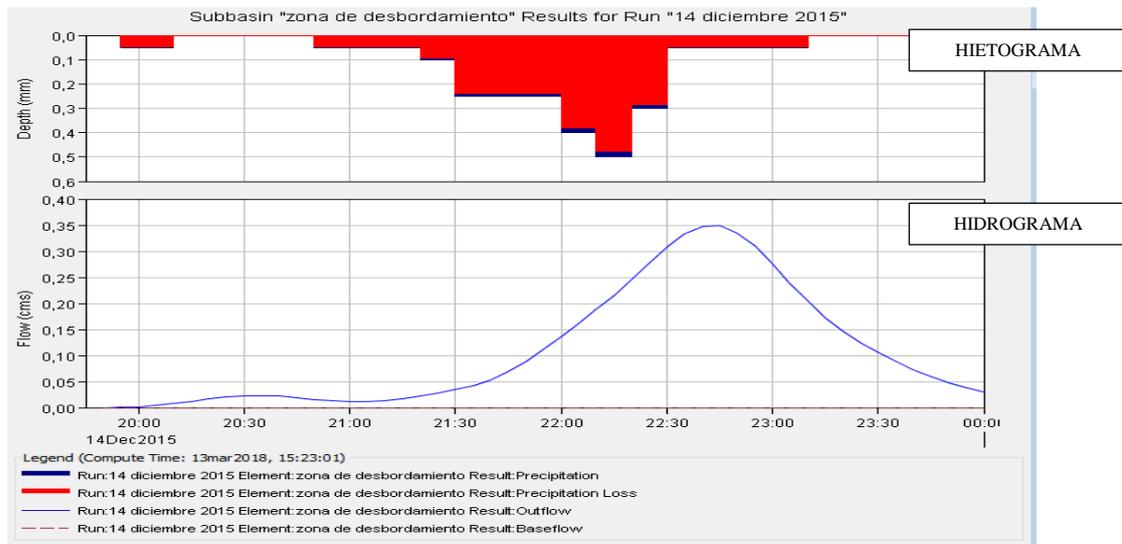


Gráfico 8-3 Hietograma de precipitación día 14 diciembre del 2015

Realizado por: Cárdenas Christian, 2018

Interpretación:

Nota:

Hietograma. - La parte roja representa la cantidad de precipitación que se infiltra en el suelo.
La parte azul representa la cantidad de precipitación que se transforma en escorrentía.

Hidrograma. - Representa el comportamiento del caudal en m³/s a través de la duración de tormenta, dentro de un tiempo de control.

Evento 9

(5 de enero del 2016)

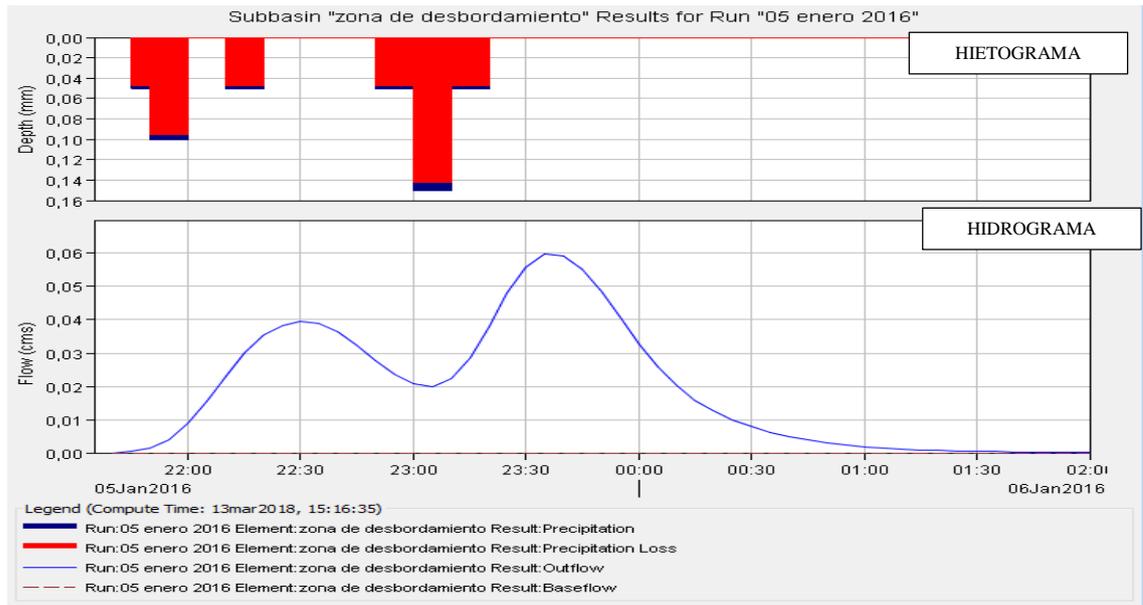


Gráfico 9-3 Hietograma de precipitación día 5 enero del 2016

Realizado por: Cárdenas Christian, 2018

Interpretación:

Nota:

Hietograma. - La parte roja representa la cantidad de precipitación que se infiltra en el suelo. La parte azul representa la cantidad de precipitación que se transforma en escorrentía.

Hidrograma. - Representa el comportamiento del caudal en m^3/s a través de la duración de tormenta, dentro de un tiempo de control.

Evento 10

(8 de enero del 2016)

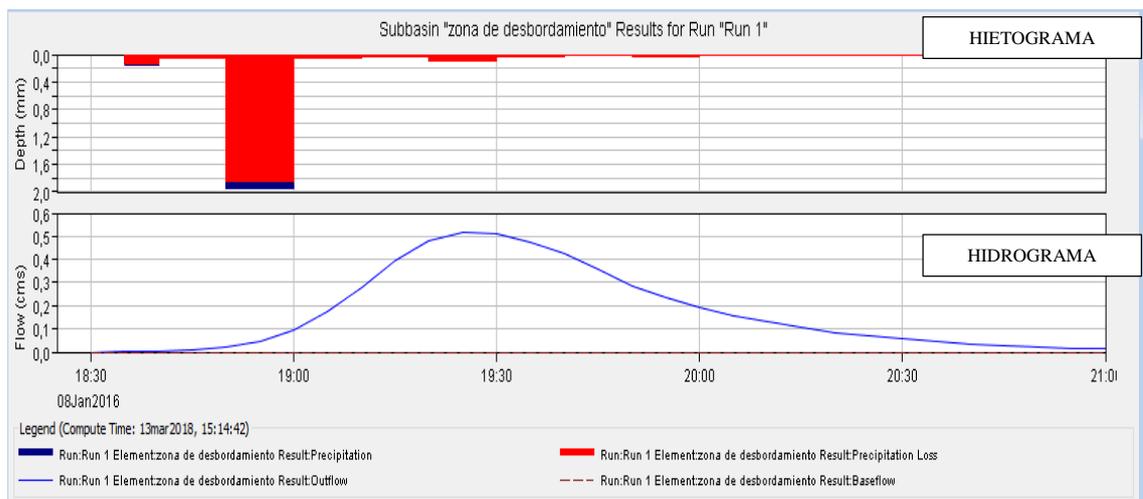


Gráfico 10-3 Hietograma de precipitación día 8 de enero del 2016

Realizado por: Cárdenas Christian, 2018

Interpretación:

Nota:

Hietograma. - La parte roja representa la cantidad de precipitación que se infiltra en el suelo. La parte azul representa la cantidad de precipitación que se transforma en escorrentía.

Hidrograma. - Representa el comportamiento del caudal en m^3/s a través de la duración de tormenta, dentro de un tiempo de control.

Evento 11

(8 de agosto del 2016)

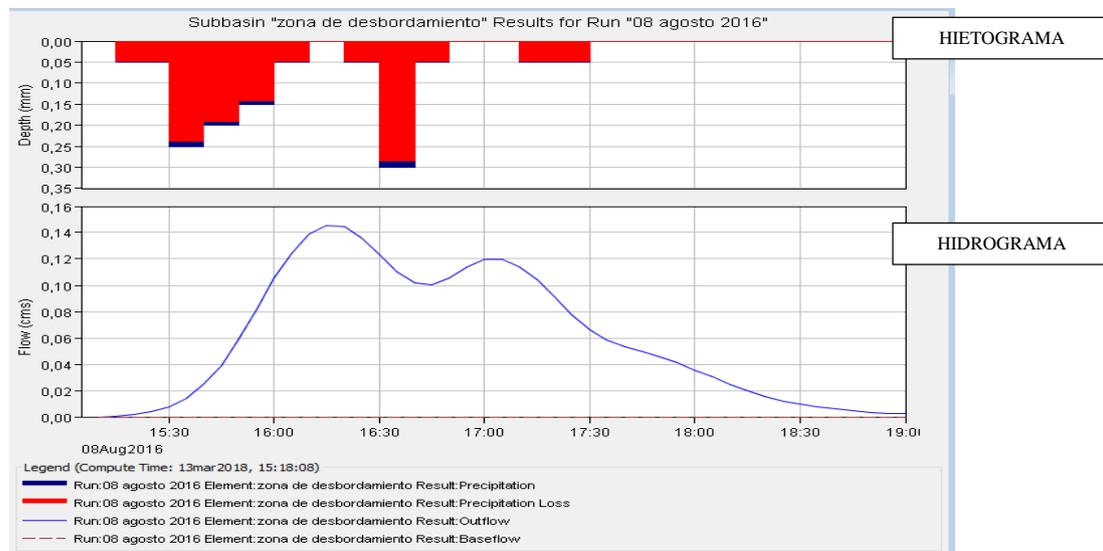


Gráfico 11-3 Hietograma de precipitación día 8 agosto del 2016

Realizado por: Cárdenas Christian, 2018

Interpretación:

Nota:

Hietograma. - La parte roja representa la cantidad de precipitación que se infiltra en el suelo. La parte azul representa la cantidad de precipitación que se transforma en escorrentía.

Hidrograma. - Representa el comportamiento del caudal en m^3/s a través de la duración de tormenta, dentro de un tiempo de control.

Evento 12

(16 de marzo del 2017)

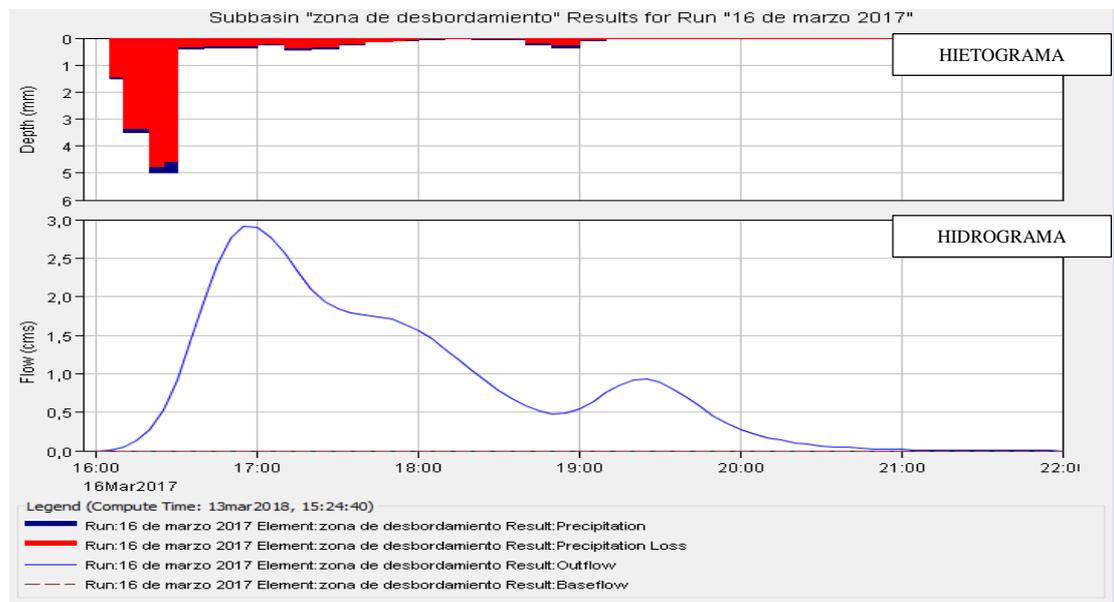


Gráfico 12-3 Hietograma de precipitación día 16 marzo del 2017

Realizado por: Cárdenas Christian, 2018

Interpretación:

Nota:

Hietograma. - La parte roja representa la cantidad de precipitación que se infiltra en el suelo. La parte azul representa la cantidad de precipitación que se transforma en escorrentía.

Hidrograma. - Representa el comportamiento del caudal en m^3/s a través de la duración de tormenta, dentro de un tiempo de control.

3.1.1.2. Resumen de resultados para punto de cierre

En la tabla “Summary Results for Subbasin” de Subbasin-1 podemos observar los valores ponderados con sus respectivas unidades, teniendo un caudal máximo, el mismo que determina el pico máximo de crecida en el hidrograma de crecida del modelo de base de distribución temporal, para realizar cualquier proyecto, ese caudal representaría el dato de punto de cierre en la microcuenca que se tenga en estudio, en este caso, el punto de cierre se encuentra al final de la Quebrada Cunduana.

Seguidamente, se puede observar el valor de precipitación bruta en mm de precipitación (Precipitation Volume), la cual está prescrita por la multiplicación del tiempo de tormenta en horas, y la intensidad de lluvia en mm de precipitación, asumiendo un periodo de retorno específico para cada valor de precipitación bruta. El tiempo de tormenta está calculado en base al tiempo de concentración de la Quebrada utilizando la fórmula de Kirpich, pues se estima esta

fórmula para casos de estudio como la Quebrada Cunduana la cual posee longitudes de cauce mayores a 1Km y pendientes en un rango de 3 a 10%.

(Loss Volume) es el valor de pérdidas que se genera en la modelación, partiendo de la determinación del número de curva (CN) en la Quebrada Cunduana, tomando en cuenta el tipo de suelo, el uso de suelo, la tasa de infiltración del suelo, profundidad, textura, drenaje y el tipo de vegetación; siguiendo todos estos parámetros, la Quebrada Cunduana presenta un número de curva igual a 76, siendo un valor con un moderado grado de impermeabilidad, ya que el CN va en rango de 0 hasta 100, donde 0 es permeable y 100 impermeable. Entonces a mayor CN, mayor escorrentía cabe esperar para un mismo aguacero y por ende menor es la infiltración de agua. Otro valor importante a considerar en las pérdidas generadas de la modelación es el tiempo de retardo, este elemento se calcula a partir de la multiplicación de un factor de corrección igual a 0.6 por T_c (tiempo de concentración); el tiempo de retardo influye en el grado de pérdidas de la modelación puesto que a mayor tiempo de retardo, mayor será la posibilidad de infiltración. Dicho esto, los valores de pérdidas en la modelación aumentan mientras aumenta el periodo de retorno, debido a que el periodo de retorno tiene influencia directa en la precipitación bruta que genera los valores de escorrentía y los valores de pérdida.

(Excess Volume) cuando la precipitación proveniente del evento de lluvia intensa en estudio dentro del modelo de base de distribución temporal, llega a tocar la superficie de la Quebrada Cunduana, realiza un recorrido donde satura primero el suelo generando los valores de pérdida (Loss Volume), una vez saturado el suelo, empieza a formarse la escorrentía y con esto nos lleva a la determinación del tiempo de concentración que básicamente es el tiempo mínimo que debe tener la Quebrada Cunduana para que todos los puntos generen escorrentía dirigida hacia el punto de cierre, es decir donde se encuentra subbasin-1.

A pesar de tener una pendiente bastante elevada de casi 9%, la escorrentía que se genera en la Quebrada no es considerablemente elevada, y esto se debe en gran parte a la capacidad de infiltración que tiene el suelo de la zona. Como se puede observar en las tablas de resultados, las pérdidas son más elevadas que la cantidad de escorrentía que se produce.

Evento 1

(14 de febrero del 2013)

Tabla 13-3 Resumen día 14 de febrero del 2017

Project: Trabajo de Titulación		Simulation Run: 14 de febrero 2013	
Subbasin: zona de desbordamiento			
Start of Run:	14feb2013, 19:10	Basin Model:	Cunduana
End of Run:	15feb2013, 08:00	Meteorologic Model:	14 febrero 2013
Compute Time:	13mar2018, 15:21:30	Control Specifications:	control 14 de febrero 2013
Volume Units: <input checked="" type="radio"/> MM <input type="radio"/> 1000 M3			
Computed Results			
Peak Discharge:	1,4 (M3/S)	Date/Time of Peak Discharge:	14feb2013, 20:30
Precipitation Volume:	25,62 (MM)	Direct Runoff Volume:	2,25 (MM)
Loss Volume:	23,37 (MM)	Baseflow Volume:	0,00 (MM)
Excess Volume:	2,25 (MM)	Discharge Volume:	2,25 (MM)

Realizado por: Cárdenas Christian, 2018

Interpretación:

Nota: Peak discharge de 1.4 m³/s, representa el caudal máximo generado en el punto de cierre de la quebrada Cunduana, registrado a la hora 20:30.

Precipitation Volume de 25.62 mm, representa la cantidad de precipitación bruta sobre la Quebrada.

Loss Volume de 23.27 mm es la cantidad de precipitación que se infiltra en la Quebrada.

Excess Volume de 2.25 mm es la cantidad de precipitación que se transforma en escorrentía y se registra en el punto de cierre en el caso de estudio.

Evento 2

(12 de agosto del 2013)

Tabla 14-3 Resumen día 12 de agosto del 2013

Project: Trabajo de Titulación		Simulation Run: 12 agosto 2013 negativo	
Subbasin: zona de desbordamiento			
Start of Run:	12ago2013, 18:30	Basin Model:	Cunduana
End of Run:	12ago2013, 22:00	Meteorologic Model:	12 agosto 2013
Compute Time:	13mar2018, 15:19:32	Control Specifications:	Control 12 de agosto 2013
Volume Units: <input checked="" type="radio"/> MM <input type="radio"/> 1000 M3			
Computed Results			
Peak Discharge:	0,4 (M3/S)	Date/Time of Peak Discharge:	12ago2013, 20:55
Precipitation Volume:	4,90 (MM)	Direct Runoff Volume:	0,24 (MM)
Loss Volume:	4,66 (MM)	Baseflow Volume:	0,00 (MM)
Excess Volume:	0,25 (MM)	Discharge Volume:	0,24 (MM)

Realizado por: Cárdenas Christian, 2018

Interpretación:

Nota: Peak discharge de 0.4 m³/s, representa el caudal máximo generado en el punto de cierre de la quebrada Cunduana, registrado a la hora 20:55.

Precipitation Volume de 4.90 mm, representa la cantidad de precipitación bruta sobre la Quebrada.

Loss Volume de 4.66 mm es la cantidad de precipitación que se infiltra en la Quebrada.

Excess Volume de 0.25 mm es la cantidad de precipitación que se transforma en escorrentía y se registra en el punto de cierre en el caso de estudio.

Evento 3

(21 de diciembre del 2014)

Tabla 15-3 Resumen día 21 de diciembre del 2014

Project: Trabajo de Titulación		Simulation Run: 21 de diciembre 2014	
Subbasin: zona de desbordamiento			
Start of Run:	21dic2014, 19:20	Basin Model:	Cunduana
End of Run:	22dic2014, 07:00	Meteorologic Model:	21 diciembre 2014
Compute Time:	13mar2018, 15:25:34	Control Specifications:	control 21 de diciembre 2014
Volume Units: <input checked="" type="radio"/> MM <input type="radio"/> 1000 M3			
Computed Results			
Peak Discharge:	1,1 (M3/S)	Date/Time of Peak Discharge:	21dic2014, 20:15
Precipitation Volume:	13,80 (MM)	Direct Runoff Volume:	0,69 (MM)
Loss Volume:	13,11 (MM)	Baseflow Volume:	0,00 (MM)
Excess Volume:	0,69 (MM)	Discharge Volume:	0,69 (MM)

Realizado por: Cárdenas Christian, 2018

Interpretación:

Nota: Peak discharge de 1.1 m3/s, representa el caudal máximo generado en el punto de cierre de la quebrada Cunduana, registrado a la hora 20:15.

Precipitation Volume de 13.80 mm, representa la cantidad de precipitación bruta sobre la Quebrada.

Loss Volume de 13.11 mm es la cantidad de precipitación que se infiltra en la Quebrada.

Excess Volume de 0.69 mm es la cantidad de precipitación que se transforma en escorrentía y se registra en el punto de cierre en el caso de estudio.

Evento 4

(7 de julio del 2014)

Tabla 16-3 Resumen 7 de julio del 2014

Project: Trabajo de Titulación		Simulation Run: 07 julio 2014	
Subbasin: zona de desbordamiento			
Start of Run:	07jul2014, 18:00	Basin Model:	Cunduana
End of Run:	08jul2014, 00:00	Meteorologic Model:	07 julio 2014
Compute Time:	13mar2018, 15:17:23	Control Specifications:	Control 07 de julio 2014
Volume Units: <input checked="" type="radio"/> MM <input type="radio"/> 1000 M3			
Computed Results			
Peak Discharge:	0,5 (M3/S)	Date/Time of Peak Discharge:	07jul2014, 19:45
Precipitation Volume:	9,15 (MM)	Direct Runoff Volume:	0,46 (MM)
Loss Volume:	8,69 (MM)	Baseflow Volume:	0,00 (MM)
Excess Volume:	0,46 (MM)	Discharge Volume:	0,46 (MM)

Realizado por: Cárdenas Christian, 2018

Interpretación:

Nota: Peak discharge de 0.5 m³/s, representa el caudal máximo generado en el punto de cierre de la quebrada Cunduana, registrado a la hora 19:45.

Precipitation Volume de 9.15 mm, representa la cantidad de precipitación bruta sobre la Quebrada.

Loss Volume de 8.69 mm es la cantidad de precipitación que se infiltra en la Quebrada.

Excess Volume de 0.46 mm es la cantidad de precipitación que se transforma en escorrentía y se registra en el punto de cierre en el caso de estudio.

Evento 5

(9 de agosto del 2014)

Tabla 17-3 Resumen 9 de agosto del 2014

Project: Trabajo de Titulación		Simulation Run: 09 agosto 2014	
Subbasin: zona de desbordamiento			
Start of Run: 09ago2014, 17:10	Basin Model: Cunduana		
End of Run: 09ago2014, 21:00	Meteorologic Model: 09 agosto 2014		
Compute Time: 13mar2018, 15:18:49	Control Specifications: Control 9 de agosto 2014		
Volume Units: <input checked="" type="radio"/> MM <input type="radio"/> 1000 M3			
Computed Results			
Peak Discharge: 0,4 (M3/S)	Date/Time of Peak Discharge: 09ago2014, 18:55		
Precipitation Volume: 5,60 (MM)	Direct Runoff Volume: 0,28 (MM)		
Loss Volume: 5,32 (MM)	Baseflow Volume: 0,00 (MM)		
Excess Volume: 0,28 (MM)	Discharge Volume: 0,28 (MM)		

Realizado por: Cárdenas Christian, 2018

Interpretación:

Nota: Peak discharge de 0.4 m³/s, representa el caudal máximo generado en el punto de cierre de la quebrada Cunduana, registrado a la hora 18:55.

Precipitation Volume de 5.60 mm, representa la cantidad de precipitación bruta sobre la Quebrada.

Loss Volume de 5.32 mm es la cantidad de precipitación que se infiltra en la Quebrada.

Excess Volume de 0.28 mm es la cantidad de precipitación que se transforma en escorrentía y se registra en el punto de cierre en el caso de estudio.

Evento 6

(22 de abril del 2015)

Tabla 18-3 Resumen 22 de abril del 2015

Project: Trabajo de Titulación		Simulation Run: 22 abril 2015	
Subbasin: zona de desbordamiento			
Start of Run:	22abr2015, 18:50	Basin Model:	Cunduana
End of Run:	23abr2015, 02:00	Meteorologic Model:	22 abril 2015
Compute Time:	13mar2018, 15:26:16	Control Specifications:	Control 22 abril 2015
Volume Units: <input checked="" type="radio"/> MM <input type="radio"/> 1000 M3			
Computed Results			
Peak Discharge:	0,6 (M3/S)	Date/Time of Peak Discharge:	22abr2015, 22:10
Precipitation Volume:	13,55 (MM)	Direct Runoff Volume:	0,68 (MM)
Loss Volume:	12,87 (MM)	Baseflow Volume:	0,00 (MM)
Excess Volume:	0,68 (MM)	Discharge Volume:	0,68 (MM)

Realizado por: Cárdenas Christian, 2018

Interpretación:

Nota: Peak discharge de 0.6 m³/s, representa el caudal máximo generado en el punto de cierre de la quebrada Cunduana, registrado a la hora 22:10.

Precipitation Volume de 13.55 mm, representa la cantidad de precipitación bruta sobre la Quebrada.

Loss Volume de 12.87 mm es la cantidad de precipitación que se infiltra en la Quebrada.

Excess Volume de 0.68 mm es la cantidad de precipitación que se transforma en escorrentía y se registra en el punto de cierre en el caso de estudio.

Evento 7

(14 de octubre del 2015)

Tabla 19-3 Resumen 14 de octubre del 2015

Project: Trabajo de Titulación		Simulation Run: 14 de octubre 2015	
Subbasin: zona de desbordamiento			
Start of Run:	14oct2015, 18:10	Basin Model:	Cunduana
End of Run:	15oct2015, 07:00	Meteorologic Model:	14 octubre 2015
Compute Time:	13mar2018, 15:22:13	Control Specifications:	control 14 de octubre 2015
Volume Units: <input checked="" type="radio"/> MM <input type="radio"/> 1000 M3			
Computed Results			
Peak Discharge:	1,2 (M3/S)	Date/Time of Peak Discharge:	14oct2015, 19:50
Precipitation Volume:	21,85 (MM)	Direct Runoff Volume:	1,46 (MM)
Loss Volume:	20,38 (MM)	Baseflow Volume:	0,00 (MM)
Excess Volume:	1,47 (MM)	Discharge Volume:	1,46 (MM)

Realizado por: Cárdenas Christian, 2018

Interpretación:

Nota: Peak discharge de 1.2 m³/s, representa el caudal máximo generado en el punto de cierre de la quebrada Cunduana, registrado a la hora 19:50.

Precipitation Volume de 21.85 mm, representa la cantidad de precipitación bruta sobre la Quebrada.

Loss Volume de 20.38 mm es la cantidad de precipitación que se infiltra en la Quebrada.

Excess Volume de 1.47 mm es la cantidad de precipitación que se transforma en escorrentía y se registra en el punto de cierre en el caso de estudio.

Evento 8

(14 de diciembre del 2015)

Tabla 20-3 Resumen 14 de diciembre del 2015

Project: Trabajo de Titulación		Simulation Run: 14 diciembre 2015	
Subbasin: zona de desbordamiento			
Start of Run:	14dic2015, 19:50	Basin Model:	Cunduana
End of Run:	15dic2015, 00:00	Meteorologic Model:	14 diciembre 2015
Compute Time:	13mar2018, 15:23:01	Control Specifications:	Control 14 diciembre 2015
Volume Units: <input checked="" type="radio"/> MM <input type="radio"/> 1000 M3			
Computed Results			
Peak Discharge:	0,3 (M3/S)	Date/Time of Peak Discharge:	14dic2015, 22:45
Precipitation Volume:	5,00 (MM)	Direct Runoff Volume:	0,24 (MM)
Loss Volume:	4,75 (MM)	Baseflow Volume:	0,00 (MM)
Excess Volume:	0,25 (MM)	Discharge Volume:	0,24 (MM)

Realizado por: Cárdenas Christian, 2018

Interpretación:

Nota: Peak discharge de 0.3 m³/s, representa el caudal máximo generado en el punto de cierre de la quebrada Cunduana, registrado a la hora 22:45.

Precipitation Volume de 5.00 mm, representa la cantidad de precipitación bruta sobre la Quebrada.

Loss Volume de 4.75 mm es la cantidad de precipitación que se infiltra en la Quebrada.

Excess Volume de 0.25 mm es la cantidad de precipitación que se transforma en escorrentía y se registra en el punto de cierre en el caso de estudio.

Evento 9

(5 de enero del 2016)

Tabla 21-3 Resumen 5 de enero del 2016

Project: Trabajo de Titulación		Simulation Run: 05 enero 2016	
Subbasin: zona de desbordamiento			
Start of Run: 05ene2016, 21:40	Basin Model: Cunduana		
End of Run: 06ene2016, 02:00	Meteorologic Model: 5 enero 2016		
Compute Time: 13mar2018, 15:16:35	Control Specifications: Control 05 enero 2016		
Volume Units: <input checked="" type="radio"/> MM <input type="radio"/> 1000 M3			
Computed Results			
Peak Discharge: 0,1 (M3/S)	Date/Time of Peak Discharge: 05ene2016, 23:35		
Precipitation Volume: 0,90 (MM)	Direct Runoff Volume: 0,04 (MM)		
Loss Volume: 0,85 (MM)	Baseflow Volume: 0,00 (MM)		
Excess Volume: 0,05 (MM)	Discharge Volume: 0,04 (MM)		

Realizado por: Cárdenas Christian, 2018

Interpretación:

Nota: Peak discharge de 0.1 m³/s, representa el caudal máximo generado en el punto de cierre de la quebrada Cunduana, registrado a la hora 23:35.

Precipitation Volume de 0.9 mm, representa la cantidad de precipitación bruta sobre la Quebrada.

Loss Volume de 0.85 mm es la cantidad de precipitación que se infiltra en la Quebrada.

Excess Volume de 0.05 mm es la cantidad de precipitación que se transforma en escorrentía y se registra en el punto de cierre en el caso de estudio.

Evento 10

(8 de enero del 2016)

Tabla 22-3 Resumen 8 de enero del 2016

Project: Trabajo de Titulación		Simulation Run: Run 1	
Subbasin: zona de desbordamiento			
Start of Run: 08ene2016, 18:30	Basin Model: Cunduana		
End of Run: 08ene2016, 21:00	Meteorologic Model: 08 enero 2016		
Compute Time: 13mar2018, 15:14:42	Control Specifications: Control 8 de enero 2016		
Volume Units: <input checked="" type="radio"/> MM <input type="radio"/> 1000 M3			
Computed Results			
Peak Discharge: 0,5 (M3/S)	Date/Time of Peak Discharge: 08ene2016, 19:25		
Precipitation Volume: 4,75 (MM)	Direct Runoff Volume: 0,24 (MM)		
Loss Volume: 4,51 (MM)	Baseflow Volume: 0,00 (MM)		
Excess Volume: 0,24 (MM)	Discharge Volume: 0,24 (MM)		

Realizado por: Cárdenas Christian, 2018

Interpretación:

Nota: Peak discharge de 0.5 m³/s, representa el caudal máximo generado en el punto de cierre de la quebrada Cunduana, registrado a la hora 19:25.

Precipitation Volume de 4.75 mm, representa la cantidad de precipitación bruta sobre la Quebrada.

Loss Volume de 4.51 mm es la cantidad de precipitación que se infiltra en la Quebrada.

Excess Volume de 0.24 mm es la cantidad de precipitación que se transforma en escorrentía y se registra en el punto de cierre en el caso de estudio.

Evento 11

(8 de agosto del 2016)

Tabla 23-3 Resumen 8 de agosto del 2016

Project: Trabajo de Titulación		Simulation Run: 08 agosto 2016	
Subbasin: zona de desbordamiento			
Start of Run: 08ago2016, 15:10	Basin Model: Cunduana		
End of Run: 08ago2016, 19:00	Meteorologic Model: 08 agosto 2016		
Compute Time: 13mar2018, 15:18:08	Control Specifications: control 8 agosto 2016		
Volume Units: <input checked="" type="radio"/> MM <input type="radio"/> 1000 M3			
Computed Results			
Peak Discharge: 0,1 (M3/S)	Date/Time of Peak Discharge: 08ago2016, 16:15		
Precipitation Volume: 2,50 (MM)	Direct Runoff Volume: 0,12 (MM)		
Loss Volume: 2,37 (MM)	Baseflow Volume: 0,00 (MM)		
Excess Volume: 0,13 (MM)	Discharge Volume: 0,12 (MM)		

Realizado por: Cárdenas Christian, 2018

Interpretación:

Nota: Peak discharge de 0.1 m³/s, representa el caudal máximo generado en el punto de cierre de la quebrada Cunduana, registrado a la hora 16:15.

Precipitation Volume de 2.50 mm, representa la cantidad de precipitación bruta sobre la Quebrada.

Loss Volume de 2.37 mm es la cantidad de precipitación que se infiltra en la Quebrada.

Excess Volume de 0.13 mm es la cantidad de precipitación que se transforma en escorrentía y se registra en el punto de cierre en el caso de estudio.

Evento 12

(16 de marzo del 2017)

Tabla 24-3 Resumen 16 de marzo del 2017

Project: Trabajo de Titulación		Simulation Run: 16 de marzo 2017	
Subbasin: zona de desbordamiento			
Start of Run:	16mar2017, 16:00	Basin Model:	Cunduana
End of Run:	16mar2017, 22:00	Meteorologic Model:	16 marzo 2017
Compute Time:	13mar2018, 15:24:40	Control Specifications:	control 16 de marzo 2017
Volume Units: <input checked="" type="radio"/> MM <input type="radio"/> 1000 M3			
Computed Results			
Peak Discharge:	2,9 (M3/S)	Date/Time of Peak Discharge:	16mar2017, 16:55
Precipitation Volume:	27,15 (MM)	Direct Runoff Volume:	2,64 (MM)
Loss Volume:	24,51 (MM)	Baseflow Volume:	0,00 (MM)
Excess Volume:	2,64 (MM)	Discharge Volume:	2,64 (MM)

Realizado por: Cárdenas Christian, 2018

Interpretación:

Nota: Peak discharge de 2.9 m³/s, representa el caudal máximo generado en el punto de cierre de la quebrada Cunduana, registrado a la hora 16:55.

Precipitation Volume de 27.15 mm, representa la cantidad de precipitación bruta sobre la Quebrada.

Loss Volume de 24.51 mm es la cantidad de precipitación que se infiltra en la Quebrada.

Excess Volume de 2.64 mm es la cantidad de precipitación que se transforma en escorrentía y se registra en el punto de cierre en el caso de estudio.

3.1.1.3. Resultados de series de tiempo

Una serie temporal es una serie de puntos de datos indexados en orden de tiempo. La serie de tiempo proviene de una secuencia tomada en sucesivos puntos igualmente espaciados en el tiempo. Por lo tanto, es una secuencia de datos discretos. Las tablas expuestas a continuación son producto de la elaboración de los registros de intervalos de tiempo acorde a la precipitación calculada por medio de las fórmulas anteriormente citadas.

Evento 1

(14 de febrero del 2013)

Tabla 25-3 Series de tiempo día 14 de febrero del 2013

Project: Trabajo de Titulación Simulation Run: 14 de febrero 2013 Subbasin: zona de desbordamiento							
Start of Run: 14feb2013, 19:10 Basin Model: Cunduana							
End of Run: 15feb2013, 08:00 Meteorologic Model: 14 febrero 2013							
Compute Time: 13mar2018, 15:21:30 Control Specifications: control 14 de febrero 2013							
Date	Time	Precip (MM)	Loss (MM)	Excess (MM)	Direct Flow (M3/S)	Baseflow (M3/S)	Total Flow (M3/S)
14feb2013	20:10	1,02	0,97	0,05	0,8	0,0	0,8
14feb2013	20:15	0,59	0,57	0,03	1,1	0,0	1,1
14feb2013	20:20	0,59	0,57	0,03	1,2	0,0	1,2
14feb2013	20:25	0,45	0,43	0,02	1,3	0,0	1,3
14feb2013	20:30	0,45	0,43	0,02	1,4	0,0	1,4
14feb2013	20:35	0,37	0,35	0,02	1,3	0,0	1,3
14feb2013	20:40	0,37	0,35	0,02	1,2	0,0	1,2
14feb2013	20:45	0,32	0,30	0,02	1,1	0,0	1,1
14feb2013	20:50	0,32	0,30	0,02	1,0	0,0	1,0
14feb2013	20:55	0,28	0,27	0,02	0,9	0,0	0,9
14feb2013	21:00	0,28	0,27	0,02	0,8	0,0	0,8
14feb2013	21:05	0,28	0,26	0,02	0,7	0,0	0,7
14feb2013	21:10	0,28	0,26	0,02	0,6	0,0	0,6
14feb2013	21:15	0,10	0,09	0,01	0,6	0,0	0,6
14feb2013	21:20	0,10	0,09	0,01	0,5	0,0	0,5
14feb2013	21:25	0,00	0,00	0,00	0,5	0,0	0,5
14feb2013	21:30	0,00	0,00	0,00	0,5	0,0	0,5
14feb2013	21:35	0,00	0,00	0,00	0,4	0,0	0,4
14feb2013	21:40	0,00	0,00	0,00	0,4	0,0	0,4
14feb2013	21:45	0,00	0,00	0,00	0,3	0,0	0,3
14feb2013	21:50	0,00	0,00	0,00	0,3	0,0	0,3
14feb2013	21:55	0,00	0,00	0,00	0,2	0,0	0,2
14feb2013	22:00	0,00	0,00	0,00	0,2	0,0	0,2
14feb2013	22:05	0,10	0,09	0,01	0,1	0,0	0,1
14feb2013	22:10	0,10	0,09	0,01	0,1	0,0	0,1
14feb2013	22:15	0,30	0,27	0,03	0,1	0,0	0,1
14feb2013	22:20	0,30	0,27	0,03	0,1	0,0	0,1

Realizado por: Cárdenas Christian, 2018

Evento 2

(12 de agosto del 2013)

Tabla 26-3 Series de tiempo día 12 de agosto del 2013

Project: Trabajo de Titulación Simulation Run: 12 agosto 2013 negativo Subbasin: zona de desbordamiento							
Start of Run: 12ago2013, 18:30 Basin Model: Cunduana				End of Run: 12ago2013, 22:00 Meteorologic Model: 12 agosto 2013			
Compute Time: 13mar2018, 15:19:32				Control Specifications: Control 12 de agosto 2013			
Date	Time	Precip (MM)	Loss (MM)	Excess (MM)	Direct Flow (M3/S)	Baseflow (M3/S)	Total Flow (M3/S)
12ago2013	19:45	0,05	0,05	0,00	0,1	0,0	0,1
12ago2013	19:50	0,05	0,05	0,00	0,1	0,0	0,1
12ago2013	19:55	0,05	0,05	0,00	0,1	0,0	0,1
12ago2013	20:00	0,05	0,05	0,00	0,1	0,0	0,1
12ago2013	20:05	0,05	0,05	0,00	0,1	0,0	0,1
12ago2013	20:10	0,05	0,05	0,00	0,1	0,0	0,1
12ago2013	20:15	0,10	0,10	0,01	0,1	0,0	0,1
12ago2013	20:20	0,10	0,10	0,01	0,1	0,0	0,1
12ago2013	20:25	1,25	1,19	0,06	0,1	0,0	0,1
12ago2013	20:30	1,25	1,19	0,06	0,1	0,0	0,1
12ago2013	20:35	0,00	0,00	0,00	0,2	0,0	0,2
12ago2013	20:40	0,00	0,00	0,00	0,2	0,0	0,2
12ago2013	20:45	0,00	0,00	0,00	0,3	0,0	0,3
12ago2013	20:50	0,00	0,00	0,00	0,3	0,0	0,3
12ago2013	20:55	0,00	0,00	0,00	0,4	0,0	0,4
12ago2013	21:00	0,00	0,00	0,00	0,3	0,0	0,3
12ago2013	21:05	0,00	0,00	0,00	0,3	0,0	0,3
12ago2013	21:10	0,00	0,00	0,00	0,3	0,0	0,3
12ago2013	21:15	0,00	0,00	0,00	0,2	0,0	0,2
12ago2013	21:20	0,00	0,00	0,00	0,2	0,0	0,2
12ago2013	21:25	0,00	0,00	0,00	0,1	0,0	0,1
12ago2013	21:30	0,00	0,00	0,00	0,1	0,0	0,1
12ago2013	21:35	0,00	0,00	0,00	0,1	0,0	0,1
12ago2013	21:40	0,00	0,00	0,00	0,1	0,0	0,1
12ago2013	21:45	0,00	0,00	0,00	0,1	0,0	0,1
12ago2013	21:50	0,00	0,00	0,00	0,0	0,0	0,0
12ago2013	21:55	0,00	0,00	0,00	0,0	0,0	0,0

Realizado por: Cárdenas Christian, 2018

Evento 3

(21 de diciembre del 2014)

Tabla 27-3 Series de tiempo día 21 de diciembre del 2014

Project: Trabajo de Titulación Simulation Run: 21 de diciembre 2014 Subbasin: zona de desbordamiento							
Start of Run: 21dic2014, 19:20 Basin Model: Cunduana				End of Run: 22dic2014, 07:00 Meteorologic Model: 21 diciembre 2014			
Compute Time: 13mar2018, 15:25:34				Control Specifications: control 21 de diciembre 2014			
Date	Time	Precip (MM)	Loss (MM)	Excess (MM)	Direct Flow (M3/S)	Baseflow (M3/S)	Total Flow (M3/S)
21dic2014	19:30	1,25	1,19	0,06	0,0	0,0	0,0
21dic2014	19:35	1,90	1,80	0,10	0,1	0,0	0,1
21dic2014	19:40	1,90	1,80	0,10	0,2	0,0	0,2
21dic2014	19:45	1,10	1,05	0,06	0,4	0,0	0,4
21dic2014	19:50	1,10	1,05	0,06	0,5	0,0	0,5
21dic2014	19:55	1,25	1,19	0,06	0,7	0,0	0,7
21dic2014	20:00	1,25	1,19	0,06	0,9	0,0	0,9
21dic2014	20:05	0,10	0,10	0,01	1,0	0,0	1,0
21dic2014	20:10	0,10	0,10	0,01	1,1	0,0	1,1
21dic2014	20:15	0,05	0,05	0,00	1,1	0,0	1,1
21dic2014	20:20	0,05	0,05	0,00	1,1	0,0	1,1
21dic2014	20:25	0,00	0,00	0,00	1,0	0,0	1,0
21dic2014	20:30	0,00	0,00	0,00	0,9	0,0	0,9
21dic2014	20:35	0,00	0,00	0,00	0,7	0,0	0,7
21dic2014	20:40	0,00	0,00	0,00	0,6	0,0	0,6
21dic2014	20:45	0,05	0,05	0,00	0,5	0,0	0,5
21dic2014	20:50	0,05	0,05	0,00	0,4	0,0	0,4
21dic2014	20:55	0,05	0,05	0,00	0,3	0,0	0,3
21dic2014	21:00	0,05	0,05	0,00	0,3	0,0	0,3
21dic2014	21:05	0,03	0,02	0,00	0,2	0,0	0,2
21dic2014	21:10	0,03	0,02	0,00	0,2	0,0	0,2
21dic2014	21:15	0,05	0,05	0,00	0,1	0,0	0,1
21dic2014	21:20	0,05	0,05	0,00	0,1	0,0	0,1
21dic2014	21:25	0,05	0,05	0,00	0,1	0,0	0,1
21dic2014	21:30	0,05	0,05	0,00	0,1	0,0	0,1
21dic2014	21:35	0,15	0,14	0,01	0,1	0,0	0,1
21dic2014	21:40	0,15	0,14	0,01	0,1	0,0	0,1

Realizado por: Cárdenas Christian, 2018

Evento 4

(7 de julio del 2014)

Tabla 28-3 Series de tiempo día 7 de julio del 2014

Project: Trabajo de Titulación Simulation Run: 07 julio 2014 Subbasin: zona de desbordamiento							
Start of Run: 07jul2014, 18:00 Basin Model: Cunduana				End of Run: 08jul2014, 00:00 Meteorologic Model: 07 julio 2014			
Compute Time: 13mar2018, 15:17:23				Control Specifications: Control 07 de julio 2014			
Date	Time	Precip (MM)	Loss (MM)	Excess (MM)	Direct Flow (M3/S)	Baseflow (M3/S)	Total Flow (M3/S)
07jul2014	18:30	0,40	0,30	0,02	0,0	0,0	0,0
07jul2014	18:35	0,03	0,02	0,00	0,0	0,0	0,0
07jul2014	18:40	0,03	0,02	0,00	0,1	0,0	0,1
07jul2014	18:45	0,05	0,05	0,00	0,1	0,0	0,1
07jul2014	18:50	0,05	0,05	0,00	0,1	0,0	0,1
07jul2014	18:55	0,05	0,05	0,00	0,1	0,0	0,1
07jul2014	19:00	0,05	0,05	0,00	0,1	0,0	0,1
07jul2014	19:05	0,25	0,24	0,01	0,1	0,0	0,1
07jul2014	19:10	0,25	0,24	0,01	0,1	0,0	0,1
07jul2014	19:15	1,80	1,71	0,09	0,1	0,0	0,1
07jul2014	19:20	1,80	1,71	0,09	0,2	0,0	0,2
07jul2014	19:25	0,05	0,05	0,00	0,2	0,0	0,2
07jul2014	19:30	0,05	0,05	0,00	0,3	0,0	0,3
07jul2014	19:35	0,00	0,00	0,00	0,4	0,0	0,4
07jul2014	19:40	0,00	0,00	0,00	0,5	0,0	0,5
07jul2014	19:45	0,00	0,00	0,00	0,5	0,0	0,5
07jul2014	19:50	0,00	0,00	0,00	0,5	0,0	0,5
07jul2014	19:55	0,00	0,00	0,00	0,5	0,0	0,5
07jul2014	20:00	0,00	0,00	0,00	0,4	0,0	0,4
07jul2014	20:05	0,05	0,05	0,00	0,3	0,0	0,3
07jul2014	20:10	0,05	0,05	0,00	0,3	0,0	0,3
07jul2014	20:15	0,15	0,14	0,01	0,2	0,0	0,2
07jul2014	20:20	0,15	0,14	0,01	0,2	0,0	0,2
07jul2014	20:25	0,25	0,24	0,01	0,1	0,0	0,1
07jul2014	20:30	0,25	0,24	0,01	0,1	0,0	0,1
07jul2014	20:35	0,05	0,05	0,00	0,1	0,0	0,1
07jul2014	20:40	0,05	0,05	0,00	0,1	0,0	0,1
07jul2014	20:45	0,05	0,05	0,00	0,1	0,0	0,1

Realizado por: Cárdenas Christian, 2018

Evento 5

(9 de agosto del 2014)

Tabla 29-3 Series de tiempo día 9 de agosto del 2014

Project: Trabajo de Titulación Simulation Run: 09 agosto 2014 Subbasin: zona de desbordamiento							
				Start of Run: 09ago2014, 17:10		Basin Model: Cundwana	
				End of Run: 09ago2014, 21:00		Meteorologic Model: 09 agosto 2014	
				Compute Time: 13mar2018, 15:18:49		Control Specifications: Control 9 de agosto 2014	
Date	Time	Precip (MM)	Loss (MM)	Excess (MM)	Direct Flow (M3/S)	Baseflow (M3/S)	Total Flow (M3/S)
09ago2014	18:00	0,20	0,15	0,05	0,1	0,0	0,1
09ago2014	18:05	0,05	0,05	0,00	0,1	0,0	0,1
09ago2014	18:10	0,05	0,05	0,00	0,2	0,0	0,2
09ago2014	18:15	0,25	0,24	0,01	0,2	0,0	0,2
09ago2014	18:20	0,25	0,24	0,01	0,2	0,0	0,2
09ago2014	18:25	1,00	0,95	0,05	0,2	0,0	0,2
09ago2014	18:30	1,00	0,95	0,05	0,2	0,0	0,2
09ago2014	18:35	0,05	0,05	0,00	0,2	0,0	0,2
09ago2014	18:40	0,05	0,05	0,00	0,3	0,0	0,3
09ago2014	18:45	0,05	0,05	0,00	0,3	0,0	0,3
09ago2014	18:50	0,05	0,05	0,00	0,4	0,0	0,4
09ago2014	18:55	0,05	0,05	0,00	0,4	0,0	0,4
09ago2014	19:00	0,05	0,05	0,00	0,3	0,0	0,3
09ago2014	19:05	0,25	0,24	0,01	0,3	0,0	0,3
09ago2014	19:10	0,25	0,24	0,01	0,3	0,0	0,3
09ago2014	19:15	0,05	0,05	0,00	0,3	0,0	0,3
09ago2014	19:20	0,05	0,05	0,00	0,2	0,0	0,2
09ago2014	19:25	0,05	0,05	0,00	0,2	0,0	0,2
09ago2014	19:30	0,05	0,05	0,00	0,2	0,0	0,2
09ago2014	19:35	0,00	0,00	0,00	0,2	0,0	0,2
09ago2014	19:40	0,00	0,00	0,00	0,2	0,0	0,2
09ago2014	19:45	0,05	0,05	0,00	0,1	0,0	0,1
09ago2014	19:50	0,05	0,05	0,00	0,1	0,0	0,1
09ago2014	19:55	0,05	0,05	0,00	0,1	0,0	0,1
09ago2014	20:00	0,05	0,05	0,00	0,1	0,0	0,1
09ago2014	20:05	0,05	0,05	0,00	0,1	0,0	0,1
09ago2014	20:10	0,05	0,05	0,00	0,1	0,0	0,1
09ago2014	20:15	0,00	0,00	0,00	0,1	0,0	0,1

Realizado por: Cárdenas Christian, 2018

Evento 6

(22 de abril del 2015)

Tabla 30-3 Series de tiempo día 22 de abril del 2015

Project: Trabajo de Titulación Simulation Run: 22 abril 2015 Subbasin: zona de desbordamiento							
Start of Run: 22abr2015, 18:50 Basin Model: Cundwana				End of Run: 23abr2015, 02:00 Meteorologic Model: 22 abril 2015			
Compute Time: 13mar2018, 15:26:16				Control Specifications: Control 22 abril 2015			
Date	Time	Precip (MM)	Loss (MM)	Excess (MM)	Direct Flow (M3/S)	Baseflow (M3/S)	Total Flow (M3/S)
22abr2015	20:50	0,20	0,19	0,01	0,1	0,0	0,1
22abr2015	20:55	0,25	0,24	0,01	0,1	0,0	0,1
22abr2015	21:00	0,25	0,24	0,01	0,1	0,0	0,1
22abr2015	21:05	0,10	0,10	0,01	0,2	0,0	0,2
22abr2015	21:10	0,10	0,10	0,01	0,2	0,0	0,2
22abr2015	21:15	0,05	0,05	0,00	0,2	0,0	0,2
22abr2015	21:20	0,05	0,05	0,00	0,2	0,0	0,2
22abr2015	21:25	0,60	0,57	0,03	0,2	0,0	0,2
22abr2015	21:30	0,60	0,57	0,03	0,2	0,0	0,2
22abr2015	21:35	1,25	1,19	0,06	0,2	0,0	0,2
22abr2015	21:40	1,25	1,19	0,06	0,2	0,0	0,2
22abr2015	21:45	0,25	0,24	0,01	0,3	0,0	0,3
22abr2015	21:50	0,25	0,24	0,01	0,4	0,0	0,4
22abr2015	21:55	0,40	0,38	0,02	0,5	0,0	0,5
22abr2015	22:00	0,40	0,38	0,02	0,5	0,0	0,5
22abr2015	22:05	0,40	0,38	0,02	0,6	0,0	0,6
22abr2015	22:10	0,40	0,38	0,02	0,6	0,0	0,6
22abr2015	22:15	0,05	0,05	0,00	0,6	0,0	0,6
22abr2015	22:20	0,05	0,05	0,00	0,5	0,0	0,5
22abr2015	22:25	0,10	0,10	0,01	0,5	0,0	0,5
22abr2015	22:30	0,10	0,10	0,01	0,5	0,0	0,5
22abr2015	22:35	0,15	0,14	0,01	0,4	0,0	0,4
22abr2015	22:40	0,15	0,14	0,01	0,4	0,0	0,4
22abr2015	22:45	0,05	0,05	0,00	0,3	0,0	0,3
22abr2015	22:50	0,05	0,05	0,00	0,3	0,0	0,3
22abr2015	22:55	0,05	0,05	0,00	0,2	0,0	0,2
22abr2015	23:00	0,05	0,05	0,00	0,2	0,0	0,2

Realizado por: Cárdenas Christian, 2018

Evento 7

(14 de octubre del 2015)

Tabla 31-3 Series de tiempo día 14 de octubre del 2015

Project: Trabajo de Titulación Simulation Run: 14 de octubre 2015 Subbasin: zona de desbordamiento							
Start of Run: 14oct2015, 18:10 Basin Model: Cundwana				End of Run: 15oct2015, 07:00 Meteorologic Model: 14 octubre 2015			
Compute Time: 13mar2018, 15:22:13				Control Specifications: control 14 de octubre 2015			
Date	Time	Precip (MM)	Loss (MM)	Excess (MM)	Direct Flow (M3/S)	Baseflow (M3/S)	Total Flow (M3/S)
14oct2015	18:10				0,0	0,0	0,0
14oct2015	18:15	0,03	0,02	0,00	0,0	0,0	0,0
14oct2015	18:20	0,03	0,02	0,00	0,0	0,0	0,0
14oct2015	18:25	0,05	0,05	0,00	0,0	0,0	0,0
14oct2015	18:30	0,05	0,05	0,00	0,0	0,0	0,0
14oct2015	18:35	0,05	0,05	0,00	0,0	0,0	0,0
14oct2015	18:40	0,05	0,05	0,00	0,0	0,0	0,0
14oct2015	18:45	0,03	0,02	0,00	0,0	0,0	0,0
14oct2015	18:50	0,03	0,02	0,00	0,0	0,0	0,0
14oct2015	18:55	0,15	0,14	0,01	0,0	0,0	0,0
14oct2015	19:00	0,15	0,14	0,01	0,0	0,0	0,0
14oct2015	19:05	0,75	0,71	0,04	0,0	0,0	0,0
14oct2015	19:10	0,75	0,71	0,04	0,1	0,0	0,1
14oct2015	19:15	2,50	2,38	0,12	0,1	0,0	0,1
14oct2015	19:20	2,50	2,38	0,12	0,2	0,0	0,2
14oct2015	19:25	1,50	1,43	0,08	0,4	0,0	0,4
14oct2015	19:30	1,50	1,43	0,08	0,6	0,0	0,6
14oct2015	19:35	0,50	0,47	0,03	0,8	0,0	0,8
14oct2015	19:40	0,50	0,47	0,03	1,0	0,0	1,0
14oct2015	19:45	0,35	0,33	0,02	1,1	0,0	1,1
14oct2015	19:50	0,35	0,33	0,02	1,2	0,0	1,2
14oct2015	19:55	0,40	0,38	0,02	1,2	0,0	1,2
14oct2015	20:00	0,40	0,38	0,02	1,1	0,0	1,1
14oct2015	20:05	0,25	0,24	0,01	1,0	0,0	1,0
14oct2015	20:10	0,25	0,24	0,01	0,9	0,0	0,9
14oct2015	20:15	0,25	0,24	0,01	0,8	0,0	0,8

Realizado por: Cárdenas Christian, 2018

Evento 8

(14 de diciembre del 2015)

Tabla 32-3 Series de tiempo día 14 de diciembre del 2015

Project: Trabajo de Titulación Simulation Run: 14 diciembre 2015 Subbasin: zona de desbordamiento							
Start of Run: 14dic2015, 19:50 Basin Model: Cunduana				End of Run: 15dic2015, 00:00 Meteorologic Model: 14 diciembre 2015			
Compute Time: 13mar2018, 15:23:01				Control Specifications: Control 14 diciembre 2015			
Date	Time	Precip (MM)	Loss (MM)	Excess (MM)	Direct Flow (M3/S)	Baseflow (M3/S)	Total Flow (M3/S)
14dic2015	21:30	0,10	0,10	0,01	0,0	0,0	0,0
14dic2015	21:35	0,25	0,24	0,01	0,0	0,0	0,0
14dic2015	21:40	0,25	0,24	0,01	0,1	0,0	0,1
14dic2015	21:45	0,25	0,24	0,01	0,1	0,0	0,1
14dic2015	21:50	0,25	0,24	0,01	0,1	0,0	0,1
14dic2015	21:55	0,25	0,24	0,01	0,1	0,0	0,1
14dic2015	22:00	0,25	0,24	0,01	0,1	0,0	0,1
14dic2015	22:05	0,40	0,38	0,02	0,2	0,0	0,2
14dic2015	22:10	0,40	0,38	0,02	0,2	0,0	0,2
14dic2015	22:15	0,50	0,47	0,03	0,2	0,0	0,2
14dic2015	22:20	0,50	0,47	0,03	0,2	0,0	0,2
14dic2015	22:25	0,30	0,28	0,01	0,3	0,0	0,3
14dic2015	22:30	0,30	0,28	0,01	0,3	0,0	0,3
14dic2015	22:35	0,05	0,05	0,00	0,3	0,0	0,3
14dic2015	22:40	0,05	0,05	0,00	0,3	0,0	0,3
14dic2015	22:45	0,05	0,05	0,00	0,3	0,0	0,3
14dic2015	22:50	0,05	0,05	0,00	0,3	0,0	0,3
14dic2015	22:55	0,05	0,05	0,00	0,3	0,0	0,3
14dic2015	23:00	0,05	0,05	0,00	0,3	0,0	0,3
14dic2015	23:05	0,05	0,05	0,00	0,2	0,0	0,2
14dic2015	23:10	0,05	0,05	0,00	0,2	0,0	0,2
14dic2015	23:15	0,00	0,00	0,00	0,2	0,0	0,2
14dic2015	23:20	0,00	0,00	0,00	0,1	0,0	0,1
14dic2015	23:25	0,00	0,00	0,00	0,1	0,0	0,1
14dic2015	23:30	0,00	0,00	0,00	0,1	0,0	0,1
14dic2015	23:35	0,00	0,00	0,00	0,1	0,0	0,1

Realizado por: Cárdenas Christian, 2018

Evento 9

(5 de enero del 2016)

Tabla 33-3 Series de tiempo día 5 de enero del 2016

Project: Trabajo de Titulación Simulation Run: 05 enero 2016 Subbasin: zona de desbordamiento							
Start of Run: 05ene2016, 21:40 Basin Model: Cundwana				End of Run: 06ene2016, 02:00 Meteorologic Model: 5 enero 2016			
Compute Time: 13mar2018, 15:16:35				Control Specifications: Control 05 enero 2016			
Date	Time	Precip (MM)	Loss (MM)	Excess (MM)	Direct Flow (M3/S)	Baseflow (M3/S)	Total Flow (M3/S)
05ene2016	22:55	0,05	0,05	0,00	0,0	0,0	0,0
05ene2016	23:00	0,05	0,05	0,00	0,0	0,0	0,0
05ene2016	23:05	0,15	0,14	0,01	0,0	0,0	0,0
05ene2016	23:10	0,15	0,14	0,01	0,0	0,0	0,0
05ene2016	23:15	0,05	0,05	0,00	0,0	0,0	0,0
05ene2016	23:20	0,05	0,05	0,00	0,0	0,0	0,0
05ene2016	23:25	0,00	0,00	0,00	0,0	0,0	0,0
05ene2016	23:30	0,00	0,00	0,00	0,1	0,0	0,1
05ene2016	23:35	0,00	0,00	0,00	0,1	0,0	0,1
05ene2016	23:40	0,00	0,00	0,00	0,1	0,0	0,1
05ene2016	23:45	0,00	0,00	0,00	0,1	0,0	0,1
05ene2016	23:50	0,00	0,00	0,00	0,0	0,0	0,0
05ene2016	23:55	0,00	0,00	0,00	0,0	0,0	0,0
06ene2016	00:00	0,00	0,00	0,00	0,0	0,0	0,0
06ene2016	00:05	0,00	0,00	0,00	0,0	0,0	0,0
06ene2016	00:10	0,00	0,00	0,00	0,0	0,0	0,0
06ene2016	00:15	0,00	0,00	0,00	0,0	0,0	0,0
06ene2016	00:20	0,00	0,00	0,00	0,0	0,0	0,0
06ene2016	00:25	0,00	0,00	0,00	0,0	0,0	0,0
06ene2016	00:30	0,00	0,00	0,00	0,0	0,0	0,0
06ene2016	00:35	0,00	0,00	0,00	0,0	0,0	0,0
06ene2016	00:40	0,00	0,00	0,00	0,0	0,0	0,0
06ene2016	00:45	0,00	0,00	0,00	0,0	0,0	0,0
06ene2016	00:50	0,00	0,00	0,00	0,0	0,0	0,0
06ene2016	00:55	0,00	0,00	0,00	0,0	0,0	0,0
06ene2016	01:00	0,00	0,00	0,00	0,0	0,0	0,0
06ene2016	01:05	0,00	0,00	0,00	0,0	0,0	0,0
06ene2016	01:10	0,00	0,00	0,00	0,0	0,0	0,0

Realizado por: Cárdenas Christian, 2018

Evento 10

(8 de enero del 2016)

Tabla 34-3 Series de tiempo día 8 de enero del 2016

Project: Trabajo de Titulación Simulation Run: Run 1 Subbasin: zona de desbordamiento							
				Start of Run: 08ene2016, 18:30 Basin Model: Cundwana			
				End of Run: 08ene2016, 21:00 Meteorologic Model: 08 enero 2016			
				Compute Time: 13mar2018, 15:14:42 Control Specifications: Control 8 de enero 2016			
Date	Time	Precip (MM)	Loss (MM)	Excess (MM)	Direct Flow (M3/S)	Baseflow (M3/S)	Total Flow (M3/S)
08ene2016	18:35	0,15	0,14	0,01	0,0	0,0	0,0
08ene2016	18:40	0,15	0,14	0,01	0,0	0,0	0,0
08ene2016	18:45	0,05	0,05	0,00	0,0	0,0	0,0
08ene2016	18:50	0,05	0,05	0,00	0,0	0,0	0,0
08ene2016	18:55	1,95	1,85	0,10	0,0	0,0	0,0
08ene2016	19:00	1,95	1,85	0,10	0,1	0,0	0,1
08ene2016	19:05	0,05	0,05	0,00	0,2	0,0	0,2
08ene2016	19:10	0,05	0,05	0,00	0,3	0,0	0,3
08ene2016	19:15	0,03	0,02	0,00	0,4	0,0	0,4
08ene2016	19:20	0,03	0,02	0,00	0,5	0,0	0,5
08ene2016	19:25	0,10	0,10	0,01	0,5	0,0	0,5
08ene2016	19:30	0,10	0,10	0,01	0,5	0,0	0,5
08ene2016	19:35	0,03	0,02	0,00	0,5	0,0	0,5
08ene2016	19:40	0,03	0,02	0,00	0,4	0,0	0,4
08ene2016	19:45	0,00	0,00	0,00	0,4	0,0	0,4
08ene2016	19:50	0,00	0,00	0,00	0,3	0,0	0,3
08ene2016	19:55	0,03	0,02	0,00	0,2	0,0	0,2
08ene2016	20:00	0,03	0,02	0,00	0,2	0,0	0,2
08ene2016	20:05	0,00	0,00	0,00	0,2	0,0	0,2
08ene2016	20:10	0,00	0,00	0,00	0,1	0,0	0,1
08ene2016	20:15	0,00	0,00	0,00	0,1	0,0	0,1
08ene2016	20:20	0,00	0,00	0,00	0,1	0,0	0,1
08ene2016	20:25	0,00	0,00	0,00	0,1	0,0	0,1
08ene2016	20:30	0,00	0,00	0,00	0,1	0,0	0,1
08ene2016	20:35	0,00	0,00	0,00	0,0	0,0	0,0
08ene2016	20:40	0,00	0,00	0,00	0,0	0,0	0,0
08ene2016	20:45	0,00	0,00	0,00	0,0	0,0	0,0
08ene2016	20:50	0,00	0,00	0,00	0,0	0,0	0,0

Realizado por: Cárdenas Christian, 2018

Evento 11

(8 de agosto del 2016)

Tabla 35-3 Series de tiempo día 8 agosto del 2016

Project: Trabajo de Titulación Simulation Run: 08 agosto 2016 Subbasin: zona de desbordamiento							
Start of Run: 08ago2016, 15:10 Basin Model: Cundwana				End of Run: 08ago2016, 19:00 Meteorologic Model: 08 agosto 2016			
Compute Time: 13mar2018, 15:18:08				Control Specifications: control 8 agosto 2016			
Date	Time	Precip (MM)	Loss (MM)	Excess (MM)	Direct Flow (M3/S)	Baseflow (M3/S)	Total Flow (M3/S)
08ago2016	15:45	0,20	0,19	0,01	0,1	0,0	0,1
08ago2016	15:50	0,20	0,19	0,01	0,1	0,0	0,1
08ago2016	15:55	0,15	0,14	0,01	0,1	0,0	0,1
08ago2016	16:00	0,15	0,14	0,01	0,1	0,0	0,1
08ago2016	16:05	0,05	0,05	0,00	0,1	0,0	0,1
08ago2016	16:10	0,05	0,05	0,00	0,1	0,0	0,1
08ago2016	16:15	0,00	0,00	0,00	0,1	0,0	0,1
08ago2016	16:20	0,00	0,00	0,00	0,1	0,0	0,1
08ago2016	16:25	0,05	0,05	0,00	0,1	0,0	0,1
08ago2016	16:30	0,05	0,05	0,00	0,1	0,0	0,1
08ago2016	16:35	0,30	0,28	0,01	0,1	0,0	0,1
08ago2016	16:40	0,30	0,28	0,01	0,1	0,0	0,1
08ago2016	16:45	0,05	0,05	0,00	0,1	0,0	0,1
08ago2016	16:50	0,05	0,05	0,00	0,1	0,0	0,1
08ago2016	16:55	0,00	0,00	0,00	0,1	0,0	0,1
08ago2016	17:00	0,00	0,00	0,00	0,1	0,0	0,1
08ago2016	17:05	0,00	0,00	0,00	0,1	0,0	0,1
08ago2016	17:10	0,00	0,00	0,00	0,1	0,0	0,1
08ago2016	17:15	0,05	0,05	0,00	0,1	0,0	0,1
08ago2016	17:20	0,05	0,05	0,00	0,1	0,0	0,1
08ago2016	17:25	0,05	0,05	0,00	0,1	0,0	0,1
08ago2016	17:30	0,05	0,05	0,00	0,1	0,0	0,1
08ago2016	17:35	0,00	0,00	0,00	0,1	0,0	0,1
08ago2016	17:40	0,00	0,00	0,00	0,1	0,0	0,1
08ago2016	17:45	0,00	0,00	0,00	0,0	0,0	0,0
08ago2016	17:50	0,00	0,00	0,00	0,0	0,0	0,0
08ago2016	17:55	0,00	0,00	0,00	0,0	0,0	0,0
08ago2016	18:00	0,00	0,00	0,00	0,0	0,0	0,0

Realizado por: Cárdenas Christian, 2018

Evento 12

(16 de marzo del 2017)

Tabla 36-3 Series de tiempo día 1 de marzo del 2017

Project: Trabajo de Titulación Simulation Run: 16 de marzo 2017 Subbasin: zona de desbordamiento							
Start of Run: 16mar2017, 16:00				Basin Model: Cunduana			
End of Run: 16mar2017, 22:00				Meteorologic Model: 16 marzo 2017			
Compute Time: 13mar2018, 15:24:40				Control Specifications: control 16 de marzo 2017			
Date	Time	Precip (MM)	Loss (MM)	Excess (MM)	Direct Flow (M3/S)	Baseflow (M3/S)	Total Flow (M3/S)
16mar2017	16:10	1,50	1,43	0,08	0,0	0,0	0,0
16mar2017	16:15	3,50	3,33	0,18	0,1	0,0	0,1
16mar2017	16:20	3,50	3,33	0,18	0,3	0,0	0,3
16mar2017	16:25	5,00	4,75	0,25	0,5	0,0	0,5
16mar2017	16:30	5,00	4,57	0,43	0,9	0,0	0,9
16mar2017	16:35	0,40	0,34	0,06	1,4	0,0	1,4
16mar2017	16:40	0,40	0,34	0,06	1,9	0,0	1,9
16mar2017	16:45	0,35	0,30	0,05	2,4	0,0	2,4
16mar2017	16:50	0,35	0,29	0,06	2,8	0,0	2,8
16mar2017	16:55	0,35	0,29	0,06	2,9	0,0	2,9
16mar2017	17:00	0,35	0,29	0,06	2,9	0,0	2,9
16mar2017	17:05	0,25	0,20	0,05	2,8	0,0	2,8
16mar2017	17:10	0,25	0,20	0,05	2,6	0,0	2,6
16mar2017	17:15	0,45	0,36	0,09	2,3	0,0	2,3
16mar2017	17:20	0,45	0,36	0,09	2,1	0,0	2,1
16mar2017	17:25	0,40	0,32	0,08	1,9	0,0	1,9
16mar2017	17:30	0,40	0,31	0,09	1,8	0,0	1,8
16mar2017	17:35	0,25	0,19	0,06	1,8	0,0	1,8
16mar2017	17:40	0,25	0,19	0,06	1,8	0,0	1,8
16mar2017	17:45	0,15	0,12	0,03	1,7	0,0	1,7
16mar2017	17:50	0,15	0,11	0,04	1,7	0,0	1,7
16mar2017	17:55	0,10	0,08	0,02	1,6	0,0	1,6
16mar2017	18:00	0,10	0,08	0,02	1,6	0,0	1,6
16mar2017	18:05	0,05	0,04	0,01	1,5	0,0	1,5
16mar2017	18:10	0,05	0,04	0,01	1,3	0,0	1,3
16mar2017	18:15	0,03	0,02	0,01	1,2	0,0	1,2
16mar2017	18:20	0,03	0,02	0,01	1,0	0,0	1,0

Realizado por: Cárdenas Christian, 2018

Tabla 37-3 Pruebas de los efectos inter-sujetos

Variable dependiente: inundación

Origen	Suma de cuadrados tipo III	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	76,468 ^a	307	,249	1,494	,325
Intersección	236,550	1	236,550	1419,298	,000
Tiempo	1,059	83	,013	,077	1,000
Precipitación	2,495	9	,277	1,663	,276
Caudal	12,669	7	1,810	10,859	,005
tiempo * precipitación	,000	0	.	.	.
tiempo * caudal	,676	54	,013	,075	1,000
precipitación * caudal	,000	0	.	.	.
tiempo * precipitación * caudal	,000	0	.	.	.
Error	1,000	6	,167		
Total	731,000	314			
Total corregida	77,468	313			

Realizado por: Cárdenas Christian, 2018

a. R cuadrado = ,987 (R cuadrado corregida = ,327)

Nota: Planteamiento de hipótesis:

- Ho. No existen diferencias en la variable inundación por efecto de los factores tiempo, precipitación, caudal y sus combinaciones. $p \geq 0,05$
- Hi. Existen diferencias en la variable inundación por efecto de los factores tiempo, precipitación, caudal y sus combinaciones. $p < 0,05$

Decisión.- En el caso del factor caudal, como el nivel de significación es de 0,005 se desecha la hipótesis nula, no así en los otros casos

Obteniendo el resultado de significancia de 0.005 del caudal en relación a la inundación, se realizó un modelo de medias marginales estimadas para los eventos de inundación, donde se propuso el número 1 para eventos sin inundación y el número 2 para eventos de inundación, obteniendo los siguientes resultados.

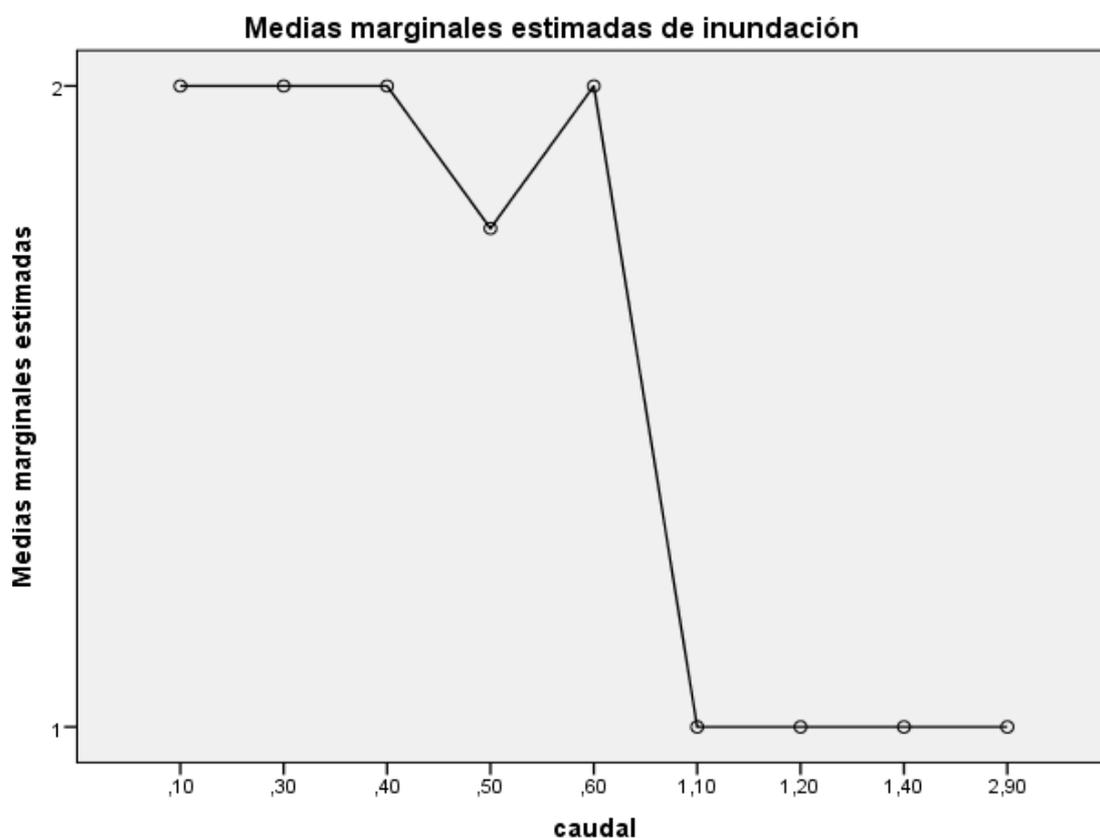


Gráfico 13-3 Medias Marginales de inundación

Elaborado por: Cárdenas Christian 2018

Nota: El eje X presenta los valores de caudal; el eje Y muestra la existencia o ausencia de inundaciones

CONCLUSIONES

Cada año se registró un evento de inundación en la parte norte de la ciudad de Riobamba, expuesto por medios de comunicación, lo cual coincide con eventos de precipitación máxima registrados por la estación meteorológica del INAMHI-ESPOCH, las fajas de precipitación, es así como se formularon los hietogramas de diseño tomando como referencia en el eje de las abscisas el tiempo y en las ordenadas la altura de precipitación en un rango de 0 hasta 10 mm; estos hietogramas de diseño se procesaron de forma manual siguiendo la metodología indicada en el capítulo 2.

El programa Hec Hms requiere de insumos variados, pues realiza un estudio interdisciplinario para determinación de hidrogramas de crecidas, se comenzó con un análisis morfométrico de la Quebrada Cunduana, estableciendo un área de 6.7km^2 , con una pendiente de 8.98 m/m; las pérdidas generadas por la geomorfología del suelo, se consideró a través de un tiempo de retardo, el mismo que es determinado según la fórmula de Kirpich para microcuencas.

Los Hietogramas y Hidrograma son diagramas de barra donde nos presenta el comportamiento de la intensidad de las lluvias, cada una refleja escenarios, las Hietogramas de diseño se basan en las curvas Intensidad- Duración- Frecuencia, y en cuanto a los Hidrogramas representa la variación caudal en relación al tiempo de una Cuenca Hidrográfica.

Para esta investigación se utilizó los datos de la Estación Meteorológica de la Escuela Politécnica de Chimborazo, siendo esta la estación más cercana a la zona de estudio, contiene los modelos adecuados para realizarlo.

GLOSARIO

- WMS – sistema de modelación de cuencas
- Watershed – Cuenca
- River bottom – cause
- Slope – pendiente
- Model – modelo
- DEM – modelo de elevación digital
- GIS – SIG (sistema de información geográfica)
- Land use – uso de suelo
- Soils – suelos (edafología)
- Coverage – cubierta
- Run the model – correr el model
- Runoff – escurrimiento
- Dam – embalse (reservoir) presa (the actual dam structure)
- Storage – almacenamiento
- Drainage – drenaje
- Discharge – descarga
- Peak flow – gasto máximo
- Flowrate – caudal
- Hydrology – hidrología
- Hydraulics – hidráulica
- Network – red (red inalámbrica – wireless network)
- Flood – inundación

BIBLIOGRAFÍA

Carriollo, Claudia. *“Utilización del modelo “HEC-HMS” en sistemas de pronósticos hidrológicos y verificación de los datos obtenidos por el modelo CMPORH, en la cuenca del Rio Sucio.* El Salvador: Universidad de El Salvador, 2016.

Cosme, R. *Precipitaciones.* Barranquilla: Universidad Nacional de Barranquilla, 2012.

Cuvi, C. *Efecto de seis extractos de plantas amazónicas sobre el cultivo de Brocoli y su entomofauna asociada.* Riobamba: Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, 2016.

El Telegrafo. Riobamba evalua daños causados por las lluvias. *el Telegrafo.* 2013.

Ep-Empar Riobamba. *Relleno en la quebrada de cunduana ocasiona inconvenientes* [En línea] 2016. <https://www.facebook.com/EmparRiobamba/posts/533196246863094>.

ESPOCH. *Registro de datos pluviométricos.* Riobamba: 2017.

FAO. *Guía para la descripción de suelos.* San Simon: Universidad Mayor de San Simón, 2009.

Física Aplicada. Formación de nubes y tipos de nubes. [En línea] 13 de Marzo de 2017. <http://meteo.fisica.edu.uy/Materias/TICA/FormacionytiposdeNubes.pdf>.

Guirado, S. y López, F. Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles: *Tendencias de las precipitaciones y temperaturas en una pequeña cuenca fluvial del sureste peninsular semiárido,* págs. 349-371. 2011.

Hidrologia basica y aplicada. Bateman, Allen. 2007, Grupo de Investigacion en Transporte de Sedimentos , pág. 1.

Hidrología. *Chereque,* W. Lima: CONCYTEC , 2000. CIP 4222 .

HydroVlab. *Determinacion de numero de curva.* Riobamba: HydroVlab, 2010.

Instituto nacional de Meteorología e Hidrología. *Anuario metereológico.* Quito: Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología, 2014.

Lagrost, Luisa. *Apuntes de hidrología.* México D.F: Prentice Hal, 2011.

Léon, F. *Observación e identificación de la nubes.* Valencia: Severe Weather, 2014.

Marquez, Crisitina. Fuertes lluvias causaron aluviones y deslizamientos en Riobamaba y Guano. *El Comercio.* 09 de 01 de 2016.

Ministerio de Educación y Ciencia. *Meteorología y climatología.* Valencia: FECYT (Fundación Española para la Ciencia y la Tecnología), 2004.

Myrna, A. y Solís, A. *Calidad del aire y meteorología.* Madrid: Universia, 2013.

Nanía, Leonardo. *Manual Básico de HEC-HMS 3.0.0 y HEC-GeoHMS 1.1.* Granada: Universidad de Granada, 2007.

Ochoa, Paúl. *Tutorial de prácticas ArcGIS Versión 9.2 .* Cuenca: Universidad del Azuay, 2008.

Ortega, Gabriela. Composición y clasificación de los suelos. [En línea] 07 de Octubre de 2014. <http://www.abc.com.py/edicion-impres/suplementos/escolar/composicion-y-clasificacion-de-los-suelos-1293271.html>.

Ramirez, Johann. *Cuencas exorreicas y endorreicas.* [En línea] 09 de Marzo de 2013. <https://www.lifeder.com/cuenca-exorreica-endorreica/>.

Rodríguez, Daniela. *Suelo Limoso.* [En línea] 12 de Junio de 2014. <https://www.lifeder.com/suelo-limoso/>.

Sanchez, F. *Precipitaciones.* Salamanca: Departamento de Geología, 2013.

Sarocha, Horacio. *Introducción a la meteorología general.* Buenos Aires: Universidad de la Plata, 2013.

Sarochar, H. *Introducción a la meteorología general.* Buenos Aires: Universidad nacional de la Plata, 2012.

Segerer, Carlos. *Hidrología I.* Mendoza: UNC, 2006. pág. 5.

Vargas, Ronald. *Guía para la descripción de suelos.* Roma: División de Información FAO, 2009.

Vélez, M. *Hidráulica de aguas subterráneas.* Medellín: Universidad Nacional de Colombia, 2000.

Villodas, R. *Hidrología.* Mendoza: Universidad Nacional de Cuyo, 2008.

Wambeke, Jan Van. *Captación y almacenamiento de agua de lluvia.* Santiago de Chile: Oficina Regional de la FAO para América Latina y el Caribe, 2013.