



**Universidad del Azuay**

**FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL Y GERENCIA DE**  
**CONSTRUCCIONES**

**Análisis de precipitaciones y elaboración de hietogramas de  
diseño para la ciudad de Cuenca**

**Trabajo de Graduación previo a la obtención del  
Título de Ingeniero Civil**

**Autor:**

**Daniel Geovanny Genovez Muñoz**

**Director:**

**Josué Bernardo Larriva Vásquez**

**CUENCA – ECUADOR**

**2018**

## **DEDICATORIA**

Quiero dedicar esta tesis a mis padres, por siempre apoyarme en mi carrera, el valor económico aunque necesario no ha sido lo más importante que me han brindado; su apoyo, motivación y dedicación, han fijado en mí una fuente de inspiración y un deseo de éxito constante para alcanzar este objetivo y los siguientes, los cuáles anhelo que sean muchos.

A mi hermana y mi esposa por su paciencia, ayuda y preocupación; mas no puedo olvidar a mi mayor orgullo, mi hija, por su amor y alegría, brindaron un motivo más de superación; la mirada y sonrisa de mi hija me hacían pensar que debo dar lo mejor de mí, con la mayor responsabilidad; puesto que todo esfuerzo tiene sus recompensas, mi hija con su sonrisa hacía de este proyecto un objetivo más no una obligación.

## **AGRADECIMIENTO**

Es una gran satisfacción ser estudiante de la Universidad del Azuay, a la cuál agradezco mis conocimientos y calidad profesional; ser competitivo y un futuro profesional en la ciudad de Cuenca y del país, se lo debo al conocimiento brindando por profesionales altamente calificados que forman parte de mi apreciada UDA.

Agradezco a mi tutor y al Ingeniero Javier Fernández de Córdova, por la paciencia, tiempo, preocupación, confianza y sabiduría brindada durante todo trayecto de mi tesis; sus indicaciones y correcciones fueron fundamentales para desarrollar el presente tema.

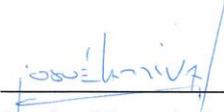
A la empresa ETAPA EP, quienes amablemente me brindaron información detallada de los datos Pluviométricos, sin los cuáles sería imposible realizar los análisis respectivos.

**RESUMEN**

Genovez Muñoz III

En el presente trabajo se realiza un análisis de las precipitaciones para la ciudad de Cuenca, que incluye la probabilidad de ocurrencia de lluvias y la intensidad de las mismas a partir del año 2014. Se estudiaron 6 estaciones distribuidas en el área urbana de la ciudad de Cuenca, y a partir de varios métodos de análisis pluviométricos, que incluye la correlación entre estaciones, se determinaron los valores de precipitación media y máxima, y se elaboraron mapas de distribución de lluvia. Adicionalmente se determinaron curvas de ID, curvas IDF y hietogramas de diseño para cada una de las estaciones.

**Palabras clave:** análisis, probabilidad, correlación, distribución, curvas, hietogramas.

  
\_\_\_\_\_  
Ing. Josué Bernardo Larriva Vásquez  
Director del Trabajo de Titulación

  
\_\_\_\_\_  
Ing. José Fernando Vázquez Calero  
Director de Escuela

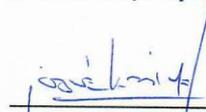
  
\_\_\_\_\_  
Daniel Geovanny Genovez Muñoz  
Autor

Genovez Muñoz IV

**ABSTRACT**

An analysis of the precipitations in Cuenca was made in the present work. This included the probability of rain occurrence and the intensity of it as of 2014. Six stations distributed in the urban area of Cuenca were studied. From several rainfall analysis methods that included the correlation between stations, the mean and maximum precipitation values were determined and rain distribution maps were prepared. Additionally, ID curves, IDF curves and design hietograms were determined for each of the stations.

**Keywords:** analysis, probability, correlation, distribution, curves, hietograms.

  
\_\_\_\_\_  
Ing. Josué Bernardo Larriva Vásquez  
Thesis Director

  
\_\_\_\_\_  
Ing. José Fernando Vázquez Calero  
Faculty Director

  
\_\_\_\_\_  
Daniel Geovanny Genovez Muñoz  
Author

  
UNIVERSIDAD DEL  
ÁZUAY  
Dpto. Idiomas

  
Translated by  
Ing. Paul Arpi

## ÍNDICE

DEDICATORIA .....	I
AGRADECIMIENTO .....	II
RESUMEN.....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
ÍNDICE DE TABLAS .....	VII
ÍNDICE DE FIGURAS.....	IX
ÍNDICE DE ANEXOS.....	XI
Antecedentes .....	1
Justificación .....	3
Alcance .....	5
Objetivos .....	6
Objetivo general .....	6
Objetivos específicos .....	6
CAPÍTULO 1: CONCEPTOS PRELIMINARES .....	8
1.1 Precipitaciones .....	8
1.2 Tipos de precipitación.....	8
1.2.1 Por el ascenso de la masa húmeda .....	9
1.2.2 Por la forma en la que cae .....	10
1.3 Métodos para determinar la precipitación.....	12
1.3.1 Unidades y medidas .....	12
1.3.2 Dificultades de medición.....	15
1.3.3 Pluviómetro .....	15
1.3.4 Pluviógrafo.....	17
1.4 Datos pluviométricos .....	20
1.4.1 Hietograma.....	20
1.4.2 Curvas de intensidad-duración (ID).....	21
1.4.3 Curva de intensidad, duración y frecuencia (IDF) .....	22
1.4.4 Precipitación media en una zona o cuenca.....	26
CAPÍTULO 2: LEVANTAMIENTO DE INFORMACIÓN.....	30
2.1 Área de estudio .....	30
2.2 Estaciones monitoreadas por Etapa EP.....	31
2.3 Información cartográfica.....	35

2.4 Levantamiento de los datos de precipitación .....	37
2.5 Determinación de datos faltantes .....	37
2.6 Corrección y relleno de datos .....	41
CAPÍTULO 3: METODOLOGÍA .....	50
3.1 Precipitación media.....	50
3.1.1 Interpolación espacial.....	50
3.1.2 Mapa de isoyetas .....	53
3.1.2.1 Elaboración mapa de isoyetas en ArcGis.....	55
3.1.3 Polígonos de Thiessen.....	62
3.2 Curvas intensidad-duración .....	65
3.3 Curvas de intensidad, duración y frecuencia .....	67
3.4 Precipitación máxima.....	69
3.4.1 Gumbel.....	69
3.4.2 Log Pearson tipo III .....	70
3.5 Hietograma de diseño .....	71
CAPITULO 4: RESULTADOS .....	73
4.1 Mapa de isoyetas.....	73
4.2 Polígonos de Thiessen.....	88
4.3 Estación de la curva ID .....	89
4.4 Curvas intensidad-duración y frecuencia.....	96
4.5 Precipitación máxima.....	102
4.6 Hietograma de diseño .....	109
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	116
CONCLUSIONES .....	116
RECOMENDACIONES.....	118
BIBLIOGRAFÍA .....	119
ANEXOS .....	122

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2. 1 Total de datos pluviómetros obtenidos. ....	38
Tabla 2. 2 Determinación de los datos estadísticos.....	40
Tabla 2. 3 Ejemplo dato pluviométrico a corregir en registros de cada 24 horas .....	41
Tabla 2. 4 Coeficiente de determinación entre estaciones. ....	44
Tabla 2. 5 Coeficiente de correlación entre estaciones. ....	45
Tabla 2. 6 Coeficiente de Correlación en registros pluviométricos corregidos y rellenados. ....	45
Tabla 3. 1 Clasificación de diferentes métodos de interpolación espacial.....	50
Tabla 3. 2 Precipitación promedio mensual anual para cada una de las estaciones de análisis.....	54
Tabla 3. 3 Ecuaciones para la determinación de A0, A1 y A2. ....	68
Tabla 4. 1 Precipitación media obtenida a lo largo de los 12 meses de estudio. ....	73
Tabla 4. 2 Precipitación media obtenida por polígonos de Thiessen. ....	88
Tabla 4. 3 Datos de la generación de curvas ID Challuabamba.....	90
Tabla 4. 4 Datos de la generación de curvas ID El Valle. ....	91
Tabla 4. 5 Datos de la generación de curvas ID Huizhil.....	92
Tabla 4. 6 Datos de la generación de curvas ID Narancay. ....	93
Tabla 4. 7 Datos de la generación de curvas ID Ricaurte. ....	94
Tabla 4. 8 . Datos de la generación de curvas ID Totoracocha.....	95
Tabla 4. 9 Intensidad para periodos de retorno de 5, 10, 15 y 20 años Challuabamba. .....	96
Tabla 4. 10 Intensidad para periodos de retorno de 5, 10, 15 y 20 años El Valle.....	97
Tabla 4. 11 Intensidad para periodos de retorno de 5, 10, 15 y 20 años Huizhil.....	98
Tabla 4. 12 Intensidad para periodos de retorno de 5, 10, 15 y 20 años Narancay...	99
Tabla 4. 13 Intensidad para periodos de retorno de 5, 10, 15 y 20 años Ricaurte. ..	100
Tabla 4. 14 Intensidad para periodos de retorno de 5, 10, 15 y 20 años Totoracocha. .....	101
Tabla 4. 15 Precipitación máxima por Gumbel y Pearson Challuabamba.....	103
Tabla 4. 16 . Precipitación máxima por Gumbel y Pearson El Valle.....	104
Tabla 4. 17 Precipitación máxima por Gumbel y Pearson Huizhil.....	105
Tabla 4. 18 Precipitación máxima por Gumbel y Pearson Narancay. ....	106
Tabla 4. 19 Precipitación máxima por Gumbel y Pearson Ricaurte. ....	107
Tabla 4. 20 Precipitación máxima por Gumbel y Pearson Totoracocha.....	108
Tabla 4. 21 Precipitación curva IDF periodo de retorno de 10 años Challuabamba	110
Tabla 4. 22 Precipitación curva IDF periodo de retorno de 10 años El Valle. ....	111

Tabla 4. 23 Precipitación curva IDF periodo de retorno de 10 años Huizhil.....	112
Tabla 4. 24 Precipitación curva IDF periodo de retorno de 10 años Narancay. ....	113
Tabla 4. 25 Precipitación curva IDF periodo de retorno de 10 años Ricaurte. ....	114
Tabla 4. 26 . Precipitación curva IDF periodo de retorno de 10 años Totoracocha.	115

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. 1 Histograma de Precipitaciones en barras.....	20
Figura 1. 2 Histograma de precipitaciones en línea.....	21
Figura 1. 3 Curva de intensidad-duración (ID).....	21
Figura 1. 4 Gráfico curva IDF.....	22
Figura 1. 5 Polígono de Thiessen.....	28
Figura 1. 6 Curvas Isoyetas.....	29
Figura 2. 1 Área de estudio.....	31
Figura 2. 2 Estación Ricaurte.....	32
Figura 2. 3 Estación Challuabamba.....	32
Figura 2. 4 Estación El Valle.....	33
Figura 2. 5 Estación Huizhil.....	34
Figura 2. 6 Estación Narancay.....	34
Figura 2. 7 Estación Totoracocha.....	35
Figura 2. 8 Cartografía.....	36
Figura 2. 9 Distribución de datos obtenidos por pluviómetros.....	39
Figura 2. 10 Coeficiente de determinación entre estaciones 1.....	42
Figura 2. 11 Coeficiente de determinación entre estaciones 2.....	42
Figura 2. 12 Coeficiente de determinación entre estaciones 3.....	43
Figura 2. 13 Coeficiente de determinación entre estaciones 4.....	43
Figura 2. 14 Narancay vs Huizhil ecuación lineal para el relleno y corrección de datos.....	46
Figura 2. 15 Ricaurte vs Huizhil ecuación lineal para el relleno y corrección de datos.....	47
Figura 2. 16 Totoracocha vs El Valle ecuación lineal para el relleno y corrección de datos.....	47
Figura 3. 1 Ingreso ubicación de pluviómetros y precipitación promedio por mes de análisis.....	56
Figura 3. 2 Generación de mapa base con método de interpolación Spline.....	57
Figura 3. 3 Generación de mapa base con método de interpolación IDW.....	57
Figura 3. 4 Generación de mapa base con método de interpolación Kringing.....	58
Figura 3. 5 Mapa base general por cada método de interpolación analizado.....	58
Figura 3. 6 Generación de apolíneas.....	59
Figura 3. 7 Mapa base generado con sus respectivas de apolíneas.....	59
Figura 3. 8 Determinación de áreas de influencia por isolíneas generadas.....	60
Figura 3. 9 Creación de áreas de influencia por isolíneas generadas.....	60
Figura 3. 10 Creación de tabla de contenidos.....	61
Figura 3. 11 Cálculo de área de estudio por áreas de influencia generada.....	61

Figura 3. 12 Exportación de tabla de contenidos a Excel. ....	61
Figura 3. 13 Generación de polígonos de Thiessen. ....	64
Figura 3. 14 Polígonos de Thiessen figurados 1. ....	64
Figura 3. 15 Determinación de áreas de influencia. ....	65
Figura 4. 1 Área de estudio y ubicación de las estaciones pluviométricas. ....	74
Figura 4. 2 Mapa de isoyetas de enero. ....	75
Figura 4. 3 Mapa de isoyetas de febrero. ....	76
Figura 4. 4 Mapa de isoyetas de marzo. ....	77
Figura 4. 5 Mapa de isoyetas de abril. ....	78
Figura 4. 6 Mapa de isoyetas de mayo. ....	79
Figura 4. 7 Mapa de isoyetas de junio. ....	80
Figura 4. 8 Mapa de isoyetas de julio. ....	81
Figura 4. 9 Mapa de isoyetas de agosto. ....	82
Figura 4. 10 Mapa de isoyetas de septiembre. ....	83
Figura 4. 11 Mapa de isoyetas de octubre. ....	84
Figura 4. 12 Mapa de isoyetas de noviembre. ....	86
Figura 4. 13 Mapa de isoyetas de diciembre. ....	87
Figura 4. 14 Generación de polígonos de Thiessen. ....	89
Figura 4. 15 Curva ID Challuabamba. ....	90
Figura 4. 16 Curva ID El Valle. ....	91
Figura 4. 17 Curva ID Huizhil. ....	92
Figura 4. 18 Curva ID Narancay. ....	93
Figura 4. 19 Curva ID Ricaurte. ....	94
Figura 4. 20 Curva ID Totoracocha. ....	95
Figura 4. 21 Curva IDF periodos de retorno de 5, 10, 15 y 20 años Challuabamba. ....	97
Figura 4. 22 Curva IDF periodos de retorno de 5, 10, 15 y 20 años El Valle. ....	98
Figura 4. 23 Curva IDF periodos de retorno de 5, 10, 15 y 20 años Huizhil. ....	99
Figura 4. 24 Curva IDF periodos de retorno de 5, 10, 15 y 20 años Narancay. ....	100
Figura 4. 25 Curva IDF periodos de retorno de 5, 10, 15 y 20 años Ricaurte. ....	101
Figura 4. 26 Curva IDF periodos de retorno de 5, 10, 15 y 20 años Totoracocha. ....	102
Fuente: Autor. ....	102
Figura 4. 27 Distribución de precipitaciones por Gumbel y Pearson Challuabamba. ....	103
Figura 4. 28 Distribución de precipitaciones por Gumbel y Pearson El Valle. ....	104
Figura 4. 29 Distribución de precipitaciones por Gumbel y Pearson Huizhil. ....	105
Figura 4. 30 Distribución de precipitaciones por Gumbel y Pearson Narancay. ....	106
Figura 4. 31 Distribución de precipitaciones por Gumbel y Pearson Ricaurte. ....	107
Figura 4. 32 Distribución de precipitaciones por Gumbel y Pearson Totoracocha. ....	108
Figura 4. 33 Histograma bloques alternos Challuabamba. ....	110
Figura 4. 34 Histograma bloques alternos El Valle. ....	111
Figura 4. 35 Histograma bloques alternos Huizhil. ....	112
Figura 4. 36 Histograma bloques alternos Narancay. ....	113

Figura 4. 37 Histograma bloques alternos Ricaurte..... 114  
Figura 4. 38 Histograma bloques alternos Totoracocha. .... 115

## ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Datos pluviométricos corregidos y rellenados por estación de análisis ..... 122  
Anexo 2. Obtención de la precipitación media Mapa de Isoyetas ..... 147  
Anexo 3. Obtención de la Precipitación Media Polígonos de Thiessen ..... 147  
Anexo 4. Datos de Intensidad Curvas IDF ..... 147  
Anexo 5. Parámetros de cálculo, método de regresión lineal múltiple..... 148  
Anexo 6. Coeficientes para la obtención de las Curvas IDF..... 148  
Anexo 7. Obtención de parámetros método regresión lineal múltiple - curvas IDF..... 149  
Anexo 8. Obtención de parámetros precipitación máxima y Pearson Tipo III..... 149



## INTRODUCCIÓN

### **Antecedentes**

“Hidrología es la ciencia que se enfoca al ciclo hidrológico global y a los procesos involucrados en la parte continental de dicho ciclo, es decir, es la geociencia que describe y predice: las variaciones espaciales y temporales del agua en las etapas terrestre, oceánica y atmosférica del sistema hídrico global; y el movimiento del agua sobre y debajo de la superficie terrestre; incluyendo los procesos químicos, físicos y biológicos que tienen lugar a lo largo de su trayectoria” (Dingman 1994).

La precipitación corresponde a todas las aguas meteorológicas que caen a la superficie de la tierra, ya sea en estado sólido o líquido, estos estados son medidos por medio de un equivalente en agua (Segerer & Villodas, 2006). En general, los factores geográficos y geofísicos determinan las condiciones del clima y de la lluvia en las diversas regiones geográficas (Puyol & Villa, 2006). Los elementos necesarios para la formación de las precipitaciones son: humedad atmosférica, radiación solar, mecanismos de enfriamiento del aire y la presencia de núcleos higroscópicos para que exista la condensación (Bateman, 2007).

En general la precipitación es mayor cerca del Ecuador y disminuye al aumentar la latitud, además la misma se caracteriza por su alta variabilidad espacio-temporal (Segerer & Villodas, 2006). El análisis de las precipitaciones se lo realiza con la ayuda de estaciones meteorológicas; dichos aparatos requieren acudir a procedimientos estadísticos normalizados que racionalicen la presentación, sintetizando el máximo de información en unos pocos parámetros (Segerer & Villodas, 2006).

En el Ecuador el régimen de precipitaciones en condiciones normales depende de la región natural; así en la región litoral o costa el período lluvioso comienza en el mes

de diciembre o enero y termina en el mes de mayo con un máximo de precipitaciones en los meses de febrero a abril, siendo por lo general marzo el mes que registra valores mayores de precipitación; se puede decir, que esta posee una distribución monodal, la época seca se inicia en el mes de mayo y finaliza en el mes de septiembre. Recuperado el 20 de Agosto de 2017, de (Condiciones climáticas registradas en Ecuador, 2017)

En la región interandina o sierra el período lluvioso se inicia en el mes de octubre y finaliza en el mes de mayo, con dos valores de altas precipitaciones, el valor mayor o valor máximo se registra en los meses de marzo a abril, y el segundo valor mayor o segundo valor máximo en los meses de octubre o noviembre; es decir es una distribución bimodal, el período seco o verano se extiende desde el mes de junio a septiembre. Recuperado el 20 de agosto de 2017 (Servicio Meteorológico, 2017).

Debido a la gran diversidad de regiones climáticas que se presentan en el Ecuador, no existen fórmulas válidas para determinar la precipitación máxima para todo el territorio, sino una división y zonificación del país en zonas pluviométricas homogéneas.

A nivel nacional, la información a la que se puede acceder más fácilmente es aquella relativa a los totales anuales, representada de manera global en los mapas de isoyetas que permiten evaluar rápidamente los aportes de origen meteórico.

Por esta razón nace la necesidad de disponer de un método de estimación de los parámetros de cálculo de las obras, para lograr esto se pueden utilizar datos sistemáticos para los totales anuales de las lluvias máximas diarias y la intensidad entre 5 minutos y 24 horas.

## **Justificación**

En los últimos años el clima ha cambiado considerablemente en la ciudad de Cuenca, lo que ha ocasionado que los datos pluviométricos con los que se contaban ya no pronostiquen correctamente la probabilidad de ocurrencia de lluvias y la intensidad de las mismas en un periodo determinado de tiempo. Esto ha ocasionado que nazca la necesidad de determinar y pronosticar la ocurrencia e intensidades presentes y futuras en la ciudad.

Al no contar con esta información actualizada, no se puede hacer frente a desastres naturales que se presentan con gran frecuencia como procesos de erosión, desbordamiento e inundaciones; así como el no poder realizar las acciones pertinentes a su debido tiempo para controlar este tipo de afectaciones.

Con el siguiente proyecto de grado se pretende realizar un análisis de las precipitaciones, y los cambios que han tenido las mismas en la ciudad de Cuenca. Para ello se determinarán los diferentes periodos de retorno y probabilidad de ocurrencia de las lluvias máximas que se han presentado en la ciudad en los últimos tiempos; para lo cual se deberá establecer el método más idóneo para determinar las precipitaciones y realizar las curvas de intensidad, duración y frecuencia. Además de que el tema propuesto proporciona un entendimiento más profundo en cuanto al análisis y determinación de datos pluviométricos, aplicando y ampliando los conocimientos obtenidos en la materia de hidrología.

El análisis de precipitaciones se realizará en la provincia del Azuay, específicamente en zonas periféricas y sectores urbanos de la ciudad de Cuenca. Los resultados que se presenten en este proyecto servirán para evaluar y predecir los principales factores que desencadenan procesos de erosión, desbordamientos e inundaciones en la respectiva área de estudio; además todos estos datos servirán como históricos que serán utilizados por la empresa ETAPA EP, la cual brindará los datos obtenidos por

las estaciones de monitoreo con las que cuenta la misma empresa para realizar este proyecto.

## **Alcance**

Realizar un análisis de las precipitaciones, en el cual se analice el comportamiento y variación de las mismas en los últimos años, para ello el área de estudio establecida está comprendida en las zonas periféricas y sectores urbanos de la ciudad de Cuenca. El área de estudio consta de 6 estaciones pluviométricas, las cuales están distribuidas de la siguiente manera: Huizhil, el Valle, Challuabamba, Ricaurte, Totoracocha y Narancay; con la ayuda de esta información se obtendrán datos históricos sobre los meses en los cuales se podría considerar estaciones secas o lluviosas.

Para poder llevar a cabo el tema de tesis se utilizará datos pluviométricos provenientes de pluviómetros y pluviógrafos, de los cuales se tomará un valor representativo; dicho valor representativo se determinará mediante un análisis estadístico o probabilístico; se utilizarán estos valores para determinar su variabilidad espacial y comportamiento dentro del área de estudio.

Se realizará además la estimación de las curvas Intensidad Duración e Intensidad Duración Frecuencia para un periodo de retorno determinado. Con la ayuda de toda esta información se obtendrá un hietograma de diseño y se podrá establecer una metodología específica que ayude a analizar la variabilidad de las mismas.

Establecida la metodología se procederá a establecer datos históricos, los cuales se podrán comparar con los últimos datos obtenidos, de esta manera se pronosticará o predecirá los periodos en los cuales se tengan precipitaciones mínimas y precipitaciones máximas ocurridas en el área de estudio. Toda esta información podrá ser utilizada en diferentes proyectos civiles como: proyectos de diseño, proyectos de riego, proyectos de alcantarillado, proyectos de distribución y abastecimiento de agua potable; así como el diseño del drenaje urbano presente en la ciudad de Cuenca.

En la figura 1 se presenta la ubicación de la ciudad de Cuenca en el mapa geográfico del Ecuador, en la misma se puede observar la delimitación del área de estudio a analizar.

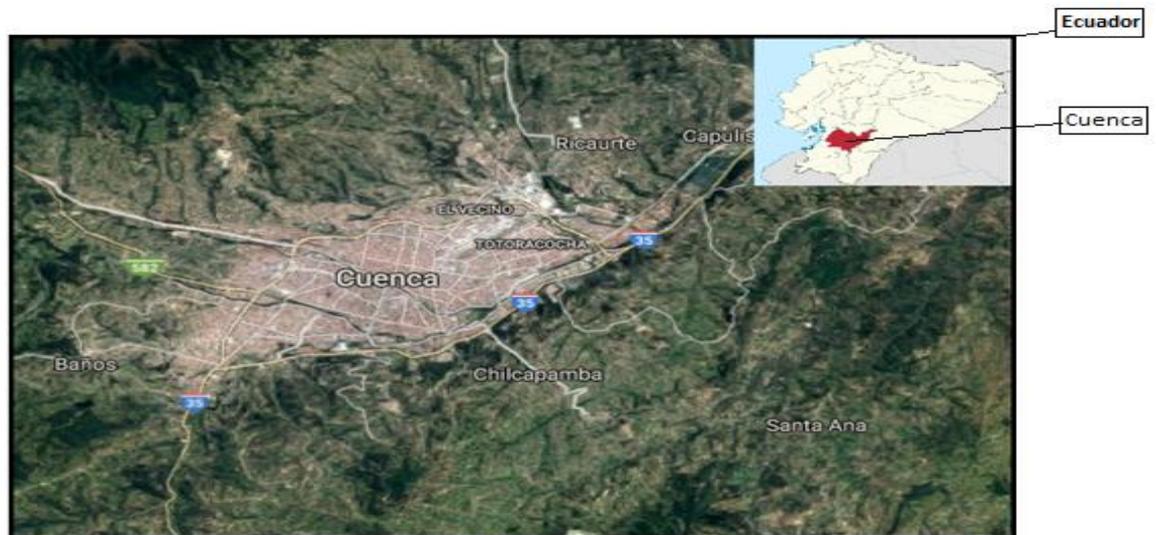


Figura 1. Área de estudio.

Fuente: [www.googlemaps](http://www.googlemaps).

## Objetivos

### Objetivo general

Evaluar las precipitaciones que se han registrado en los últimos años en la ciudad de Cuenca, por medio de un análisis pluviométrico.

### Objetivos específicos

- Investigar los diferentes métodos que se emplean en un análisis pluviométrico.
- Validar los registros pluviométricos obtenidos por medio de métodos estadísticos que permitan la consolidación de la información obtenida.
- Elaborar mapas que presenten información primordial como lluvias obtenidas y su variabilidad a lo largo del área de estudio.

- Determinar las lluvias esperadas a lo largo del área de estudio, por medio de curvas que permitan obtener esta información relacionando variables de intensidad, duración y frecuencia.
- Determinar la precipitación máxima que se obtendrá en determinados periodos de retorno, comparando las precipitaciones obtenidas con las esperadas en hietogramas de diseño.

## **CAPÍTULO 1: CONCEPTOS PRELIMINARES**

### **1.1 Precipitaciones**

Las precipitaciones son uno de los componentes principales del ciclo hidrológico, son los responsables directos de depositar la mayor parte del agua dulce en el planeta. Se considera que aproximadamente 505000 km<sup>3</sup> de agua caen como resultado de las precipitación cada año en el planeta; y que de estos 398000 km<sup>3</sup> caen sobre los océanos. Con estas aproximaciones y dada la distribución de la superficies de la Tierra se puede considerar que la precipitación anual promediada globalmente es más o menos de 1m sobre la Tierra y que la precipitación anual media sobre los océanos de 1.1m (Seger 2006).

La precipitación se forma debido a la condensación del vapor de agua atmosférico que se deposita en la superficie de la Tierra, este fenómeno ocurre cuando la atmósfera se satura con el vapor de agua y el agua se condensa, al condensarse esta solución y caer a la superficie de la tierra se la denomina precipitación. La condensación y saturación del aire se produce a través de dos procesos, los cuales pueden ser por enfriamiento y por presencia de humedad, la precipitación que alcanza la superficie de la Tierra puede manifestarse de las siguientes formas: como lluvia, lluvia congelada, llovizna, nieve, aguanieve y granizo.

### **1.2 Tipos de precipitación**

Las precipitaciones se clasifican por el ascenso de la masa húmeda y por la forma en que esta cae a la atmósfera.

### **1.2.1 Por el ascenso de la masa húmeda**

Según el tipo de ascenso de masa húmeda que se origine pueden distinguirse tres tipos de precipitaciones: ciclónica, convectiva y orográfica.

#### **Precipitación ciclónica**

Esta resulta del levantamiento del aire que converge en un área de baja presión, se puede presentar como precipitación frontal y no frontal.

La precipitación no frontal resulta del ascenso debido a la convergencia de masas de aire que tiende a rellenar la zona de baja presión; la precipitación frontal resulta del levantamiento de un aire cálido sobre un aire más denso y frío, por esta razón se la asocia 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, dicho ascenso posee una pendiente promedio de entre 1:100 a 1:300, esta precipitación se puede extender de entre (300 a 500) km y el tipo de lluvia presente es ligera, moderada y continua.

La precipitación de frente frío se forma cuando el aire cálido es obligado a subir por una masa de aire frío, los frentes fríos se mueven más rápido que los calientes y tienen pendientes que varían de entre 1:50 a 1:150, por esta razón el aire cálido se eleva mucho más rápido, las precipitaciones son por lo general de tipo tormentoso.

#### **Precipitación convectiva**

Este tipo de precipitación se produce cuando las masas de aire bajas se calientan acompañadas de vientos fríos superiores, esto ocasiona una descompensación de las fuerzas de empuje y de flotación, generando corrientes ascendentes de aire húmedo

que al ir ascendiendo llegan a la presión de saturación condensando rápidamente el vapor, los movimientos generados en este fenómeno dan lugar a una rápida coalescencia de las gotas de agua, este tipo de precipitación se presenta en forma de chubascos o tormentas, las cuales son generalmente de tipo puntual.

### **Precipitación orográfica**

Este tipo de precipitación se origina por el ascenso de la masa de aire forzado por una barrera montañosa, lo que origina que puedan chocar con estratos más fríos y secos ocasionando la condensación súbita del vapor de agua, este tipo de precipitación se presenta en forma de lluvia o nieve. En cadenas montañosas importantes el máximo de precipitación se produce antes de la divisoria, mientras que en menores altitudes el máximo de precipitación se produce pasada esta, debido a que el aire continúa en ascenso.

#### **1.2.2 Por la forma en la que cae**

Por la forma en la que cae la lluvia se pueden distinguir los diferentes tipos de precipitación las de mayor importancia son:

- **Precipitación líquida:** llovizna, lluvia y aguacero o chaparrón.
- **Precipitación glacial:** llovizna congelada y lluvia congelada (aguanieve).
- **Precipitación congelada:** nieve, bolitas de nieve, granos de nieve, bolitas de hielo (aguanieve), granizo, bolitas o copos de nieve y cristales de hielo.

**Lluvia:** Es la precipitación atmosférica de gotas de agua en estado líquido, el diámetro de dichas gotas oscila generalmente entre medio milímetro, caen a la superficie con el aire en calma y su velocidad es superior a los dos metros por segundo. Se clasifican en ligera, moderada y fuerte.

- Ligera = tasa de caída, hasta 2.5 mm/h.
- Moderada = tasa de caída, desde 2.5 hasta 7.5 mm/h.
- Fuerte = tasa de caída, mayor a 7.5mm/h.

**Llovizna:** Es un tipo de lluvia que se diferencia de las demás, debido a que las gotas que caen son por lo general pequeñas de entre 0.5mm, por esta razón es muy probable que la llovizna se evapore en el aire antes de caer a la tierra. Las nubes que ocasionan las lloviznas son nubes poco densas y por lo general estas se presentan en zonas áridas.

**Chaparrón o aguacero:** Es una precipitación de agua líquida o sólida, dicha precipitación posee una intensidad alta con una duración corta; se presenta bruscamente con cambios rápidos de intensidad.

**Nieve:** La nieve puede presentarse en copos de color blanco que al caer y al agruparse en la superficie de la tierra, forma una capa que posteriormente se convierte en una masa de hielo dependiendo el grado de la temperatura.

**Niebla:** Este tipo de precipitación se considera un fenómeno meteorológico que se caracteriza por la aparición de nubes a muy baja altura, las cuales son acompañadas por lo regular de pequeñas partículas, dichas partículas poseen diámetros muy finos que casi no se pueden visualizar; este tipo de precipitación es causada por la evaporación de la humedad del suelo. Presenta una densidad promedio de  $0.1 \text{ g/m}^3$  y se presenta en temperaturas de aire superior a  $-10^\circ\text{C}$ .

**Agua nieve:** Este tipo de precipitación se produce cuando la nieve es derretida y se mezcla con el agua, este derretimiento se produce a causa del aire templado.

**Hielo:** Se produce cuando la nieve cae sobre el suelo o el agua y esta se expone a temperaturas lo suficientemente frías, una vez expuestas se convierten en hielo; el cual proviene de la congelación del líquido.

**Neviscas:** Es una nieve sumamente liviana que tiene una consistencia muy parecida a la nieve, este tipo de precipitación consta de diámetros muy pequeños y su tiempo de vista es de muy poca duración.

**Granizo:** Posee forma de granos de hielo translúcidos con una forma por lo general esférica, pero pueden serlo también cónicos o irregulares, estas se originan por nubes convectivas generalmente de tipo cumulonimbos, su densidad es de 0.8 g/m<sup>3</sup> y su diámetro varía entre (5 – 50) mm.

**Rocío:** Gotas de aguas debidas a la condensación directa del vapor contenido en el aire adyacente a superficies enfriadas por radiación nocturna.

### **1.3 Métodos para determinar la precipitación**

#### **1.3.1 Unidades y medidas**

Las entradas de masas de agua en el espacio y tiempo se expresan matemáticamente, para ello la duración de estas se mide en minutos, horas, días, meses o años. Para el análisis de precipitaciones intensas se considera un espacio temporal corto ya sea en minutos u horas, la consideración del espacio temporal es de suma importancia para la toma de decisiones en cuanto al uso del agua, concesiones, obras hidráulicas, sequías, etc.

Por esta razón la necesidad de evaluar cuantitativamente las precipitaciones.

La unidad de medida tiene por objeto obtener la información de la cantidad de precipitaciones que caen en un periodo de tiempo determinado, así como obtener la distribución de las precipitaciones en el tiempo y el espacio; su objetivo primordial es obtener una muestra representativa de la precipitación caída en una determinada región, por eso la elección del emplazamiento, la forma y la instalación de los instrumentos de medida tiene una gran importancia.

Las unidades en las que se pueden medir las precipitaciones pueden ser en milímetros (mm) o en litros por metro cuadrado ( $L/m^2$ ) y ambas medidas son equivalentes ( $1\text{ mm} = 1\text{ L}/m^2$ ). La unidad en milímetros (mm) equivale a la altura del agua lluvia formada sobre una superficie plana e impermeable, mientras que la unidad de litros por metro cuadrado equivale a la cantidad de agua lluvia sobre una superficie cuadrada de  $1\text{ m} \times 1\text{ m}$ ; estas medidas son equivalentes debido a que  $1\text{ m}^3$  ( $1\text{ m}$  de alto,  $1\text{ m}$  de ancho,  $1\text{ m}$  de profundidad) tiene una capacidad de 1000 litros, si un metro de altura son 1000 milímetros, entonces  $1\text{ mm}$  es igual a  $1\text{ lt}$ .

La cantidad de precipitación caída en una determinada zona es la suma de las precipitaciones líquidas y el equivalente líquido de las precipitaciones sólidas como: nieve, granizo, etc.; por esta razón es importante determinar si se trata de la caída de lluvia, granizo, de nieve o de combinación de estas.

Estas unidades en general se miden en milímetros y la lectura de estas se hace con una aproximación de  $0.2\text{ mm}$  siempre y cuando estas no pasen de los  $10\text{ mm}$ , para precipitaciones mayores a los  $10\text{ mm}$  el error de lectura no deberá pasar el  $2\%$  de las mismas.

Según las entradas de masas de agua en el espacio y tiempo se realizan las siguientes metodologías.

### **Escala anual-estacional**

Los regímenes de precipitación se grafican en un régimen mensual con el objetivo de comparar, discutir y clasificarlos en función de la altitud. La variabilidad estacional está en función de su índice para determinar la gradiente del periodo de estudio; mientras que la lluvia acumulada a lo largo del año se estudia mediante gráficos, de los registros pluviométricos a lo largo del respectivo año de estudio.

### **Escala mensual**

La variabilidad de la correlación espacial unidireccional de las precipitaciones se estima con los índices de correlación de Spearman, para determinar este índice se toma como referencia el pluviómetro de mayor altitud.

$$r_s = 1 - \frac{6 \sum d^2}{n(n^2-1)} \quad (1.3.1)$$

$r_s$  = Coeficiente de correlación por rangos de Sperman.

d = Diferencia entre los rangos (X menos Y)

n = Número de datos.

### **Escala diaria**

La variabilidad de la intensidad se analiza por estaciones trimestrales y anuales, para ello se ocupan diagramas de caja y bigotes, para el análisis de valores extremos se determinan los umbrales de excedencia de intensidad, así como su variabilidad en la altura, dichos valores se visualizan en la curva de porcentaje de excedencia de cada pluviómetro; la determinación de periodos lluviosos se determina a través de gráficos de volúmenes acumulados; mientras que la determinación de periodos de sequía se analizan con graficas de contorno.

### **Escala horaria**

La variabilidad de la intensidad se determina mediante la distribución del porcentaje, precipitación diaria según la hora del día y el año de estudio; estas dependerán de los gráficos de promedio anual de cada estación pluviométrica de la gradiente.

#### **1.3.2 Dificultades de medición**

Las dificultades más comunes que se presentan en la medición o toma de registros son las que se describen a continuación:

- a) La presencia del dispositivo utilizado para la medición origina una perturbación aerodinámica, esto crea torbellinos que pueden afectar la cantidad de lluvia captada, por ello es necesario medir las precipitaciones con aparatos determinados, instalados y accionados según métodos estrictamente normalizados, para obtener datos que puedan ser lo más comparables. La presencia del viento que puede acompañar a las precipitaciones puede incidir en la cantidad de agua captada realmente.
- b) La muestra obtenida para efectuar la medición es siempre extraordinariamente pequeña, en relación al área de estudio que abarca la precipitación caída, por lo que el instrumento de medición no posee una sección similar a la zona de estudio, ya que la precipitación en ocasiones se distribuye heterogéneamente.

#### **1.3.3 Pluviómetro**

El pluviómetro es un aparato tradicional que sirve para medir la cantidad de precipitación presente durante un determinado periodo de tiempo. Su funcionamiento se basa en medir la altura que alcanzaría el agua en un suelo perfectamente horizontal, la cual no contara con pérdida ni filtración de agua.

El pluviómetro está formado por vasos cilíndricos en los que la boca de recepción lleva un aro de borde muy afilado, que generalmente se encuentra calibrado a 200 cm<sup>2</sup>, estos se fabrican de diversos metales en los cuales sus superficies y aristas hay que dar forma como: remachar, soldar, etc.

La función primordial de los vasos cilíndricos es la de retener la cantidad de agua que ingrese a los mismo, por lo cual estos deben ser lo suficientemente profundos para que las gotas que han entrado al mismo no salgan al rebotar en el fondo, por lo que éste deberá tener una adecuada inclinación para evitar el efecto de rebote y conducir rápidamente el agua caída a un recipiente de boca estrecha llamado vasija; este recipiente se acopla al terminal del embudo, garantizando así que el agua recogida se conserve en una área aislada.

### **1.3.3.1 Tipos de pluviómetros**

#### **Pluviómetro estándar**

Es el pluviómetro más común, actualmente se usa en aeropuertos y estaciones meteorológicas. Este dispositivo se creó hace más de 100 años y consta de un cilindro de 50cm de alto con un embudo de 20cm de diámetro. La altura del agua que se acumula en el tubo permite realizar mediciones más precisas de las precipitaciones, para realizar estas mediciones se coloca una vara con una escala que toma en cuenta la exageración; el pluviómetro oficial puede medir hasta 5cm o 1,97 pulgadas.

#### **Pluviómetro con tubo de descarga**

Este tipo de pluviómetro posee dispositivos de medición electrónicos para registrar el volumen y tiempo en el que se presentan las precipitaciones, el pluviómetro registra el tiempo en que se demora uno de los dos cubos en llenarse e inclinarse, esta

inclinación se produce en una altura de 0.1cm o 0.1pulgadas, cuando uno de los cubos se inclina, el otro se mueve a su lugar para atrapar la siguiente unidad de precipitación y envía una señal electrónica al registrador conectado con un reloj. Este dispositivo permite determinar cuanta lluvia cae durante determinados periodos de tiempo sin que nadie esté presente en la estación meteorológica, además de que ayuda a conocer la intensidad producida las mismas.

Este pluviómetro se usa especialmente para medir lloviznas o precipitaciones medias, la lluvia que se junta en un cubo es posible que no sea suficiente para inclinarlo y puede evaporarse antes de que se junte más, por lo cual durante una llovizna fuerte como son las tormentas eléctricas el agua puede seguir vertiéndose en el cubo mientras se vacía, antes de que el siguiente cubo se mueva de su lugar, el pluviómetro con cubo no calcula las precipitaciones como granizo, nieve.

### **El pluviómetro de báscula**

Este tipo de dispositivo no es muy utilizado en la actualidad y consiste en un recipiente ubicado sobre una balanza que se ajusta al recipiente para calcular el peso del agua lluvia que cae y se junta sobre este.

### **1.3.4 Pluviógrafo**

Para pronosticar caudales críticos y para ingeniería de proyecto de obras hidráulicas, es importante determinar la probabilidad y duración en las que ocurren las diferentes lluvias en una determinada región, para ello se necesita tener un registro de los periodos consecutivos en los que hayan existido dichas precipitaciones, de ahí que al aumentarse la duración de la lluvia se disminuye su intensidad, estas se determinan directamente en el sitio de estudio.

El pluviógrafo es un instrumento que sirve para registrar de forma continua la cantidad y duración de la lluvia caída en milímetros (mm), los registros que proporciona este instrumento tienen que ver con la altura de la precipitación caída y la duración de la misma en un determinado tiempo, lo que permite analizar la distribución de la precipitación en el tiempo; como en el pluviómetro posee un brocal en la parte superior por donde ingresa el agua hacia un depósito llamado cámara de sifonaje, el cual en su interior posee un flotador que permite almacenar una altura de agua de 10 mm. Además este flotador tiene incorporado un pequeño brazo con un plumón de tinta, el cual grafica las variaciones de la precipitación en un diagrama que está adherido a un sistema de relojería semanal.

#### **1.3.4.1 Tipos de pluviógrafos**

##### **Pluviógrafo de balanza**

Este tipo de pluviógrafo es un instrumento que sirve para recoger y reconocer una cantidad significativa de lluvia la cual es recaudada en un receptáculo equivalente a un pluviómetro del cual se usa un mecanismo ajustado al pluviógrafo.

##### **Pluviógrafo de flotador**

En un depósito con flotador; la lluvia es captada en una sección sistematizada, a medida que el agua sube dentro de este recipiente también lo hace el flotador que esté conectado con el pluviógrafo. La capacidad del depósito es de 10mm de lluvia, una vez que se ha llenado se activa un tubo llamado sifón para que se deposite toda esta lluvia en un nuevo recipiente y así el flotante regrese a su normalidad y así comenzar nuevamente el proceso.

### **Pluviógrafo a cubeta basculante**

Se encuentra bajo la boca que capta la lluvia a una sección sistematizada, cuenta con dos recipientes, uno de ellos recibe el agua de lluvia precipitada produciendo una oscilación cuando se llena, causando que el recipiente bote toda la cantidad de agua que se encuentra dentro de el mismo al segundo recipiente que es el encargado de almacenar el agua, operando un circuito eléctrico que produce el registro adecuado.

### **Pluviógrafo de sifón**

Consta de un depósito cilíndrico, que recibe a través de un tubo de goma el agua de lluvia recogida por un embudo exterior de  $200\text{cm}^2$  de sección, dentro del depósito se encuentra un flotador prolongado por un tallo vertical, que soporta directamente el brazo que lleva la plumilla inscriptora; cuando el agua del depósito llega a una altura de 10mm este depósito se vacía completamente, obteniendo una curva en forma de zig-zag.

### **Pluviogramas**

Son los encargados de reconocer las alteraciones que causan desequilibrio en una semana, la cual indica la cantidad de agua precipitada en cada periodo, el objetivo en sí es conseguir una planilla que indique la cantidad de agua precipitada en la semana, considerado periodos de muestreo para determinar el comportamiento de las mismas en una determinada zona.

## 1.4 Datos pluviométricos

### 1.4.1 Hietograma

Con la obtención de datos relativos del comportamiento del agua, es necesario conocer el comportamiento real del mismo, para ello se recurre a la simulación de los principales procesos hidrológicos, como la fase más básica de estos procesos de simulación se encuentra la obtención de un hietograma.

Un hietograma es un gráfico en el cual se expresa la relación de la precipitación en función del tiempo, se considera como la distribución de las precipitaciones a lo largo de las 5 horas más lluviosas que se pueden producir en una determinada zona con un periodo de retorno de 100 años.

La forma más común de representar un hietograma es por medio de un gráfico de barras en el cual se muestra un diagrama incremental de precipitaciones, y para la cantidad de lluvia acumulada se utiliza un diagrama lineal; en la ordenada de estos gráficos por lo general se representa la precipitación caída en (mm) o la intensidad en (mm/hora).

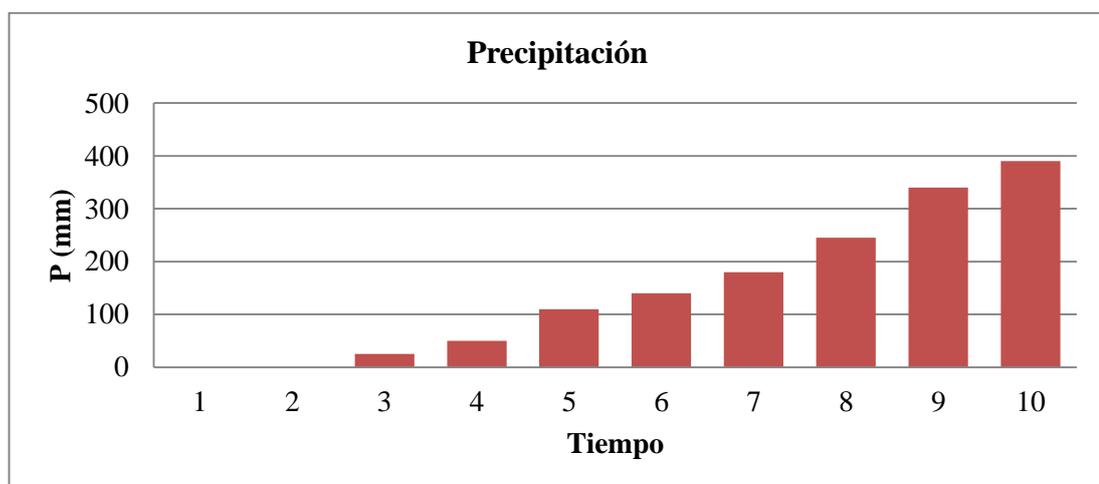


Figura 1. 1 Histograma de Precipitaciones en barras.

Fuente: Autor.

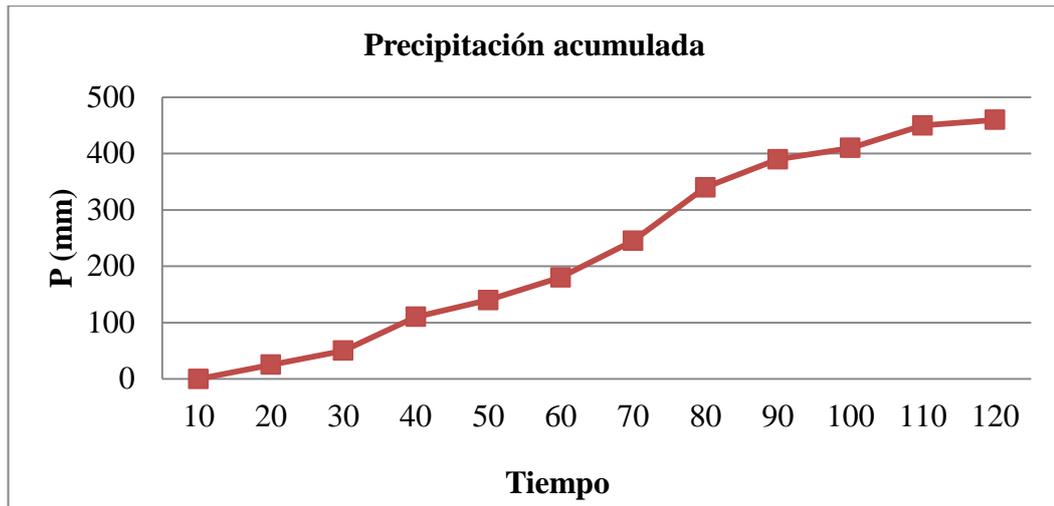


Figura 1. 2 Histograma de precipitaciones en línea.

Fuente: Autor.

Un hietograma se puede hacer con referencia a un día o una tormenta concreta, aunque en otras ocasiones hace referencia a periodos de tiempo más amplios como puede ser en meses o años; en la elaboración de un hietograma, ya sea anual o mensual de duración se utilizarán datos diarios para representarlos gráficamente, mientras que si se trata de un hietograma, ya sea este de diario o de unas horas de duración, se necesitará de un pluviógrafo para leer la precipitación caída en intervalos de tiempo elegidos

#### 1.4.2 Curvas de intensidad-duración (ID)



Figura 1. 3 Curva de intensidad-duración (ID).

Fuente: Autor.

La curva intensidad duración indica que a medida que se reduce el intervalo de tiempo, la intensidad máxima va creciendo; dicha intensidad se trabaja en unidad constante por ejemplo (mm/h); este tipo de distribución pertenece a una misma tormenta y es aplicable a una serie de datos registrados por un pluviógrafo en una misma estación.

#### 1.4.3 Curva de intensidad, duración y frecuencia (IDF)

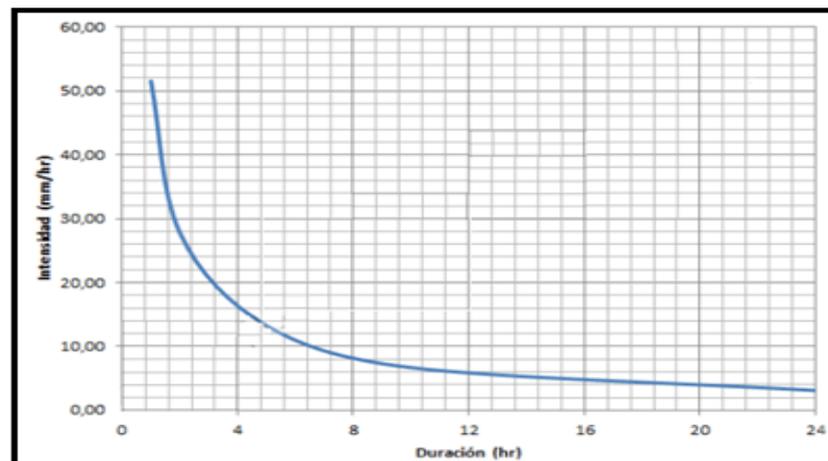


Figura 1. 4 Gráfico curva IDF.

Fuente: Autor.

Las curvas intensidad-duración-frecuencia se pueden obtener mediante la aplicación de métodos probabilísticos o por regresión lineal múltiple; de ahí la importancia de conocer el periodo de retorno de los datos o frecuencia en la que ocurren los mismos; esta frecuencia se define como el intervalo de tiempo dentro del cual un evento de magnitud dada puede ser igualado o excedido por lo menos una vez en promedio.

Las curvas IDF se utilizan para realizar proyectos hidrológicos como el diseño de drenajes urbanos, aprovechamiento de recursos hídricos, generación de energía eléctrica, entre otros; esta curva se origina al unir los puntos representativos de la intensidad máxima en intervalos de diferente duración, correspondientes todos ellos a una misma frecuencia o periodo de retorno.

La ecuación más utilizada para determinar el periodo de retorno o frecuencia, fue desarrollada por Weibull (1939), este método se basa a partir de valores o datos obtenidos; dicha fórmula es la siguiente.

$$T_r = \frac{n+1}{m} \quad (1.4.1)$$

Donde  $T_r$  es el periodo de retorno en años; n es el número total de datos de la muestra a analizar y m el valor de rango de cada valor.

Los datos o valores obtenidos utilizados en la ecuación son los correspondientes a la altura de lluvia o a la intensidad que ha presentado la misma, en el caso en el que se presenten datos ordinarios se seleccionaran valores representativos para cada intervalo de tiempo a través de un estimador estadístico de tendencia central.

El análisis de frecuencias puede ser seleccionado de las siguientes tres formas:

Serie máximas anuales: Es aquella serie que está conformada por cada uno de los valores máximos de precipitación observados en cada uno de los años de registro.

Serie de duraciones parciales: Es aquella en la cual la serie de datos está conformada por aquellos datos que sobrepasan un valor base predefinido.

Serie de excedencias anuales: Es aquella en la cual el valor base de la serie anterior, es seleccionado de tal forma que el número de datos que conforman la serie sea igual al número de años de registros.

Para analizar los máximos presentes en las lluvias se utilizan las curvas masa, pertenecientes a las tormentas más fuertes o cuantiosas del año, con la ayuda de estas

curvas se obtiene el valor de la altura de lluvia o la intensidad para cada intervalo de tiempo; una vez obtenidos estos datos se les asigna un rango el cual es 1 para el evento más grande y n para el menor, estos rangos se utilizarán en la ecuación (1.4.1) para determinar el periodo de retorno.

Una vez determinado el periodo de retorno de los datos de lluvia o intensidades, se puede aplicar el método de correlación lineal múltiple o el criterio de Chow para realizar el análisis de las precipitaciones.

### **Método de Chow**

El método de Chow se encarga de relacionar la altura de lluvia y el periodo de retorno, por medio de un análisis independiente para cada duración de lluvia, para ello se supone un valor de duración o un intervalo de tiempo y se aplica la siguiente expresión matemática.

$$h_p = a + b \log(T_r) \quad (1.4.2)$$

Donde  $h_p$  es la altura de lluvia; a, b son constantes y  $T_r$  es el periodo de retorno, para determinar las constantes a y b se puede utilizar cualquier tipo de regresión ya sea esta lineal, exponencial, etc.

### **Método de regresión lineal múltiple**

El método de regresión lineal múltiple calcula el valor de la intensidad máxima de la lluvia (i) en función de su duración (d) y el periodo de retorno ( $T_r$ ), para relacionar estas tres variables se utiliza un ajuste simultáneo con las variables (i, d,  $T_r$ ) por medio de una regresión lineal múltiple.

La ecuación matemática que permite realizar este proceso es la siguiente:

$$i = \frac{k T_r^m}{d^n} \quad (1.4.3)$$

Donde  $i$  es el valor de la intensidad máxima de lluvia en (mm/h);  $T_r$  es periodo de retorno en años;  $d$  es la duración de la lluvia en minutos;  $k$ ,  $m$ ,  $n$  son los parámetros que se determinan al ajustar la ecuación (1.4.3). Para evaluar los parámetros  $k$ ,  $m$  y  $n$  se transforma la ecuación (1.4.3) a una forma lineal aplicando logaritmo natural; la ecuación es la siguiente:

$$\text{Log } (i) = [\text{Log } (k) + m \text{Log } (T_r) - n \text{Log } (d)] \quad (1.4.4)$$

Dónde:

$$\begin{aligned} Y = \text{Log } (i) & \quad x_1 = \text{Log } (T_r) & \quad x_2 = \text{Log } (d) \\ A_0 = \text{Log } (k) & \quad A_1 = m & \quad A_2 = -n \end{aligned} \quad (1.4.5)$$

Al reemplazar los términos de la ecuación (1.4.5), se tiene  $A_0$ ,  $A_1$  y  $A_2$ ; para calcular se aplicara el siguiente sistema de ecuaciones, donde:

$N$  = Número de sumados

$$\left. \begin{aligned} \sum_{i=1}^n Y &= N A_0 + A_1 \sum_{i=1}^n x_1 + A_2 \sum_{i=1}^n x_2 \\ \sum_{i=1}^n (x_1 Y) &= A_0 \sum_{i=1}^n x_1 + A_1 \sum_{i=1}^n (x_1)^2 + A_2 \sum_{i=1}^n (x_1) (x_2) \\ \sum_{i=1}^n (x_2 Y) &= A_0 \sum_{i=1}^n x_2 + A_1 \sum_{i=1}^n (x_1) (x_2) + A_2 \sum_{i=1}^n (x_2)^2 \end{aligned} \right\} (1.4.6)$$

#### 1.4.4 Precipitación media en una zona o cuenca

Para el análisis de la precipitación media en una zona, es preciso estimar a partir de los datos obtenidos por las estaciones de monitoreo con las que se cuente, valores que se apliquen a la zona en conjunto; para ello hay que seleccionar un valor representativo para cada intervalo de lectura; dichos intervalos se pueden llevar a cabo cada 6 horas, cada 12 horas o el más común cada 24 horas.

El valor representativo se determina mediante un análisis estadístico o probabilístico; por ello se considerará un estimador estadístico muestral de la siguiente forma:

$$x_m = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i \quad (1.4.7)$$

Donde  $x_m$  es la media aritmética;  $n$  es el número de valores considerados y  $x_i$  es el valor del  $i$ -ésimo valor de la muestra. La determinación de la precipitación media sirve para realizar un análisis espacial, determinando la variabilidad de las precipitaciones; existen varios métodos disponibles para determinar la precipitación media, de los cuales los siguientes son los más utilizados.

#### 1.4.4.1 Método de la media aritmética

Consiste en realizar la suma del valor registrado en cada una de las estaciones pluviométricas ubicadas dentro del área de estudio y dividir las por el número total de estaciones, el resultado de esta operación da como resultado la precipitación media; este se trata de un método de resolución rápida, que conlleva un grado de precisión muy relativo, el cual depende del número de estaciones pluviométricas, de la ubicación de las mismas en la cuenca y la distribución del agua lluvia estudiada.

$$\bar{P} = \frac{\sum_{i=1}^n P_i}{n} \quad (1.4.8)$$

Donde  $\bar{P}$  es la precipitación media sobre la cuenca;  $P_i$  es la precipitación observada en la estación  $i$ ; y  $n$  es el número de estaciones.

#### 1.4.4.2 Método de los polígonos de Thiessen

Requiere el conocimiento de la ubicación de cada estación dentro o en la periferia de la cuenca para proceder a su aplicación identificando el área de influencia de cada pluviómetro, así se van formando triángulos entre las estaciones más cercanas uniéndolas con segmentos rectos sin que éstos se corten entre sí y tratando que los triángulos sean lo más equiláteros posibles; a partir de allí se trazan líneas bisectoras perpendiculares a todos los lados de los triángulos, las que al unirse en un punto común dentro de cada triángulo forman una serie de polígonos que delimitan el área de influencia de cada estación; el área de influencia de cada estación considerada “Polígono” está comprendida exclusivamente dentro de la cuenca.

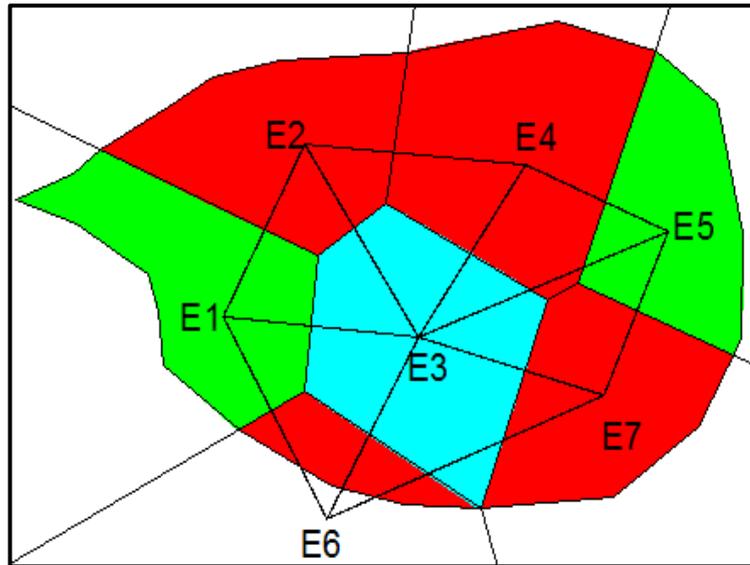


Figura 1. 5 Polígono de Thiessen.  
Fuente: Autor.

$$\bar{P} = \frac{\sum_{i=1}^n P_i \cdot A_i}{A} = \sum_{i=1}^n \left( P_i \cdot \frac{A_i}{A} \right) \quad (1.4.9)$$

Donde  $\bar{P}$  es la precipitación media sobre la cuenca;  $P_i$  es la precipitación observada en la estación  $i$ ;  $A_i$  es el área del polígono correspondiente en la estación  $i$ ;  $A$  es el área total de la cuenca y  $n$  es número de estaciones.

#### 1.4.4.3 Método de las curvas Isoyetas

Para aplicar este criterio se debe contar con un plano de curvas isoyetas del elemento en estudio; las isoyetas son curvas que unen puntos de igual precipitación y para trazarlas se requiere un conocimiento general del tipo de tormentas que se producen en las zonas. Para ello se utilizan los mismos segmentos que unen las estaciones en estudio, en función de los montos pluviométricos de dichas estaciones se van marcando sobre los mismos, los valores de precipitación con el cual se irán formando las isohietas, de manera proporcional entre la distancia y la diferencia de precipitación de las dos estaciones unidas por cada segmento.

Una vez que las isohietas se han volcado sobre el plano de la cuenca se procede a determinar la superficie encerrada entre curvas para multiplicarla por la precipitación de esa faja, esta es la media entre las dos isohietas que delimitan la faja, actuando con procedimiento similar al aplicado para curvas de nivel.

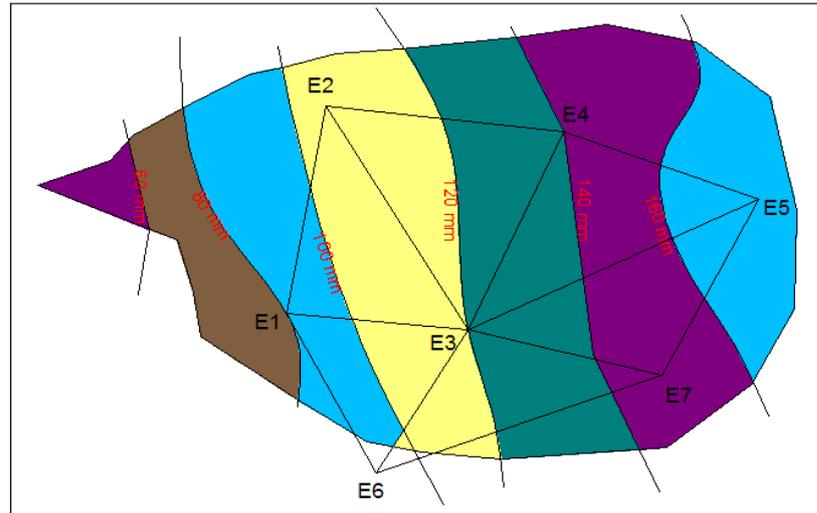


Figura 1. 6 Curvas Isoyetas.  
Fuente: Autor.

$$\bar{P} = \sum_{i=1}^n (P_i \cdot \frac{A_i}{A}) \quad (1.4.10)$$

Donde  $\bar{P}$  es la precipitación media sobre la cuenca;  $P_i$  es la altura de precipitación promedio entre las dos isoyetas adyacentes de análisis;  $A_i$  es el área comprendida entre dos isoyetas;  $A$  es el área total de la cuenca.

## CAPÍTULO 2: LEVANTAMIENTO DE INFORMACIÓN

### 2.1 Área de estudio

El área de estudio se encuentra en la provincia del Azuay, cantón Cuenca, posee una superficie aproximada de 3086 km<sup>2</sup>, se encuentra a una altitud media de 2480 msnm, y por ella pasan 4 ríos los cuales son el río Tomebamba, río Tarqui, río Yanuncay y río Machángara. La ciudad está situada en la parte meridional de la cordillera de los Andes, en la región interandina del Ecuador “Región Sierra”; la misma contiene un extenso valle (Guapondelig o Paucarbamba) por lo que se considera a este sector como territorio altoandino, ya que la mitad de su extensión está cubierta de páramos.

Debido a su ubicación está expuesta a sufrir variaciones o cambios de clima espontáneos durante el transcurso del día; lo que origina variaciones de temperatura de (7 a 25) °C, teniendo una temperatura promedio de 15°C; siendo el principal causante de este fenómeno la presencia de lluvia.

Considerando los aspectos anteriores se estableció como área de estudio, el área de distribución de agua potable que posee la empresa Etapa EP en la ciudad de Cuenca, debido a que al tratar de delimitar el área de la cuenca por uno de los 4 ríos que pasan por la ciudad, el área obtenida era demasiado extensa y no consideraba la distribución de las estaciones a lo largo de la ciudad y sus alrededores. El área de estudio que se delimitó tiene una superficie de 190.24 km<sup>2</sup>, la cual contiene distribuida las 6 estaciones pluviométricas de análisis.

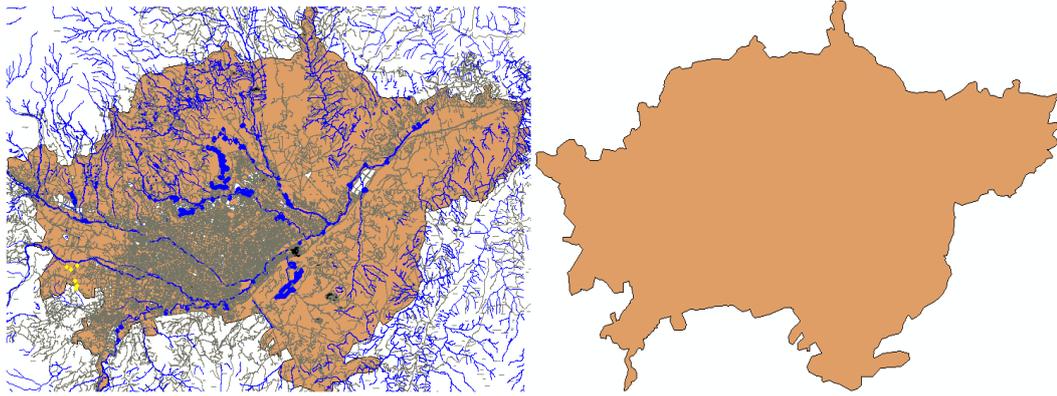


Figura 2. 1 Área de estudio.

Fuente: Autor.

## 2.2 Estaciones monitoreadas por Etapa EP.

Se trabajó con los datos de 6 estaciones de monitoreo, las cuales están ubicadas dentro y fuera de la ciudad de Cuenca. Dichas estaciones trabajan con pluviómetros totalizadores, las mismos han estado en funcionamiento desde el año 2014, por lo se considera a los aparatos prácticamente nuevos. Las seis estaciones de monitoreo fueron escogidas según su distribución y alcance de registro, las mismas se encuentran distribuidas de la siguiente manera:

Estación “Ricaurte”, se encuentra ubicada en la parroquia Ricaurte del cantón Cuenca, perteneciente a la provincia del Azuay; su ubicación geográfica es la siguiente:

- Latitud: 726027
- Longitud: 9684215
- Altura: 2600 msnm



Figura 2. 2 Estación Ricaurte.  
Fuente: Autor.

Estación “Challuabamba”, se encuentra ubicada en la parroquia Llaeo del cantón Cuenca, pertenece a la provincia del Azuay, su ubicación geográfica es la siguiente:

- Latitud: 732240
- Longitud: 9682775
- Altura: 2521 msnm



Figura 2. 3 Estación Challuabamba.  
Fuente: Autor.

Estación “El valle”, se encuentra ubicada en la parroquia El valle del cantón Cuenca, pertenece a la provincia del Azuay, su ubicación geográfica es la siguiente:

- Latitud: 726538
- Longitud: 9674218
- Altura: 2683 msnm



Figura 2. 4 Estación El Valle.

Fuente: Autor.

Estación “Huizhil”, se encuentra ubicada en la parroquia Baños del cantón Cuenca, pertenece a la provincia del Azuay, su ubicación geográfica es la siguiente:

- Latitud: 714747
- Longitud: 9678318
- Altura: 2773 msnm



Figura 2. 5 Estación Huizhil.  
Fuente: Autor.

Estación “Narancay”, se encuentra ubicada en la parroquia Baños del cantón Cuenca, pertenece a la provincia del Azuay, su ubicación geográfica es la siguiente:

- Latitud: 716123
- Longitud: 9675876
- Altura: 2728 msnm



Figura 2. 6 Estación Narancay.  
Fuente: Autor.

Estación “Totoracocha”, se encuentra ubicada en la parroquia Totoracocha del cantón Cuenca, pertenece a la provincia del Azuay, su ubicación geográfica es la siguiente:

- Latitud: 723662
- Longitud: 9679572
- Altura: 2516 msnm



Figura 2. 7 Estación Totoracocha.  
Fuente: Autor.

### **2.3 Información cartográfica**

La siguiente información cartográfica, posee la ubicación de las estaciones pluviométricas y su cercanía según el mapa de la cuenca hidrográfica del río paute; la cartografía está elaborada en una escala 1:50000 con referencia espacial UTM. El mapa de la cuenca Hidrográfica del río Paute fue obtenido de la Secretaría Nacional del Agua (SENAGUA), como referencia para la ubicación de las estaciones; de igual manera también se utilizó el mapa de distribución de agua potable proporcionado por ETAPA EPE, para el respectivo análisis.

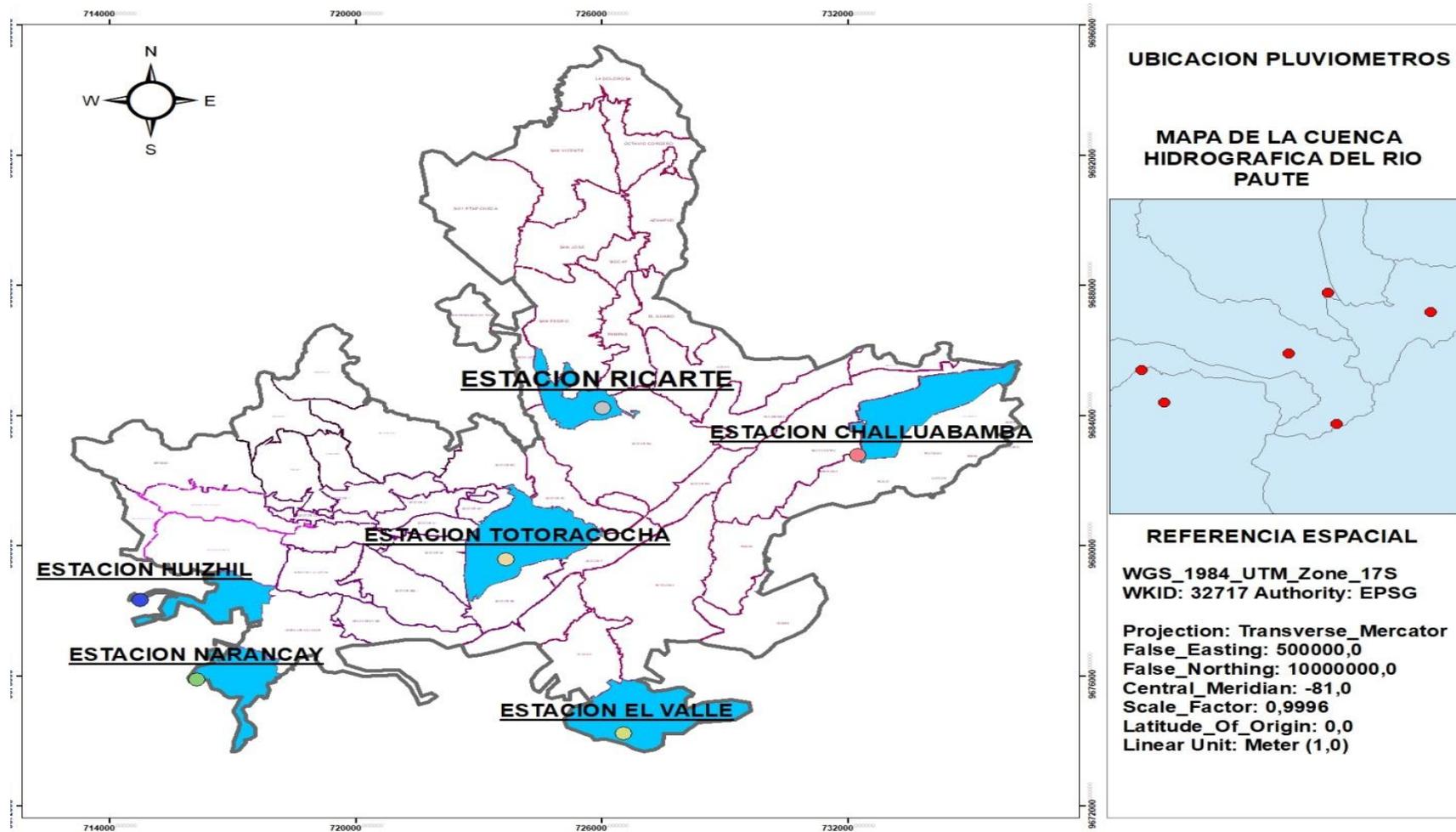


Figura 2. 8 Cartografía.  
Fuente: ETPA EPE; SENAGUA.

## **2.4 Levantamiento de los datos de precipitación**

Los datos pluviométricos analizados, fueron obtenidos de las 6 estaciones de monitoreo que posee la empresa Etapa EP descritas anteriormente, estas estaciones se distribuyen a lo largo de la ciudad de Cuenca y zonas periféricas de la misma. La recopilación de datos obtenida corresponde al periodo de análisis del 13 de mayo de 2014 al 12 de julio de 2017, en total se obtuvieron 44 documentos entre los que se cuenta con registros pluviométricos diarios, horarios y cada 5 minutos.

Al trabajar las estaciones de monitoreo con pluviómetros totalizadores; los cuales registran intervalos de 24 horas, con horas de inicio y finalización prefijados; y al ser el registro de precipitación diario el más utilizado, se trabajó con este tipo de registro para la determinación de la precipitación media en el área de estudio.

Se encontró una variación entre los registros diarios y horarios acumulados en periodos de 24 horas pertenecientes a una misma estación de monitoreo, esta variación está presente en los datos obtenidos de cada una de las estaciones a analizar, por lo que se considerarán a los registros diarios como válidos y a los registros acumulados horarios como datos de rellenos para los registros diarios faltantes o dañados.

## **2.5 Determinación de datos faltantes**

Las hojas de registro obtenidas por los pluviómetros, presentaron incongruencias como: registros de la misma fecha y saltos de registros con diferencias de hasta 5 días, además las hojas presentan datos dañados o eliminados por lo que no se cuenta con el total de registros entre las fechas de análisis comprendidas; la información faltante no consta con un patrón determinado y en algunos casos se presenta en periodos anuales o mensuales.

La falta de información se presenta en los tres tipos de registros, pero en las estaciones Narancay y Ricaurte se pudo recuperar la información faltante o dañada con la hoja de registro horario; por lo que estas 2 estaciones cuentan con el total de datos entre los periodos de análisis comprendidos; en las demás estaciones no se pudo recuperar la información por lo que fue necesario rellenar los datos faltantes.

Los errores más comunes que se presentan con los instrumentos de medición se deben principalmente a la pérdida de comunicación, mala manipulación y calibrado de los instrumentos de medida, uso de probetas inadecuadas, ubicación de los pluviómetros, influencias orográficas del sector y el viento.

En la tabla 2.1 se visualiza la cantidad de datos con las que se cuenta por estación.

Tabla 2. 1 Total de datos pluviómetros obtenidos.

<b>Estación</b>	<b>Narancay</b>	<b>Huizhil</b>	<b>Ricaurte</b>	<b>Totoracocha</b>	<b>Challuabamba</b>	<b>El Valle</b>
<b>Total de Datos</b>	1157	1129	1157	1144	1144	1102

Fuente: Autor.

En la tabla 2.1 se puede visualizar el número de registros por estación con las que se contó, siendo la estación Ricaurte y Narancay las únicas estaciones que cuenta con el total de datos entre las fechas de análisis comprendida.

Se considera que la precipitación registrada por las 6 estaciones de monitoreo distribuidas dentro y fuera de la ciudad guardan una relación de proporcionalidad, independientemente de la ubicación orográfica del sector, por este motivo se realizó una gráfica de distribución entre los registros pluviométricos de las 6 estaciones. El objetivo de esta gráfica es determinar el rango de valores en los que se encuentran los datos pluviométricos de cada estación, así como determinar el comportamiento que presenta cada estación al compararlas una con otra. La gráfica servirá como un indicador de la distribución de datos que tiene cada estación a lo largo de la fecha de

estudio mencionada, la cual dará una guía para el relleno o corrección de datos arrojados por los instrumentos de medición.

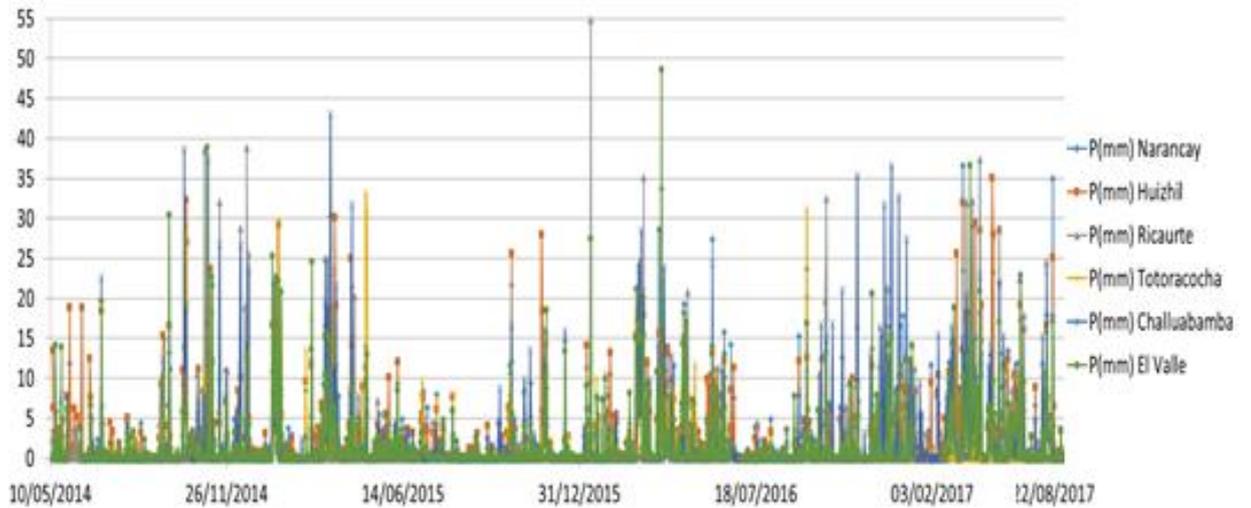


Figura 2. 9 Distribución de datos obtenidos por pluviómetros.  
Fuente: Autor.

Con la distribución de los datos a lo largo de las fechas de estudio se puede observar valores picos en determinadas ocasiones, lo cual podría indicar un error de lectura en los instrumentos de medición; con la ayuda del cuartil 1 y el cuartil 3 se puede evaluar la dispersión y tendencia central de la matriz de datos con las que se cuenta.

Los cuartiles dividirán al conjunto de datos en partes iguales; el cuartil 1 (Q1) indica la tendencia central de datos que se encuentran por debajo o igual al 25% del total; y el cuartil 3 (Q3) indica la tendencia central de datos que se encuentran por debajo o igual al 75% del total; los valores comprendidos entre el cuartil 1 y el cuartil 3 (Q1-Q3) abarcan el 50% del total de datos o registros presentes; los cuartiles sirvieron de información estadística para determinar el comportamiento de datos pluviométricos con los que se trabajará a lo largo del relleno y corrección de datos.

Tabla 2. 2 Determinación de los datos estadísticos.

	<b>Narancay</b>	<b>Huizhil</b>	<b>Ricaurte</b>	<b>Totoracocha</b>	<b>Challuabamba</b>	<b>El Valle</b>
<b>Máximo</b>	36.6	35.1	54.9	146.1	43.1	48.6
<b>Cuartil 1 (q1)</b>	0	0	0	0	0	0
<b>Cuartil 3 (q3)</b>	1.8	2.5	1.3	0.5	1.2	1.5
<b>Media</b>	1.95	2.43	2.12	1.38	2.09	1.96

Fuente: El Autor.

Los resultados proporcionados por los cuartiles indican el rango de valores medios con el que se cuenta por estación, la media de datos obtenida por estación presenta aquellas que poseen mayores registros de precipitación, esta información con el registro máximo de precipitación por estación, es un indicador claro de que algunos valores picos están erróneos; el comportamiento de las precipitaciones a lo largo de todas las fechas de estudio dependerán en gran medida de las épocas o meses en las que se analicen y del régimen pluviométrico que se presente en la región sierra.

Considerando tanto los resultados estadísticos como el régimen pluviométrico de la zona, se analizaron los datos que presentan valores picos en comparación con los valores presentes en las otras estaciones correspondientes a la misma fecha de análisis, si estos valores no son coherentes con los datos de las otras estaciones se establecerá como valor a corregir, este procedimiento se lo realizó con cada uno de los registros pluviométricos y comparando estación vs estación, se tomó como principal dato de referencia a las estaciones más cercanas según la ubicación establecida de las mismas en la información cartográfica.

Tabla 2. 3 Ejemplo dato pluviométrico a corregir en registros de cada 24 horas

Fecha	P(mm) Narancay	P(mm) Huizhil	P(mm) Ricaurte	P(mm) Totoracocha	P(mm) Challuabamba	P(mm) El Valle
04/07/2017	0	0	0	0	0	0
05/07/2017	0.1	0	0	0	0.2	0
06/07/2017	0	1	1	146.1	0.2	0
07/07/2017	0.6	0.6	0.6	0.7	0.6	0.5
08/07/2017	0	0.2	0.1	0	0	0
09/07/2017	0.2	0.2	0	0.1	0.2	0.5

Fuente: Autor.

En la tabla 2.3 se puede visualizar que el 6 de julio del 2017 se registró una precipitación de 146.1 mm para la estación Totoracocha, mientras en el resto de estaciones el registro no supera 1mm, claramente este es un dato erróneo a corregir por no ser coherente con el resto de registros obtenidos en la misma fecha; este procedimiento se realizó para cada una de las fechas de análisis.

## 2.6 Corrección y relleno de datos

Un análisis de doble masa considera que en una zona meteorológica homogénea, la cantidad de precipitación registrada en diferentes puntos de la zona de estudio, guarda una relación de proporcionalidad que puede representarse gráficamente, dicho análisis permite observar el comportamiento de datos de una estación versus otra, además se realizó una correlación directa de datos para garantizar que los datos corregidos y rellenados poseen una relación de proporcionalidad.

Se realizó una comparación de las 6 estaciones entre sí, con los valores acumulados de las precipitaciones de cada una de ellas, para realizar esta comparación se deben tomar únicamente en cuenta las fechas en las que se cuenta con información tanto de una estación con respecto a otra; una vez establecidos los datos a analizar se insertó una gráfica de dispersión con los valores acumulados de precipitación y se obtuvo el

coeficiente de determinación ( $R^2$ ), el cual es un indicador de confiabilidad de la calidad de datos analizados, este coeficiente se obtuvo en la hoja de excel asignándole una línea de tendencia a la gráfica generada.

En las imágenes 2.10, 2.11, 2.12 y 2.13 se pueden observar las gráficas por dispersión de las precipitaciones acumuladas de cada una de las estaciones a analizar y el comportamiento que posee cada estación al compararlas una con otra.

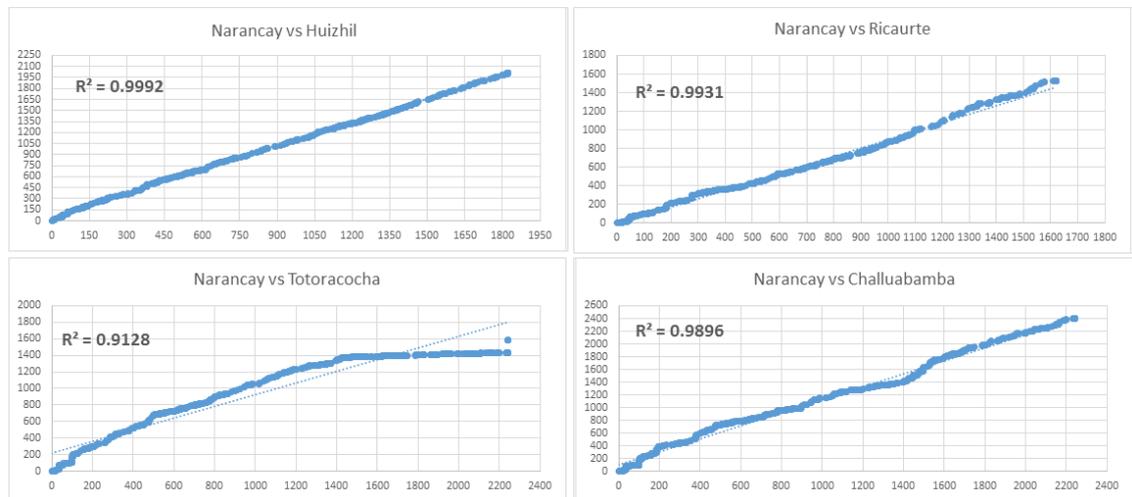


Figura 2. 10 Coeficiente de determinación entre estaciones 1.  
Fuente: Autor.

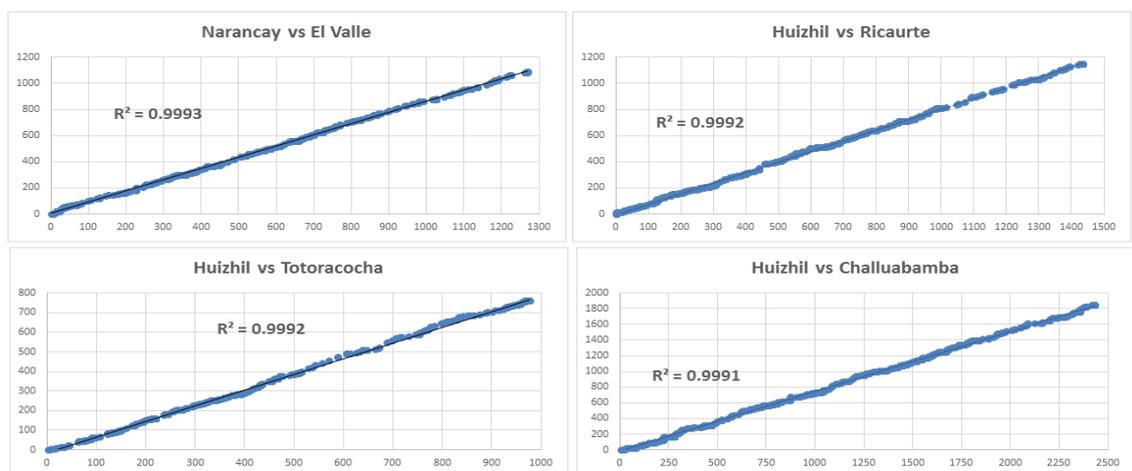


Figura 2. 11 Coeficiente de determinación entre estaciones 2.  
Fuente: Autor.

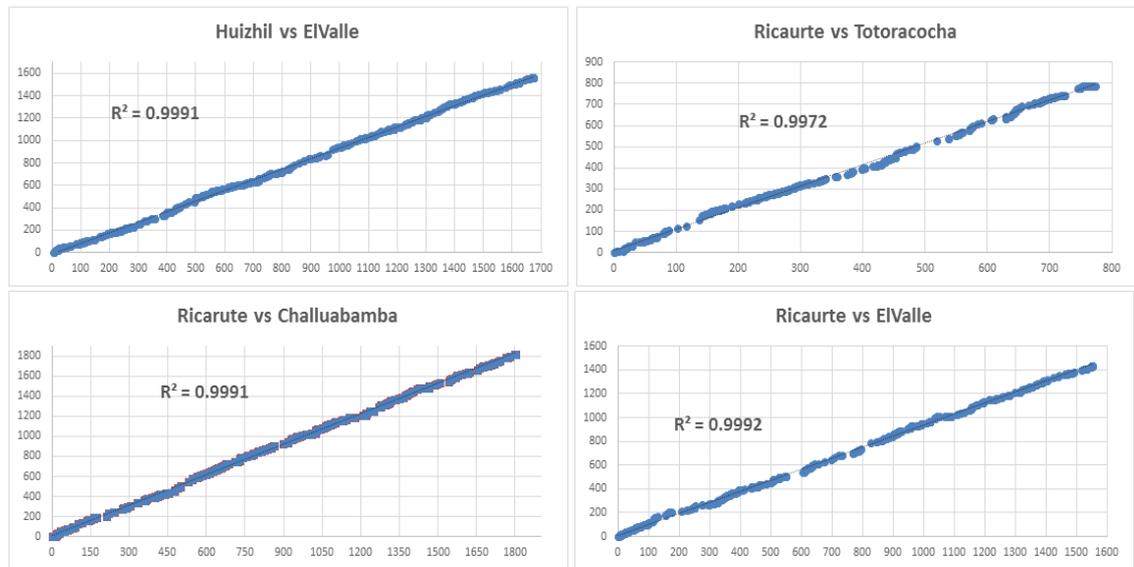


Figura 2. 12 Coeficiente de determinación entre estaciones 3.  
Fuente: Autor.

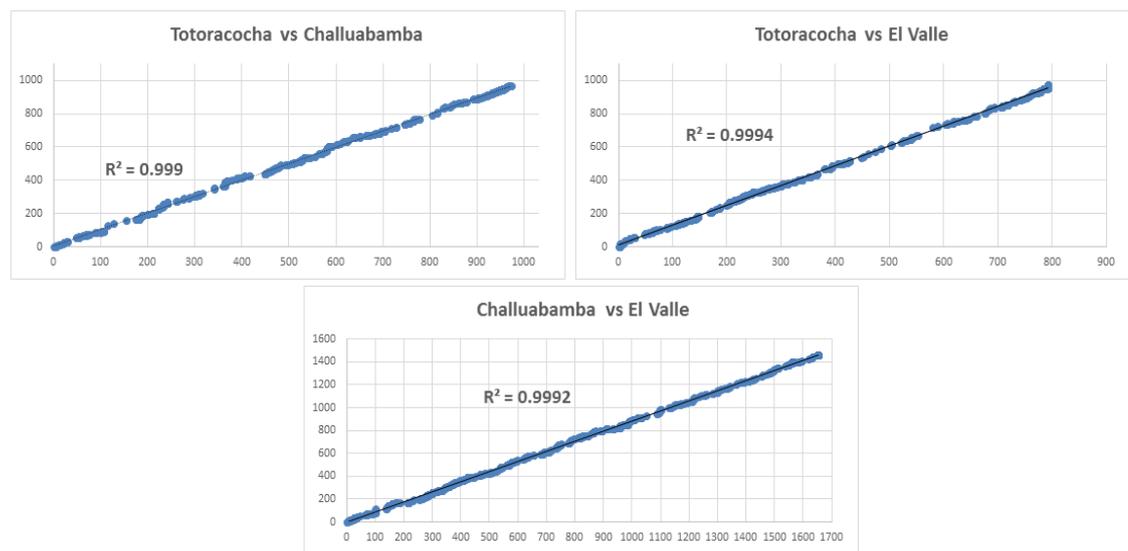


Figura 2. 13 Coeficiente de determinación entre estaciones 4.  
Fuente: Autor.

Las curvas doble masa generadas que presentan mayor coeficiente ( $R^2$ ) se pueden visualizar en la tabla 2.4, siendo las que mejor se ajustan a la curva aquellas que se encuentran más cercanas según la distribución de las mismas en la cuenca hidrográfica del río Paute, las estaciones cercanas cuentan con un mayor número de datos para la determinación de  $R^2$ .

Tabla 2. 4 Coeficiente de determinación entre estaciones.

<b>GRÁFICAS</b>	<b>R<sup>2</sup></b>
Narancay vs Huizhil	0.9992
Narancay vs Ricaurte	0.9931
Narancay vs Totoracocha	0.9128
Narancay vs Challuabamba	0.9896
Narancay vs El Valle	0.9993
Huizhil vs Ricaurte	0.9992
Huizhil vs Totoracocha	0.9992
Huizhil vs Challuabamba	0.9991
Huizhil vs El Valle	0.9991
Ricaurte vs Totoracocha	0.9972
Ricaurte vs Challuabamba	0.9991
Ricaurte vs El Valle	0.9992
Totoracocha vs Challuabamba	0.999
Totoracocha vs El Valle	0.9994
Challuabamba vs El Valle	0.9992

Fuente: Autor.

Del mismo modo al obtener el coeficiente de correlación de estas; se tomó la decisión de trabajar principalmente con las estaciones pares más cercanas, ya que estas son las que mejor se ajustan entre si y la que mayor correlación de datos arroja, obteniendo ecuaciones lineales más cercanas a la realidad.

En la tabla 2.5 se puede visualizar los coeficientes de correlación obtenidos con los registros originales de precipitación y la relación de datos que posee una estación vs otra.

Tabla 2. 5 Coeficiente de correlación entre estaciones.

	P(mm) Narancay	P(mm) Huizhil	P(mm) Ricaurte	P(mm) Totoracocha	P(mm) Challua- bamba	P(mm) El Valle
P(mm) Narancay	1					
P(mm) Huizhil	0.729	1				
P(mm) Ricaurte	0.493	0.483	1			
P(mm) Totoracocha	0.276	0.299	0.288	1		
P(mm) Challuabamba	0.419	0.423	0.692	0.252	1	
P(mm) El Valle	0.621	0.569	0.591	0.352	0.499	1

Fuente: Autor.

Al trabajar con un grado de confiabilidad  $R^2 > 0.999$  para la corrección y relleno de datos, se garantiza que en la gráfica no existan cambios de pendiente y la precipitación acumulada se ajuste entre sí. Se consideró que los datos se correlacionan entre sí siempre y cuando su coeficiente sea mayor a 0.7. La determinación de este coeficiente se realizó en la hoja de cálculo excel, en la opción de datos – análisis de datos. En la tabla número 2.6 se puede observar los valores de correlación obtenidos.

Tabla 2. 6 Coeficiente de Correlación en registros pluviométricos corregidos y rellenados.

	P(mm) Narancay	P(mm) Huizhil	P(mm) Ricaurte	P(mm) Challuabamba	P(mm) Totoracocha	P(mm) El Valle
P(mm) Narancay	1					
P(mm) Huizhil	0.917	1				
P(mm) Ricaurte	0.602	0.608	1			

P(mm) Challuabamba	0.589	0.582	0.951	1		
P(mm) Totoracocha	0.720	0.717	0.745	0.733	1	
P(mm) El Valle	0.734	0.724	0.735	0.719	0.928	1

Fuente: Autor.

La ecuación utilizada para el relleno de datos es de primer grado o una ecuación lineal, está en función de los datos de precipitación con los que se obtuvo el grado de confiabilidad y el coeficiente de correlación deseado, en esta ecuación únicamente se consideró el término dependiente que es el que correlaciona una estación con otra. En las imágenes 21, 22 y 23 se presentan las ecuaciones utilizadas para el relleno y corrección de datos.

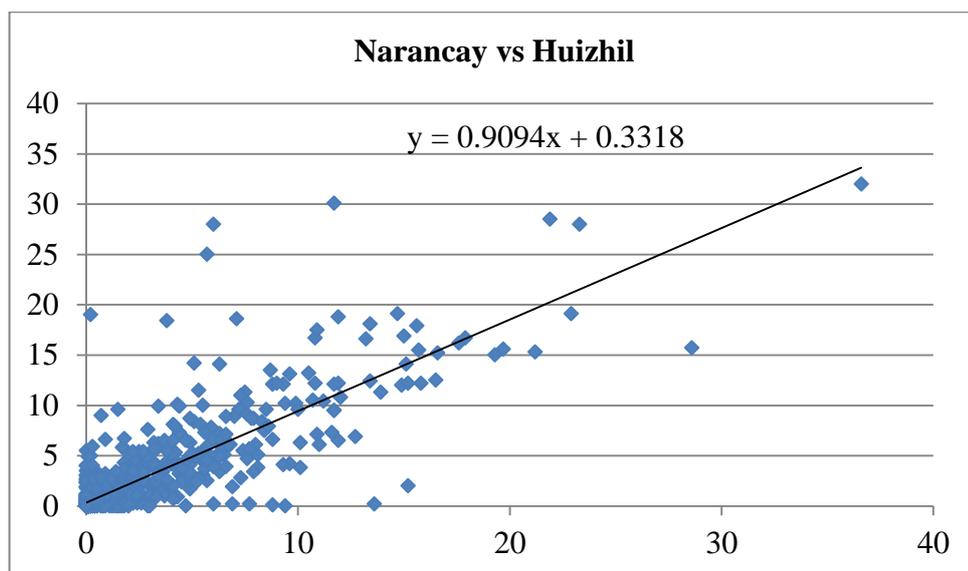


Figura 2. 14 Narancay vs Huizhil ecuación lineal para el relleno y corrección de datos.

Fuente: Autor.

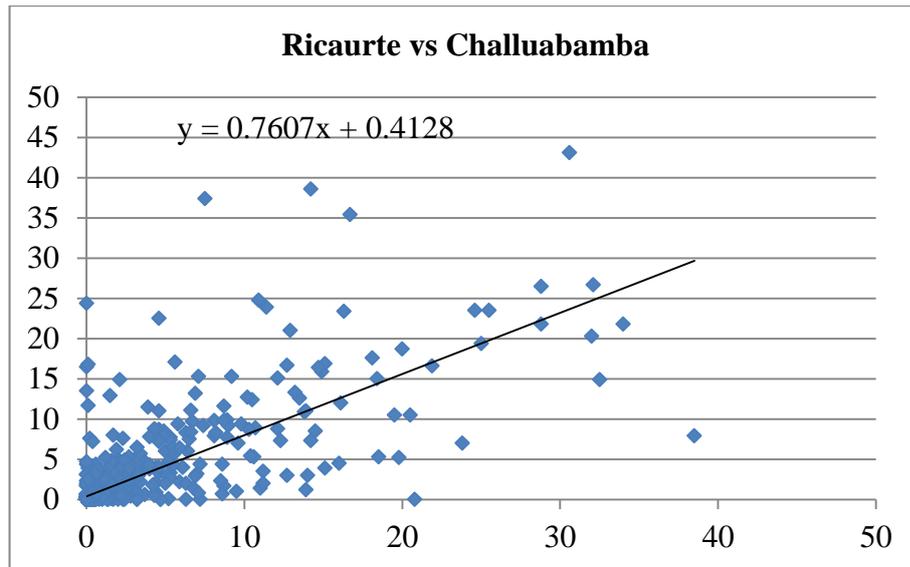


Figura 2. 15 Ricaurte vs Huizhil ecuación lineal para el relleno y corrección de datos.  
Fuente: Autor.

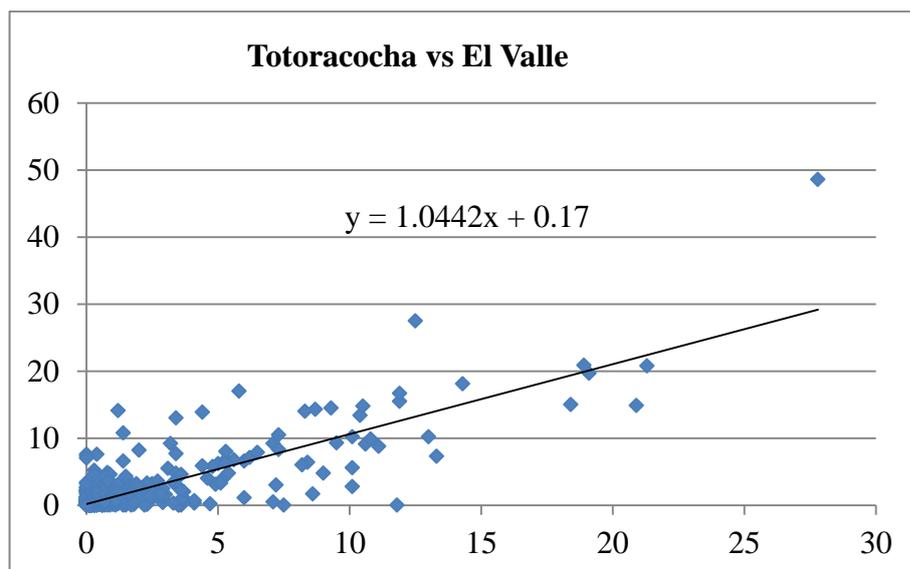


Figura 2. 16 Totoracocha vs El Valle ecuación lineal para el relleno y corrección de datos  
Fuente: Autor.

La hoja de cálculo Excel que se utilizó para la determinación de los coeficientes de correlación y  $R^2$  trabaja internamente con las siguientes ecuaciones para su determinación:

- **Coefficiente de correlación**

El coeficiente de correlación determina la relación entre dos propiedades, por lo que se utilizó para los registros pluviométricos corregidos y rellenados. La hoja de cálculo Excel trabaja con la siguiente ecuación para la determinación del coeficiente de correlación:

$$\text{Correl}(x, y) = \frac{\sum(x-\bar{x})(y-\bar{y})}{\sqrt{\sum(x-\bar{x})^2 \sum(y-\bar{y})^2}} \quad (2.6.1)$$

Donde  $\bar{x}$  y  $\bar{y}$  son las medias de muestra PROMEDIO (matriz 1) y PROMEDIO (matriz 2), (Microsoft. Función COEF.DE.CORREL, Recuperado el 15 de noviembre de 2017, de <https://support.office.com/es-es/article/coef-de-correl-funci%C3%B3n-coef-de-correl-995dcef7-0c0a-4bed-a3fb-239d7b68ca92>.)

- **Coefficiente de determinación**

Este coeficiente se puede interpretar como la proporción de la varianza de y que puede atribuirse a la varianza x, el mismo devuelve el cuadrado del coeficiente de correlación del momento del producto Pearson.

La hoja de cálculo Excel trabaja con la siguiente ecuación para la determinación del coeficiente de correlación:

$$r^2 = \left( \frac{\sum(x-\bar{x})(y-\bar{y})}{\sqrt{\sum(x-\bar{x})^2 \sum(y-\bar{y})^2}} \right)^2 \quad (2.6.2)$$

Donde  $\bar{x}$  y  $\bar{y}$  son las medias de muestra PROMEDIO (conocido x) y PROMEDIO (conocido y), el coeficiente  $R^2$  devuelve  $r^2$ , que es el cuadrado de este coeficiente de

correlación. (Microsoft. Función COEFICIENTE. $R^2$ , Recuperado el 15 de noviembre de 2017, de <https://support.office.com/es-es/article/coeficiente-r2-funci%C3%B3n-coeficiente-r2-d7161715-250d-4a01-b80d-a8364f2be08f>.)

## CAPÍTULO 3: METODOLOGÍA

### 3.1 Precipitación media

#### 3.1.1 Interpolación espacial

La interpolación espacial es un procedimiento matemático utilizado para predecir el valor de un atributo en una localidad precisa a partir de valores obtenidos de puntos vecinos, ubicados al interior de la misma área de estudio. La interpolación se utiliza para transformar un número finito de observaciones, por ejemplo cotas de terreno, en un espacio continuo de manera que su patrón espacial sea comparable con aquel presentado por las observaciones puntuales de base (Burrough y McDonnell 1998).

La literatura describe diferentes métodos de interpolación. En forma general, ellos son clasificados en globales y locales, de acuerdo a la cantidad de información que utilizan, y en exactos e inexactos, de acuerdo al valor de las estimaciones respecto a los datos de origen (Burrough y McDonnell 1998; Lam 1983).

Tabla 3. 1 Clasificación de diferentes métodos de interpolación espacial

<b>Método</b>	<b>Global/local</b>	<b>Tipo de interpolación</b>
Clasificación	Global	Inexacta
Superficies de tendencia	Global	Inexacta
Modelos de regresión	Global con refinamiento local	Inexacta
Polígonos de Thiessen	Local	Exacta
Interpolación lineal	Local	Exacta
Inverso de la distancia y medias móviles	Local	Inexacta cuando se aplica un suavizado de la superficie interpolada
Spline	Local	Exacta, con un refinamiento limitado

Kriging	Local, pero con un variograma global	Exacta
Simulación condicional	Local, pero con un variograma global	Inexacta

Fuente: Lam 1983, Burrough y McDonnell (1998).

Fuente: Autor.

Según Burrough y McDonnell (1998), los mejores métodos de interpolación para un análisis local de dato son IDW, Spline y Kriging, por lo que se analizaron los 3 métodos de interpolación matemática para la elaboración de mapas de isoyetas, se compararon los resultados obtenidos por estos métodos para ver la variación que presentan unos con respecto a otros.

La elaboración de mapas de isoyetas se realizó en el programa Argis, ya que este programa es una herramienta de apoyo al analizar eventos hidrológicos, debido a que el mismo trabaja con sistemas de información geográfica GIS, planos vectoriales como AutoCad y tablas de excel, permitiendo un análisis real de la zona de estudio y sus variables; para este análisis se trabajó con coordenadas geográficas UTM de cada una de las estaciones a analizar.

Para analizar el comportamiento de estos métodos, es necesario comprender el funcionamiento de cada uno de ellos, el software Argis trabaja con las siguientes ecuaciones para la determinación de los diferentes métodos de interpolación:

### **Kriging**

El método de interpolación Kriging arroja la mejor estimación lineal de datos, debido a que elige el mejor promedio ponderado de los valores de precipitación promedio anual, los cuales tendrán una mínima varianza de una con respecto a la otra; la precisión de los datos arrojados por este método dependen de la muestra y calidad de los datos de precipitación ingresados, así como la distancia entre las diferentes

estaciones y el punto a ser estimado; este método de interpolación cuenta con varias variables pero se utilizó el método Kriging ordinario.

La fórmula con la trabaja este método de interpolación es la siguiente:

$$\hat{z}(s_0) = \sum_{i=1}^N \lambda_i Z(s_i) \quad (3.1.1)$$

Donde  $Z(s_i)$  es el valor medio en la ubicación  $i$ ;  $\lambda_i$  es una ponderación para el valor medio en la ubicación  $i$ ;  $s_0$  es la ubicación de la predicción y  $N$  es la cantidad de valores medidos. (ArcGIS Pro. Kriging, Recuperado el 23 de noviembre de 2017, de <https://pro.arcgis.com/es/pro-app/tool-reference/3d-analyst/how-kriging-works.htm>.)

## **IDW**

El método de interpolación IDW trabaja con la inversa ponderada de los datos de precipitación, a través de una combinación lineal de un conjunto de puntos de la muestra, este método presupone que la variable que se representa cartográficamente disminuye su influencia a mayor distancia desde su ubicación de la muestra; los mejores resultados con este método de interpolación se obtienen cuando la muestra es lo suficientemente densa con respecto a la variación local que se intenta simular.

La fórmula con la que trabaja el método de interpolación IDW, es la misma con la que trabaja el método Kriging ordinario.

$$\hat{z}(s_0) = \sum_{i=1}^N \lambda_i Z(s_i) \quad (3.1.2)$$

La única diferencia entre el un método y el otro es que la ponderación  $\lambda_i$  en este caso depende exclusivamente de la distancia a la ubicación de la predicción. (ArcGIS Pro.

IDW, Recuperado el 23 de noviembre de 2017, de <https://pro.arcgis.com/es/pro-app/tool-reference/3d-analyst/how-idw-works.htm>.)

## Spline

El método de interpolación Spline, es una técnica de interpolación polinómica que origina grandes oscilaciones, además se requiere de una gran cantidad de datos relativos a una función conocida o no que se desee aproximar. Este método genera un cierto grado de error debido a que usa una técnica de curvatura mínima bidimensional, por lo que se necesita contar con un gran número de datos para minimizar el error que este método presenta.

El algoritmo con el que trabaja la interpolación spline es el siguiente:

$$S(x, y) = T(x, y) + \sum_{j=1}^N \lambda_j R(r_j) (n) \quad (3.1.3)$$

Donde  $j = 1, 2, \dots, N$ ;  $N$  es la cantidad de puntos,  $\lambda_j$  es un coeficiente determinado para la solución de la ecuación;  $r_j$  es la distancia del punto  $(x, y)$  al punto  $j$ ;  $T(x, y)$  y  $R(r)$  se define según la opción de regularizado o tensión, en estos se determinará un coeficiente en el que interviene la distancia entre el punto y la muestra, el parámetro de peso, la función de Bessel modificada y una constante igual a 0.577215. (ArcGIS Pro. Spline, Recuperado el 23 de noviembre de 2017, de <https://pro.arcgis.com/es/pro-app/tool-reference/3d-analyst/spline.htm>.)

### 3.1.2 Mapa de isoyetas

El mapa de isoyetas representa un conjunto de isolíneas, las cuales unen los puntos que representan la media de lluvia para una unidad de tiempo establecida en un plano cartográfico, por lo que para un área de estudio se puede contar con un gran número

de planos. En este análisis se trabajó con los datos corregidos y rellenados comprendidos desde el mes Mayo de 2014 a Julio de 2017.

Se determinó el promedio mensual anual de las precipitaciones entre las 6 estaciones de monitoreo, por lo que fue necesario elaborar una tabla en la que se cuente con estos promedios y la estación a la que pertenecen estos valores para su posterior interpolación espacial, en la siguiente tabla se cuenta con el promedio mensual anual de cada uno de los meses de análisis con su respectivo estación.

Tabla 3. 2 Precipitación promedio mensual anual para cada una de las estaciones de análisis

<b>PRECIPITACIÓN PROMEDIO MENSUAL ANUAL</b>												
<b>Estación</b>	<b>01</b>	<b>02</b>	<b>03</b>	<b>04</b>	<b>05</b>	<b>06</b>	<b>07</b>	<b>08</b>	<b>09</b>	<b>10</b>	<b>11</b>	<b>12</b>
<b>P(mm) Narancay</b>	65.38	44.14	156.55	97.77	63.40	57.25	25.71	11.23	43.71	51.67	52.04	39.14
<b>P(mm) Huizhil</b>	74.05	47.45	159.32	99.78	71.89	59.54	25.40	11.56	40.13	55.85	60.61	40.95
<b>P(mm) Totoracocha</b>	60.19	22.82	113.27	86.29	44.35	33.72	14.24	10.43	27.79	51.62	43.72	42.70
<b>P(mm) El Valle</b>	70.69	24.29	140.91	78.69	56.41	43.75	13.77	14.16	26.42	51.54	45.79	52.73
<b>P(mm) Ricaurte</b>	50.16	30.54	150.34	89.22	48.47	41.65	18.87	8.99	30.53	62.55	46.95	73.30
<b>P(mm) Challuabamba</b>	47.84	34.33	126.25	84.32	44.40	42.88	14.30	9.19	30.56	53.64	46.12	70.08

Fuente: Autor.

Para la elaboración de un mapa de isoyetas, se generó un mapa base que depende del tipo de método de interpolación utilizado al analizar los datos, una vez obtenido el mapa se procedió a generar las isolíneas con un determinado intervalo de espaciamento; dicho intervalo dependerá de la distribución de datos de precipitación que se estén analizando. Por último se procedió a establecer áreas de influencia en la cuenca de estudio según la distribución y espaciamento que poseen las isolíneas. La precipitación media se determinó mediante la fórmula (1.4.10) descrita anteriormente.

### **3.1.2.1 Elaboración mapa de isoyetas en ArcGis**

Para la creación de mapas de isoyetas en el programa ArcGis se realizaron los siguientes pasos:

1. Se ingresó la tabla de precipitación promedio anual mensual con la opción de Add XY Data para cada mes analizado con sus respectivas coordenadas geográficas y una vez ingresada la tabla como archivo de datos en el programa, se procedió a convertir estos datos en un archivo shape, para convertir la información ingresada se utilizó la opción Export Data, en la imagen 24 se muestra las herramientas utilizadas para exportar la información y convertirla en un archivo shape.

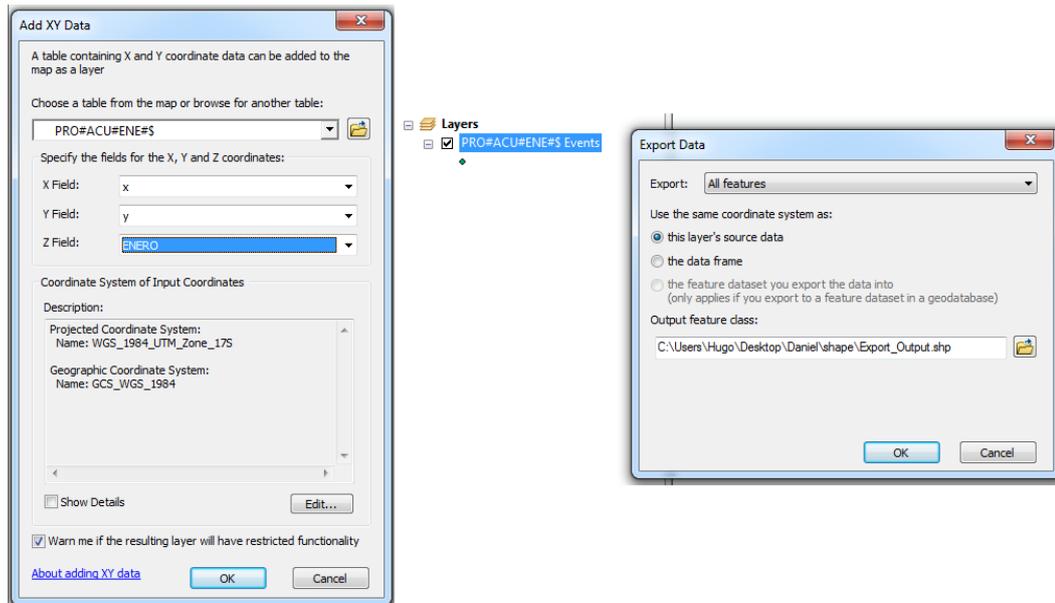


Figura 3. 1 Ingreso ubicación de pluviómetros y precipitación promedio por mes de análisis.

Fuente: Autor.

2. Una vez exportado los puntos se procedió se generó un mapa base, el cual tuvo características de altura de precipitación similar a los datos exportados, sobre este mapa se generaron las isólinas. Para crear este mapa se utilizó la opción Raster Interpolation y el método de interpolación; este paso fue el único que vario con respecto al resto de pasos del programa; los métodos de interpolación que se trabajaron fueron: Spline, Idw y Kriging. Posteriormente se seleccionó el archivo de valores a interpolar, la columna en la que se encontraban los valores, el tamaño o área de influencia del mapa base, y el nombre del archivo guardado; en las imágenes número 25, 26, 27 y 28 se presentan los pasos realizados en el programa.

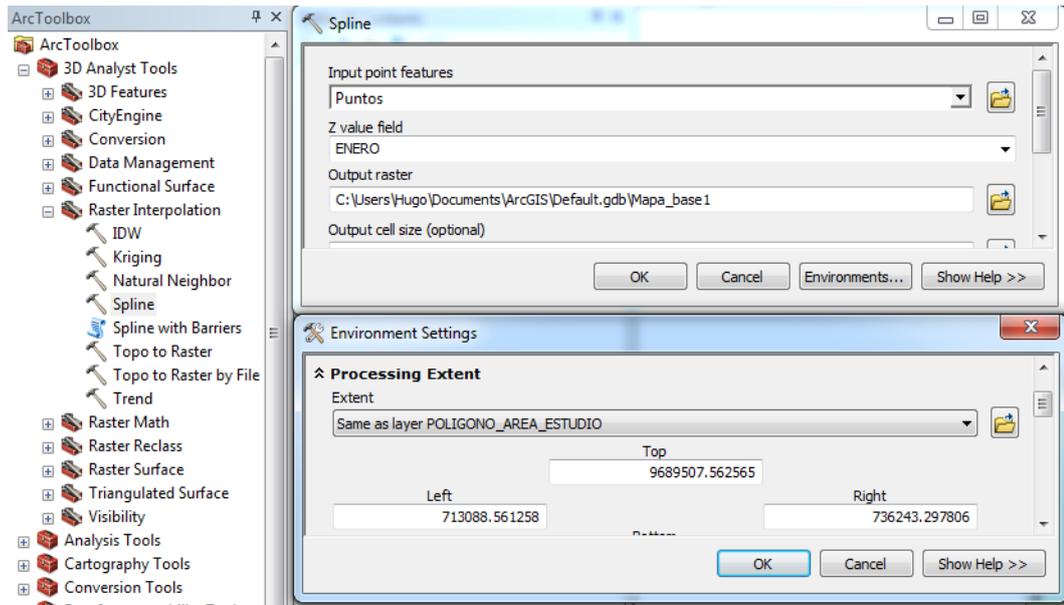


Figura 3. 2 Generación de mapa base con método de interpolación Spline.  
Fuente: Autor.

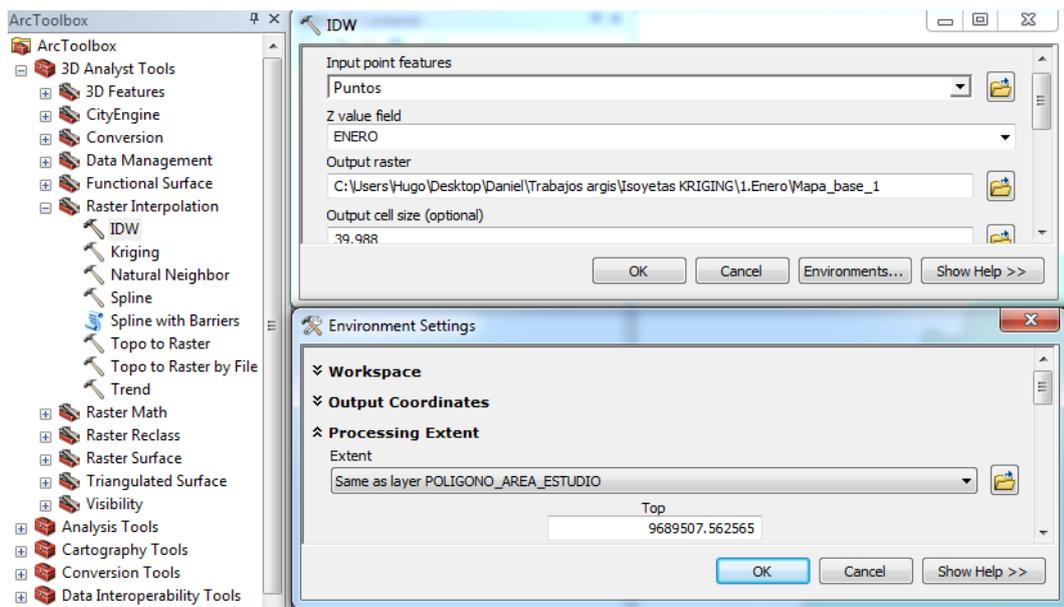


Figura 3. 3 Generación de mapa base con método de interpolación IDW.  
Fuente: Autor.

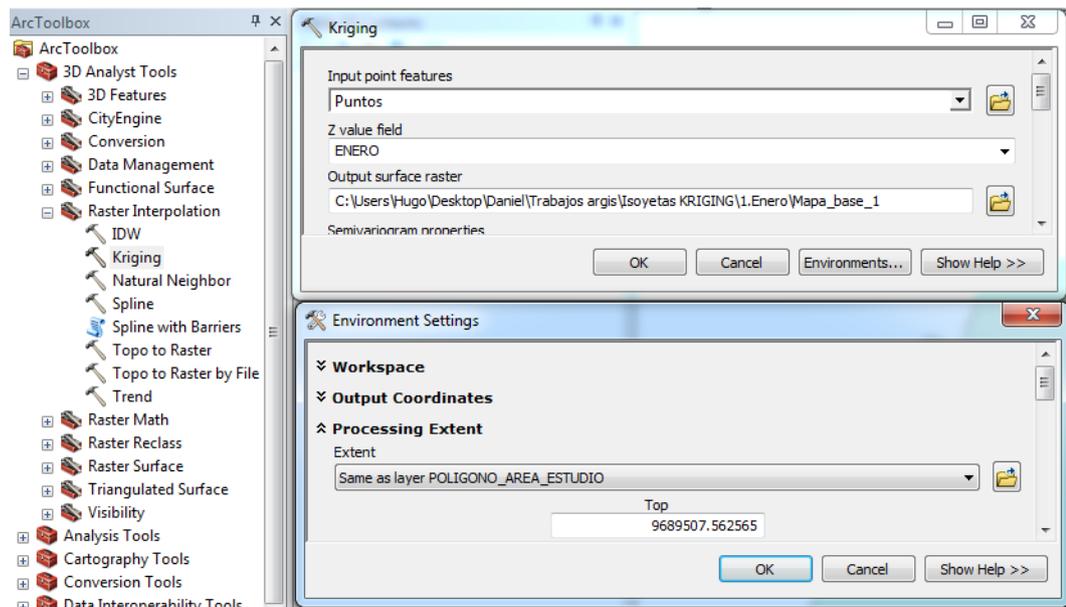


Figura 3. 4 Generación de mapa base con método de interpolación Kringing.  
Fuente: Autor.

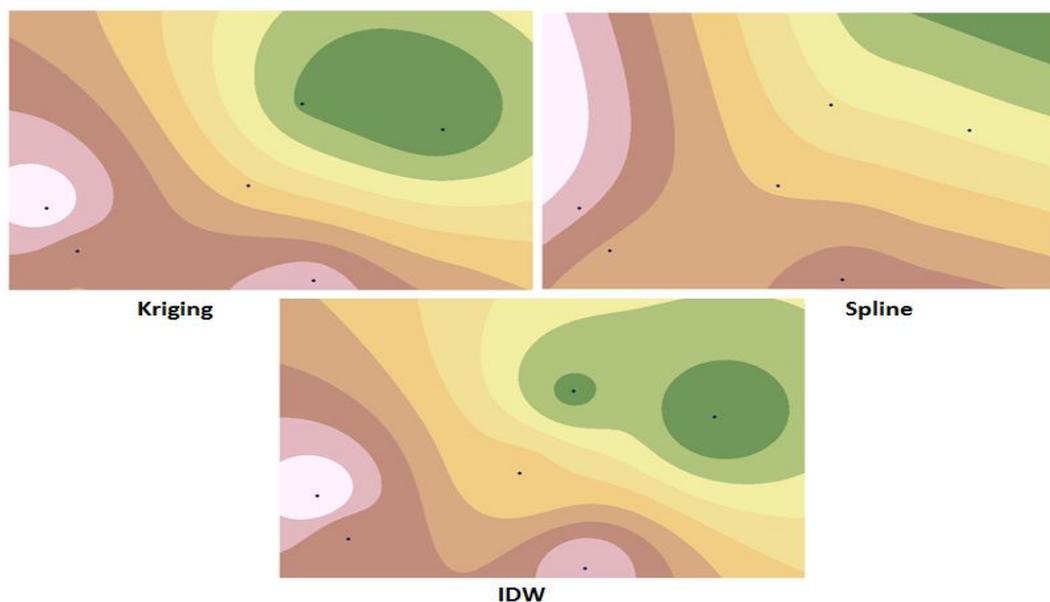


Figura 3. 5 Mapa base general por cada método de interpolación analizado.  
Fuente: Autor.

3. Con el mapa base generado, se procedió a determinar las isolíneas en función de intervalos de lluvia o precipitación, estos intervalos dependieron de la distribución de las precipitaciones que se dieron a lo largo de cada uno de los meses de estudio. Para la generación de las isolíneas se utilizó la opción Raster Surface – Contour, en esta opción se seleccionó: el mapa base, el nombre del

archivo guardado y los intervalos de separación; en la imagen número 29 se mostraran los pasos realizados en el programa.

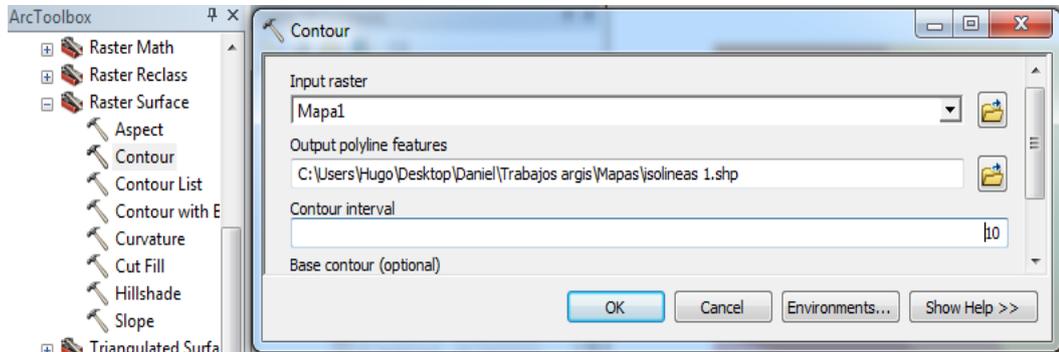


Figura 3. 6 Generación de apolíneas.

Fuente: Autor.

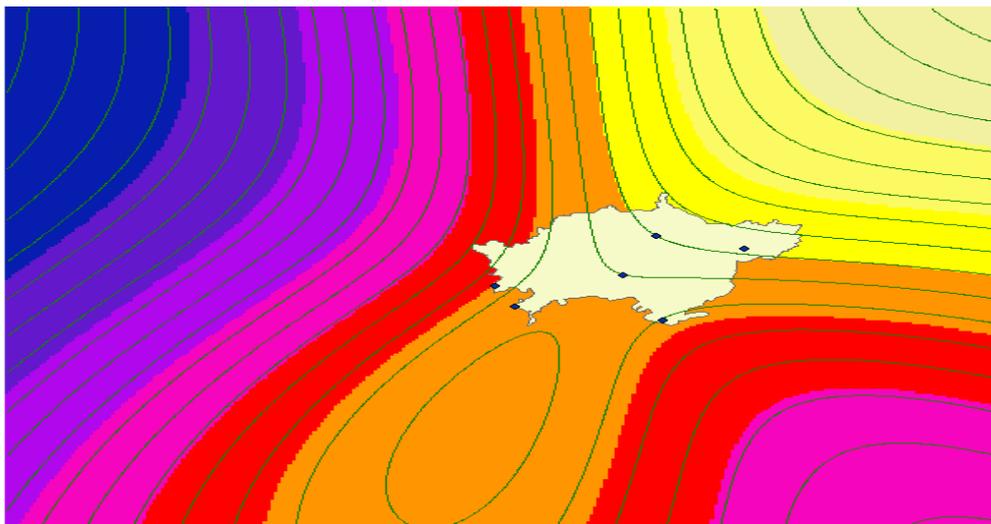


Figura 3. 7 Mapa base generado con sus respectivas de apolíneas..

Elaborado por: El Autor.

4. Se generó una extracción de las isolíneas que interviene en el área de estudio, con la opción de Geoprocessing - Clip, para ello se seleccionó cada una de las áreas que intervienen entre las isolíneas generadas con la opción Select Feactures; en el cuadro Clip primero se seleccionó el mapa global de isoyetas, luego el área de estudio y por último el nombre del archivo con el que se guardó el área generada; este paso se realizó para toda el área de estudio; en las imágenes 31 y 32 se indican los pasos realizados en el programa.

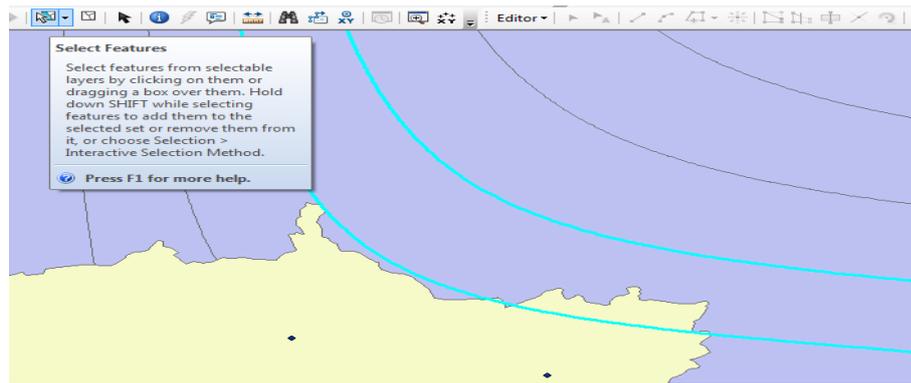


Figura 3. 8 Determinación de áreas de influencia por isolíneas generadas..  
Fuente: Autor.

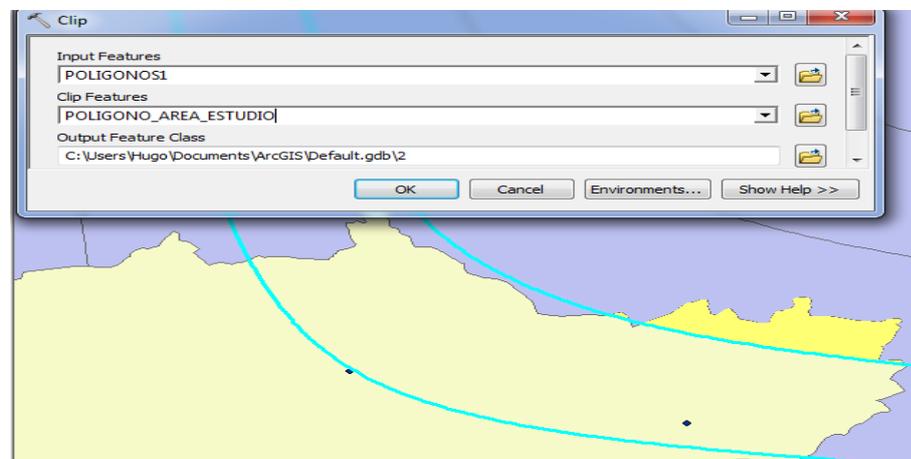


Figura 3. 9 Creación de áreas de influencia por isolíneas generadas.  
Fuente: Autor.

5. Una vez determinada cada una de las áreas comprendidas entre las isolíneas, se procedió a calcular el área en  $\text{km}^2$  de cada una de ellas, para ello primero se agregó un campo llamado área, luego se procedió a calcular el área con la opción Calculate Geometry; y una vez calculada estas área, por último paso se procedió a exportar esta información a una hoja de cálculo Excel. Con la opción Conversion Tools – Table To Excel se seleccionó la tabla de valores y la dirección en la cual se guardó el archivo; en las siguientes imágenes 33, 34 y 35 se muestran los pasos realizados en el programa.

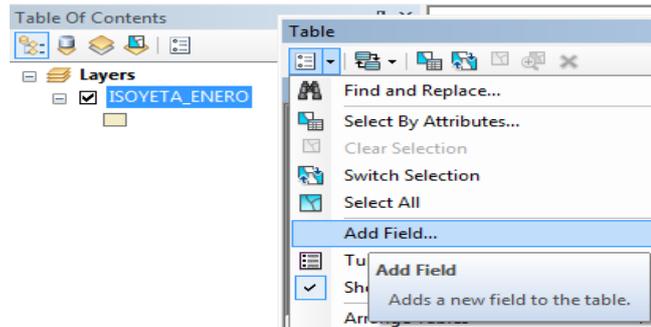


Figura 3. 10 Creación de tabla de contenidos.

Fuente: Autor.

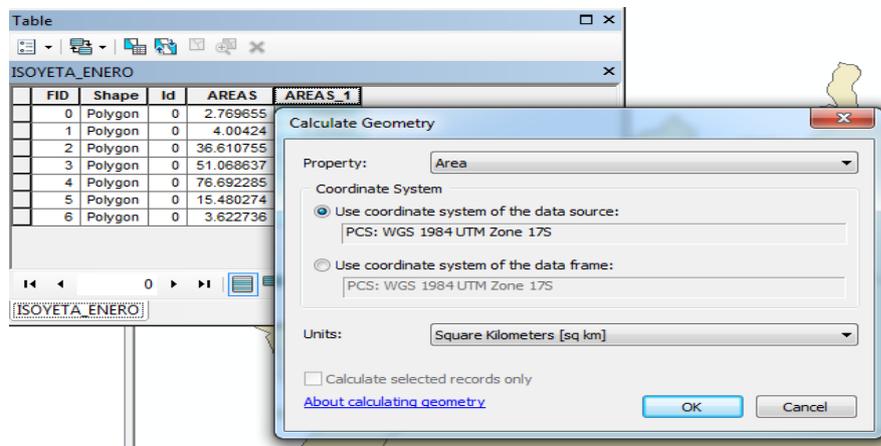


Figura 3. 11 Cálculo de área de estudio por áreas de influencia generada.

Fuente: Autor.

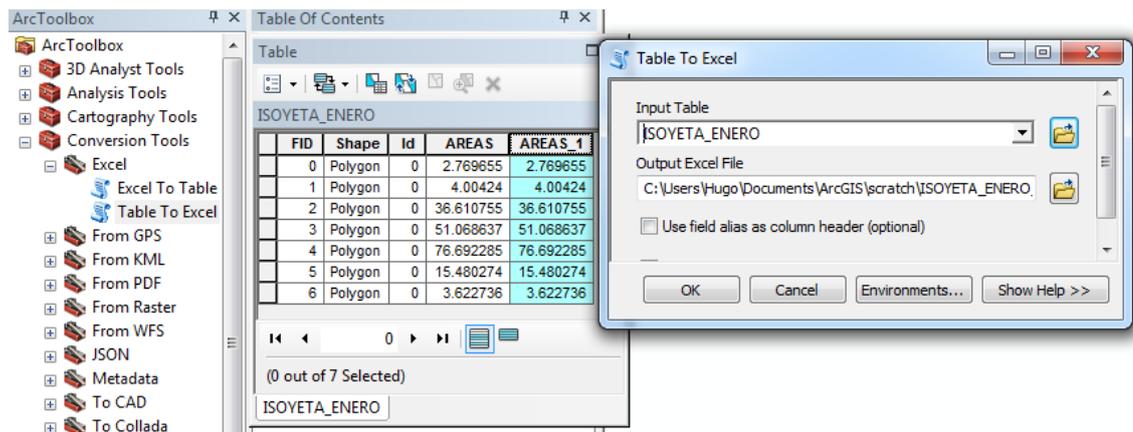


Figura 3. 12 Exportación de tabla de contenidos a Excel.

Fuente: Autor.

Tabla 1. Tabla de contenidos exportada a Excel.

FID	id	AREAS
0	0	2.76965549
1	0	4.00424013
2	0	36.6107551
3	0	51.0686373
4	0	76.692285
5	0	15.4802744
6	0	3.62273577

Fuente: Autor.

- Una vez creado el mapa de isoyetas y determinada el área de influencia para cada distribución de isolínea presente en el mapa, se procedió a determinar la precipitación media correspondiente a cada método de interpolación.

### 3.1.3 Polígonos de Thiessen

Los polígonos de Thiessen se generan a partir de las mediatrices formadas por la unión de puntos o ubicación geográfica que poseen las estaciones de monitoreo, la intersección de estas mediatrices forma los polígonos que serán equidistantes a los puntos vecinos, adjudicándoles una área de influencia, se trabajó con el promedio anual mensual de las precipitaciones correspondientes a cada estación de estudio, los datos corregidos y rellenados están comprendidos desde el mes Mayo de 2014 a Julio de 2017.

Los polígonos de Thiessen son considerados un método de interpolación exacta, este método se utiliza para un análisis local de datos, se utilizó este método debido a que se cuenta con la ubicación exacta de cada una de las 6 estaciones de monitoreo a lo largo de la ciudad, pudiendo identificar con alto grado de exactitud la influencia de cada pluviómetro en una determinada área.

Para la elaboración de los polígonos de Thiessen se utilizó el programa Argis, ya que este programa es una herramienta de apoyo al analizar eventos hidrológicos, debido a

que el mismo trabaja con sistemas de información geográfica GIS, planos vectoriales como AutoCad y tablas de excel, permitiendo un análisis real de la zona de estudio y sus variables; se trabajó con las coordenadas geográficas UTM de cada una de las estaciones a analizar.

El cálculo de la precipitación media por polígonos de Thiessen se aplica cuando se cuenta con variaciones en diferentes pluviómetros y cuando las condiciones de la zona de estudio cuenta con una topografía suave o en lo posible plana, para su cálculo se aplicó la fórmula (1.4.9).

La herramienta Argis para la elaboración de polígonos, trabaja con el método de triangulación Delaunay, este método trata de construir el mayor número de triángulos entre sí evitando que se crucen sus aristas, estos triángulos se definen entre los puntos más cercanos conectados entre sí, lo que implica que los triángulos formados sean lo más regulares posibles, obligando a minimizar la longitud de sus lados. (ArcGIS Pro. Thiessen polygons, Recuperado el 23 de noviembre de 2017, de <https://pro.arcgis.com/es/pro-app/tool-reference/analysis/create-thiessen-polygons.htm>.)

### **3.1.3.1 Elaboración de polígonos de Thiessen en ArcGis**

1. Se agregó el shape de la ubicación de cada una de las estaciones a analizar, después se utilizó la opción de Create Thiessen Polygons, esa opción está dentro de ArcTolbox – Analysis Tools – Proximity, en las imágenes 36 y 37 se presentan los pasos realizados en el programa.

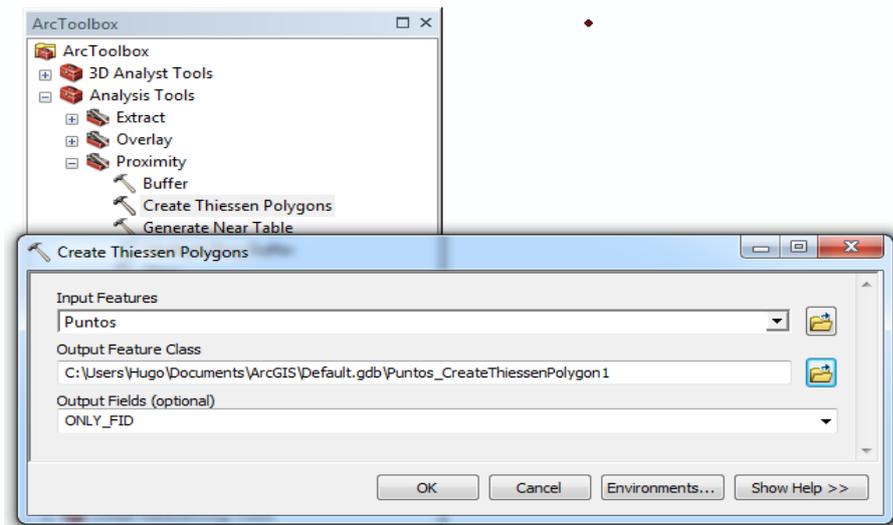


Figura 3. 13 Generación de polígonos de Thiessen.  
Fuente: Autor.

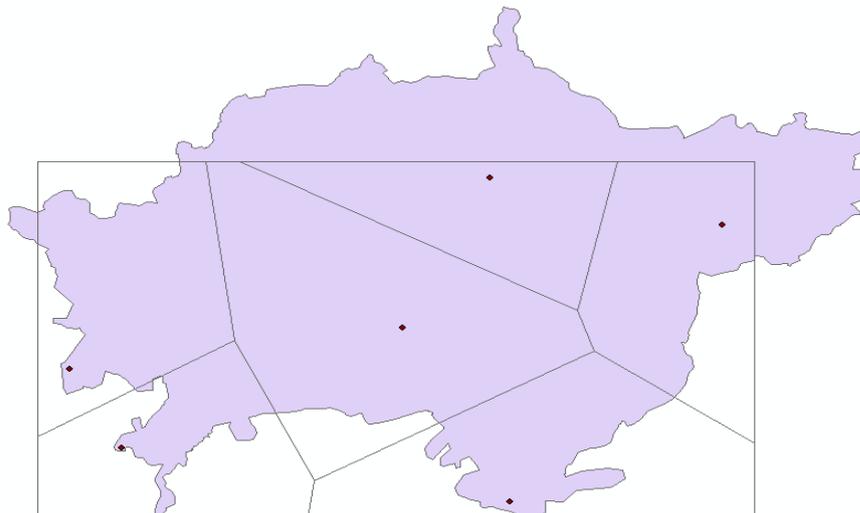


Figura 3. 14 Polígonos de Thiessen figurados 1.  
Fuente: Autor.

2. Una vez generado el polígono, se procedió a determinar el área de influencia de cada polígono, dentro del área de estudio, esto se lo realizo con la opción de Clip, en la imagen 38 se presenta el paso realizado en el programa.

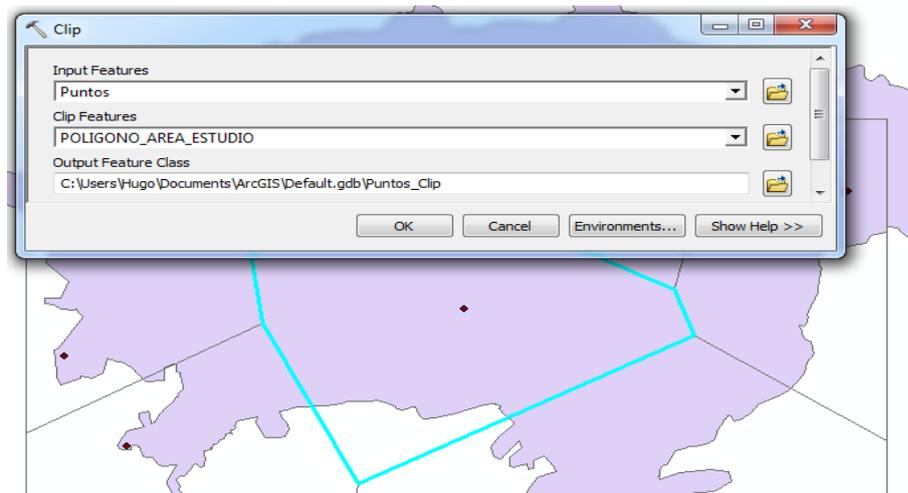


Figura 3. 15 Determinación de áreas de influencia.  
Fuente: Autor.

3. Una vez determinadas las áreas de la zona de estudio pertenecientes a la ubicación de los polígonos, se procedió a determinar el área de influencia de cada polígono, este paso es el mismo que se realizó en el mapa de Isoyetas.
4. Por último se procedió a exportar la tabla de valores de cada área a Excel para la determinación de la precipitación media por este método.

### 3.2 Curvas intensidad-duración

La curva Intensidad – Duración representa la máxima intensidad de precipitación que se registra en diferentes intervalos de tiempo; esta curva se la realizó con el objetivo de determinar las mayores intensidades cada 5 min, 10 min, 15 min, 20 min, 30 min, 60 min, 90 min.

Por lo tanto, se realizó este análisis para cada estación de monitoreo; los datos analizados se trabajaron con la hoja de registro de precipitación cada 5 minutos, en cada una de las estaciones se trabajó con registros comprendidos desde el año 2014 al 2017, excepto en la estación Totoracocha en la que se trabajó con registros desde

el año 2016 al 2017. Se utilizó la siguiente fórmula para la determinación de la intensidad máxima.

$$\text{Intensidad} \left( \frac{\text{mm}}{\text{h}} \right) = P(\text{mm}) \times \frac{60}{t(\text{min})} \quad (3.2.1)$$

Donde P es la precipitación máxima registrada en un determinado intervalo de tiempo; t corresponde al intervalo de tiempo a analizar; una vez determinada la intensidad para los respectivos intervalos de tiempo, se procedió a realizar una gráfica por dispersión. Los datos de precipitación e intensidad con los que se trabajó en cada estación son los siguientes:

Tabla 2. Precipitación máxima e intensidades en periodos de tiempo determinados.

<b>Challuabamba</b>	<b>t (min)</b>	<b>P (mm)</b>	<b>I (mm/h)</b>
	5	8.10	97.20
	10	15.40	92.40
	15	20.30	81.20
	20	22.40	67.20
	30	32.20	64.40
	60	37.10	37.10
	90	37.30	24.87
<b>El Valle</b>	<b>t (min)</b>	<b>P (mm)</b>	<b>I (mm/h)</b>
	5	6.40	76.80
	10	11.50	69.00
	15	14.60	58.40
	20	18.40	55.20
	30	23.00	46.00
	60	31.90	31.90
	90	36.10	24.07
<b>Huizhil</b>	<b>t (min)</b>	<b>P (mm)</b>	<b>I (mm/h)</b>
	5	7.60	91.20
	10	11.40	68.40
	15	15.30	61.20
	20	18.70	56.10
	30	23.90	47.80
	60	28.40	28.40
	90	28.50	19.00
<b>Narancay</b>	<b>t (min)</b>	<b>P (mm)</b>	<b>I (mm/h)</b>
	5	8.00	96.00
	10	12.00	72.00
	15	15.60	62.40
	20	18.10	54.30
	30	22.60	45.20
	60	26.00	26.00
	90	27.70	18.47
<b>Ricaurte</b>	<b>t (min)</b>	<b>P (mm)</b>	<b>I (mm/h)</b>
	5	10.60	127.20
	10	17.50	105.00
	15	21.60	86.40
	20	24.90	74.70
	30	35.50	71.00
	60	51.90	51.90
	90	53.10	35.40
<b>Totoracocha</b>	<b>t (min)</b>	<b>P (mm)</b>	<b>I (mm/h)</b>
	5	9.60	115.20
	10	9.70	58.20
	15	10.60	42.40
	20	11.50	34.50
	30	14.10	28.20
	60	19.70	19.70
	90	23.80	15.87

Fuente: Autor.

### 3.3 Curvas de intensidad, duración y frecuencia

Las curvas de Intensidad - Duración - Frecuencia más conocidas como IDF, determinan la máxima intensidad de lluvia que se ha registrado en diferentes intervalos de tiempo, con un mismo periodo de retorno, por lo que estas curvas

ayudan a predecir la probabilidad de excedencia en ciertos eventos meteorológicos, la determinación de las mismas se realizó con el método regresión lineal múltiple aplicando la fórmula (1.4.3).

Se determinó la precipitación máxima para cada año de análisis, las mismas se obtuvieron a partir de la precipitación acumulada en periodos de 5 minutos, para determinar la intensidad de lluvia, se trabajó con la precipitación máxima en intervalos de 5, 10, 15, 20, 30, 60 y 90 minutos de duración, las precipitaciones se transformaron en intensidades al dividir las para su respectiva duración.

Una vez obtenidas las intensidades, se ordenaron los datos de estas de mayor a menor y se asignó un periodo de retorno para cada año de análisis mediante la fórmula de Weibull (1.4.1).

Con los datos ordenados y los periodos de retorno establecidos se determinaron las variables:  $x_2$ ,  $x_1$ ,  $Y$ , estas variables se obtuvieron para cada una de las intensidades, periodos de retorno y duraciones correspondientes a analizar, los parámetros descritos se calcularon con las ecuaciones (1.4.5)

Se procedió a determinar las variables  $A_0$ ,  $A_1$  y  $A_2$ , estos valores dependen de los parámetros  $x_2$ ,  $x_1$ ,  $Y$ , descritos en el sistema de ecuaciones 1.4.6, dichos parámetros se obtuvieron para cada una de las intensidades, periodos de retorno y duraciones a analizar; en el anexo 4 se presenta la obtención de cada uno de los parámetros descritos.

Tabla 3. 3 Ecuaciones para la determinación de  $A_0$ ,  $A_1$  y  $A_2$ .

$A_0 = \text{Log}(k)$	$A_1 = m$	$A_2 = -n$
-----------------------	-----------	------------

Fuente: Autor.

Sustituyendo estos coeficientes en la ecuación 1.4.3 se puede graficar las curvas IDF y determinar su comportamiento; la familia de curvas se construyó con los datos de intensidad obtenidos para cada una de las estaciones de análisis; estas curvas se analizaron para periodos de retorno de 5 años, 10 años, 15 años y 20 años; en intervalos de tiempo de 10 minutos a 180 minutos. (Breña, A. & Marco, J., 2006).

### 3.4 Precipitación máxima

Se utilizaron dos métodos de análisis para la determinación de precipitaciones máximas en periodos de 24 horas que se presentan a continuación.

#### 3.4.1 Gumbel

La distribución de Gumbel se utiliza para el cálculo de valores extremos de variables meteorológicas, entre ellas precipitaciones y caudales máximos, este método ha sido empleado por algunos expertos en sus estudios sobre precipitaciones máximas.

#### Método de Gumbel

La fórmula utilizada es la siguiente:

$$u = x(\text{media}) - (yn * \alpha) \quad (3.4.1)$$

$$\alpha = \frac{Sx}{Sn} \quad (3.4.2)$$

$$x(\text{Gumbel}) = -\ln(-\ln(f(x))) * \alpha + u(t) \quad (3.4.3)$$

Donde X (Gumbel), es la variable de Gumbel para un periodo de retorno establecido,  $f(x)$  es la probabilidad de ocurrencia,  $S_x$  es la desviación estándar,  $Y_n$  y  $S_n$  son variables que dependen del número de observaciones,  $u$  es la media de precipitación de la muestra – media de la variable reducida  $x$ .

### 3.4.2 Log Pearson tipo III

La distribución de frecuencias log Pearson tipo III es uno de los métodos de distribución más utilizadas en hidrología, como la mayoría de las variables hidrológicas son sesgadas, la función Gamma se utiliza para ajustar la distribución de frecuencias de variables tales como crecientes máximas anuales, caudales mínimos, precipitaciones extremas y volúmenes de lluvia de corta duración.

La fórmula utilizada es la siguiente:

$$W = \sqrt{\ln * \frac{1}{(P > \text{exceso})^2}} \quad (3.4.4)$$

$$Z = w - \frac{(2.515517 + 0.802853w + 0.010328(w^2))}{1 + 1.432788w + 0.189269(w^2) + 0.001308(w^3)} \quad (3.4.5)$$

$$k = \frac{CS}{6} \quad (3.4.6)$$

$$kt = z + (z^2 - 1) * k + \left(\frac{z^3 - 6z}{3}\right) * k^2 - (z^2 - 1) * (k^3) + z * (k^4) + \frac{k^5}{3} \quad (3.4.6)$$

$$yt(\text{Pearson}) = x(\text{media}) + (kt * S_x) \quad (3.4.7)$$

$$CS = \frac{n \sum_{i=1}^n (x - \bar{x})^3}{(n-1)(n-2) * s^3} \quad (3.4.8)$$

Donde  $\bar{x}$  (media) es la media del registro de precipitaciones,  $S_x$  es la desviación estándar del registro de precipitaciones respecto a la media,  $z$ ,  $w$ ,  $kt$  son parámetros que se calculan como se estipula en la formulas u, v, w.

### 3.5 Hietograma de diseño

La generación de hietogramas de diseño se realiza con el fin de conocer la evolución de las lluvias registradas a lo largo de un lapso de tiempo específico, este hietograma reflejará la distribución de precipitaciones producidas para un periodo de retorno determinado, para ello se optó por emplear el método de bloques alternos, dicho método trabaja con las curvas Intensidad – Duración - Frecuencia.

Para la elaboración de hietogramas por el método de bloques alternos se siguen los siguientes pasos:

1. Se determina la precipitación generada por cada intervalo de tiempo.

$$P = I * t \quad (3.5.1)$$

Donde  $P$  es la precipitación en mm,  $I$  es la intensidad de lluvia de un periodo de retorno determinado en mm/h y  $t$  es el tiempo en horas de los intervalos a analizar.

2. Se determina la variación entre precipitaciones considerando los intervalos de tiempo más lluviosos y el valor en el que se encuentran los mismos.

$$\Delta P = P1 - P2 \quad (3.5.2)$$

Donde  $\Delta P$  es la variación existente entre dos precipitaciones consecutivas,  $P_1$  y  $P_2$  representan precipitaciones consecutivas.

3. Se establece un periodo de tiempo en el cual se analizaran los minutos más lluviosos obtenidos para un determinado aguacero; en cada periodo de tiempo se ordenara la variación existente entre precipitaciones consecutivas  $\Delta P$ .
4. Por último se grafican los registros de precipitación en función de los intervalos de tiempo analizados en el aguacero, considerando los mayores tiempos de lluvia que se presentaran a lo largo del análisis. (Chow, V.Maidment, D. & Mays, L., 1994).

## CAPITULO 4: RESULTADOS

### 4.1 Mapa de isoyetas

La precipitación media obtenida a partir de los 3 métodos de interpolación, arrojó los resultados que se pueden visualizar en la tabla 12, estos resultados dependen del funcionamiento de cada método de interpolación. Los métodos de interpolación más utilizados son el Kriging y el IDW, la comparación entre estos 3 métodos brinda una estimación más cercana a la realizada al considerar los valores más altos para cada mes de análisis; los métodos que mayores resultados arrojaron pertenecen a Spline e IDW.

Tabla 4. 1 Precipitación media obtenida a lo largo de los 12 meses de estudio.

<b>Mes</b>	<b>KRIGING Precipitación media (mm)</b>	<b>SPLINE Precipitación media (mm)</b>	<b>IDW Precipitación media (mm)</b>
<b>Enero</b>	58.879	59.175	58.796
<b>Febrero</b>	31.944	31.696	32.276
<b>Marzo</b>	137.449	139.029	137.652
<b>Abril</b>	88.425	88.768	88.284
<b>Mayo</b>	52.136	51.853	57.791
<b>Junio</b>	43.598	44.426	43.815
<b>Julio</b>	18.075	17.386	18.084
<b>Agosto</b>	10.735	10.164	10.711
<b>Septiembre</b>	32.509	30.036	32.812
<b>Octubre</b>	-	57.319	56.058
<b>Noviembre</b>	48.78	49.914	48.647
<b>Diciembre</b>	56.354	58.949	55.581

Fuente: Autor.

Como se puede observar los meses en los que se registró la mayor precipitación fueron los meses de Marzo y Abril; por lo que se consideró a estos meses como épocas de invierno o estaciones lluviosas. El mes de agosto posee la menor precipitación media por lo que se considera a este mes como una estación de sequía. Los 6 mapas generados se analizan en la imagen 39 y 40.

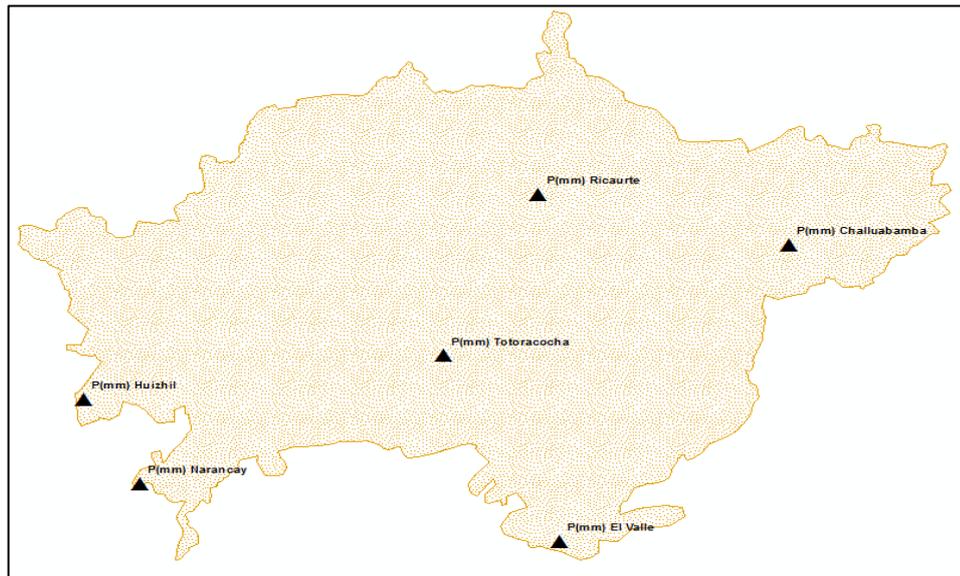


Figura 4. 1 Área de estudio y ubicación de las estaciones pluviométricas.  
Fuente: Autor.

## Enero

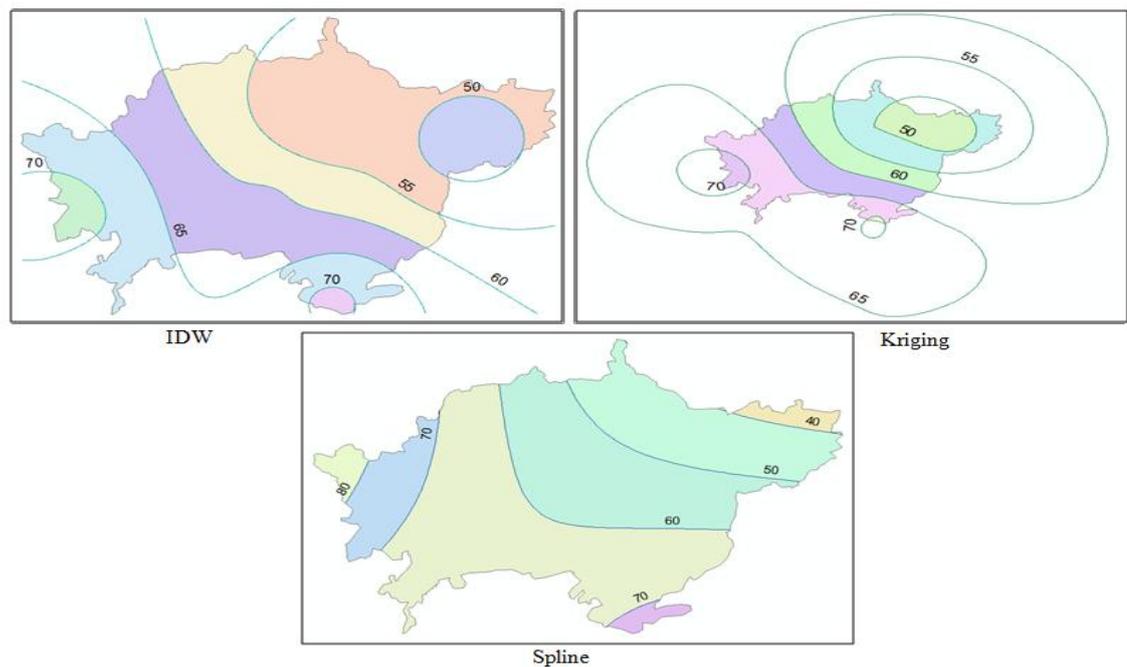


Figura 4. 2 Mapa de isoyetas de enero.  
Fuente: Autor.

Como se puede observar en la figura 40, los mayores registros de precipitación para el mes de enero corresponden a las zonas de influencia de Huizhil y El Valle, mientras que en la zona media del área de estudio se cuenta con un comportamiento homogéneo con valores de precipitación que van de 50mm a 70mm de altura. Con el método de interpolación Spline se tiene el menor valor de precipitación correspondiente a 40mm en la zona de influencia de la estación Challuabamba, con los otros dos métodos se tienen los menores registros en la misma zona de influencia con valores de 50mm, estas variaciones dependerán de la formulación matemática utilizada por cada método.

## Febrero

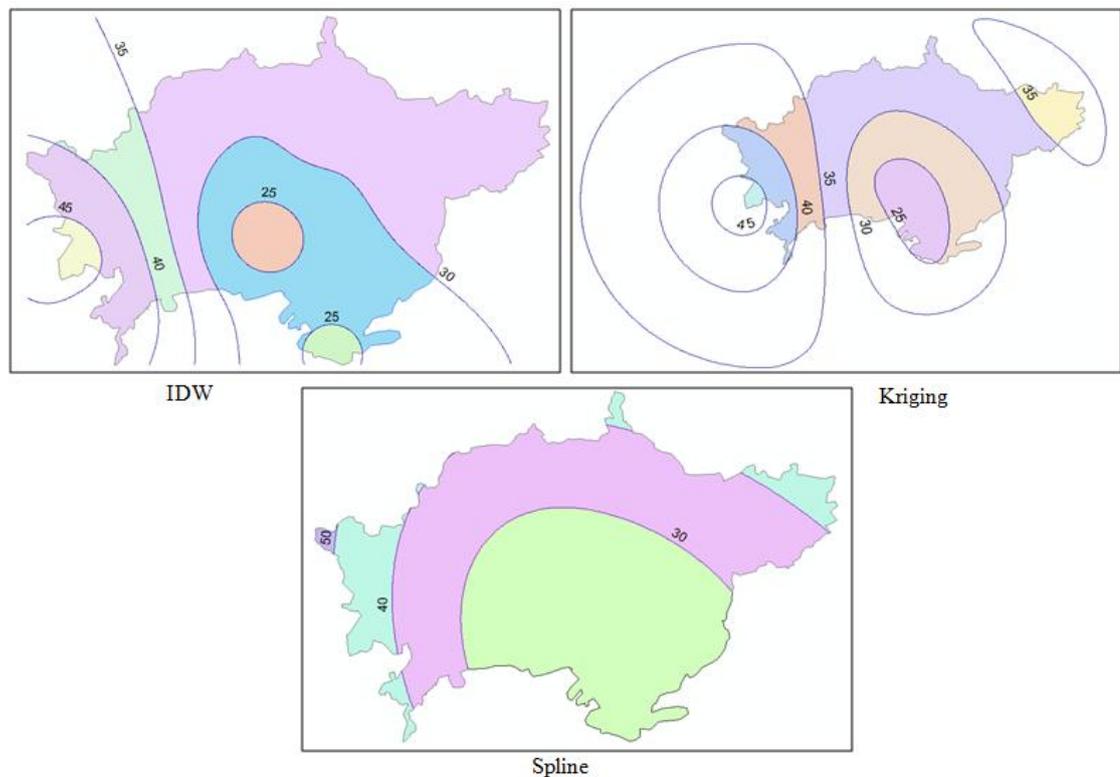


Figura 4. 3 Mapa de isoyetas de febrero.  
Fuente: Autor.

Como se puede observar en la imagen 41, los mayores registros de precipitación para el mes de febrero corresponden a la zona de influencia de la estación Huizhil, según el método de interpolación Spline el mayor registro de precipitación es de 50mm, mientras que en la zona media del área de estudio se cuenta con los menores valores de precipitación. Estos valores están comprendidos entre 25mm a 35mm, por lo que se considerara a este mes como un mes de baja concentración de lluvia, especialmente para la zona céntrica de la ciudad de Cuenca. Según los mapas generados por los tres métodos de interpolación se tiene un comportamiento homogéneo en la parte superior del área de estudio, en las zonas de influencia de la estación Ricaurte, Challuabamba y Totoracocha.

## Marzo

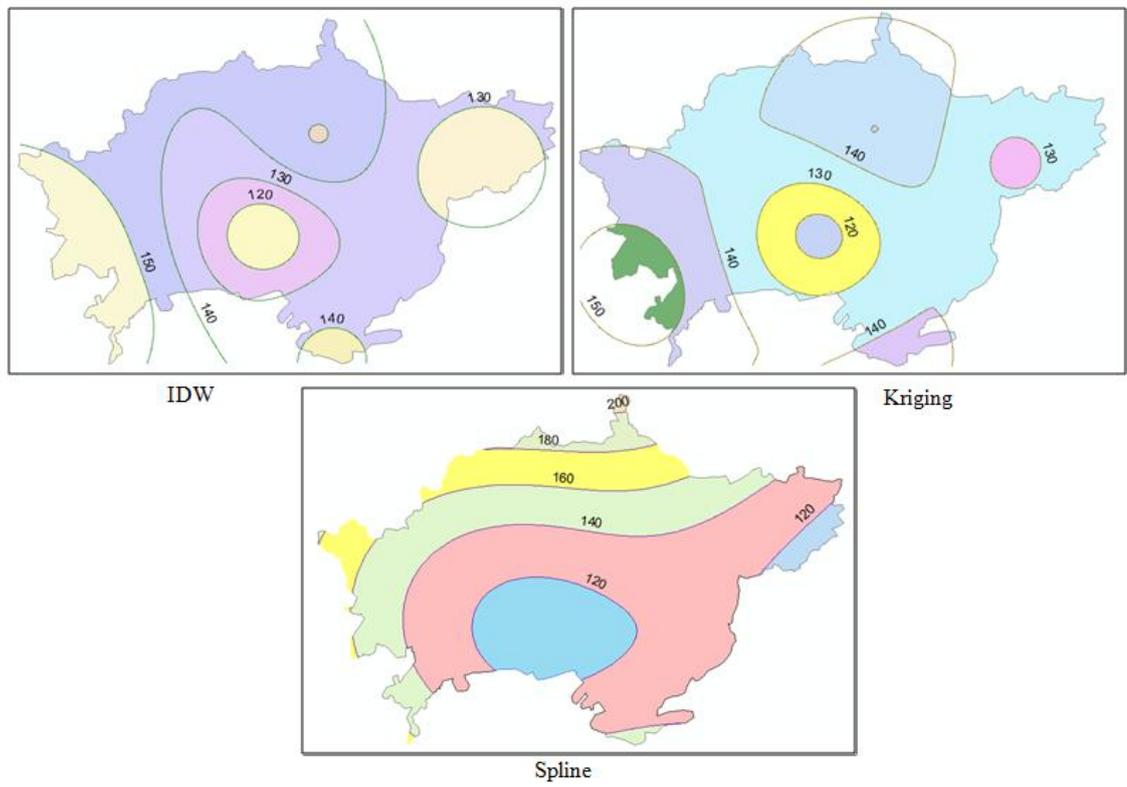


Figura 4. 4 Mapa de isoyetas de marzo.  
Fuente: Autor.

Como se puede observar en la imagen 42, los mayores registros de precipitación para el mes de marzo corresponden a la zona de influencia de la estación Ricaurte; según el método de interpolación Spline el mayor registro de precipitación es de 200mm. En la parte céntrica del área de estudio se cuenta con un comportamiento homogéneo de lluvias, los registros de precipitación son altos con valores de 130mm a 140mm, abarcando una gran área de influencia, especialmente en la zona urbana de la ciudad de Cuenca se cuenta con una concentración de lluvia de 120mm. Con los valores de las isolíneas generados para este mes en específico, se consideró a este mes una estación lluviosa con varias zonas de influencia a lo largo del área de estudio.

## Abril

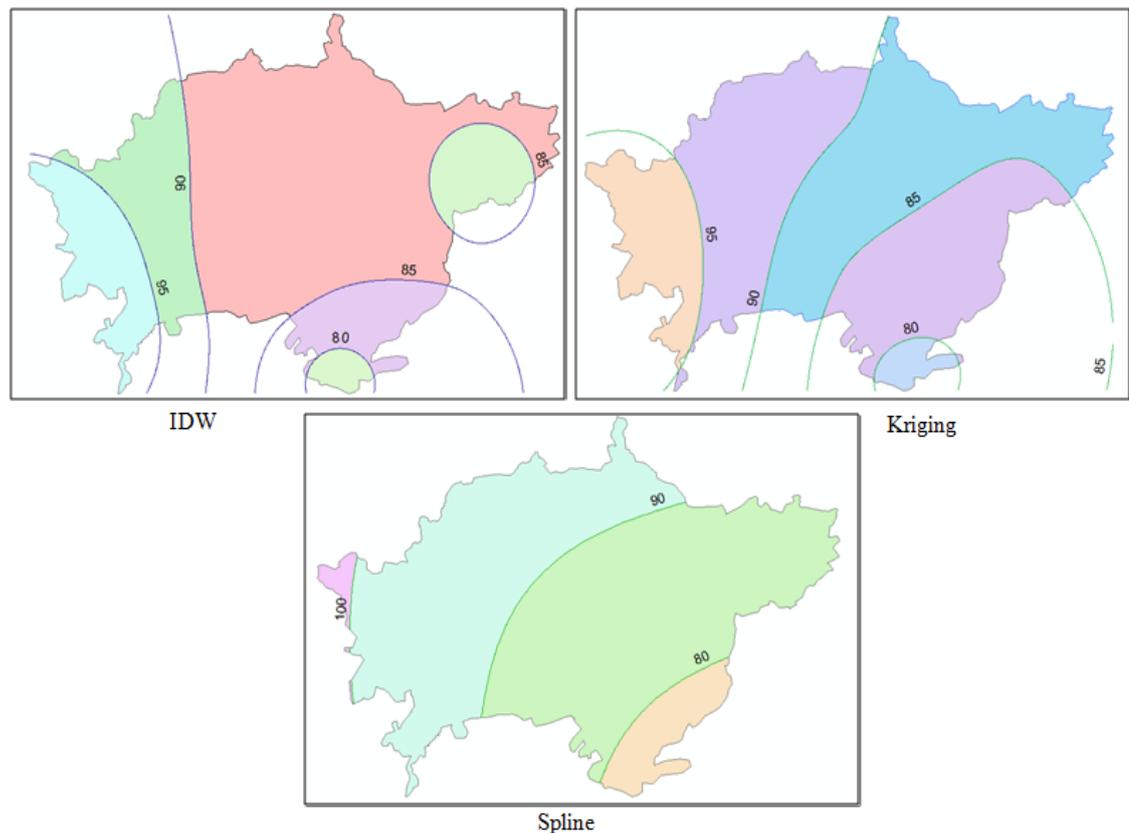


Figura 4. 5 Mapa de isoyetas de abril.

Fuente: Autor.

Como se puede observar en la imagen 43, el mayor registro de precipitación para el mes de abril se ubica en la parte superior izquierda del área de estudio, en la zona de influencia de la estación Huizhil con registro de 95mm a 100mm según el método de interpolación utilizado. Las precipitaciones tienden a disminuir su concentración de lluvia cerca del área de influencia de la estación Challuabamba, siendo esta estación la que menor registro y área de influencia posee con valores de 85mm. Se cuenta con un comportamiento homogéneo de lluvias que abarca una gran área de influencia en la zona central de la ciudad de Cuenca y el área de influencia de la estación Ricaurte.

Con los valores de precipitación obtenidos y el comportamiento de estas a lo largo del área de estudio, se consideró a este mes como una estación lluviosa, con un comportamiento bastante homogéneo de las precipitaciones.

## Mayo

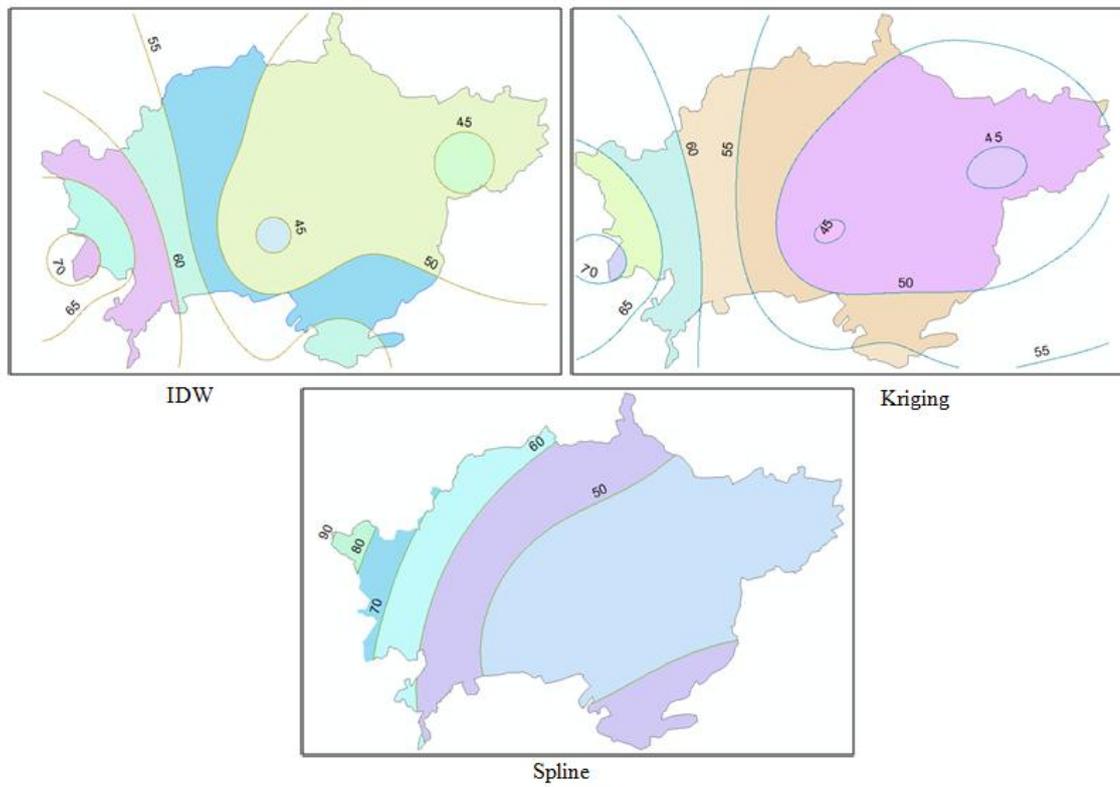


Figura 4. 6 Mapa de isoyetas de mayo.

Fuente: Autor.

Como se puede observar en la imagen 44, el mayor registro de precipitación para el mes de mayo se ubica en la parte superior izquierda del área de estudio, en la zona de influencia de la estación Huizhil con registro de 70mm a 90mm según el método de interpolación utilizado; siendo el mayor el correspondiente al método de interpolación Spline. Las precipitaciones tienden a disminuir su concentración de lluvia cerca del área de influencia de la estación Challuabamba, siendo esta estación la que menor registro posee con valores de 45mm.

Se cuenta con un comportamiento homogéneo de lluvias en la zona céntrica de la ciudad de Cuenca con tendencia al área de influencia de la estación Challuabamba, con registros de precipitación acumulada van de 45mm a 50mm; por lo que se puede considerar a este mes como una estación seca con un comportamiento bastante

homogéneo de lluvias, teniendo una variación significativa en la parte superior izquierda del área de estudio.

## Junio

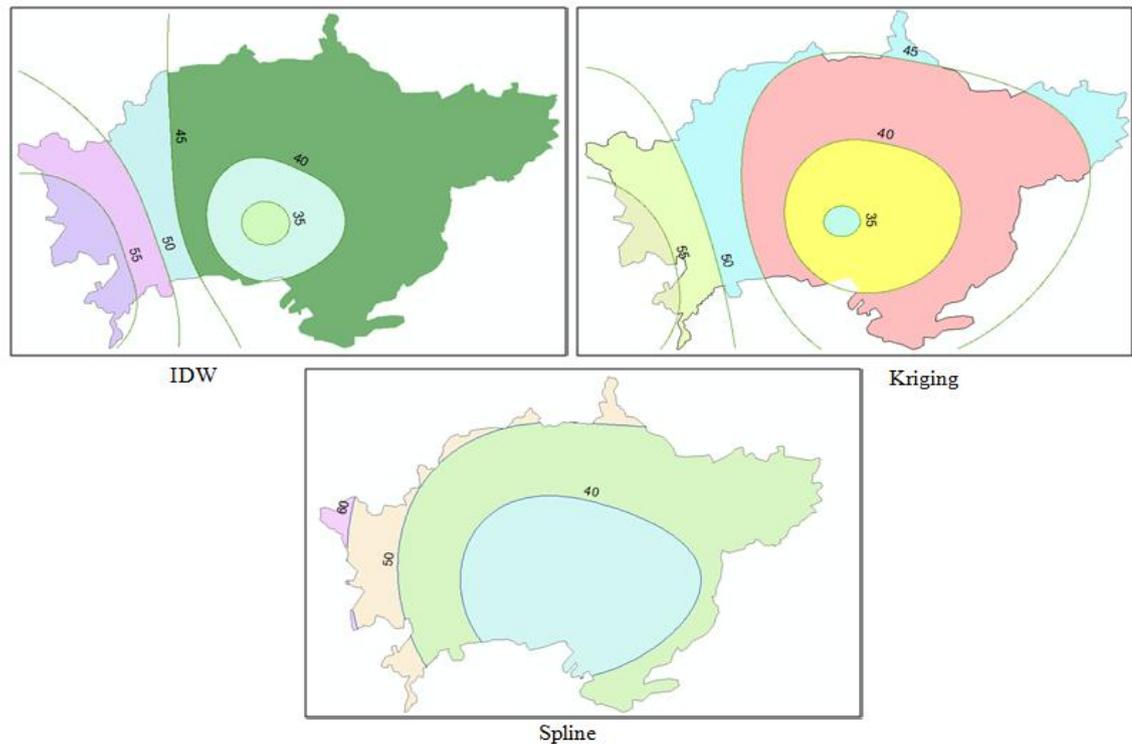


Figura 4. 7 Mapa de isoyetas de junio.  
Fuente: Autor.

Como se puede observar en la imagen 45, el mayor registro de precipitación para el mes de junio se ubica en la parte superior izquierda del área de estudio, en la zona de influencia de la estación Huizhil con registro de 55mm a 60mm; siendo el mayor el correspondiente al método de interpolación Spline. Las precipitaciones tienden a disminuir su concentración de lluvia cerca del área central de la zona de estudio, el menor registro se presenta en el área de influencia de la estación Totoracocha con valores de 35mm a 40mm.

Se cuenta con un comportamiento homogéneo de lluvias que abarca una gran área de influencia, especialmente en las zona periférica de la ciudad de Cuenca, con registros de precipitación acumulada van de 45mm a 50mm; por lo que se puede considerar a

este mes como una estación seca con un comportamiento bastante homogéneo de lluvias. El mes de junio no cuenta con una variación significativa de lluvias, excepto en la zona de influencia de la estación Huizhil, donde se cuenta con variaciones de precipitación en áreas poco significativas.

## Julio

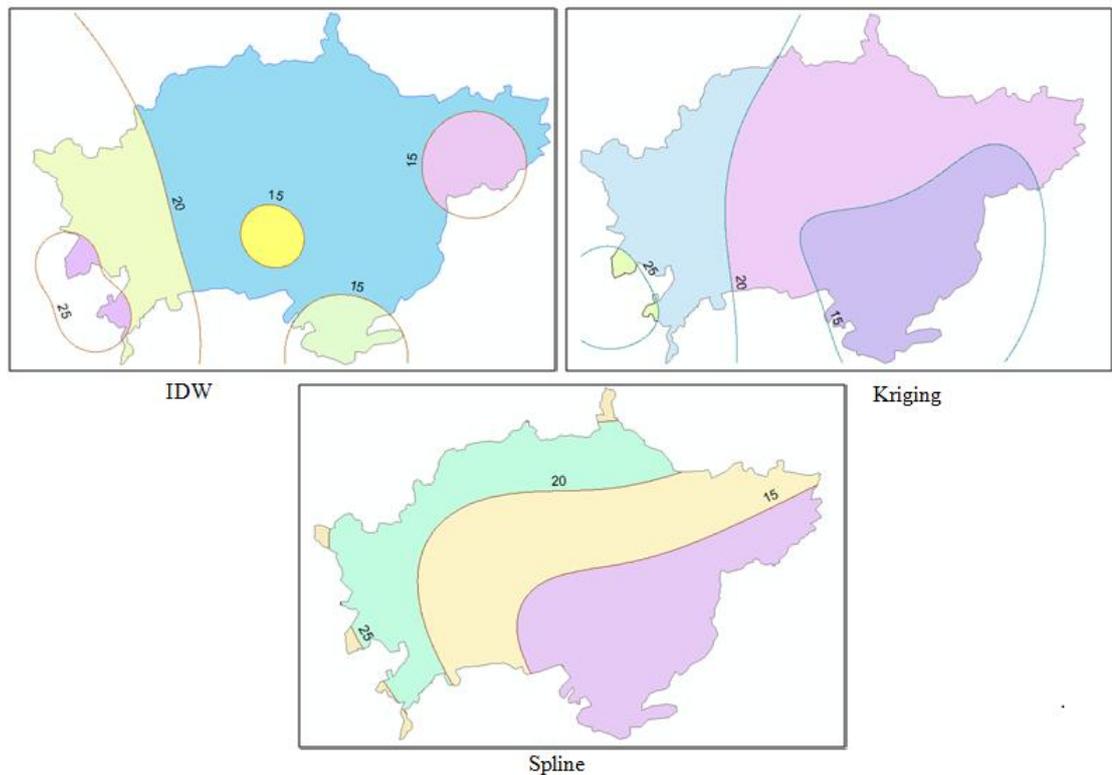


Figura 4. 8 Mapa de isoyetas de julio.

Fuente: Autor.

Como se puede observar en la imagen 46, el mayor registro de precipitación para el mes de julio se ubica en la parte inferior izquierda del área de estudio, en la zona de influencia de la estación Narancay con registro de 25mm en los tres métodos de interpolación utilizados. Las precipitaciones tienden a disminuir su concentración de lluvia cerca del área de influencia de la estación Challuabamba.

Los datos de precipitación obtenidos indican que para este mes no se cuenta con una concentración de lluvias significativas, debido a que el menor registro es de 15mm, siendo un indicador de que el comportamiento de lluvias tiende a ser mayor cerca de las áreas de Huizhil y Narancay. Se cuenta con poca distribución de lluvias teniendo un comportamiento bastante homogéneo de las mismas, con áreas de influencia significativas. Se consideró a este mes una estación seca debido a las áreas de influencia y precipitación acumulada a lo largo de este mes.

### Agosto

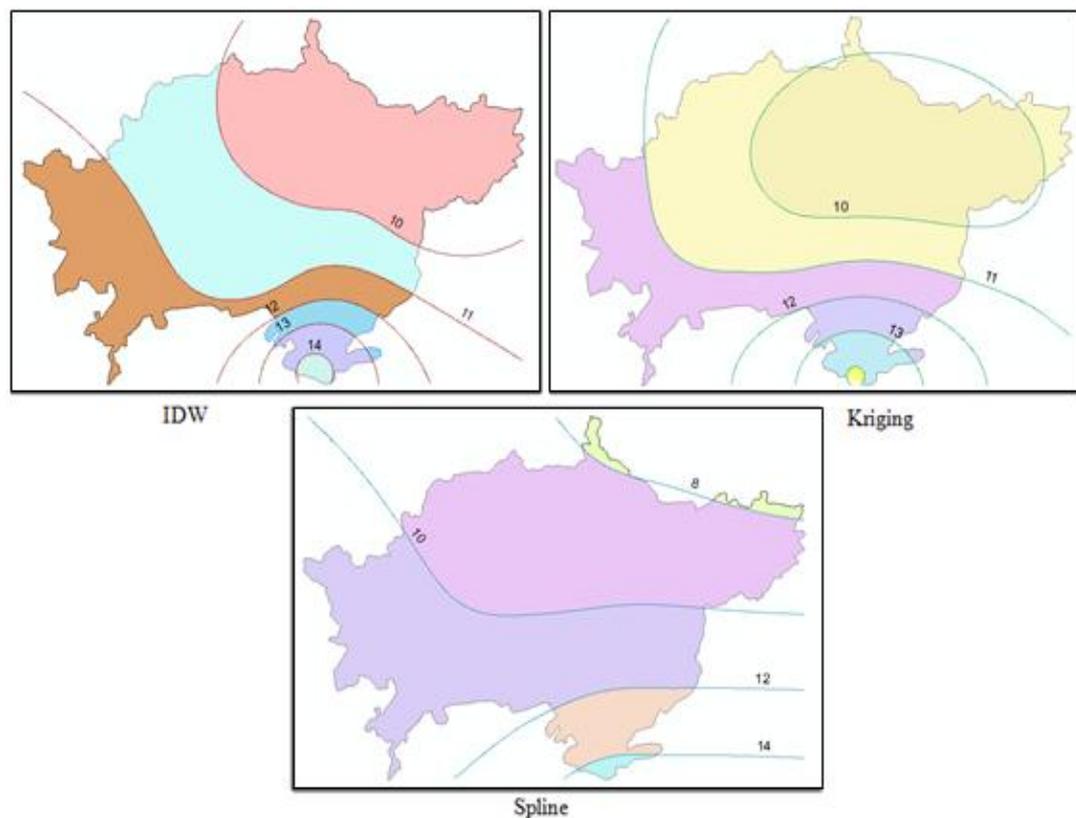


Figura 4. 9 Mapa de isoyetas de agosto  
Fuente: Autor.

Como se puede observar en la imagen 47, el mayor registro de precipitación para el mes de agosto se ubica en la parte inferior derecha del área de estudio, en la zona de influencia de la estación El Valle con registro de 13mm a 14mm según el método de interpolación utilizado; siendo el mayor el correspondiente al método de

interpolación Spline e IDW las precipitaciones tienden a disminuir su concentración de lluvia cerca del área superior de la zona de estudio específicamente en el área de influencia de la estación Ricaurte, el menor registro de precipitación con los tres métodos de interpolación es de 8mm.

Se cuenta con poca variabilidad de precipitaciones por lo que en este caso hay un comportamiento homogéneo de lluvias y las áreas de influencia son significativas en función de la distribución de las isolíneas a lo largo de los mapas de isoyetas generados, este mes se consideró como una estación seca por las cantidades de precipitación obtenidas.

### Septiembre

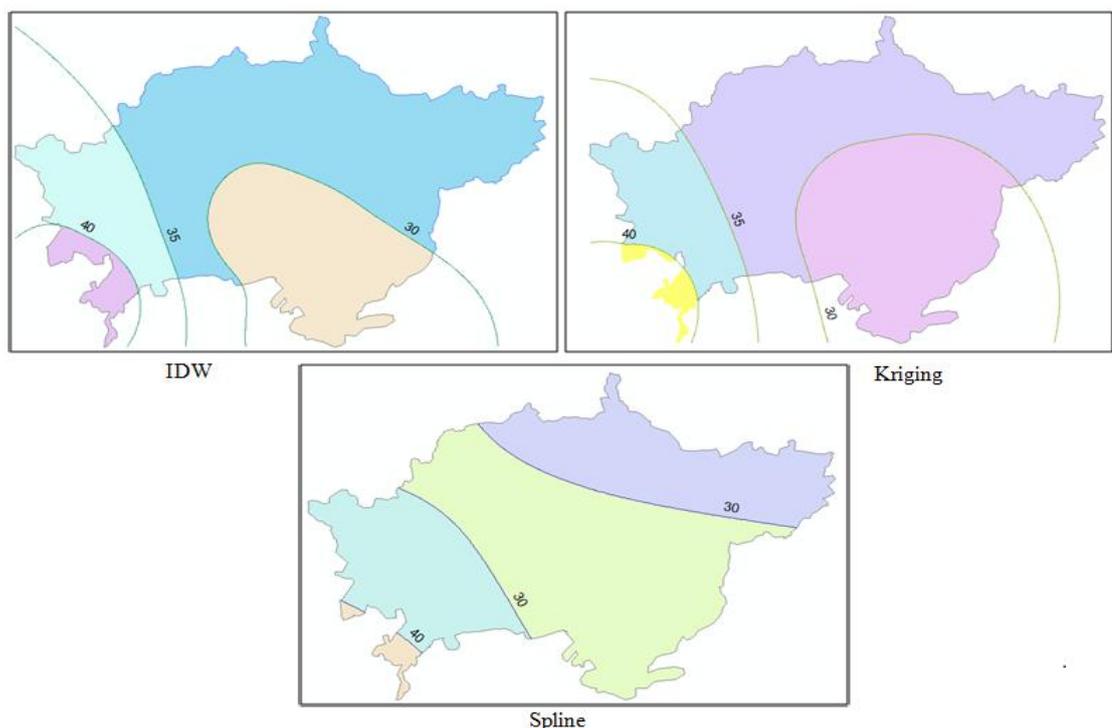


Figura 4. 10 Mapa de isoyetas de septiembre

Fuente: Autor.

Como se puede observar en la imagen 48, el mayor registro de precipitación para el mes de septiembre se ubica en la parte inferior izquierda del área de estudio, en la

zona de influencia de la estación Narancay con registro de 40mm en los tres métodos de interpolación. Las precipitaciones tienden a disminuir su concentración de lluvia cerca del área de influencia de la estación Challuabamba y Ricaurte, arrojando valores de precipitación de 30mm con una amplia área de influencia.

Las isólinas poseen una distribución poco variada, por lo que para este mes se cuenta con una distribución homogénea con amplias áreas de influencia a lo largo del área de estudio, con valores de precipitación que van de 30mm a 40mm, a este mes se le considero una estación seca debido a la baja de concentración de lluvia obtenida.

## Octubre

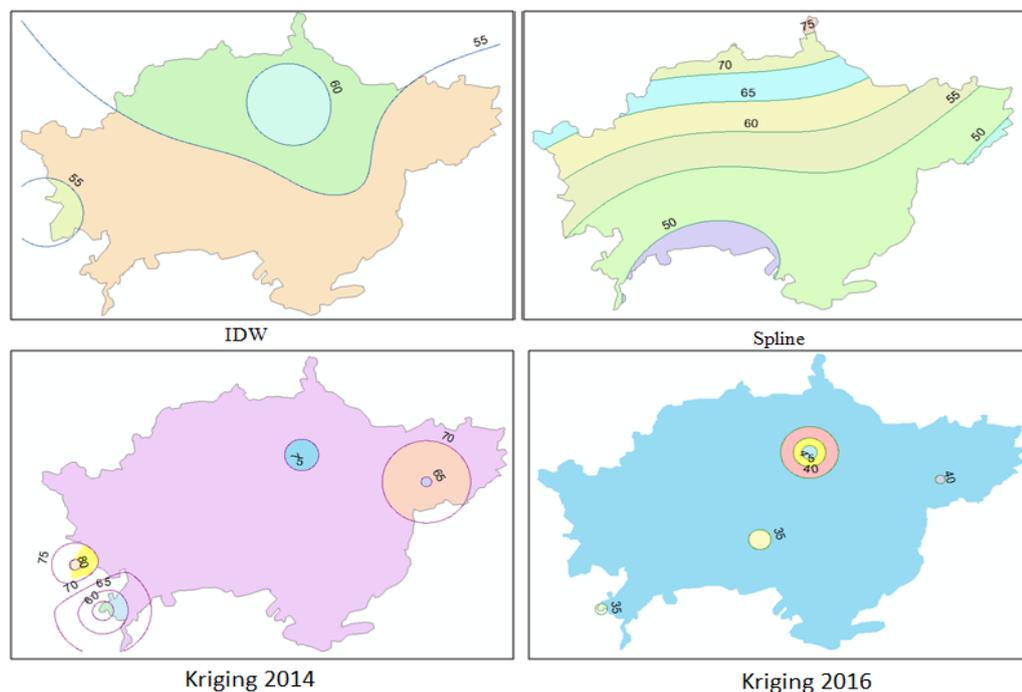


Figura 4. 11 Mapa de isoyetas de octubre.  
Fuente: Autor.

Como se puede observar en la imagen 49, el mayor registro de precipitación para el mes de octubre se ubica en la parte superior del área de estudio, en la zona de influencia de la estación Ricaurte con registros de precipitación de 75mm a 65mm

según el método de interpolación utilizado. Los registros de precipitación tienden a disminuir su concentración de lluvia cerca al área de influencia de las estaciones Huizhil y Narancay con valores de 55mm y 50mm según el método de interpolación utilizado.

Entre el método de interpolación IDW y Spline se encuentra una variación entre la distribución de isolíneas, en el primero se cuenta con una distribución muy homogénea con valores de precipitación que van de 55mm a 60mm, estos valores abarcan grandes zonas del área de estudio, mientras que en el segundo método se cuenta con una distribución variada con áreas de influencias muy semejantes a lo largo del área de estudio con valores de precipitación que van de 50mm a 75mm.

Se analizó los métodos de interpolación Spline e IDW con el promedio mensual anual correspondiente al mes de octubre, mientras que con estos datos con el método de interpolación Kriging arrojan una distribución de lluvias homogénea a lo largo del área de estudio; por este motivo se analizó el mapa de isoyetas generado con los datos mensuales de precipitación, como se puede observar en la imagen para el año 2014 y 2016 con el método de interpolación kriging se tiene un comportamiento homogéneo de lluvias con una variación casi insignificante de las isolíneas a lo largo del área de estudio. El mapa de isoyetas para el año 2015 no se obtuvo por el motivo que también se generaba una distribución homogénea de lluvia en este mes. Con los dos gráficos obtenidos para el año 2014 y 2016 se llega a la conclusión de que para este mes de análisis la distribución de lluvias es homogénea a lo largo del área de estudio.

## Noviembre

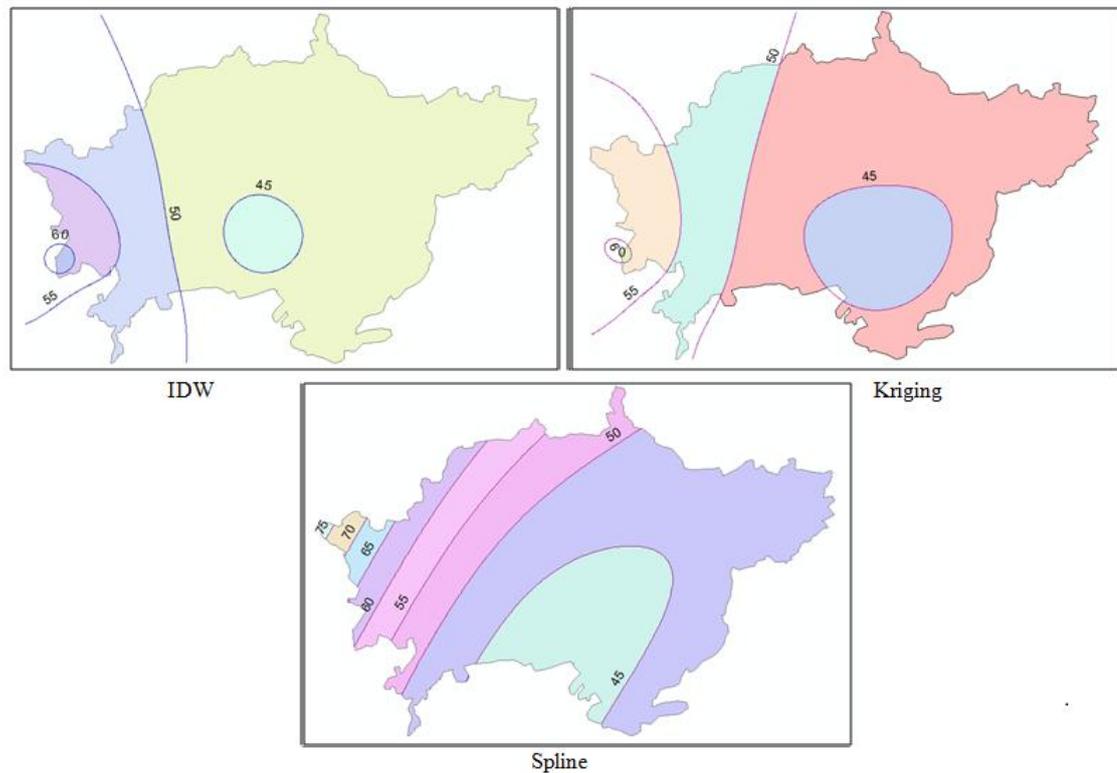


Figura 4. 12 Mapa de isoyetas de noviembre.  
Fuente: Autor.

Como se puede observar en la imagen 50, el mayor registro de precipitación para el mes de noviembre se ubica en la parte superior izquierda del área de estudio, en la zona de influencia de la estación Huizhil con registros de 65mm a 75mm dependiendo del método de interpolación utilizado. Las precipitaciones tienden a disminuir su concentración de lluvia en la parte central inferior del área analizada, en la zona de influencia de la estación Totoracocha y El Valle con valor de 45mm en los tres métodos de interpolación. Las precipitaciones poseen un comportamiento homogéneo desde la parte central hacia la parte inferior izquierda, pero desde la parte central hacia la parte superior izquierda se cuenta con una amplia distribución de isolíneas que abarcan pequeñas áreas de influencia, a este mes se lo considerara una estación seca por la acumulación de precipitaciones registradas.

## Diciembre

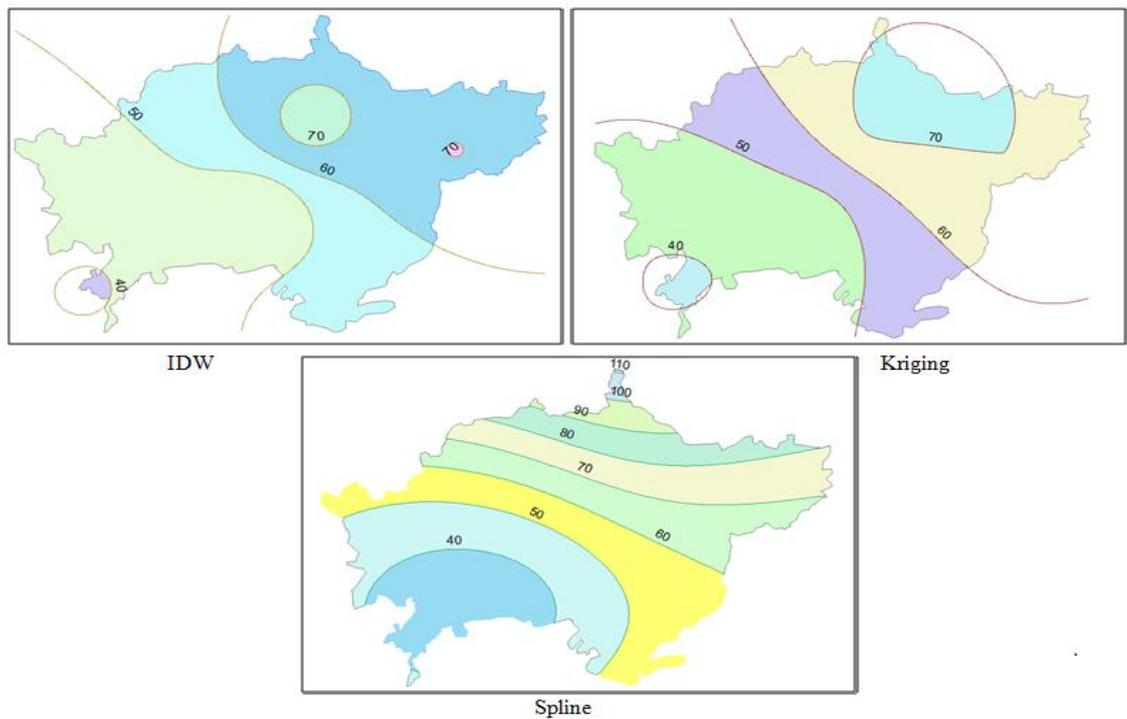


Figura 4. 13 Mapa de isoyetas de diciembre.  
Fuente: Autor.

Como se puede observar en la imagen 51, el mayor registro de precipitación para el mes de diciembre se ubica en la parte superior derecha del área de estudio, en la zona de influencia de la estación Ricaurte con registro de precipitación de 110mm a 70mm según el método de interpolación utilizado; siendo el mayor el correspondiente al método de interpolación Spline, las precipitaciones tienden a disminuir su concentración de lluvia en la parte inferior izquierda.

En el área de influencia de la estación Narancay, el menor registro de precipitación con los tres métodos de interpolación es de 40mm, las precipitaciones poseen un comportamiento homogéneo en los métodos de interpolación Kriging e IDW, las isolíneas ocupan grandes áreas de influencia a lo largo de la zona de estudio. En el método de interpolación Spline se cuenta con una gran variación de isolíneas con áreas de influencia muy similares entre cada una de estas, a este mes se lo considera una estación lluviosa debido a la concentración de lluvia obtenida por este método.

## 4.2 Polígonos de Thiessen

La precipitación media obtenida a partir del método de polígonos de Thiessen, arrojó los resultados que se pueden visualizar en la tabla 13, los resultados obtenidos fueron muy similares a los obtenidos por el mapa de Isoyetas a pesar que este método únicamente es aplicable para zonas de topografía suave o plana. Como se puede observar los meses en los que se registró la mayor precipitación fueron los meses de marzo y abril; por lo que se consideró a estos meses como épocas de invierno o estaciones lluviosas. El mes de julio posee la menor precipitación media por lo que se considera a este mes como una estación de sequía.

Tabla 4. 2 Precipitación media obtenida por polígonos de Thiessen.

<b>Mes</b>	<b>Precipitación media (mm)</b>
<b>Enero</b>	60.60
<b>Febrero</b>	31.49
<b>Marzo</b>	134.92
<b>Abril</b>	88.52
<b>Mayo</b>	52.29
<b>Junio</b>	43.42
<b>Julio</b>	17.51
<b>Agosto</b>	10.71
<b>Septiembre</b>	31.54
<b>Octubre</b>	54.38
<b>Noviembre</b>	48.23
<b>Diciembre</b>	52.52

Fuente: Autor.

En la generación de los polígonos de Thiessen, se obtuvo una área inferior con respecto a la zona de estudio, esto se debe a que las estaciones pluviométricas se ubican dentro de la cuenca de estudio, el área que abarca los polígonos de Thiessen es de 147.019 km<sup>2</sup>, mientras que el área de la zona de estudio es de 190.248 km<sup>2</sup>, por lo que la única variación con la que se cuenta en este método es la

correspondiente al promedio mensual anual de las precipitaciones, los polígonos de Thiessen generados son los siguientes.

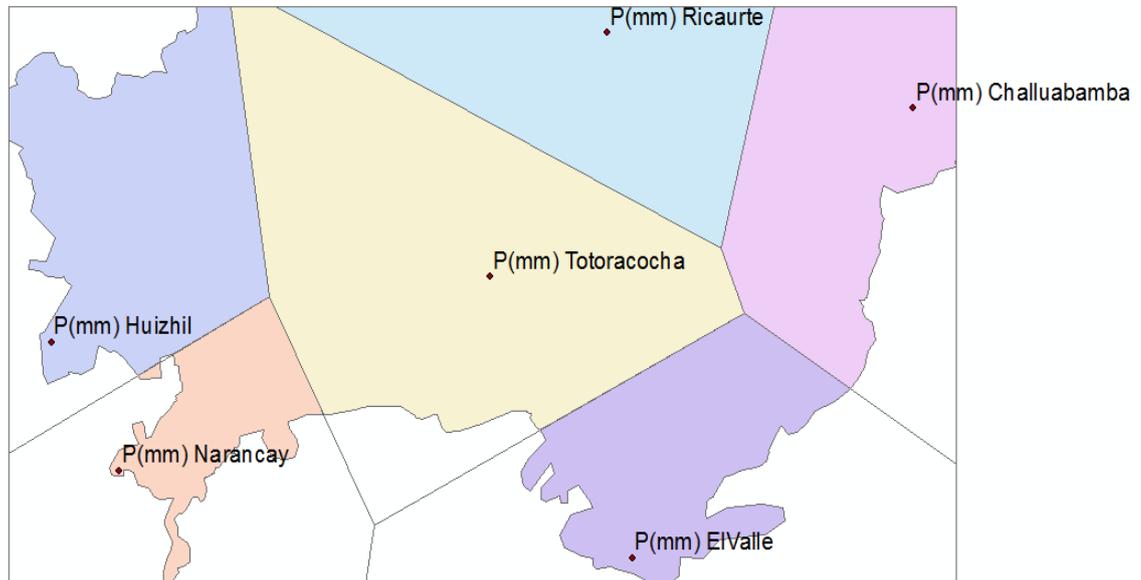


Figura 4. 14 Generación de polígonos de Thiessen.  
Fuente: Autor.

Como se puede observar se obtuvieron 6 polígonos cada uno de estos corresponde a cada estación pluviométrica a analizar, este método al trabajar con las mediatrices de los pluviómetros va a contar con los mismos polígonos y las mismas áreas correspondientes a cada uno de estos, para todos los meses de análisis.

#### 4.3 Estación de la curva ID

Se trabajó con la máxima intensidad de precipitación para periodos de 5min, 10min, 15min, 20min, 30min, 60min y 90min, las mismas se determinaron a partir de los datos de la precipitación acumulada cada 5min, esto se lo realizó para cada una de las estaciones a analizar; cabe recalcar que fue necesario eliminar registros con valores incoherentes, estos se determinaron al compararlos con registros posteriores a la fecha de incoherencia, se trabajó con registros comprendidos desde el año 2014 al 2017, excepto en la estación Totoracocha que se trabajó con registros del año 2016 al

2017 debido a la pérdida de información de años anteriores, en las siguientes tablas se determinó las intensidades máximas para los periodos de tiempo ya establecidos.

### Estación Challuabamba

Tabla 4. 3 Datos de la generación de curvas ID Challuabamba.

t (min)	P. máxima (mm)	I (mm/h)
5	8.10	97.20
10	15.40	92.40
15	20.30	81.20
20	22.40	67.20
30	32.20	64.40
60	37.10	37.10
90	37.30	24.87

Fuente: Autor.

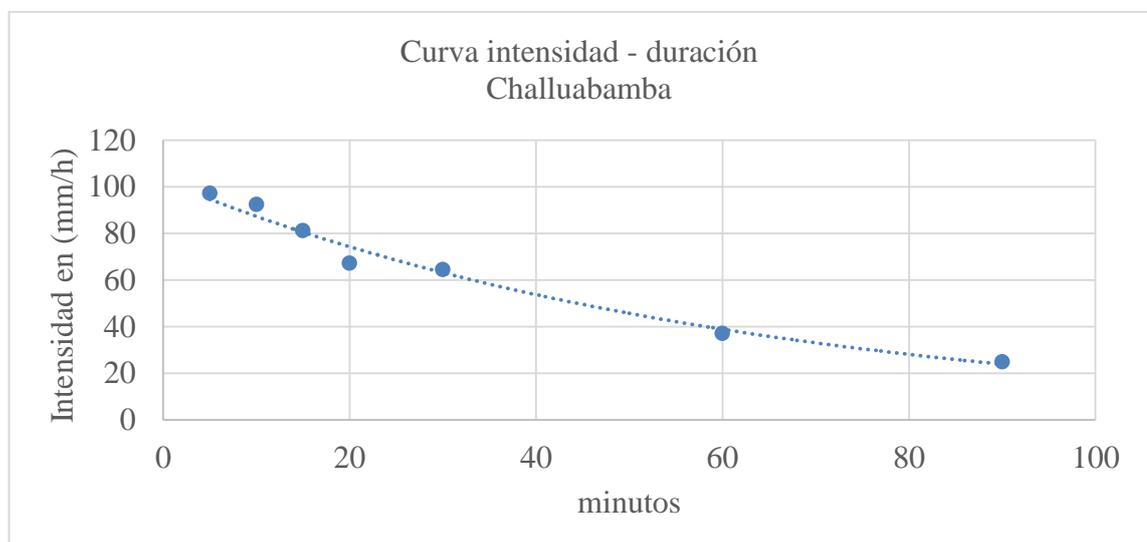


Figura 4. 15 Curva ID Challuabamba.

Fuente: Autor.

Para la estación Challuabamba se puede observar que los valores de intensidad máxima no se ajustan entre sí, por lo que fue necesario ajustar la curva, los valores que más se ajustan entre sí son los correspondientes a 30 minutos, 60 minutos y

90 minutos; en la curva se representa el comportamiento de la precipitación teórica, la intensidad máxima para esta estación para un periodo de 5 minutos es de 97.2 mm/h.

### Estación El Valle

Tabla 4. 4 Datos de la generación de curvas ID El Valle.

t (min)	P. maxima (mm)	I (mm/h)
5	6.40	76.80
10	11.50	69.00
15	14.60	58.40
20	18.40	55.20
30	23.00	46.00
60	31.90	31.90
90	36.10	24.07

Fuente: Autor.

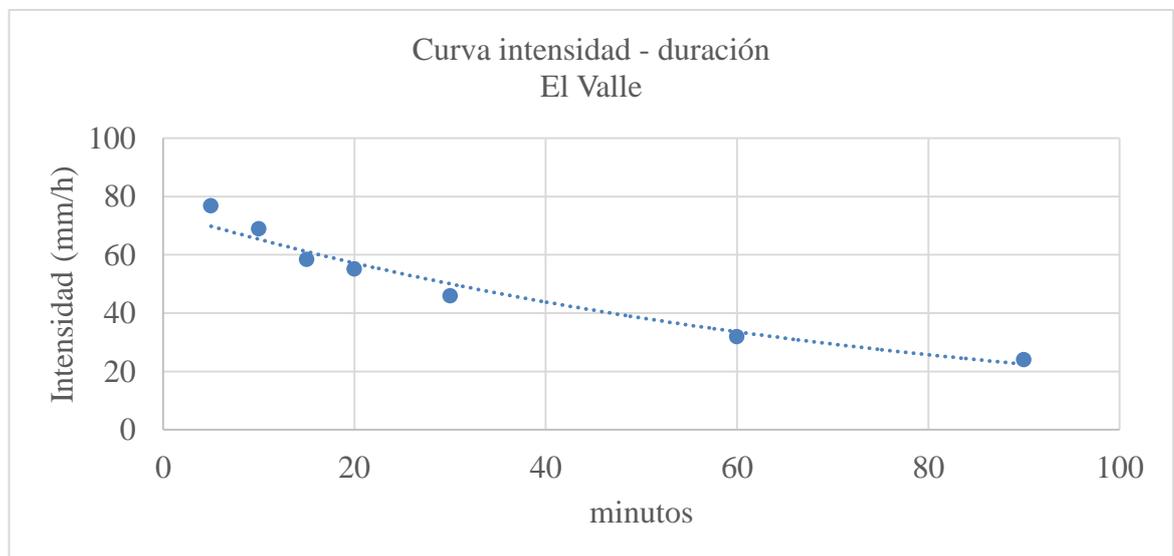


Figura 4. 16 Curva ID El Valle.

Fuente: Autor.

Para la estación El Valle se puede observar que los valores de intensidad máxima no se ajustan entre sí, por lo que fue necesario ajustar la curva, los valores que más se ajustan entre sí son los correspondientes a 15 minutos, 20 minutos, 60 minutos y

90 minutos; en la curva se representa el comportamiento de la precipitación teórica, la intensidad máxima para esta estación para un periodo de 5 minutos es de 76.8 mm/h.

### Estación Huizhil

Tabla 4. 5 Datos de la generación de curvas ID Huizhil.

t (min)	P. maxima (mm)	I (mm/h)
5	7.60	91.20
10	11.40	68.40
15	15.30	61.20
20	18.70	56.10
30	23.90	47.80
60	28.40	28.40
90	28.50	19.00

Fuente: El Autor.

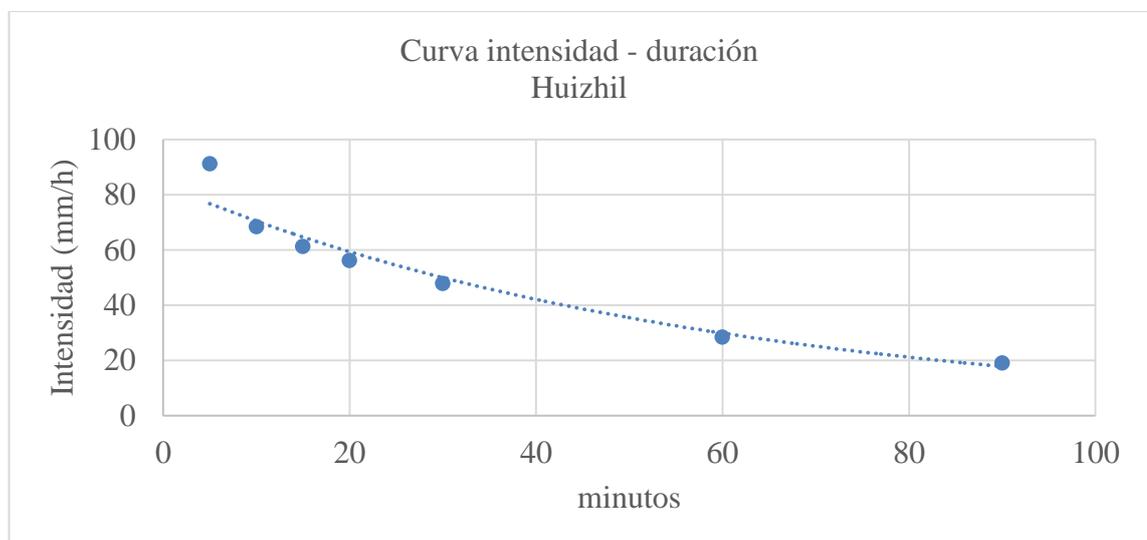


Figura 4. 17 Curva ID Huizhil.

Fuente: Autor.

Para la estación Huizhil se puede observar que los valores de intensidad máxima prácticamente se justan entre sí a excepción del periodo correspondiente a 5 minutos, por lo que fue necesario ajustar la curva con los valores entre sí; en la curva se

representa el comportamiento de la precipitación teórica, la intensidad máxima para esta estación para un periodo de 5 minutos es de 91.2 mm/h.

### Estación Narancay

Tabla 4. 6 Datos de la generación de curvas ID Narancay.

t (min)	P. máxima (mm)	I (mm/h)
5	8.00	96.00
10	12.00	72.00
15	15.60	62.40
20	18.10	54.30
30	22.60	45.20
60	26.00	26.00
90	27.70	18.47

Fuente: Autor.

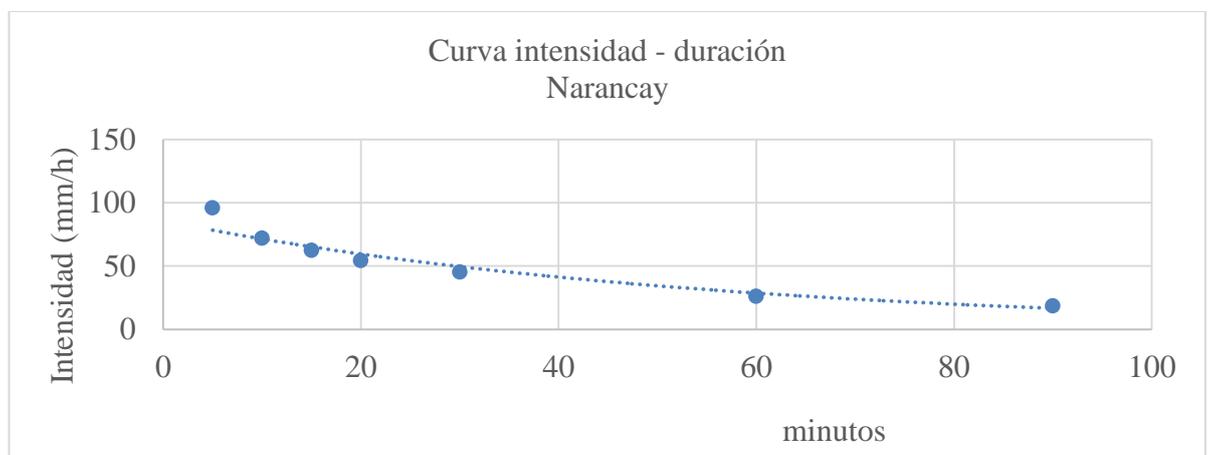


Figura 4. 18 Curva ID Narancay.

Fuente: Autor.

Para la estación Narancay se puede observar que los valores de intensidad máxima solo se ajustan para intervalos de 10 minutos, 60 minutos y 90 minutos, por lo que fue necesario ajustar estos valores a la gráfica. En la curva se representa el comportamiento de la precipitación teórica, la intensidad máxima para esta estación para un periodo de 5 minutos es de 96 mm/h.

### Estación Ricaurte

Tabla 4. 7 Datos de la generación de curvas ID Ricaurte.

t (min)	P. maxima (mm)	I (mm/h)
5	10.60	127.20
10	17.50	105.00
15	21.60	86.40
20	24.90	74.70
30	35.50	71.00
60	51.90	51.90
90	53.10	35.40

Fuente: Autor.

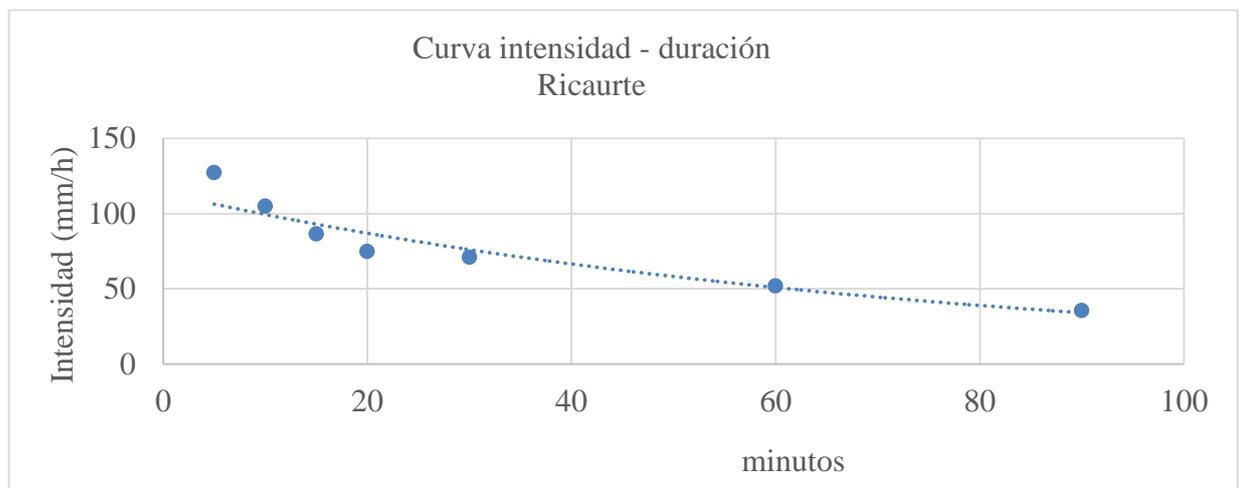


Figura 4. 19 Curva ID Ricaurte.

Fuente: Autor.

Para la estación Ricaurte se puede observar que los valores de intensidad máxima solo se ajustan para intervalos de 30 minutos y 90 minutos, por lo que fue necesario ajustar estos valores a la gráfica, en la curva se representa el comportamiento de la precipitación teórica, la intensidad máxima para esta estación para un periodo de 5 minutos es de 127.2 mm/h.

## Estación Totoracochoa

Tabla 4. 8 . Datos de la generación de curvas ID Totoracochoa.

t (min)	P. maxima (mm)	I (mm/h)
5	9.60	115.20
10	9.70	58.20
15	10.60	42.40
20	11.50	34.50
30	14.10	28.20
60	19.70	19.70
90	23.80	15.87

Fuente: Autor.

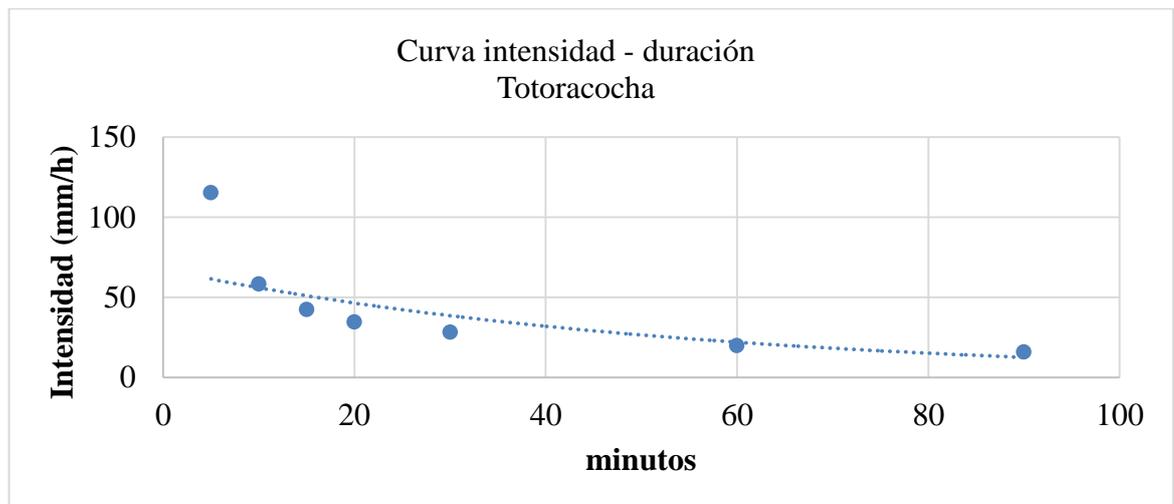


Figura 4. 20 Curva ID Totoracochoa.

Fuente: Autor.

Para la estación Totoracochoa se puede observar que los valores de intensidad máxima solo se ajustan para intervalos de 10 minutos, 30 minutos, 60 minutos y 90 minutos, por lo que fue necesario ajustar el resto de valores a la gráfica. En la curva se representa el comportamiento de la precipitación teórica, la intensidad máxima para esta estación para un periodo de 5 minutos es de 115.2 mm/h, en esta estación se contó únicamente con registros de precipitación desde el 28/01/2016 al 12/07/2017.

#### 4.4 Curvas intensidad-duración y frecuencia

##### Estación Challuabamba

Tabla 4. 9 Intensidad para periodos de retorno de 5, 10, 15 y 20 años Challuabamba.

$T_R =$	Años			
	5	10	15	20
Tiempo	I1	I2	I3	I4
(min)	(mm/h)	(mm/h)	(mm/h)	(mm/h)
10	93.99	143.12	183.04	217.95
20	68.80	104.77	133.99	159.54
30	57.32	87.29	111.64	132.93
40	50.36	76.69	98.08	116.78
50	45.55	69.36	88.71	105.63
60	41.96	63.90	81.72	97.30
70	39.15	59.62	76.24	90.78
80	36.87	56.14	71.80	85.49
90	34.96	53.24	68.09	81.07
100	33.34	50.77	64.94	77.32
110	31.94	48.64	62.21	74.07
120	30.72	46.77	59.82	71.23
130	29.63	45.12	57.70	68.71
140	28.66	43.64	55.81	66.45
150	27.78	42.31	54.10	64.42
160	26.99	41.09	52.56	62.58
170	26.26	39.99	51.14	60.89
180	25.59	38.97	49.84	59.35

Fuente: Autor.

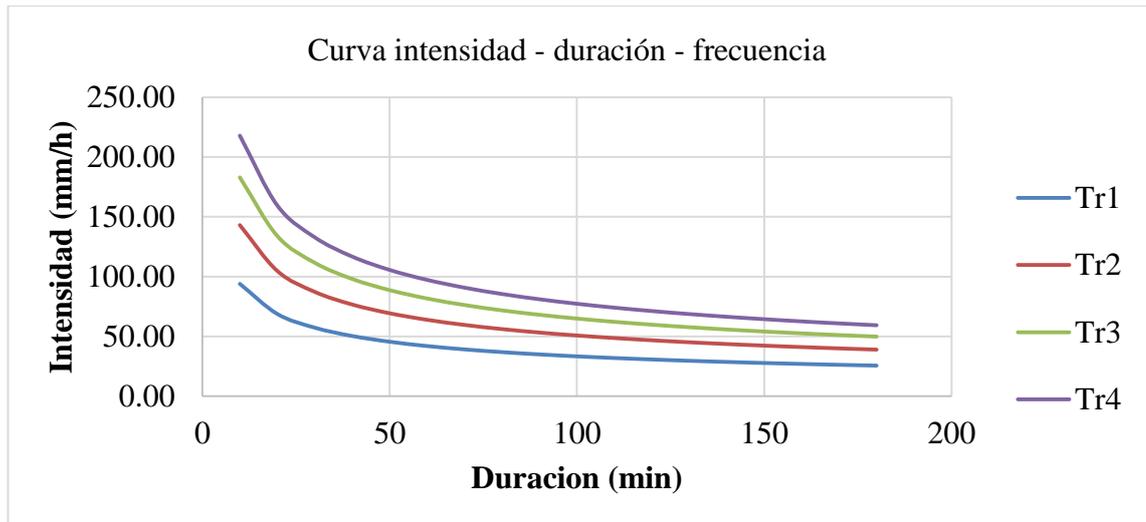


Figura 4. 21 Curva IDF periodos de retorno de 5, 10, 15 y 20 años Challuabamba.  
Fuente: Autor.

### Estación El Valle

Tabla 4. 10 Intensidad para periodos de retorno de 5, 10, 15 y 20 años El Valle.

$T_R =$	Años			
	5	10	15	20
Tiempo	I1	I2	I3	I4
(min)	(mm/h)	(mm/h)	(mm/h)	(mm/h)
10	69.65	76.54	80.88	84.12
20	51.17	56.23	59.42	61.80
30	42.72	46.95	49.62	51.60
40	37.59	41.31	43.66	45.40
50	34.04	37.41	39.53	41.11
60	31.39	34.50	36.45	37.91
70	29.31	32.21	34.04	35.40
80	27.62	30.35	32.08	33.36
90	26.21	28.80	30.44	31.65
100	25.01	27.48	29.04	30.20
110	23.97	26.34	27.84	28.95
120	23.06	25.34	26.78	27.85
130	22.25	24.46	25.85	26.88
140	21.53	23.66	25.01	26.01
150	20.88	22.95	24.25	25.22
160	20.29	22.30	23.57	24.51
170	19.75	21.71	22.94	23.85
180	19.26	21.16	22.36	23.26

Fuente: Autor.

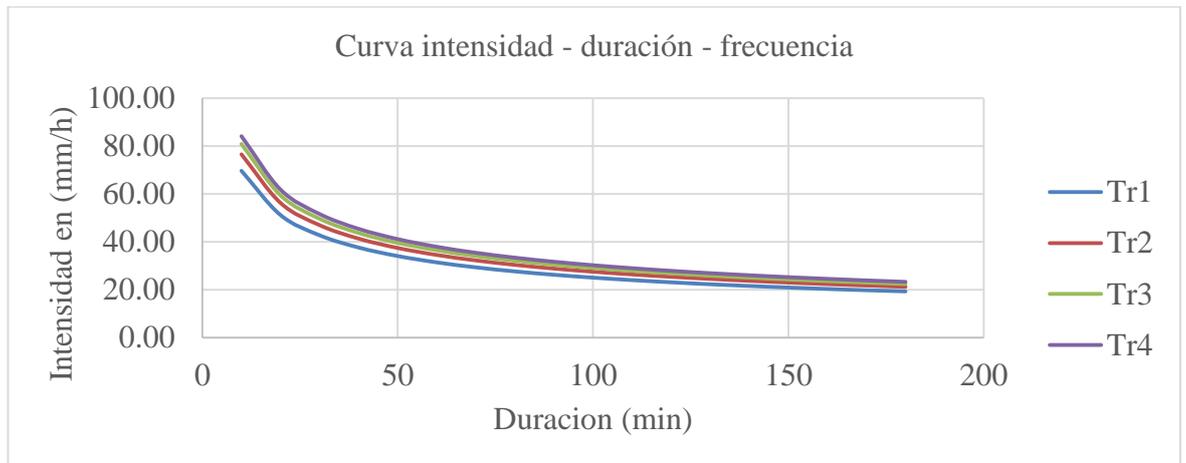


Figura 4. 22 Curva IDF periodos de retorno de 5, 10, 15 y 20 años El Valle.  
Fuente: Autor.

### Estación Huizhil

Tabla 4. 11 Intensidad para periodos de retorno de 5, 10, 15 y 20 años Huizhil.

$T_R =$	Años			
	5	10	15	20
Tiempo	11	12	13	14
(min)	(mm/h)	(mm/h)	(mm/h)	(mm/h)
10	75.24	105.69	128.93	148.46
20	50.95	71.58	87.32	100.54
30	40.57	56.99	69.52	80.05
40	34.51	48.48	59.14	68.09
50	30.44	42.76	52.16	60.07
60	27.47	38.59	47.08	54.21
70	25.19	35.39	43.17	49.71
80	23.37	32.83	40.05	46.12
90	21.87	30.73	37.48	43.16
100	20.62	28.96	35.33	40.68
110	19.54	27.45	33.49	38.56
120	18.61	26.14	31.89	36.72
130	17.79	24.99	30.48	35.10
140	17.06	23.97	29.24	33.67
150	16.41	23.06	28.13	32.39
160	15.83	22.23	27.12	31.23
170	15.30	21.49	26.22	30.19
180	14.81	20.81	25.39	29.23

Fuente: Autor.

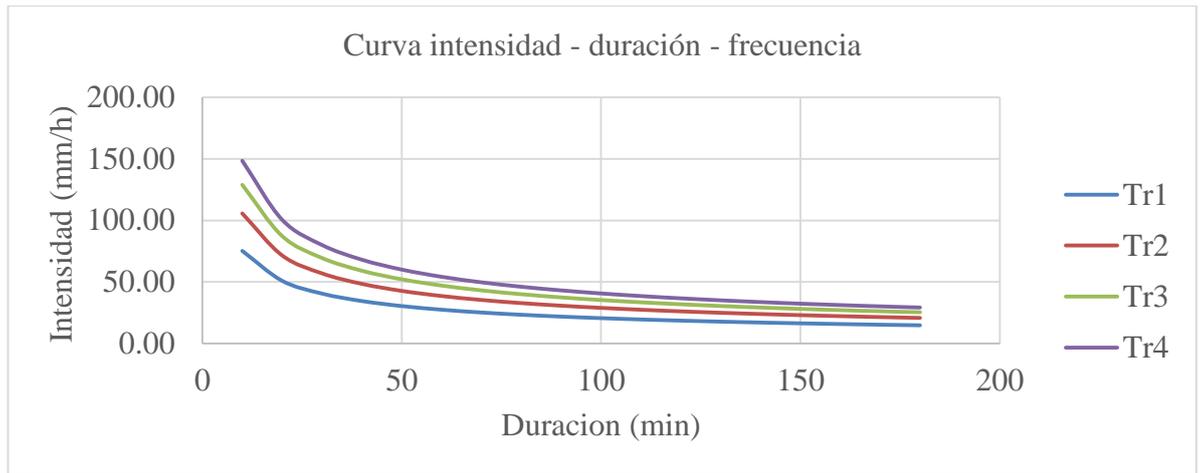


Figura 4. 23 Curva IDF periodos de retorno de 5, 10, 15 y 20 años Huizhil.  
Fuente: Autor.

**Estación Narancay**

Tabla 4. 12 Intensidad para periodos de retorno de 5, 10, 15 y 20 años Narancay.

$T_R =$	Años			
	5	10	15	20
Tiempo	l1	l2	l3	l4
(min)	(mm/h)	(mm/h)	(mm/h)	(mm/h)
10	85.36	127.18	160.57	189.47
20	55.33	82.43	104.08	122.81
30	42.94	63.97	80.76	95.30
40	35.86	53.43	67.46	79.60
50	31.19	46.47	58.67	69.23
60	27.83	41.46	52.35	61.77
70	25.27	37.65	47.54	56.09
80	23.25	34.63	43.73	51.60
90	21.60	32.17	40.62	47.93
100	20.22	30.12	38.03	44.87
110	19.05	28.38	35.83	42.28
120	18.04	26.87	33.93	40.04
130	17.16	25.56	32.27	38.08
140	16.38	24.40	30.81	36.36
150	15.69	23.37	29.51	34.82
160	15.07	22.45	28.34	33.44
170	14.51	21.61	27.29	32.20
180	14.00	20.85	26.33	31.07

Fuente: Autor.

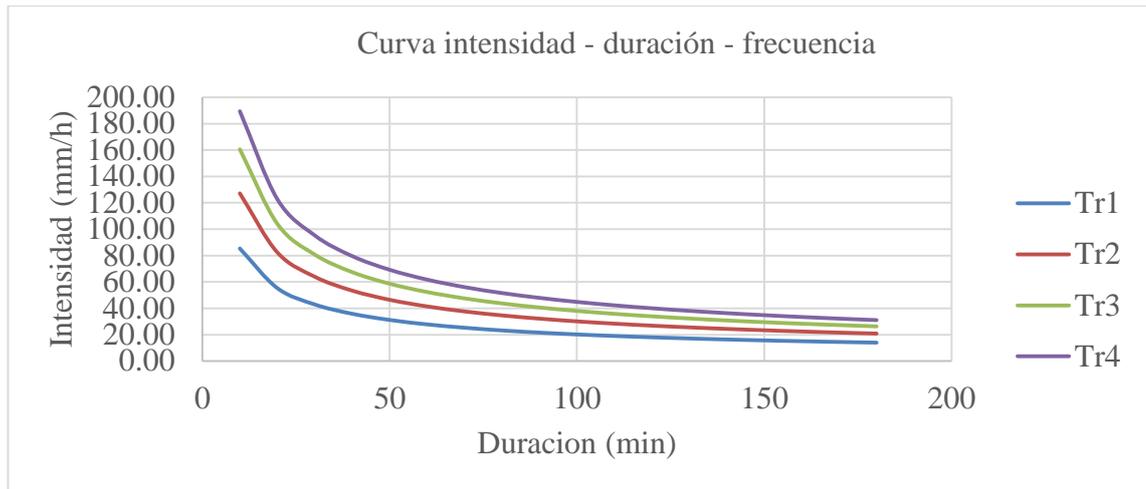


Figura 4. 24 Curva IDF periodos de retorno de 5, 10, 15 y 20 años Narancay.  
Fuente: Autor.

### Estación Ricaurte

Tabla 4. 13 Intensidad para periodos de retorno de 5, 10, 15 y 20 años Ricaurte.

$T_R =$	Años			
	5	10	15	20
Tiempo	11	12	13	14
(min)	(mm/h)	(mm/h)	(mm/h)	(mm/h)
10	112.87	155.42	187.41	214.03
20	79.31	109.22	131.69	150.39
30	64.52	88.85	107.13	122.35
40	55.73	76.74	92.54	105.68
50	49.75	68.50	82.60	94.33
60	45.34	62.43	75.28	85.97
70	41.92	57.72	69.60	79.48
80	39.16	53.93	65.03	74.26
90	36.88	50.79	61.24	69.94
100	34.96	48.14	58.04	66.29
110	33.30	45.86	55.30	63.15
120	31.86	43.87	52.90	60.41
130	30.59	42.12	50.79	58.00
140	29.45	40.56	48.91	55.85
150	28.44	39.16	47.22	53.92
160	27.52	37.89	45.69	52.18
170	26.68	36.74	44.30	50.60
180	25.92	35.69	43.03	49.15

Fuente: Autor.

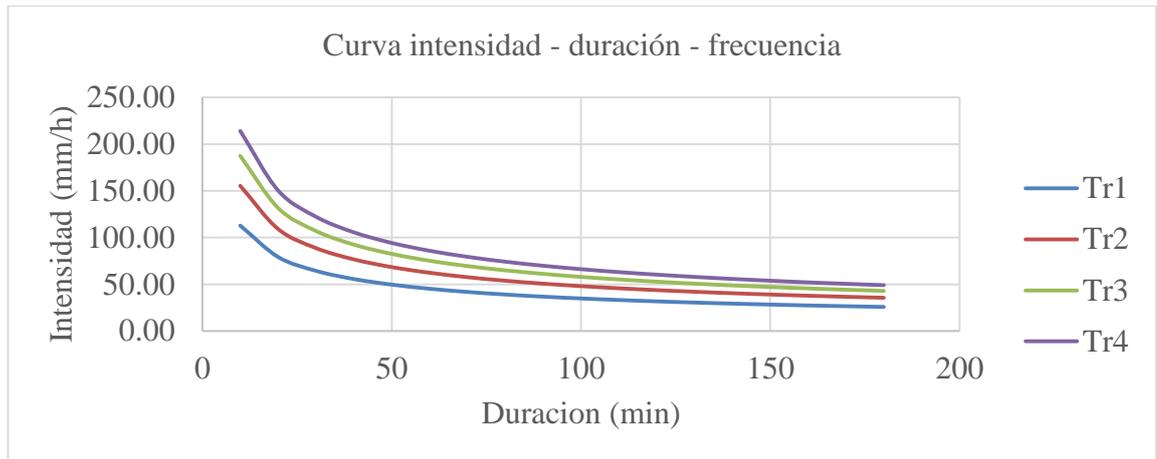


Figura 4. 25 Curva IDF periodos de retorno de 5, 10, 15 y 20 años Ricaurte.  
Fuente: Autor.

### Estación Totoracochoa

Tabla 4. 14 Intensidad para periodos de retorno de 5, 10, 15 y 20 años Totoracochoa.

$T_R =$	Años			
	5	10	15	20
Tiempo	l1	l2	l3	l4
(min)	(mm/h)	(mm/h)	(mm/h)	(mm/h)
10	87.46	128.12	160.17	187.66
20	51.83	75.92	94.92	111.21
30	38.17	55.91	69.89	81.89
40	30.72	45.00	56.25	65.91
50	25.96	38.02	47.53	55.69
60	22.62	33.13	41.42	48.53
70	20.13	29.49	36.87	43.20
80	18.20	26.67	33.34	39.06
90	16.66	24.40	30.50	35.74
100	15.38	22.53	28.17	33.00
110	14.31	20.97	26.21	30.71
120	13.40	19.64	24.55	28.76
130	12.62	18.48	23.11	27.08
140	11.93	17.48	21.85	25.60
150	11.33	16.59	20.74	24.30
160	10.79	15.80	19.76	23.15
170	10.31	15.10	18.87	22.11
180	9.87	14.46	18.08	21.18

Fuente: Autor.

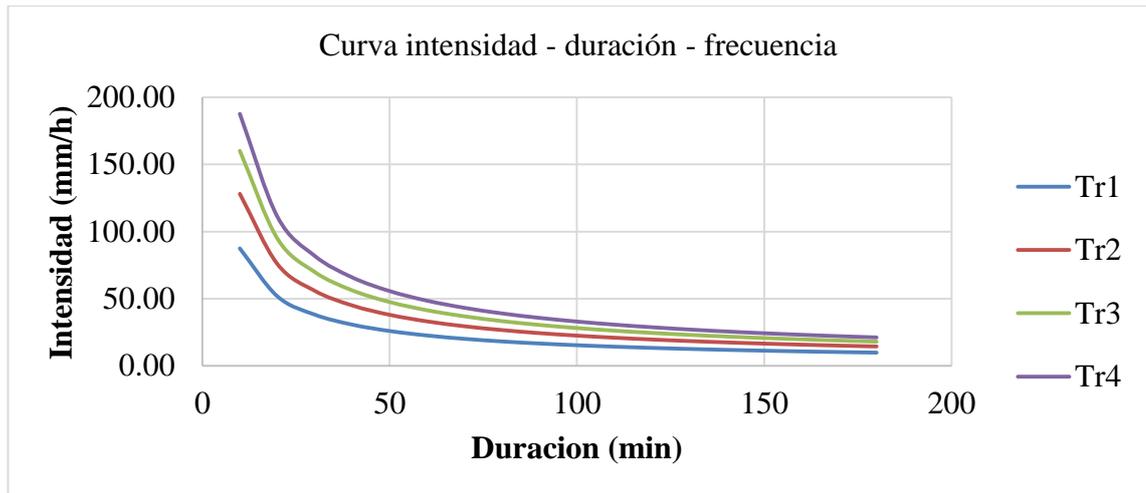


Figura 4. 26 Curva IDF periodos de retorno de 5, 10, 15 y 20 años Totoracocha.  
Fuente: Autor.

Con el método empleado de regresión lineal múltiple para la elaboración de estas curvas se puede observar que mientras mayor es el periodo de retorno o probabilidad de ocurrencia, mayores son las intensidades obtenidas, las curvas generadas poseen un comportamiento exponencial, debido a que mientras aumenta la duración de lluvias más se aproximan los valores de intensidad de cada curva, es así que se espera que a medida que pasen los años se produzcan mayores intensidades de lluvia.

La distribución de las gráficas muestra que conforme aumente la duración de las lluvias se espera que se produzcan mayores caudales, la lectura de estas curvas determina la probabilidad de ocurrencia de diferentes intensidades a lo largo de cada uno de los periodos de análisis, como por ejemplo determinar el periodo de ocurrencia cuando la intensidad fue de 50mm y cuando se puede volver a repetir esta intensidad. Las curvas que menos se ajustan entre sí son las correspondientes a la estación Totoracocha, debido a la falta de información obtenida y al método matemático utilizado para la determinación de las mismas; a continuación se muestran los resultados obtenidos para cada estación de análisis.

#### 4.5 Precipitación máxima

Con la distribución de las precipitaciones por los métodos de Pearson y Gumbel se obtuvieron los siguientes resultados para precipitaciones máximas en registros de

cada 24h y periodos de retorno de 3, 5, 10, 25, 50 años; los valores extremos de precipitación fueron los siguientes para cada estación de análisis.

**Estación Challuabamba**

Tabla 4. 15 Precipitación máxima por Gumbel y Pearson Challuabamba.

Tr (años)	f(x)	X (Gumbel)	yt (Pearson)
50	0.98	43.89	33.10
25	0.96	39.98	31.85
10	0.9	34.72	29.91
5	0.800	30.55	28.10
3	0.66	27.23	26.42
2.5	0.60	25.94	25.70
	0.40	22.70	23.64
	0.20	19.57	21.31

Fuente: Autor.

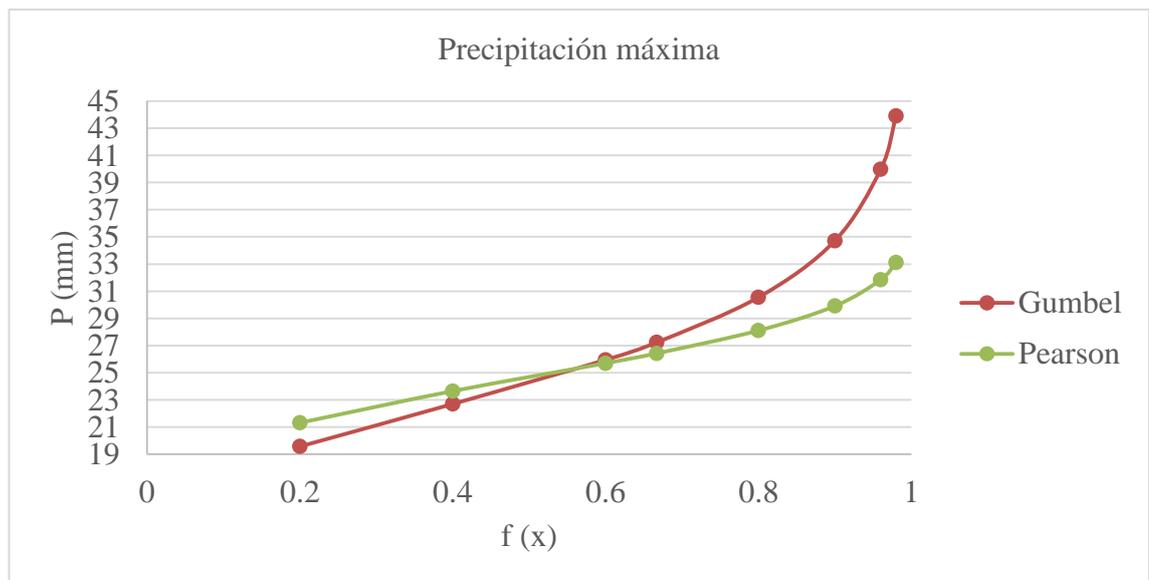


Figura 4. 27 Distribución de precipitaciones por Gumbel y Pearson Challuabamba.

Fuente: Autor.

### Estación El Valle

Tabla 4. 16 . Precipitación máxima por Gumbel y Pearson El Valle.

Tr (años)	f(x)	X (Gumbel)	yt (Pearson)
50	0.98	43.49	32.74
25	0.96	40.04	32.05
10	0.9	35.40	30.86
5	0.8	31.73	29.63
3	0.66	28.80	28.37
2.5	0.6	27.67	27.79
	0.4	24.81	26.01
	0.2	22.06	23.76

Fuente: Autor.

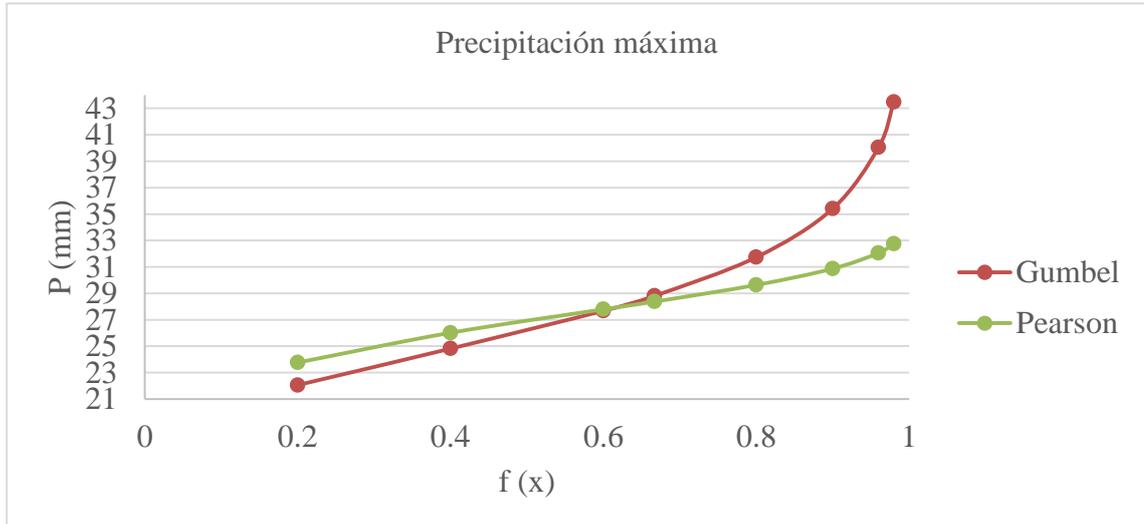


Figura 4. 28 Distribución de precipitaciones por Gumbel y Pearson El Valle.  
Fuente: Autor.

**Estación Huizhil**

Tabla 4. 17 Precipitación máxima por Gumbel y Pearson Huizhil.

Tr (años)	f(x)	X (Gumbel)	yt (Pearson)
50	0.98	59.82	40.10
25	0.96	52.95	38.16
10	0.9	43.69	35.08
5	0.8	36.36	32.12
3	0.66	30.52	29.29
2.5	0.6	28.27	28.05
	0.4	22.56	24.44
	0.2	17.05	20.20

Fuente: Autor.

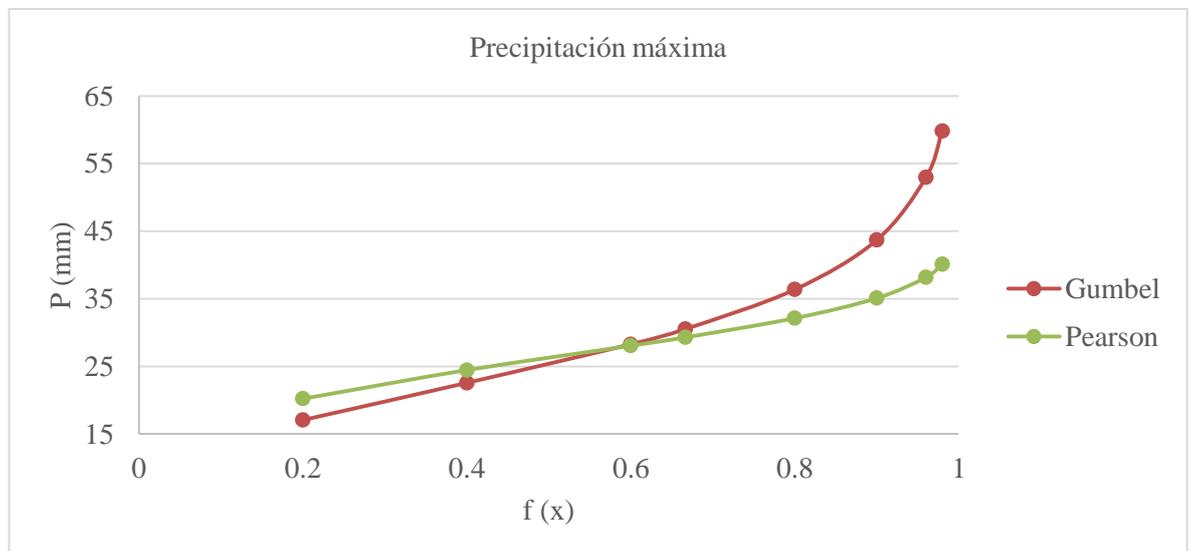


Figura 4. 29 Distribución de precipitaciones por Gumbel y Pearson Huizhil.

Fuente: Autor.

## Estación Narancay

Tabla 4. 18 Precipitación máxima por Gumbel y Pearson Narancay.

Tr (años)	f(x)	X (Gumbel)	yt (Pearson)
50	0.98	73.64	45.59
25	0.96	64.37	43.45
10	0.9	51.88	39.91
5	0.8	41.99	36.34
3	0.66	34.12	32.77
2.5	0.6	31.07	31.16
	0.4	23.37	26.35
	0.2	15.95	20.40

Fuente: Autor.

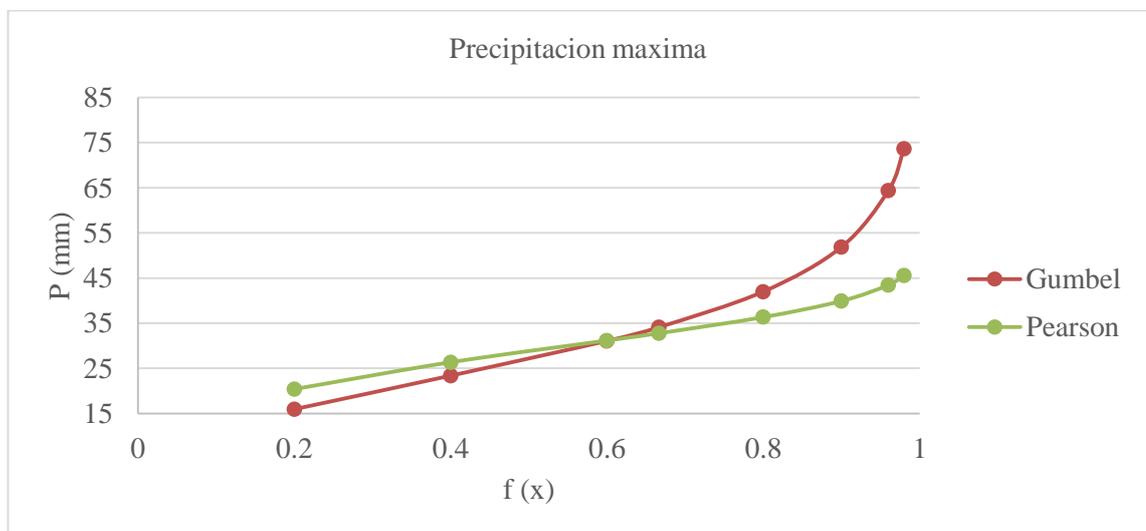


Figura 4. 30 Distribución de precipitaciones por Gumbel y Pearson Narancay.

Fuente: Autor.

**Estacion Ricaurte**

Tabla 4. 19 Precipitación máxima por Gumbel y Pearson Ricaurte.

Tr (años)	f(x)	X (Gumbel)	yt (Pearson)
50	0.98	36.25	33.21
25	0.96	35.22	32.95
10	0.9	33.83	32.52
5	0.8	32.73	32.09
3	0.66	31.85	31.68
2.5	0.6	31.51	31.50
	0.4	30.66	30.96
	0.2	29.83	30.31

Fuente: Autor.

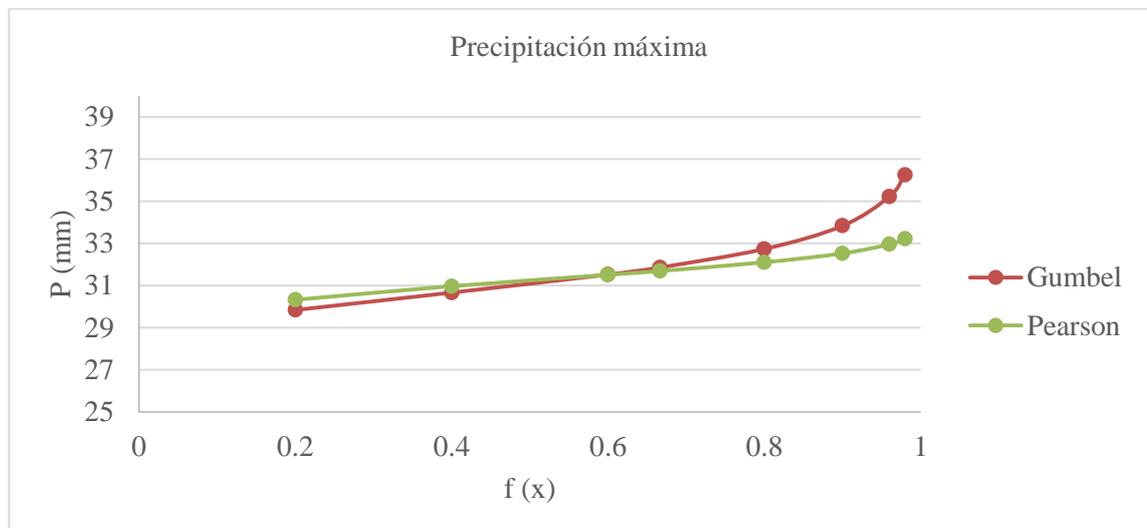


Figura 4. 31 Distribución de precipitaciones por Gumbel y Pearson Ricaurte.

Fuente: Autor.

**Estacion Totoracochoa**

Tabla 4. 20 Precipitación máxima por Gumbel y Pearson Totoracochoa.

Tr (años)	f(x)	X (Gumbel)	yt (Pearson)
50	0.98	43.89	33.10
25	0.96	39.98	31.85
10	0.9	34.72	29.91
5	0.8	30.55	28.10
3	0.66	27.23	26.42
2.5	0.6	25.94	25.70
	0.4	22.70	23.64
	0.2	19.57	21.31

Fuente: Autor.

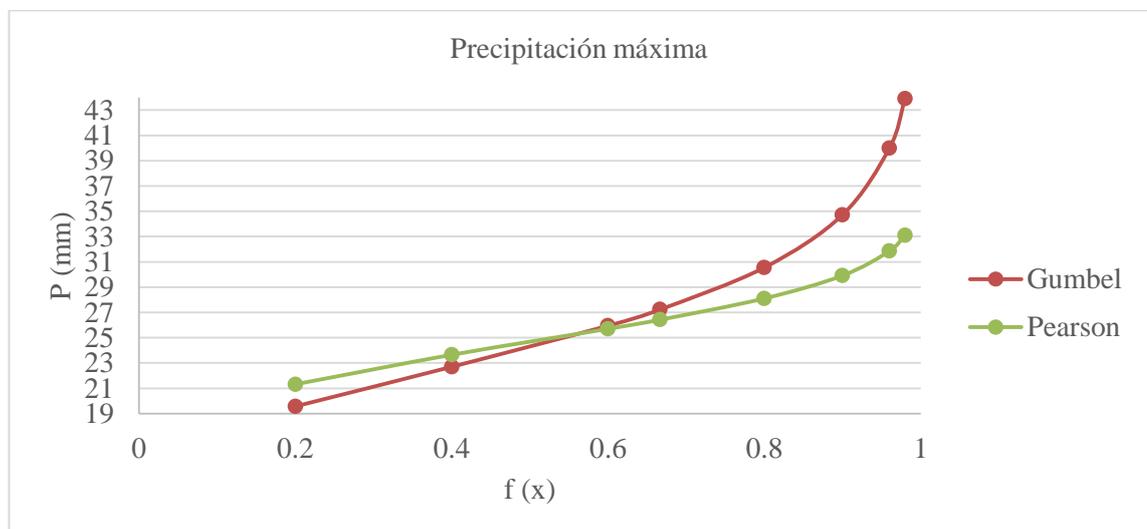


Figura 4. 32 Distribución de precipitaciones por Gumbel y Pearson Totoracochoa.

Fuente: Autor.

La determinación de la precipitación máxima se realizó en función de los fenómenos de la naturaleza que aparecen repentinamente, como la presencia de lluvia en determinados días y en una cantidad antes nunca vista, por lo que a estas variables se las conoce como aleatorias o probabilidad de ocurrencia de las mismas, al distribuir

las probabilidad de ocurrencia por los métodos antes mencionados se pudo observar que la distribución que arrojó mayores datos de precipitación fue la distribución de Gumbel; esto ocurrió para cada una de las estaciones de análisis, se compararon las curvas de Pearson y Gumbel. Debido a que las curvas son teóricas, los valores arrojados por estos dos métodos poseen un comportamiento similar en función de la probabilidad de ocurrencia con la que trabajo para la generación de estas curvas, en la parte de anexos se pueden visualizar las curvas generadas para diferentes intervalos de tiempo.

Los puntos generados que se ajustan en su mayor parte a la realidad son los correspondientes a las estaciones El Valle, Huizhil, Ricaurte y Narancay, siendo el método de Gumbel el que mejor ajuste presenta, la distribución de las curvas generadas dependerá del comportamiento logarítmico de las curvas y la distribución de las precipitaciones máximas obtenida a lo largo de los 4 periodos anuales a analizar.

#### **4.6 Hietograma de diseño**

Se determinó la precipitación con los datos de intensidad obtenida por las curvas intensidad, duración y frecuencia para un periodo de retorno de 10 años, una vez obtenida la precipitación se determinaron los valores de lluvia presentes en los minutos más lluviosos para un aguacero de 2 horas en intervalos de 10 minutos. La precipitación obtenida se comparó con las máximas precipitaciones registradas en cada estación considerando el mismo aguacero e intervalo de tiempo a analizar; en cada una de las estaciones al comprar la precipitación real con la precipitación obtenida por las curvas IDF se obtuvo un comportamiento similar entre las gráficas elaboradas por lo que se determinó que los valores de precipitación proyectados se ajustan a los valores registrados; las precipitaciones y graficas obtenidas fueron las siguientes:

### Estacion Challuabamba

Tabla 4. 21 Precipitación curva IDF periodo de retorno de 10 años Challuabamba

Tiempo (min)	I2 (mm/h)	Aguacero de 2horas; intervalo de 10min				Reales P (mm)
		P (mm)	$\Delta P$ (mm)	Minutos más lluviosos	P. obtenida	
10	134.03	22.33	22.33	110	3.84	0.09
20	96.44	32.14	9.80	90	4.24	0.10
30	79.54	39.77	7.62	70	4.82	0.20
40	69.39	46.26	6.48	50	5.75	0.4
50	62.41	52.01	5.75	30	7.62	1.29
60	57.23	57.23	5.22	10	22.33	7.89
70	53.19	62.06	4.82	20	9.80	4.3
80	49.92	66.57	4.50	40	6.48	0.40
90	47.21	70.81	4.24	60	5.22	0.29
100	44.90	74.84	4.02	80	4.50	0.2
110	42.92	78.68	3.84	100	4.02	0.10
120	41.18	82.36	3.67	120	3.67	0.09

Fuente: Autor.

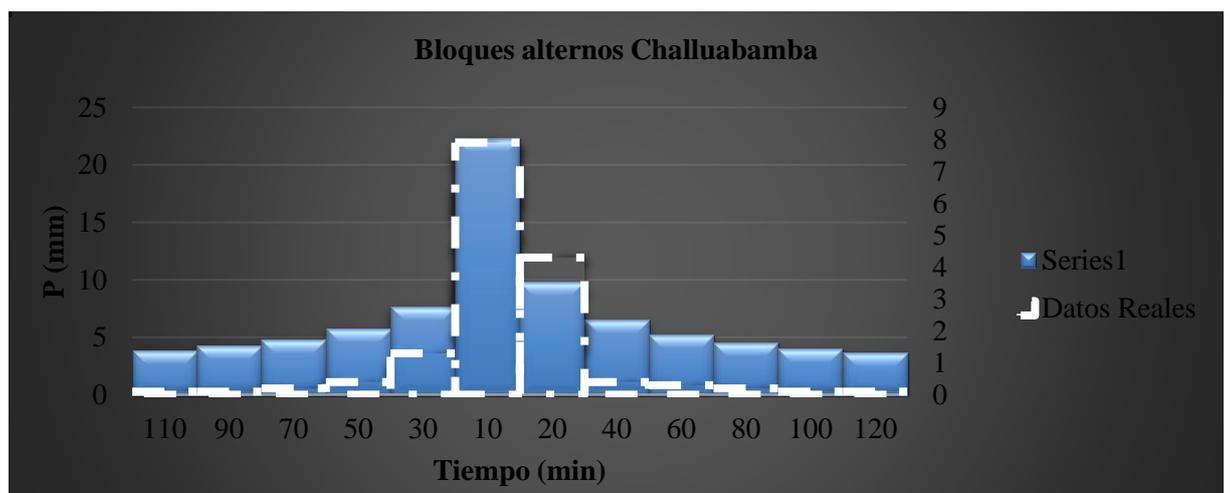


Figura 4. 33 Histograma bloques alternos Challuabamba.

Fuente: Autor.

## Estacion El Valle

Tabla 4. 22 Precipitación curva IDF periodo de retorno de 10 años El Valle.

Tiempo (min)	I2 (mm/h)	Aguacero de 2horas; intervalo de 10min			Reales	
		P (mm)	$\Delta P$ (mm)	Minutos más lluviosos	P. obtenida	P (mm)
10	76.80	12.80	12.80	110	1.49	0.10
20	52.02	17.34	4.54	90	1.68	0.10
30	41.42	20.71	3.37	70	1.96	0.20
40	35.24	23.49	2.78	50	2.41	0.70
50	31.08	25.90	2.41	30	3.37	0.90
60	28.06	28.06	2.15	10	12.80	6.70
70	25.73	30.02	1.96	20	4.54	1.10
80	23.87	31.83	1.80	40	2.78	0.90
90	22.34	33.51	1.68	60	2.15	0.40
100	21.05	35.09	1.58	80	1.80	0.20
110	19.96	36.59	1.49	100	1.58	0.10
120	19.00	38.01	1.42	120	1.42	0.10

Fuente: Autor.

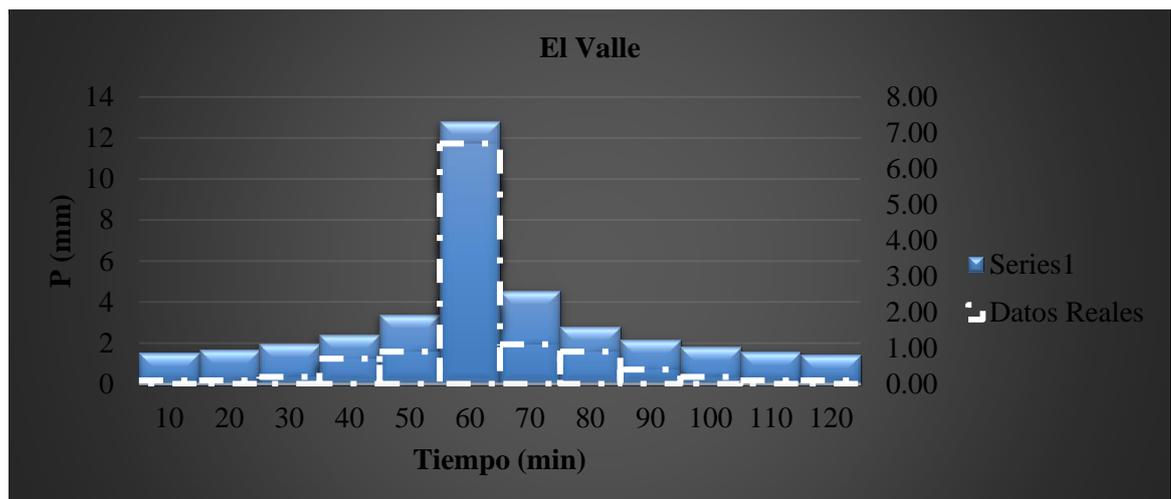


Figura 4. 34 Histograma bloques alternos El Valle.

Fuente: Autor.

**Estacion Huizhil**

Tabla 4. 23 Precipitación curva IDF periodo de retorno de 10 años Huizhil.

<b>Tiempo (min)</b>	<b>I2 (mm/h)</b>	<b>Aguacero de 2horas; intervalo de 10min</b>			<b>Reales</b>	
		<b>P (mm)</b>	<b><math>\Delta P</math> (mm)</b>	<b>Minutos más lluviosos</b>	<b>P. obtenida</b>	<b>P (mm)</b>
10	101.15	16.85	16.85	110	1.78	0.00
20	67.53	22.51	5.65	90	2.02	0.1
30	53.31	26.65	4.14	70	2.36	0.29
40	45.081	30.05	3.39	50	2.93	0.50
50	39.58	32.98	2.93	30	4.14	1.2
60	35.59	35.59	2.60	10	16.85	6.1
70	32.53	37.95	2.36	20	5.65	2.00
80	30.09	40.12	2.17	40	3.39	0.50
90	28.09	42.14	2.02	60	2.60	0.39
100	26.42	44.04	1.89	80	2.17	0.19
110	24.99	45.82	1.78	100	1.89	0.09
120	23.75	47.51	1.69	120	1.69	0.00

Fuente: Autor.

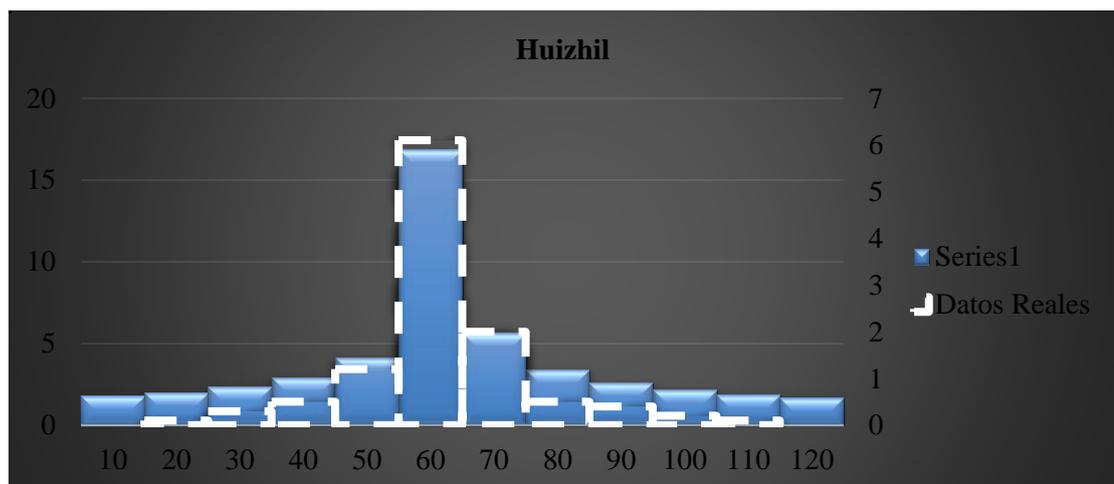


Figura 4. 35 Histograma bloques alternos Huizhil.

Fuente: Autor.

### Estacion Narancay

Tabla 4. 24 Precipitación curva IDF periodo de retorno de 10 años Narancay.

Tiempo (min)	I2 (mm/h)	Aguacero de 2horas; intervalo de 10min			Reales	
		P (mm)	$\Delta P$ (mm)	Minutos más lluviosos	P. obtenida	P. obtenida
10	119.72	19.95	19.95	110	1.37	0.1
20	75.35	25.11	5.16	90	1.58	0.19
30	57.47	28.73	3.61	70	1.89	0.50
40	47.42	31.61	2.87	50	2.43	11
50	40.85	34.04	2.43	30	3.61	2.1
60	36.17	36.17	2.12	10	19.95	52
70	32.63	38.07	1.89	20	5.16	24
80	29.84	39.79	1.72	40	2.87	159
90	27.58	41.38	1.58	60	2.12	0.59
100	25.71	42.85	1.47	80	1.72	0.30
110	24.12	44.23	1.37	100	1.47	0.10
120	22.76	45.52	1.29	120	1.29	0.1

Fuente: Autor.

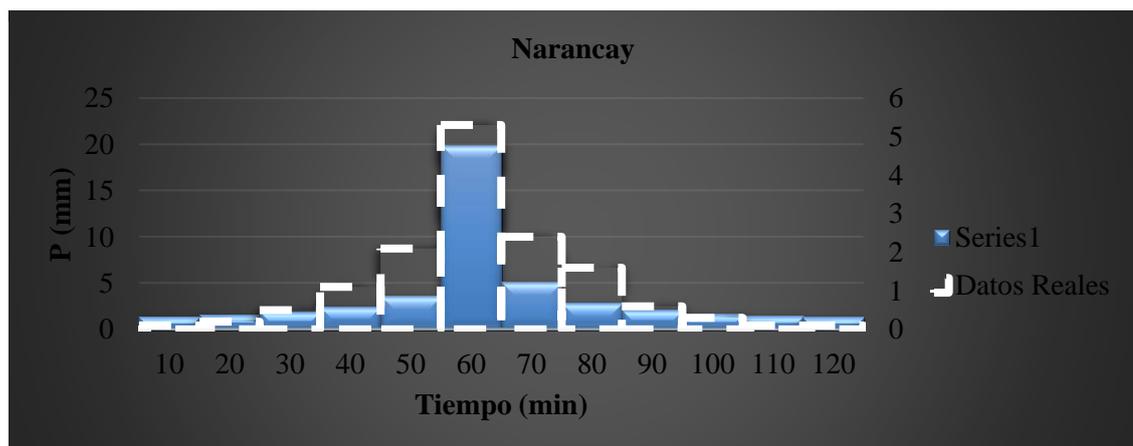


Figura 4. 36 Histograma bloques alternos Narancay.

Fuente: Autor.

### Estacion Ricaurte

Tabla 4. 25 Precipitación curva IDF periodo de retorno de 10 años Ricaurte.

Tiempo (min)	I2 (mm/h)	Aguacero de 2horas; intervalo de 10min			P. obtenida	Reales P (mm)
		P (mm)	$\Delta P$ (mm)	Minutos más lluviosos		
10	152.40	25.40	25.40	110	3.28	0.10
20	104.81	34.93	9.53	90	3.68	0.20
30	84.20	42.10	7.16	70	4.25	0.4
40	72.09	48.06	5.95	50	5.19	0.80
50	63.90	53.25	5.19	30	7.16	1.30
60	57.91	57.91	4.65	10	25.40	8.79
70	53.29	62.17	4.25	20	9.53	3.8
80	49.58	66.11	3.93	40	5.95	0.99
90	46.52	69.79	3.68	60	4.65	0.49
100	43.95	73.25	3.46	80	3.93	0.29
110	41.74	76.54	3.28	100	3.46	0.19
120	39.83	79.66	3.12	120	3.12	0.09

Fuente: Autor.

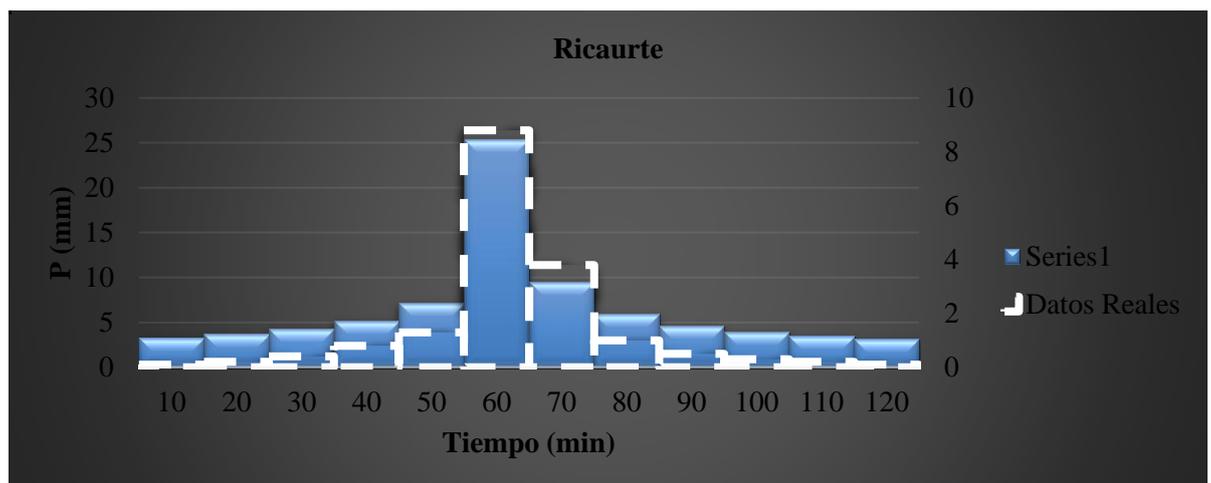


Figura 4. 37 Histograma bloques alternos Ricaurte.

Fuente: Autor.

### Estacion Totoracochoa

Tabla 4. 26 . Precipitación curva IDF periodo de retorno de 10 años Totoracochoa.

Tiempo (min)	I2 (mm/h)	Aguacero de 2horas; intervalo de 10min			Reales	
		P (mm)	$\Delta P$ (mm)	Minutos más lluviosos	P. obtenida	P. obtenida
10	104.55	17.42	17.42	110	0.57	0.10
20	60.47	20.15	2.73	90	0.67	0.19
30	43.89	21.94	1.79	70	0.83	0.3
40	34.97	23.31	1.36	50	1.11	0.6
50	29.32	24.43	1.11	30	1.79	2.4
60	25.39	25.39	0.95	10	17.42	7.1
70	22.47	26.22	0.83	20	2.73	4.3
80	20.22	26.97	0.74	40	1.36	0.7
90	18.43	27.64	0.67	60	0.95	0.59
100	16.96	28.26	0.61	80	0.74	0.2
110	15.72	28.83	0.57	100	0.61	0.19
120	14.68	29.37	0.53	120	0.53	0.1

Fuente: Autor.

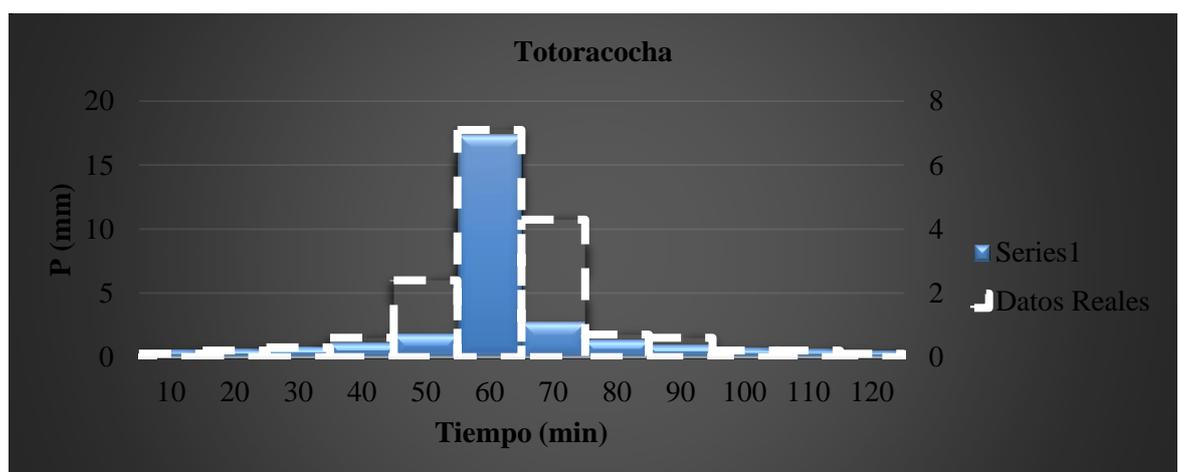


Figura 4. 38 Histograma bloques alternos Totoracochoa.

Fuente: Autor.

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### CONCLUSIONES

Lo expuesto a lo largo de este trabajo permite arribar a las siguientes conclusiones:

La corrección y relleno de datos faltantes realizada para la validación de datos por el método de curvas de doble masa arroja resultados muy cercanos a la realidad, pero se debería contar con los datos provenientes de estaciones de referencias cercanas a las estaciones extremas del área de estudio, para poder consolidar esta información con mayor facilidad.

Los 3 métodos de interpolación utilizados para la determinación de la precipitación media a lo largo del área de estudio, arrojaron resultados muy similares a pesar de la variabilidad pluviométrica obtenida en los registros y el modelo matemático que emplea cada método, se corroboró estos resultados con el método de polígonos de Thiessen, definiendo así estaciones lluviosas y secas, a lo largo de cada uno de los meses que componen un año; siendo la más lluviosa la correspondiente al mes de Marzo y la más seca la correspondiente al mes de Agosto; los resultados obtenidos demuestran que la ciudad de Cuenca ha sufrido variabilidad estacional entre cada uno de los meses analizados, además con los mapas de isoyetas generados se concluyó que las zonas en las que se encuentran los mayores registros de precipitación corresponden a la estación Huizhil seguida por la estación Narancay, debido a la cercanía de las estaciones y la altitud a la que se ubican cada una de estas.

En el análisis de las curvas Intensidad Duración se determinó que la distribución de intensidades que más se correlaciona en intervalos de (5-10-15-20-30-60-90) min pertenece a la estación Huizhil y la menor pertenece a la estación Ricaurte, siendo la estación Ricaurte la que registro mayor intensidad de un aguacero con 127.2 mm/h,

seguida por la estación Totoracocha que únicamente cuenta con registros desde el año 2016 al 2017.

Con el método empleado de regresión lineal múltiple, se obtuvieron las curvas IDF para cada una de las estaciones de análisis en base de la información disponible con la que se trabajó, la modelación para explicar la intensidad, duración y frecuencia posee una buena calidad de ajuste, lo que asegura que se tenga una buena estimación y pronóstico de intensidades máximas de lluvias a lo largo de los diferentes periodos de análisis. Se contó con algunas interrogantes que no han podido ser resueltas claramente para la construcciones de las curvas IDF como: la separación de registros continuos en tormentas estadísticamente independientes, la determinación de rangos de duración de la tormenta a analizar, metodologías a emplearse para el ajuste de datos a una función de distribución, la estimación de parámetros o periodos de retorno a considerar para la ciudad de Cuenca.

En la determinación de la precipitación máxima se utilizaron dos métodos probabilísticos, los cuales fueron Gumbel y Pearson tipo III, se concluyó que el mejor ajuste es el correspondiente al método Gumbel, con este método se pudieron determinar los valores extremos de la variable meteorológica, siempre y cuando se disponga con los datos de una serie significativa, con esta información se podrán diseñar obras hidráulicas.

En la obtención del hietograma de diseño se optó por utilizar el método de bloques alternativos, este método arrojó resultados muy semejantes a la realidad, evaluando los resultados obtenidos por el método de bloques alternos con las mayores precipitaciones obtenidas en cada una de las estaciones a analizar; esta evaluación permitió corroborar que las variables analizadas de intensidad, duración, frecuencia y estimación de lluvias arrojan resultados que se ajustan a la realidad de la zona de análisis.

## RECOMENDACIONES

Al analizar los datos pluviométricos obtenidos por las estaciones meteorológicas, se encontró inconsistencias entre los datos obtenidos tanto en registros diarios como en registros horarios, por lo que se recomienda contar con un método que valide la información obtenida por los dos tipos de registros.

Se debe realizar un análisis sobre la afectación de la ubicación de las estaciones pluviométricas en la obtención de registros de lluvia, debido a que en estaciones cercanas se contaba con datos erróneos de ahí la importancia de determinar por qué se producen estas inconsistencias de datos y cuál es el factor causante de estas afectaciones para la ciudad de Cuenca.

Se debe realizar una comparación entre las proyecciones de intensidades máximas obtenidas en estudios anteriores y los obtenidos en este estudio para determinar las proyecciones más reales a lo largo de los años analizados, determinado periodos de tiempo para analizar las precipitaciones que se producen en la ciudad, así como realizar una comparación entre los diferentes métodos que se pueden aplicar para la obtención de las precipitaciones e intensidades máximas, estableciendo el método más idóneo para la orográfica y registros de precipitación obtenidos para la ciudad de Cuenca.

Se recomienda que este estudio sea complementado y revisado en un plazo de 5 años, con el fin de añadirle nueva información y factores de corrección o reajuste de datos que puedan modificar los resultados obtenidos, además se deberá comparar estos resultados con resultados obtenidos en investigaciones similares y condiciones climatológicas muy semejantes a las analizadas en este estudio.

## BIBLIOGRAFÍA

Tecnológico de Costa Rica, «HidroEsta, software para cálculos hidrológicos,» [En línea]. Available:

[http://revistas.tec.ac.cr/index.php/tec\\_marcha/article/view/211/209](http://revistas.tec.ac.cr/index.php/tec_marcha/article/view/211/209).

(Condiciones climáticas registradas en Ecuador, 2017) Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología «Condiciones climáticas registradas en el Ecuador año 2013,» [En línea]. Available:

<http://www.serviciometeorologico.gob.ec/wp-content/uploads/2014/01/Informe2014SNGR.pdf>.

(ArcGIS Pro, 2018), «idw,» [En línea]. Available:

<https://pro.arcgis.com/es/pro-app/tool-reference/3d-analyst/how-idw-works.htm>.

(ArcGIS Pro, 2018), «spline,» [En línea]. Available:

<https://pro.arcgis.com/es/pro-app/tool-reference/3d-analyst/spline.htm>.

(ArcGISPro, 2018), «kriging,» [En línea]. Available:

<https://pro.arcgis.com/es/pro-app/tool-reference/3d-analyst/how-kriging-works.htm>.

(ArcGIS Pro, 2018), «thiessen polygons,» [En línea]. Available:

<https://pro.arcgis.com/es/pro-app/tool-reference/analysis/create-thiessen-polygons.htm>.

(Microsoft, 2016), «Función COEF.DE.CORREL,» [En línea]. Available:

<https://support.office.com/es-es/article/coef-de-correl-funci%C3%B3n-coef-de-correl-995dcef7-0c0a-4bed-a3fb-239d7b68ca92>.

(Microsoft, 2016), «Función COEFICIENTE.R2,» [En línea]. Available:

<https://support.office.com/es-es/article/coeficiente-r2-funci%C3%B3n-coeficiente-r2-d7161715-250d-4a01-b80d-a8364f2be08f>.

È. Cadier, P. Pourrut, M. Roche, R. Cruz, G. Gomez, A. Bermeo, G. Toscano, M. Alemàn, R. Aulema, F. Girard, G. Le Goulven, P. Leiva, I. Moniod, F. Nouvelot, J. Pouyaud, B. Romo, I. Róvere, O. Segovia, Á. Travaglio, M. Villacrés, El Agua en el Ecuador, Quito: Corporación Editora Nacional, 1995.

A. F. Breña Puyol y M. A. Jacobo Villa, Principios y Fundamentos de la Hidrología Superficial, Mexico D.F.: Universidad Autónoma Metropolitana, 2006.

C. Segerer y R. Villodas, HIDROLOGIA I, Mendoza: Universidad Nacional de Cuyo, 2008.

V. T Chow, D. R. Maidment y L. W. Mays, Hidrología Aplicada, Texas: McGRAW-HILL, 2000.

W. C. Morán, HIDROLOGIA para estudiantes de ingeniería civil, Lima: Universidad Católica del Perú, 2016.

A. Bateman, «HIDROLOGIA BASICA Y APLICADA,» GITS, 2007.

J. Sanchez, Método kriging sobre interpolación de datos disperses, Mexico D.F.: Universidad Nacional Autónoma de México, 2010.

R. A. Becerra Soriano, ESTUDIO DEL RÉGIMEN PLUVIOMÉTRICO DE UNA CUENCA EMPLEANDO FUNCIONES ORTOGONALES, Mexico D.F.: Universidad Nacional Autónoma de México, 2007.

Claudia. L, ANÁLISIS HIDROLÓGICO EN CUENCAS CON INFORMACIÓN ESCASA, Mexico D.F.: Universidad Nacional Autónoma de México, 2011.

J. D. Tapia Sisalima, ESTRUCTURA DE LA PRECIPITACIÓN Y SU VARIABILIDAD ESPACIO-TEMPORAL A LO LARGO DE UNA GRADIENTE ALTITUDINAL, Cuenca: Universidad de Cuenca, 2016.

## ANEXOS

## Anexo 1. Datos pluviométricos corregidos y rellenados por estación de análisis

Fecha	P(mm) Narancay	P(mm) Huizhil	P(mm) Ricaurte	P(mm) Challuabamba	P(mm) Totoracocha	P(mm) El Valle
13/05/2014	0.00	0.00	0.00	0.10	0.00	0.10
14/05/2014	3.40	6.30	1.40	1.30	2.00	2.10
15/05/2014	0.10	2.70	0.00	0.00	0.10	0.00
16/05/2014	5.40	1.10	2.80	1.60	1.20	14.72
17/05/2014	5.90	1.70	0.30	0.40	1.00	0.10
18/05/2014	1.30	1.80	1.00	0.20	0.80	1.10
19/05/2014	0.40	3.60	0.40	0.60	0.50	0.60
20/05/2014	2.90	2.20	1.10	1.00	2.10	2.10
21/05/2014	0.00	0.90	0.00	0.00	0.00	0.00
22/05/2014	0.00	0.60	0.00	0.00	0.00	0.10
23/05/2014	0.00	0.30	1.70	1.29	4.40	4.59
24/05/2014	2.80	4.80	0.90	0.10	1.60	0.40
25/05/2014	0.00	0.00	0.20	0.10	0.00	0.10
26/05/2014	0.00	0.10	0.10	0.00	0.00	0.00
27/05/2014	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
28/05/2014	0.80	0.20	0.00	0.10	0.00	0.20
29/05/2014	5.90	7.80	0.20	0.15	5.00	6.20
30/05/2014	0.20	1.00	0.10	0.00	0.00	0.00
31/05/2014	0.70	1.10	0.10	0.00	0.06	0.50
01/06/2014	11.90	18.80	0.20	0.00	7.30	8.50
02/06/2014	0.80	1.30	0.10	0.08	0.06	0.57
03/06/2014	0.00	0.10	0.10	0.00	0.06	0.00
04/06/2014	1.60	0.00	0.20	0.00	0.12	1.14
05/06/2014	0.40	1.00	0.10	0.00	0.06	0.29
06/06/2014	3.40	6.20	0.30	0.00	0.18	2.43
07/06/2014	0.00	0.10	3.10	2.36	1.84	0.00
08/06/2014	0.00	0.00	3.50	2.66	2.08	0.00
09/06/2014	1.60	0.70	0.70	0.53	0.42	1.14
10/06/2014	1.10	5.20	3.90	2.97	2.31	0.79
11/06/2014	0.20	0.10	0.00	0.00	0.00	0.14
12/06/2014	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
13/06/2014	0.00	0.60	0.10	0.70	0.30	0.80
14/06/2014	0.10	4.00	2.20	1.40	1.60	3.60
15/06/2014	0.00	0.00	0.10	0.10	0.00	0.30
16/06/2014	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.20
17/06/2014	0.00	0.20	0.00	0.00	0.00	0.30
18/06/2014	0.00	0.20	0.10	0.00	0.00	0.00
19/06/2014	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.10
20/06/2014	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Fecha	P(mm) Narancay	P(mm) Huizhil	P(mm) Ricaurte	P(mm) Challuabamba	P(mm) Totoracocha	P(mm) El Valle
21/06/2014	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
22/06/2014	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
23/06/2014	0.10	0.90	0.00	0.00	0.70	0.10
24/06/2014	0.10	0.09	0.40	0.20	0.60	1.00
25/06/2014	0.20	0.00	2.10	4.80	6.00	6.60
26/06/2014	0.20	0.50	5.20	0.10	0.40	0.00
27/06/2014	0.00	0.10	0.10	0.30	0.00	0.00
28/06/2014	0.10	0.00	0.00	2.00	0.00	0.00
29/06/2014	0.00	0.00	0.10	0.10	0.00	0.00
30/06/2014	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
01/07/2014	0.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
02/07/2014	0.70	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
03/07/2014	2.30	0.90	0.50	1.10	0.50	1.20
04/07/2014	0.50	0.40	1.00	0.10	0.00	0.10
05/07/2014	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
06/07/2014	0.10	0.70	0.10	0.50	0.50	1.30
07/07/2014	20.23	18.40	29.58	22.50	19.10	19.70
08/07/2014	0.20	0.80	6.80	1.40	1.10	0.70
09/07/2014	0.10	0.00	4.70	0.00	0.00	0.00
10/07/2014	0.10	0.90	1.30	0.70	0.10	0.10
11/07/2014	0.00	0.00	0.30	0.10	0.00	0.10
12/07/2014	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
13/07/2014	0.10	0.10	0.00	0.30	0.00	0.30
14/07/2014	0.10	0.60	0.00	0.10	0.00	0.00
15/07/2014	0.00	0.20	0.10	0.10	0.10	0.30
16/07/2014	0.10	0.10	0.00	0.00	0.00	0.30
17/07/2014	0.00	4.50	0.00	0.00	2.10	1.80
18/07/2014	0.00	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00
19/07/2014	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
20/07/2014	0.10	3.30	0.20	0.00	1.40	0.20
21/07/2014	0.00	0.60	0.20	0.00	0.00	0.00
22/07/2014	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
23/07/2014	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
24/07/2014	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
25/07/2014	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.20
26/07/2014	0.00	0.40	0.50	0.70	0.40	0.30
27/07/2014	0.00	1.90	1.00	1.00	1.40	1.50
28/07/2014	0.00	0.90	0.40	0.10	0.10	0.10
29/07/2014	0.00	0.10	0.10	0.00	0.00	0.00
30/07/2014	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
31/07/2014	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
01/08/2014	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
02/08/2014	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
03/08/2014	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
04/08/2014	0.00	0.00	0.00	0.10	0.20	1.00
05/08/2014	0.20	5.00	3.20	4.30	2.30	2.10
06/08/2014	5.61	5.10	4.40	4.00	4.90	3.10
07/08/2014	0.00	0.10	0.10	0.00	0.00	0.00
08/08/2014	0.00	0.00	0.50	0.50	0.10	0.20
09/08/2014	0.00	0.00	0.10	0.00	0.00	2.60
10/08/2014	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.10

<b>Fecha</b>	<b>P(mm) Narancay</b>	<b>P(mm) Huizhil</b>	<b>P(mm) Ricaurte</b>	<b>P(mm) Challuabamba</b>	<b>P(mm) Totoracocha</b>	<b>P(mm) El Valle</b>
11/08/2014	0.00	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00
12/08/2014	0.10	0.40	1.40	1.10	0.40	3.30
13/08/2014	0.00	0.60	0.70	0.60	0.40	0.40
14/08/2014	0.00	0.00	0.00	0.00	3.50	0.00
15/08/2014	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.40
16/08/2014	0.00	1.20	2.30	0.00	1.00	0.70
17/08/2014	0.00	0.00	0.10	0.00	0.00	0.00
18/08/2014	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
19/08/2014	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
20/08/2014	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
21/08/2014	4.40	3.20	0.00	0.00	0.00	0.00
22/08/2014	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
23/08/2014	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
24/08/2014	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
25/08/2014	0.50	0.10	0.00	0.00	0.00	2.30
26/08/2014	0.60	0.20	0.10	0.10	0.60	0.70
27/08/2014	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
28/08/2014	0.00	0.50	0.00	0.00	0.00	0.00
29/08/2014	0.00	0.00	0.10	0.00	0.00	0.00
30/08/2014	0.30	0.20	0.10	0.50	0.00	0.30
31/08/2014	0.00	0.00	0.10	0.10	0.00	0.10
01/09/2014	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
02/09/2014	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
03/09/2014	0.00	0.00	0.20	0.10	0.00	0.00
04/09/2014	0.00	0.20	0.00	0.10	0.00	0.00
05/09/2014	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
06/09/2014	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
07/09/2014	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
08/09/2014	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
09/09/2014	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
10/09/2014	0.00	0.20	0.00	0.00	0.00	0.00
11/09/2014	1.00	2.50	4.40	0.90	0.80	0.50
12/09/2014	0.77	0.70	0.90	0.60	0.40	1.30
13/09/2014	0.70	0.64	0.00	0.00	6.00	1.10
14/09/2014	0.10	0.30	0.00	0.00	0.10	0.20
15/09/2014	16.82	15.30	10.50	12.40	13.00	10.20
16/09/2014	0.77	0.70	1.00	1.20	0.80	1.60
17/09/2014	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
18/09/2014	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
19/09/2014	0.00	0.20	0.00	0.00	0.00	0.00
20/09/2014	4.51	4.10	0.70	2.10	0.00	0.00
21/09/2014	6.60	1.40	0.20	0.30	0.00	0.00
22/09/2014	13.20	16.60	1.30	0.00	10.40	10.85
23/09/2014	2.97	2.70	0.80	1.00	1.30	1.20
24/09/2014	0.90	0.90	0.70	0.90	0.40	0.40
25/09/2014	0.00	0.00	0.10	0.00	0.00	0.00
26/09/2014	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
27/09/2014	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Fecha	P(mm) Narancay	P(mm) Huizhil	P(mm) Ricaurte	P(mm) Challuabamba	P(mm) Totoracocha	P(mm) El Valle
28/09/2014	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
29/09/2014	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
30/09/2014	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
01/10/2014	0.10	0.50	1.20	0.60	0.10	0.20
02/10/2014	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.20
03/10/2014	0.00	0.00	0.00	0.00	0.10	0.00
04/10/2014	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
05/10/2014	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
06/10/2014	0.20	0.10	0.20	0.10	0.00	0.00
07/10/2014	0.20	11.00	3.20	0.90	4.80	5.80
08/10/2014	0.20	0.00	0.00	0.10	0.50	0.10
09/10/2014	10.22	9.30	14.20	10.80	8.40	6.40
10/10/2014	5.39	4.90	13.80	10.90	11.20	7.50
11/10/2014	35.51	32.30	20.00	18.70	28.60	29.86
12/10/2014	0.20	0.18	5.90	2.20	1.15	1.20
13/10/2014	0.10	0.20	0.00	0.20	0.00	1.10
14/10/2014	0.10	0.40	0.10	0.10	0.00	1.00
15/10/2014	0.20	2.60	1.90	2.70	2.40	0.60
16/10/2014	0.10	2.20	2.00	1.30	2.90	1.00
17/10/2014	0.10	0.70	0.90	0.30	0.70	2.10
18/10/2014	0.10	2.90	0.00	0.00	0.30	2.20
19/10/2014	0.00	0.10	0.00	0.00	0.00	3.40
20/10/2014	0.10	1.30	0.00	0.00	0.00	1.20
21/10/2014	0.10	2.20	0.50	0.00	0.60	0.80
22/10/2014	0.00	2.30	0.00	0.00	0.00	0.40
23/10/2014	0.10	1.60	3.10	2.30	1.80	0.10
24/10/2014	0.00	0.00	6.97	5.30	1.50	0.30
25/10/2014	0.10	0.09	0.40	0.30	0.60	0.00
26/10/2014	0.00	0.00	1.20	3.60	1.70	0.20
27/10/2014	0.00	0.00	0.70	1.60	0.00	0.90
28/10/2014	0.00	3.50	0.10	0.10	0.00	0.90
29/10/2014	0.90	1.40	2.23	1.70	3.30	3.40
30/10/2014	1.80	2.00	0.00	0.30	0.20	0.10
31/10/2014	0.00	0.00	0.00	0.00	0.20	0.00
01/11/2014	0.00	0.70	10.39	7.90	10.60	11.06
02/11/2014	0.00	0.00	0.10	0.10	0.00	0.10
03/11/2014	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
04/11/2014	15.00	16.90	2.10	1.10	9.50	9.92
05/11/2014	0.00	0.20	7.50	5.71	3.90	0.60
06/11/2014	6.50	5.10	0.10	0.00	0.10	0.00
07/11/2014	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
08/11/2014	13.20	23.70	0.30	0.00	1.34	1.40
09/11/2014	3.80	8.40	6.97	5.30	10.20	10.65
10/11/2014	11.90	12.20	0.80	0.10	11.90	12.43
11/11/2014	0.10	0.00	0.40	2.00	0.00	0.20
12/11/2014	2.20	4.50	0.70	0.30	1.10	1.50
13/11/2014	0.30	0.20	0.00	0.00	0.00	0.10
14/11/2014	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
15/11/2014	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
16/11/2014	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Fecha	P(mm) Narancay	P(mm) Huizhil	P(mm) Ricaurte	P(mm) Challuabamba	P(mm) Totoracocha	P(mm) El Valle
17/11/2014	0.20	0.00	0.10	0.00	0.00	0.00
18/11/2014	4.20	4.50	32.10	26.70	10.10	5.60
19/11/2014	0.00	0.00	0.00	0.10	0.00	0.00
20/11/2014	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
21/11/2014	0.00	0.00	0.00	1.70	0.00	0.00
22/11/2014	0.00	0.00	0.00	0.30	0.00	0.00
23/11/2014	0.70	0.60	0.20	0.80	0.00	0.80
24/11/2014	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.10
25/11/2014	10.90	7.10	2.30	7.60	6.20	7.10
26/11/2014	0.40	1.30	0.20	1.80	2.50	2.60
27/11/2014	0.50	2.50	1.84	1.40	1.00	3.10
28/11/2014	0.00	0.10	0.10	0.00	0.00	0.10
29/11/2014	0.00	0.00	0.00	0.10	0.00	0.30
30/11/2014	0.00	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00
01/12/2014	0.20	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00
02/12/2014	0.00	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00
03/12/2014	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
04/12/2014	0.60	0.50	1.90	0.90	0.30	1.30
05/12/2014	4.90	1.70	1.10	1.40	0.60	3.20
06/12/2014	0.00	0.00	0.00	0.00	0.10	0.00
07/12/2014	0.40	0.70	1.90	1.45	1.00	1.40
08/12/2014	0.00	0.00	2.00	2.30	0.00	0.00
09/12/2014	2.80	8.50	0.10	3.90	0.30	0.00
10/12/2014	0.00	0.00	0.10	0.00	0.00	0.00
11/12/2014	0.00	0.20	8.70	11.60	0.10	0.00
12/12/2014	11.11	10.10	28.80	26.50	0.80	4.90
13/12/2014	0.10	0.30	0.00	0.00	0.00	0.00
14/12/2014	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
15/12/2014	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
16/12/2014	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
17/12/2014	0.10	2.50	5.92	4.50	4.90	1.30
18/12/2014	0.00	0.00	0.10	0.00	0.00	0.00
19/12/2014	4.20	5.30	18.40	14.00	5.40	12.60
20/12/2014	0.60	0.70	1.00	1.10	0.10	0.00
21/12/2014	5.10	5.10	25.50	23.50	1.50	2.20
22/12/2014	1.80	2.20	0.90	1.10	1.60	4.20
23/12/2014	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
24/12/2014	0.10	0.30	0.60	0.50	0.00	0.30
25/12/2014	0.10	0.20	0.00	0.00	0.00	0.00
26/12/2014	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
27/12/2014	0.60	1.00	0.20	0.20	0.40	0.70
28/12/2014	1.20	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00
29/12/2014	0.30	0.70	0.10	0.00	0.00	0.00
30/12/2014	0.50	0.20	0.20	0.50	0.20	0.80
31/12/2014	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
01/01/2015	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
02/01/2015	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
03/01/2015	0.10	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00
04/01/2015	0.40	0.90	0.20	0.00	0.00	0.00
05/01/2015	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Fecha	P(mm) Narancay	P(mm) Huizhil	P(mm) Ricaurte	P(mm) Challuabamba	P(mm) Totoracocha	P(mm) El Valle
05/01/2015	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
06/01/2015	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
07/01/2015	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
08/01/2015	0.00	0.10	0.00	0.00	0.00	0.20
09/01/2015	1.70	3.10	1.90	1.40	0.90	1.00
10/01/2015	0.30	0.80	0.30	0.60	0.40	1.20
11/01/2015	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
12/01/2015	0.00	0.10	0.00	0.40	0.00	0.00
13/01/2015	1.20	0.40	0.00	0.10	0.00	0.40
14/01/2015	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
15/01/2015	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
16/01/2015	0.00	0.00	2.10	4.40	0.00	0.00
17/01/2015	10.80	16.70	1.10	2.90	18.70	25.30
18/01/2015	4.10	8.10	2.40	3.70	2.20	3.30
19/01/2015	8.80	12.10	13.80	10.50	10.60	11.07
20/01/2015	9.40	10.20	5.30	3.30	3.80	5.90
21/01/2015	16.05	14.60	6.10	4.00	10.60	16.80
22/01/2015	6.00	4.20	1.90	2.10	1.20	1.30
23/01/2015	3.00	9.00	1.00	0.70	1.15	1.20
24/01/2015	10.50	9.55	8.90	7.70	10.10	10.44
25/01/2015	0.00	0.50	0.00	0.20	0.00	0.00
26/01/2015	3.80	4.40	0.00	0.00	2.20	2.30
27/01/2015	5.30	5.20	6.30	8.30	21.30	20.80
28/01/2015	1.90	1.40	0.30	0.80	1.60	2.80
29/01/2015	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
30/01/2015	0.20	0.10	0.10	0.00	0.00	0.00
31/01/2015	0.80	1.10	0.30	0.10	0.00	0.30
01/02/2015	0.40	0.70	0.60	2.00	0.60	0.70
02/02/2015	1.40	0.00	0.00	0.00	0.20	0.00
03/02/2015	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
04/02/2015	3.70	1.30	0.30	0.40	0.20	1.50
05/02/2015	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
06/02/2015	0.00	0.00	0.00	0.60	0.00	0.00
07/02/2015	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.20
08/02/2015	2.90	2.30	0.10	0.00	0.20	0.00
09/02/2015	0.10	0.90	0.00	0.00	0.00	0.00
10/02/2015	0.00	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00
11/02/2015	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
12/02/2015	0.10	0.30	0.00	0.00	0.00	0.00
13/02/2015	0.20	0.00	0.20	0.00	0.00	0.00
14/02/2015	0.00	0.00	0.10	0.00	0.00	0.00
15/02/2015	0.00	0.00	0.00	0.10	0.00	0.00
16/02/2015	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
17/02/2015	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
18/02/2015	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
19/02/2015	0.00	0.00	0.00	2.30	0.00	0.00
20/02/2015	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
21/02/2015	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
22/02/2015	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
23/02/2015	0.00	0.00	0.20	0.00	0.00	0.00

Fecha	P(mm) Narancay	P(mm) Huizhil	P(mm) Ricaurte	P(mm) Challuabamba	P(mm) Totoracocha	P(mm) El Valle
24/02/2015	8.50	9.60	2.80	0.70	2.49	2.60
25/02/2015	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
26/02/2015	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
27/02/2015	0.00	0.00	0.10	0.30	0.00	0.00
28/02/2015	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
01/03/2015	0.00	0.20	0.50	0.00	0.00	0.00
02/03/2015	5.30	11.50	3.94	3.00	17.60	13.60
03/03/2015	2.30	3.50	2.50	1.00	5.70	5.95
04/03/2015	0.50	0.20	1.40	0.40	0.10	0.00
05/03/2015	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
06/03/2015	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
07/03/2015	0.50	2.70	0.20	0.50	0.60	0.70
08/03/2015	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
09/03/2015	0.20	0.20	0.00	0.30	0.00	0.00
10/03/2015	2.20	3.80	0.60	0.30	0.00	0.90
11/03/2015	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
12/03/2015	3.00	1.00	0.00	0.00	0.00	3.30
13/03/2015	0.10	0.10	0.00	0.00	0.80	0.20
14/03/2015	6.30	6.80	0.40	0.60	0.30	6.00
15/03/2015	1.10	0.50	0.30	0.60	0.30	0.10
16/03/2015	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
17/03/2015	2.00	1.90	10.70	8.90	7.10	9.20
18/03/2015	16.60	15.20	25.00	19.40	7.30	10.50
19/03/2015	6.90	1.90	0.40	1.90	0.40	3.50
20/03/2015	14.90	12.00	10.90	8.29	11.90	15.50
21/03/2015	2.40	0.30	0.00	0.30	0.40	0.50
22/03/2015	7.10	6.46	9.60	7.00	3.70	1.00
23/03/2015	0.00	0.00	0.00	0.00	0.30	5.20
24/03/2015	0.00	0.30	30.60	23.27	13.70	14.30
25/03/2015	15.20	13.82	16.30	12.40	14.07	14.70
26/03/2015	6.90	0.20	1.80	4.60	1.50	1.90
27/03/2015	0.00	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00
28/03/2015	13.60	12.37	13.90	11.00	18.50	19.30
29/03/2015	11.70	10.64	3.60	4.70	3.70	6.30
30/03/2015	0.20	0.19	0.30	0.22	0.20	0.20
31/03/2015	6.00	0.20	2.50	1.90	7.40	4.10
01/04/2015	2.20	0.30	0.60	1.10	0.50	0.80
02/04/2015	7.70	0.20	1.50	2.60	3.20	1.00
03/04/2015	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
04/04/2015	0.00	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00
05/04/2015	1.30	0.00	0.10	0.20	0.20	0.60
06/04/2015	0.00	0.00	0.10	0.10	0.00	0.00
07/04/2015	0.00	0.00	0.00	0.00	0.10	0.00
08/04/2015	0.50	1.00	0.10	0.00	0.10	0.00
09/04/2015	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
10/04/2015	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
11/04/2015	0.40	1.20	0.00	0.00	0.00	2.30
12/04/2015	0.80	0.00	0.50	0.10	0.00	0.20
13/04/2015	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.10

Fecha	P(mm) Narancay	P(mm) Huizhil	P(mm) Ricaurte	P(mm) Challuabamba	P(mm) Totoracocha	P(mm) El Valle
14/04/2015	4.60	4.00	2.50	2.00	0.80	4.50
15/04/2015	3.60	3.40	2.20	1.67	8.70	2.90
16/04/2015	5.70	5.18	0.50	6.10	1.15	1.20
17/04/2015	15.10	14.10	21.70	16.50	9.30	8.70
18/04/2015	0.00	0.00	0.20	2.90	0.10	0.20
19/04/2015	0.10	0.10	0.00	0.00	3.60	5.40
20/04/2015	0.00	0.50	0.00	0.00	4.10	0.20
21/04/2015	0.00	0.90	0.40	0.80	0.10	0.60
22/04/2015	0.00	0.00	0.10	0.00	0.10	0.00
23/04/2015	0.00	4.00	0.10	0.00	0.00	0.60
24/04/2015	0.00	3.10	1.90	1.00	1.80	1.10
25/04/2015	0.00	3.00	5.30	7.70	4.60	4.00
26/04/2015	0.00	2.40	4.60	3.30	1.90	1.90
27/04/2015	0.00	1.10	0.40	0.30	0.20	0.50
28/04/2015	0.00	0.80	1.30	1.20	0.10	0.00
29/04/2015	0.70	0.64	1.50	0.70	0.00	0.00
30/04/2015	0.00	0.10	0.00	0.10	0.00	0.00
01/05/2015	2.90	0.00	1.70	1.40	0.00	0.60
02/05/2015	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
03/05/2015	13.90	11.30	12.10	8.80	9.38	9.80
04/05/2015	7.40	5.50	0.70	0.60	12.45	13.00
05/05/2015	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.10
06/05/2015	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
07/05/2015	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
08/05/2015	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
09/05/2015	0.00	0.10	0.10	0.10	0.00	0.00
10/05/2015	0.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.20
11/05/2015	0.30	0.20	0.00	0.00	0.00	0.10
12/05/2015	0.00	0.10	0.00	0.10	0.00	0.30
13/05/2015	1.60	1.10	1.50	1.90	0.80	2.00
14/05/2015	0.10	0.10	0.10	0.00	0.00	0.20
15/05/2015	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
16/05/2015	4.00	4.20	7.20	4.40	3.50	2.70
17/05/2015	0.20	1.30	0.50	0.10	0.10	0.10
18/05/2015	5.50	3.10	0.40	3.90	2.60	1.60
19/05/2015	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.40
20/05/2015	0.70	0.90	0.60	0.50	1.00	1.00
21/05/2015	1.00	2.70	0.10	0.30	0.30	0.40
22/05/2015	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
23/05/2015	3.60	1.50	2.30	3.00	1.50	1.50
24/05/2015	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
25/05/2015	0.00	5.50	0.00	0.00	0.00	0.00
26/05/2015	0.10	0.10	0.30	0.10	0.30	0.10
27/05/2015	0.00	0.10	0.10	0.10	0.00	0.00
28/05/2015	5.60	3.70	1.40	1.90	3.10	5.50
29/05/2015	4.30	3.91	1.00	0.80	0.40	2.10
30/05/2015	0.00	0.10	0.00	0.00	0.00	0.30
31/05/2015	0.30	0.30	0.40	0.30	0.10	1.30
01/06/2015	0.00	0.80	0.10	0.20	0.10	0.10

Fecha	P(mm) Narancay	P(mm) Huizhil	P(mm) Ricaurte	P(mm) Challuabamba	P(mm) Totoracocha	P(mm) El Valle
02/06/2015	0.00	0.00	0.00	0.10	0.00	0.10
03/06/2015	0.10	0.20	0.00	0.10	0.10	0.20
04/06/2015	1.20	0.70	2.40	3.70	0.30	2.00
05/06/2015	1.10	2.00	3.50	4.60	1.80	2.60
06/06/2015	0.60	0.40	0.00	0.00	0.80	1.40
07/06/2015	0.40	1.60	0.90	0.40	0.30	0.10
08/06/2015	9.30	12.10	2.10	1.20	2.40	2.51
09/06/2015	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
10/06/2015	2.10	1.00	1.60	2.30	1.30	2.50
11/06/2015	1.30	1.30	1.00	1.70	1.20	0.50
12/06/2015	1.10	0.90	2.20	1.00	0.30	1.10
13/06/2015	4.90	2.40	0.80	1.60	1.50	3.50
14/06/2015	2.60	0.30	0.00	0.00	0.00	0.00
15/06/2015	0.10	0.00	0.10	0.40	0.10	0.40
16/06/2015	1.80	1.10	0.90	1.00	1.60	1.80
17/06/2015	1.40	1.20	1.70	2.50	1.50	1.50
18/06/2015	0.00	1.10	0.00	0.00	0.50	0.10
19/06/2015	2.70	3.60	3.40	3.50	2.90	0.40
20/06/2015	0.30	0.70	0.60	0.90	0.10	0.20
21/06/2015	0.00	0.00	0.10	0.00	0.00	0.00
22/06/2015	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
23/06/2015	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
24/06/2015	0.00	0.40	0.70	1.10	0.10	0.80
25/06/2015	0.90	3.20	2.10	3.10	1.40	1.60
26/06/2015	0.50	0.50	1.00	1.20	0.40	1.00
27/06/2015	0.00	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00
28/06/2015	1.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.10
29/06/2015	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
30/06/2015	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
01/07/2015	0.80	0.50	0.00	0.10	0.10	0.00
02/07/2015	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
03/07/2015	0.00	0.00	0.00	0.10	0.00	0.00
04/07/2015	1.80	0.10	0.40	0.40	0.00	2.00
05/07/2015	5.70	4.70	2.10	3.90	2.50	3.10
06/07/2015	8.10	5.10	0.30	0.30	0.96	1.00
07/07/2015	8.40	7.50	0.20	0.00	0.50	0.80
08/07/2015	3.40	3.80	1.20	1.10	1.00	1.00
09/07/2015	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.90
10/07/2015	1.30	0.70	0.00	0.00	0.00	0.60
11/07/2015	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.40
12/07/2015	6.30	3.40	0.90	0.40	0.60	0.10
13/07/2015	0.10	0.10	0.00	0.00	0.00	0.10
14/07/2015	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
15/07/2015	0.00	0.40	0.10	0.20	0.20	0.00
16/07/2015	0.50	0.40	0.00	0.20	0.00	0.00
17/07/2015	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
18/07/2015	4.40	3.20	1.40	0.90	1.50	0.10
19/07/2015	0.10	0.60	0.50	0.60	0.30	0.00
20/07/2015	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Fecha	P(mm) Narancay	P(mm) Huizhil	P(mm) Ricaurte	P(mm) Challuabamba	P(mm) Totoracocha	P(mm) El Valle
21/07/2015	1.90	2.60	1.50	0.80	0.60	0.00
22/07/2015	8.00	6.10	4.60	4.00	7.50	0.00
23/07/2015	2.30	2.20	1.30	1.00	0.70	0.00
24/07/2015	0.00	0.10	0.10	0.00	0.00	0.10
25/07/2015	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.10
26/07/2015	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.40
27/07/2015	0.70	1.60	0.20	0.50	0.70	1.90
28/07/2015	0.70	0.70	0.40	1.40	1.00	1.80
29/07/2015	2.50	2.40	2.40	0.80	1.20	1.70
30/07/2015	3.40	3.70	2.40	3.90	3.40	4.80
31/07/2015	0.10	0.10	0.30	0.40	0.00	0.10
01/08/2015	0.00	0.40	0.10	0.10	0.00	0.00
02/08/2015	0.20	0.40	0.10	0.20	0.00	0.00
03/08/2015	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
04/08/2015	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.10
05/08/2015	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.30
06/08/2015	0.00	0.00	0.10	0.00	0.00	0.00
07/08/2015	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
08/08/2015	0.20	0.40	0.70	0.80	0.20	0.10
09/08/2015	2.90	7.60	2.70	5.30	8.20	6.00
10/08/2015	3.00	0.00	0.10	0.00	0.00	0.10
11/08/2015	0.00	0.00	0.00	0.10	0.10	0.20
12/08/2015	0.00	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00
13/08/2015	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
14/08/2015	1.00	0.50	0.30	0.20	0.00	2.10
15/08/2015	1.20	0.10	0.10	0.20	0.00	0.30
16/08/2015	0.10	0.30	0.00	0.00	0.20	0.00
17/08/2015	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
18/08/2015	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.10
19/08/2015	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
20/08/2015	0.40	0.00	0.00	0.00	0.10	0.00
21/08/2015	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
22/08/2015	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
23/08/2015	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
24/08/2015	0.00	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00
25/08/2015	0.10	0.30	0.10	0.00	0.10	0.00
26/08/2015	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
27/08/2015	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
28/08/2015	0.80	1.30	0.40	0.20	0.20	0.70
29/08/2015	0.00	0.40	0.00	0.00	0.00	0.20
30/08/2015	0.30	0.70	0.00	0.00	1.10	0.00
31/08/2015	0.10	0.00	0.00	0.10	0.00	0.10
01/09/2015	0.90	1.30	0.60	1.00	0.30	1.00
02/09/2015	0.80	0.70	0.40	0.50	0.20	0.60
03/09/2015	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
04/09/2015	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
05/09/2015	0.00	2.40	0.00	0.00	0.20	0.00
06/09/2015	1.90	3.10	0.80	0.20	0.90	2.80
07/09/2015	1.30	0.50	1.00	1.20	0.50	0.40

Fecha	P(mm) Narancay	P(mm) Huizhil	P(mm) Ricaurte	P(mm) Challuabamba	P(mm) Totoracocha	P(mm) El Valle
08/09/2015	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
09/09/2015	0.00	0.00	0.00	0.00	0.30	0.00
10/09/2015	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
11/09/2015	0.00	0.00	0.10	0.00	0.00	0.00
12/09/2015	0.00	0.00	0.10	0.00	0.00	0.00
13/09/2015	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
14/09/2015	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
15/09/2015	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
16/09/2015	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
17/09/2015	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
18/09/2015	2.50	4.10	1.60	2.50	0.70	1.20
19/09/2015	1.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.10
20/09/2015	0.50	0.60	0.00	0.00	0.30	0.00
21/09/2015	0.50	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00
22/09/2015	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
23/09/2015	1.60	1.20	0.70	1.60	0.90	0.30
24/09/2015	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
25/09/2015	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
26/09/2015	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
27/09/2015	0.10	0.00	0.00	0.00	0.30	0.00
28/09/2015	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
29/09/2015	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
30/09/2015	4.30	0.90	0.00	0.00	0.00	0.60
01/10/2015	4.70	0.00	0.00	1.80	0.00	0.20
02/10/2015	0.00	0.00	4.60	8.70	3.60	0.00
03/10/2015	0.10	0.40	0.30	0.10	0.10	0.10
04/10/2015	0.90	2.70	1.80	1.90	0.60	0.00
05/10/2015	0.70	0.40	0.50	0.20	0.00	0.10
06/10/2015	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
07/10/2015	0.00	0.00	0.10	0.40	0.00	0.00
08/10/2015	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
09/10/2015	1.00	1.10	0.10	0.10	0.40	0.00
10/10/2015	1.70	3.20	1.00	1.40	0.60	0.00
11/10/2015	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
12/10/2015	4.90	6.30	2.40	0.00	5.80	6.05
13/10/2015	1.90	5.50	0.60	0.00	7.50	7.83
14/10/2015	10.60	4.90	5.30	7.40	9.00	11.60
15/10/2015	12.10	11.00	21.90	16.60	9.30	5.70
16/10/2015	5.70	2.50	1.00	0.00	2.50	3.20
17/10/2015	0.60	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00
18/10/2015	4.90	4.10	0.50	0.50	1.40	2.20
19/10/2015	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
20/10/2015	3.70	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00
21/10/2015	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
22/10/2015	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
23/10/2015	0.60	0.40	0.60	0.00	0.10	0.00
24/10/2015	1.60	0.10	0.00	0.00	1.50	0.00
25/10/2015	0.30	0.30	0.90	0.90	0.50	0.80
26/10/2015	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Fecha	P(mm) Narancay	P(mm) Huizhil	P(mm) Ricaurte	P(mm) Challuabamba	P(mm) Totoracocha	P(mm) El Valle
27/10/2015	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
28/10/2015	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
29/10/2015	4.10	0.70	3.02	2.30	2.70	2.10
30/10/2015	4.60	2.70	8.90	9.90	5.20	4.00
31/10/2015	0.80	2.30	0.60	4.40	1.40	1.30
01/11/2015	0.10	0.30	0.20	0.10	0.00	0.00
02/11/2015	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
03/11/2015	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
04/11/2015	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
05/11/2015	0.00	0.00	0.00	0.00	0.50	2.60
06/11/2015	0.00	0.00	1.60	4.80	1.50	4.30
07/11/2015	0.00	0.00	0.10	0.10	0.00	0.10
08/11/2015	0.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
09/11/2015	2.00	0.00	0.70	1.10	1.40	1.00
10/11/2015	1.80	0.00	2.50	3.00	1.80	1.30
11/11/2015	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
12/11/2015	0.20	0.00	0.80	0.70	0.10	0.40
13/11/2015	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.10
14/11/2015	1.60	0.00	0.00	0.00	0.00	0.20
15/11/2015	1.20	0.00	1.00	1.20	0.80	0.70
16/11/2015	0.00	0.00	0.10	0.00	0.00	0.00
17/11/2015	1.70	0.00	0.00	0.00	0.10	0.90
18/11/2015	6.00	5.46	2.30	0.60	3.50	0.00
19/11/2015	3.80	18.40	0.90	0.10	1.70	0.00
20/11/2015	0.00	0.00	0.00	0.10	0.00	0.10
21/11/2015	10.70	10.50	16.10	12.00	10.10	10.20
22/11/2015	7.20	9.60	2.30	2.10	2.20	1.70
23/11/2015	5.10	4.64	5.92	4.50	6.50	7.90
24/11/2015	0.11	0.10	4.60	11.00	6.70	7.00
25/11/2015	0.80	0.73	1.90	0.80	2.30	0.20
26/11/2015	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
27/11/2015	0.00	0.00	0.00	0.70	0.00	1.90
28/11/2015	1.30	1.18	0.00	0.20	1.40	0.80
29/11/2015	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
30/11/2015	0.90	0.82	0.00	0.10	2.30	0.10
01/12/2015	0.60	0.55	0.00	0.00	0.20	0.20
02/12/2015	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
03/12/2015	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
04/12/2015	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
05/12/2015	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.10
06/12/2015	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
07/12/2015	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
08/12/2015	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
09/12/2015	0.50	0.45	0.00	0.10	0.00	0.10
10/12/2015	0.10	0.09	0.00	0.10	0.00	0.00
11/12/2015	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
12/12/2015	0.00	0.00	0.40	0.00	0.00	0.00
13/12/2015	0.20	0.18	0.30	0.20	0.00	0.60
14/12/2015	2.60	2.36	2.20	4.00	2.60	2.20

Fecha	P(mm) Narancay	P(mm) Huizhil	P(mm) Ricaurte	P(mm) Challuabamba	P(mm) Totoracocha	P(mm) El Valle
15/12/2015	0.00	0.00	14.90	15.90	10.40	13.40
16/12/2015	0.00	0.00	0.10	0.00	0.00	0.00
17/12/2015	0.00	0.10	0.00	0.30	0.00	0.00
18/12/2015	0.40	2.70	0.30	0.00	2.90	1.30
19/12/2015	0.20	0.20	0.10	0.10	0.10	0.40
20/12/2015	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
21/12/2015	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
22/12/2015	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
23/12/2015	0.00	0.40	0.00	0.20	0.00	0.50
24/12/2015	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
25/12/2015	0.10	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00
26/12/2015	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
27/12/2015	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
28/12/2015	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
29/12/2015	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
30/12/2015	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
31/12/2015	0.10	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00
01/01/2016	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
02/01/2016	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
03/01/2016	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
04/01/2016	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
05/01/2016	0.00	0.00	3.10	4.10	0.90	0.00
06/01/2016	1.00	0.91	0.80	0.00	0.20	0.60
07/01/2016	0.10	0.00	0.10	0.00	0.30	0.10
08/01/2016	6.30	14.10	11.70	8.90	10.60	9.10
09/01/2016	0.40	0.00	0.79	0.60	0.00	2.10
10/01/2016	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
11/01/2016	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
12/01/2016	0.00	2.70	0.10	0.00	0.90	4.60
13/01/2016	9.60	4.20	8.15	6.20	12.50	13.05
14/01/2016	3.20	2.10	2.80	0.40	2.20	0.00
15/01/2016	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
16/01/2016	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
17/01/2016	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
18/01/2016	0.80	0.00	0.00	0.00	0.00	0.10
19/01/2016	3.30	4.10	1.70	0.00	2.68	2.80
20/01/2016	7.30	2.80	0.10	0.20	0.40	7.60
21/01/2016	5.40	4.70	3.30	2.20	2.70	3.60
22/01/2016	0.00	0.10	0.00	0.10	0.00	0.10
23/01/2016	0.00	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00
24/01/2016	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
25/01/2016	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
26/01/2016	0.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
27/01/2016	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.10
28/01/2016	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
29/01/2016	0.00	0.00	0.00	0.00	0.30	0.30
30/01/2016	5.30	4.90	4.90	8.50	10.80	9.90
31/01/2016	1.00	0.10	0.00	0.00	0.10	0.20
01/02/2016	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Fecha	P(mm) Narancay	P(mm) Huizhil	P(mm) Ricaurte	P(mm) Challuabamba	P(mm) Totoracocha	P(mm) El Valle
02/02/2016	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
03/02/2016	7.70	5.70	4.00	3.80	2.80	2.50
04/02/2016	10.50	13.20	0.50	0.00	1.80	1.00
05/02/2016	0.20	3.90	0.00	0.00	4.10	0.30
06/02/2016	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
07/02/2016	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
08/02/2016	4.20	5.30	2.00	1.40	2.30	3.30
09/02/2016	1.40	1.30	1.80	1.00	0.60	0.80
10/02/2016	0.90	1.20	1.10	1.70	0.90	0.40
11/02/2016	5.70	4.70	2.40	4.90	2.90	1.30
12/02/2016	0.10	0.20	0.10	0.00	0.30	0.00
13/02/2016	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
14/02/2016	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
15/02/2016	0.00	0.60	0.00	0.10	0.00	0.00
16/02/2016	0.00	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00
17/02/2016	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
18/02/2016	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
19/02/2016	0.20	0.20	0.00	0.30	0.20	0.00
20/02/2016	0.00	0.40	0.10	0.10	0.00	0.00
21/02/2016	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
22/02/2016	0.00	0.10	0.70	0.50	2.50	1.90
23/02/2016	0.00	0.10	0.00	0.00	0.10	0.10
24/02/2016	2.40	0.40	0.10	0.20	0.00	0.70
25/02/2016	0.20	0.10	0.10	0.10	0.00	0.20
26/02/2016	2.40	3.20	4.70	0.00	2.00	2.09
27/02/2016	0.00	0.00	0.10	0.00	0.00	0.10
28/02/2016	1.30	1.80	1.80	1.30	0.90	0.90
29/02/2016	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
01/03/2016	0.00	0.20	0.10	0.00	0.10	0.00
02/03/2016	0.00	0.00	0.00	0.10	0.00	0.00
03/03/2016	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
04/03/2016	16.82	15.30	1.60	2.40	14.27	14.90
05/03/2016	7.59	6.90	5.00	6.00	3.60	4.60
06/03/2016	0.10	0.90	14.00	17.60	0.70	4.20
07/03/2016	5.70	5.30	18.20	23.70	9.30	14.50
08/03/2016	8.70	13.50	14.20	10.80	11.90	16.70
09/03/2016	15.70	15.50	9.10	6.92	10.50	14.80
10/03/2016	17.60	16.20	13.60	10.35	18.90	20.90
11/03/2016	0.00	0.00	1.70	0.10	0.00	0.00
12/03/2016	1.20	0.60	9.00	6.85	0.60	1.50
13/03/2016	15.60	17.90	26.03	19.80	18.40	15.00
14/03/2016	0.00	0.10	0.00	0.10	0.00	0.10
15/03/2016	1.00	1.10	0.00	0.00	0.40	0.20
16/03/2016	0.90	6.60	2.00	0.00	0.40	0.60
17/03/2016	11.70	12.10	5.50	5.60	3.20	9.20
18/03/2016	2.50	5.40	0.40	0.30	4.70	0.20
19/03/2016	0.40	0.80	1.20	1.20	0.70	0.90
20/03/2016	5.70	5.90	8.10	9.80	7.30	8.30
21/03/2016	0.40	0.40	0.00	0.10	0.10	0.70

Fecha	P(mm) Narancay	P(mm) Huizhil	P(mm) Ricaurte	P(mm) Challuabamba	P(mm) Totoracocha	P(mm) El Valle
22/03/2016	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
23/03/2016	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
24/03/2016	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
25/03/2016	0.00	0.00	0.00	0.10	0.00	0.00
26/03/2016	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
27/03/2016	0.00	0.00	0.00	0.10	0.30	0.00
28/03/2016	5.10	4.90	0.00	0.00	1.40	1.46
29/03/2016	0.10	4.90	5.40	4.11	0.00	0.70
30/03/2016	17.26	15.70	0.60	1.00	3.60	0.90
31/03/2016	1.70	5.80	3.20	0.00	5.30	6.80
01/04/2016	1.60	1.80	0.10	0.80	3.00	1.60
02/04/2016	19.70	15.60	28.65	21.80	27.80	29.03
03/04/2016	9.90	10.20	18.40	15.00	9.50	9.30
04/04/2016	0.00	0.00	0.00	4.40	0.00	0.20
05/04/2016	7.60	9.10	11.40	8.67	13.30	7.30
06/04/2016	4.20	7.90	1.50	0.60	1.60	1.70
07/04/2016	5.30	2.70	1.40	2.20	1.80	0.50
08/04/2016	1.20	1.70	0.50	0.50	1.00	1.30
09/04/2016	4.30	3.91	2.40	2.80	0.70	2.50
10/04/2016	9.60	13.10	1.70	1.90	1.63	1.70
11/04/2016	7.60	4.70	2.40	2.10	1.90	3.20
12/04/2016	0.00	1.90	0.20	0.00	0.00	0.00
13/04/2016	0.80	1.40	0.80	2.00	0.70	0.40
14/04/2016	0.30	0.20	10.20	12.70	7.10	0.50
15/04/2016	0.80	0.30	0.70	0.30	0.20	0.50
16/04/2016	11.60	7.30	1.10	1.60	9.00	4.80
17/04/2016	0.40	0.90	0.60	0.20	0.40	0.20
18/04/2016	0.70	0.60	0.00	0.10	0.10	0.00
19/04/2016	2.40	3.40	0.30	0.00	3.30	0.30
20/04/2016	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.30
21/04/2016	0.10	0.00	0.00	0.70	0.00	0.40
22/04/2016	0.10	0.40	0.00	0.10	0.10	1.50
23/04/2016	1.60	2.50	2.80	2.70	2.10	1.50
24/04/2016	0.00	1.10	0.00	0.00	0.40	0.00
25/04/2016	6.00	3.90	0.00	4.70	5.60	6.80
26/04/2016	1.10	1.50	8.60	6.54	8.70	9.08
27/04/2016	1.30	1.18	6.30	2.00	5.10	3.30
28/04/2016	19.30	15.00	15.10	16.90	14.30	18.10
29/04/2016	0.30	0.70	2.50	0.30	1.40	0.00
30/04/2016	10.00	9.60	0.30	0.00	5.80	6.06
01/05/2016	8.10	3.80	0.00	0.00	1.40	6.60
02/05/2016	0.10	0.10	0.00	0.00	0.00	0.10
03/05/2016	0.00	0.00	0.00	0.00	0.10	0.00
04/05/2016	0.00	2.60	0.00	0.00	0.00	0.00
05/05/2016	0.20	0.40	0.10	0.40	0.00	0.20
06/05/2016	2.90	4.20	0.70	3.80	2.90	2.50
07/05/2016	6.30	7.20	0.00	0.10	7.20	3.00
08/05/2016	0.00	0.60	0.00	0.00	0.00	0.00
09/05/2016	6.80	1.46	7.10	5.40	6.69	7.00

Fecha	P(mm) Narancay	P(mm) Huizhil	P(mm) Ricaurte	P(mm) Challuabamba	P(mm) Totoracocha	P(mm) El Valle
10/05/2016	4.20	4.00	3.10	0.70	11.80	12.32
11/05/2016	0.00	0.00	0.10	0.00	0.00	0.00
12/05/2016	0.20	0.80	0.60	1.00	0.20	0.00
13/05/2016	0.10	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00
14/05/2016	2.20	3.20	0.40	0.80	0.90	0.40
15/05/2016	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
16/05/2016	0.90	1.20	0.10	0.50	0.10	0.70
17/05/2016	0.90	1.50	0.40	0.20	1.30	1.90
18/05/2016	0.00	0.20	0.00	0.00	0.00	0.00
19/05/2016	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
20/05/2016	0.10	0.20	0.00	0.10	0.00	0.00
21/05/2016	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
22/05/2016	1.00	1.60	0.00	0.20	1.10	0.10
23/05/2016	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
24/05/2016	4.40	9.90	3.30	5.00	5.40	4.80
25/05/2016	0.30	3.60	0.20	0.40	0.30	1.40
26/05/2016	7.00	8.90	0.00	0.00	0.00	0.50
27/05/2016	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
28/05/2016	7.60	10.30	0.00	3.10	3.70	2.00
29/05/2016	0.60	0.20	0.00	0.30	0.10	0.10
30/05/2016	14.40	13.10	32.08	24.40	8.30	14.00
31/05/2016	0.70	1.40	5.10	2.90	3.60	2.20
01/06/2016	0.70	1.60	0.10	0.30	0.30	0.10
02/06/2016	1.50	1.36	1.60	1.50	0.30	4.60
03/06/2016	11.00	6.10	2.80	3.30	11.10	8.80
04/06/2016	7.90	8.70	0.00	0.00	0.00	0.30
05/06/2016	4.40	7.30	4.60	3.50	5.30	6.30
06/06/2016	6.30	5.30	8.10	7.90	5.30	8.00
07/06/2016	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
08/06/2016	2.70	2.50	1.80	2.20	1.20	3.10
09/06/2016	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
10/06/2016	1.70	1.40	6.60	5.02	4.40	5.90
11/06/2016	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
12/06/2016	15.80	12.20	0.20	0.50	0.40	1.90
13/06/2016	10.10	6.30	2.70	3.10	3.40	3.55
14/06/2016	0.40	0.20	0.40	0.60	0.50	0.20
15/06/2016	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
16/06/2016	0.60	0.20	0.30	0.80	0.40	0.60
17/06/2016	1.10	0.50	0.50	0.90	0.30	0.80
18/06/2016	0.50	2.10	0.10	0.00	1.20	0.20
19/06/2016	3.20	3.80	1.30	1.90	2.80	1.70
20/06/2016	14.20	12.91	1.30	2.40	1.30	0.81
21/06/2016	0.40	0.40	0.20	0.20	0.00	0.29
22/06/2016	1.30	1.40	0.10	0.40	0.50	0.93
23/06/2016	7.50	11.30	1.60	0.10	0.80	5.36
24/06/2016	0.90	0.70	1.00	1.30	0.30	0.64
25/06/2016	0.70	0.10	0.00	0.00	0.00	0.50
26/06/2016	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
27/06/2016	0.00	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00

Fecha	P(mm) Narancay	P(mm) Huizhil	P(mm) Ricaurte	P(mm) Challuabamba	P(mm) Totoracocha	P(mm) El Valle
28/06/2016	0.10	0.10	0.30	0.30	0.00	0.07
29/06/2016	0.10	0.20	0.10	0.20	0.00	0.07
30/06/2016	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
01/07/2016	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
02/07/2016	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
03/07/2016	0.00	0.00	0.00	0.10	0.00	0.00
04/07/2016	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
05/07/2016	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
06/07/2016	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.10
07/07/2016	0.00	0.30	0.00	0.00	0.00	0.20
08/07/2016	0.00	0.20	0.10	0.00	0.00	0.00
09/07/2016	1.10	0.60	0.10	0.70	0.80	0.00
10/07/2016	0.10	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00
11/07/2016	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
12/07/2016	0.00	0.20	0.00	0.00	0.00	0.00
13/07/2016	0.30	0.40	0.00	0.00	0.00	0.00
14/07/2016	0.10	0.20	0.00	0.00	0.00	0.00
15/07/2016	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
16/07/2016	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
17/07/2016	3.80	2.50	0.00	0.00	1.40	0.30
18/07/2016	0.10	0.00	0.10	0.30	0.10	0.20
19/07/2016	1.10	0.80	0.30	0.60	0.20	0.00
20/07/2016	2.00	4.00	4.40	2.10	1.30	0.70
21/07/2016	0.50	0.60	0.50	0.20	0.30	0.10
22/07/2016	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
23/07/2016	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
24/07/2016	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
25/07/2016	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
26/07/2016	2.20	0.40	0.00	0.00	0.60	1.20
27/07/2016	1.20	0.30	0.00	0.00	0.30	0.10
28/07/2016	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
29/07/2016	0.80	2.10	0.70	1.60	1.20	1.60
30/07/2016	1.70	1.30	0.40	0.60	0.30	0.20
31/07/2016	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
01/08/2016	0.00	0.00	0.10	0.00	0.00	0.00
02/08/2016	0.00	0.00	0.00	0.20	0.00	0.00
03/08/2016	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
04/08/2016	4.90	3.30	1.60	1.60	2.40	1.30
05/08/2016	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
06/08/2016	0.10	0.10	0.10	0.10	0.00	0.00
07/08/2016	0.10	0.20	0.90	1.20	0.10	0.50
08/08/2016	0.00	0.00	0.10	0.00	0.00	0.00
09/08/2016	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
10/08/2016	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
11/08/2016	0.70	0.00	0.60	0.80	0.30	0.30
12/08/2016	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.10
13/08/2016	0.00	0.00	0.00	0.10	0.00	0.00
14/08/2016	0.00	0.00	0.00	0.20	0.00	0.00
15/08/2016	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Fecha	P(mm) Narancay	P(mm) Huizhil	P(mm) Ricaurte	P(mm) Challuabamba	P(mm) Totoracocha	P(mm) El Valle
16/08/2016	0.50	0.00	0.20	0.90	0.70	0.10
17/08/2016	0.80	0.00	0.00	0.00	0.00	0.20
18/08/2016	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00	1.20
19/08/2016	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
20/08/2016	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
21/08/2016	0.00	0.00	0.00	0.20	0.00	0.00
22/08/2016	2.00	0.00	1.80	3.20	0.80	3.50
23/08/2016	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
24/08/2016	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
25/08/2016	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
26/08/2016	0.00	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00
27/08/2016	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
28/08/2016	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
29/08/2016	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
30/08/2016	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
31/08/2016	2.40	1.70	3.70	0.60	3.40	7.70
01/09/2016	2.50	1.40	1.90	2.10	1.20	2.00
02/09/2016	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
03/09/2016	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
04/09/2016	0.00	1.80	0.00	0.00	0.00	0.60
05/09/2016	15.20	12.20	8.20	8.30	4.10	0.70
06/09/2016	0.00	1.00	0.00	0.00	0.10	0.00
07/09/2016	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
08/09/2016	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
09/09/2016	0.00	0.00	0.00	0.10	0.00	0.10
10/09/2016	1.40	1.30	3.60	4.90	2.00	2.70
11/09/2016	2.90	4.80	1.40	1.20	1.10	0.60
12/09/2016	0.10	0.10	0.10	0.10	0.00	0.60
13/09/2016	0.00	0.00	0.30	0.00	0.00	0.00
14/09/2016	23.70	21.55	20.50	15.59	16.18	16.90
15/09/2016	4.30	3.70	4.00	4.30	3.60	6.10
16/09/2016	0.00	0.00	0.80	0.80	0.30	0.30
17/09/2016	2.30	4.60	1.10	2.30	1.10	2.30
18/09/2016	3.20	2.10	0.10	0.30	3.20	0.20
19/09/2016	1.60	1.70	3.20	2.40	1.30	1.60
20/09/2016	2.60	0.40	0.00	0.10	0.00	0.40
21/09/2016	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
22/09/2016	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
23/09/2016	2.20	0.30	0.40	0.00	0.30	1.20
24/09/2016	0.00	0.10	0.10	0.00	0.00	0.10
25/09/2016	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
26/09/2016	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
27/09/2016	0.00	0.00	0.00	0.50	2.00	6.00
28/09/2016	1.40	0.90	7.10	5.40	0.60	1.90
29/09/2016	0.00	0.20	0.00	0.00	0.00	0.00
30/09/2016	3.30	0.90	12.70	16.70	8.50	0.60
01/10/2016	1.50	0.60	0.20	0.30	3.70	0.10
02/10/2016	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
03/10/2016	0.00	0.00	0.10	0.70	0.00	0.00

Fecha	P(mm) Narancay	P(mm) Huizhil	P(mm) Ricaurte	P(mm) Challuabamba	P(mm) Totoracocha	P(mm) El Valle
04/10/2016	0.50	0.40	0.10	0.00	1.00	0.70
05/10/2016	5.90	5.37	6.84	5.20	11.20	11.69
06/10/2016	2.50	0.90	19.59	14.90	12.64	13.20
07/10/2016	6.40	5.90	0.50	0.60	2.68	2.80
08/10/2016	0.00	0.00	0.00	0.10	0.00	0.00
09/10/2016	6.80	6.10	1.40	0.00	0.00	0.10
10/10/2016	0.80	1.10	1.10	0.80	0.00	1.20
11/10/2016	0.20	1.30	0.00	0.10	0.00	0.30
12/10/2016	1.30	2.70	6.40	6.00	0.10	0.90
13/10/2016	0.00	0.00	0.10	0.00	0.00	0.50
14/10/2016	0.00	0.00	0.00	0.10	0.00	0.00
15/10/2016	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
16/10/2016	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
17/10/2016	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
18/10/2016	0.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.10
19/10/2016	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
20/10/2016	0.00	0.10	0.00	0.00	0.10	0.00
21/10/2016	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
22/10/2016	6.30	4.90	0.00	0.00	0.00	0.00
23/10/2016	0.00	4.00	4.30	0.50	0.10	1.00
24/10/2016	0.00	2.40	12.90	9.81	0.00	1.70
25/10/2016	0.00	0.10	0.00	0.10	0.00	0.00
26/10/2016	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
27/10/2016	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
28/10/2016	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.10
29/10/2016	1.20	0.20	0.10	0.00	0.00	0.00
30/10/2016	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.10
31/10/2016	0.00	0.00	1.31	1.00	0.10	1.00
01/11/2016	0.00	0.00	0.00	0.20	0.00	0.00
02/11/2016	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
03/11/2016	4.50	2.40	0.10	0.00	0.00	0.00
04/11/2016	1.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.20
05/11/2016	5.50	10.00	0.20	0.00	4.21	4.40
06/11/2016	4.00	5.10	0.30	0.10	1.62	1.70
07/11/2016	1.10	0.20	0.20	0.00	0.00	0.00
08/11/2016	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.40
09/11/2016	0.00	0.00	0.10	0.40	0.00	0.20
10/11/2016	9.80	8.91	16.70	12.70	8.52	8.90
11/11/2016	0.40	0.00	7.40	9.20	5.17	5.40
12/11/2016	0.00	0.00	1.20	0.70	0.00	0.00
13/11/2016	0.00	0.00	0.00	0.10	0.00	0.00
14/11/2016	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
15/11/2016	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
16/11/2016	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
17/11/2016	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
18/11/2016	0.00	0.00	0.00	3.10	0.00	0.00
19/11/2016	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
20/11/2016	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
21/11/2016	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Fecha	P(mm) Narancay	P(mm) Huizhil	P(mm) Ricaurte	P(mm) Challuabamba	P(mm) Totoracocha	P(mm) El Valle
22/11/2016	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
23/11/2016	0.00	0.00	0.00	0.10	0.00	0.00
24/11/2016	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
25/11/2016	1.60	3.10	1.50	1.14	0.00	4.10
26/11/2016	0.50	0.90	0.50	0.80	0.00	0.50
27/11/2016	6.60	6.00	3.94	3.00	0.30	0.00
28/11/2016	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.10
29/11/2016	5.20	5.00	1.00	0.40	0.00	1.60
30/11/2016	0.70	0.40	0.50	0.20	0.00	0.70
01/12/2016	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.10
02/12/2016	0.00	0.20	0.10	2.50	7.57	7.90
03/12/2016	7.90	3.40	5.50	6.40	5.65	5.90
04/12/2016	0.10	0.00	0.00	0.10	0.00	0.10
05/12/2016	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
06/12/2016	0.40	0.00	8.67	6.60	0.10	5.80
07/12/2016	0.00	0.00	0.00	0.10	0.00	0.00
08/12/2016	0.00	0.00	7.80	5.93	0.00	0.00
09/12/2016	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
10/12/2016	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
11/12/2016	0.00	0.00	7.20	5.47	0.00	0.00
12/12/2016	0.20	1.30	0.40	2.70	0.00	0.00
13/12/2016	0.80	0.80	4.50	4.30	0.00	0.00
14/12/2016	16.50	12.50	13.01	9.90	13.60	14.20
15/12/2016	0.20	1.90	0.10	0.10	0.00	0.10
16/12/2016	10.80	12.20	9.50	12.10	7.85	8.20
17/12/2016	0.00	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00
18/12/2016	3.20	4.20	12.80	9.74	13.69	14.30
19/12/2016	1.60	4.90	15.20	11.56	14.75	15.40
20/12/2016	0.20	0.00	0.10	0.00	0.00	1.20
21/12/2016	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
22/12/2016	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
23/12/2016	1.30	1.80	5.80	8.40	4.78	5.00
24/12/2016	4.70	4.50	0.30	0.10	4.79	5.00
25/12/2016	8.80	6.60	0.00	0.00	6.90	7.20
26/12/2016	1.90	1.50	1.70	1.80	7.47	7.80
27/12/2016	2.10	1.50	7.60	5.78	5.17	5.40
28/12/2016	11.32	10.30	1.18	0.90	0.00	0.00
29/12/2016	0.00	0.10	0.10	0.10	0.00	0.00
30/12/2016	2.50	1.00	2.50	1.30	2.30	2.40
31/12/2016	3.20	6.30	0.00	0.00	0.00	0.50
01/01/2017	9.78	8.90	2.00	1.40	0.00	0.20
02/01/2017	0.30	0.00	0.10	0.00	0.00	0.00
03/01/2017	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
04/01/2017	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
05/01/2017	5.10	8.40	12.90	9.81	11.78	12.30
06/01/2017	6.00	6.60	6.50	7.50	4.31	4.50
07/01/2017	0.40	0.00	0.00	0.10	0.00	0.00
08/01/2017	1.80	0.20	0.00	0.00	0.00	0.80
09/01/2017	6.40	6.60	0.10	0.00	0.00	1.30

Fecha	P(mm) Narancay	P(mm) Huizhil	P(mm) Ricaurte	P(mm) Challuabamba	P(mm) Totoracocha	P(mm) El Valle
10/01/2017	9.00	12.20	3.30	5.00	1.96	3.30
11/01/2017	1.80	3.20	9.60	7.30	13.50	14.10
12/01/2017	2.20	2.00	0.30	0.20	2.01	2.10
13/01/2017	5.40	8.10	4.90	8.00	3.26	3.40
14/01/2017	3.20	2.40	2.63	2.00	6.64	0.00
15/01/2017	8.30	8.40	5.30	2.70	0.00	5.93
16/01/2017	0.00	0.00	0.00	0.10	0.00	0.00
17/01/2017	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
18/01/2017	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
19/01/2017	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
20/01/2017	1.10	1.30	5.80	9.40	3.44	0.79
21/01/2017	0.00	0.00	0.20	0.20	0.12	0.00
22/01/2017	1.70	1.50	3.40	5.70	2.02	1.21
23/01/2017	0.00	0.00	0.00	0.10	0.00	0.00
24/01/2017	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
25/01/2017	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
26/01/2017	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
27/01/2017	0.40	0.60	0.10	0.70	0.00	0.29
28/01/2017	0.40	2.60	3.20	0.80	1.90	0.29
29/01/2017	0.00	0.50	0.10	0.10	0.00	0.00
30/01/2017	3.30	2.40	0.50	0.00	0.30	2.36
31/01/2017	0.90	2.80	0.00	0.00	0.00	0.64
01/02/2017	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.07
02/02/2017	11.70	9.50	0.10	0.00	1.20	0.00
03/02/2017	1.50	1.20	0.00	0.10	0.00	1.07
04/02/2017	0.00	0.10	0.00	0.10	0.00	0.00
05/02/2017	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
06/02/2017	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
07/02/2017	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
08/02/2017	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
09/02/2017	8.60	7.90	0.10	0.00	0.00	6.14
10/02/2017	11.43	10.40	7.10	5.40	4.21	4.00
11/02/2017	1.50	3.00	2.10	2.40	1.25	1.07
12/02/2017	0.10	0.20	0.00	0.00	0.00	0.07
13/02/2017	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
14/02/2017	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
15/02/2017	0.20	1.60	0.00	0.00	0.00	0.14
16/02/2017	0.90	0.60	0.40	0.00	0.00	0.00
17/02/2017	4.90	5.00	2.70	2.30	0.60	2.00
18/02/2017	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
19/02/2017	0.10	0.20	4.00	7.80	1.24	1.30
20/02/2017	0.30	0.80	0.00	0.20	1.05	1.10
21/02/2017	3.90	6.00	6.70	9.70	3.83	4.00
22/02/2017	12.00	10.80	9.00	9.20	10.06	10.50
23/02/2017	0.10	0.10	3.20	6.50	0.86	0.90
24/02/2017	4.50	7.00	4.30	8.80	3.35	3.50
25/02/2017	7.30	11.00	14.70	16.40	6.51	6.80
26/02/2017	4.70	6.50	1.20	5.20	2.20	2.30
27/02/2017	2.10	1.10	7.00	3.20	4.60	4.80

<b>Fecha</b>	<b>P(mm) Narancay</b>	<b>P(mm) Huizhil</b>	<b>P(mm) Ricaurte</b>	<b>P(mm) Challuabamba</b>	<b>P(mm) Totoracocha</b>	<b>P(mm) El Valle</b>
28/02/2017	1.80	1.64	5.13	3.90	2.40	2.51
01/03/2017	0.80	0.73	1.58	1.20	0.70	2.40
02/03/2017	4.40	4.00	2.20	1.00	2.20	2.30
03/03/2017	4.50	4.09	0.10	0.30	0.57	0.60
04/03/2017	1.00	2.10	1.20	0.80	1.24	1.30
05/03/2017	0.00	0.00	0.10	0.00	0.00	0.10
06/03/2017	4.90	8.70	0.00	0.00	0.00	0.00
07/03/2017	0.20	1.60	0.30	0.30	0.00	0.00
08/03/2017	3.80	5.50	3.20	0.00	7.95	8.30
09/03/2017	7.60	6.91	2.10	1.60	0.10	4.70
10/03/2017	36.60	32.00	9.20	7.00	9.86	10.30
11/03/2017	2.20	2.80	6.90	5.25	1.60	4.00
12/03/2017	9.30	4.10	0.30	0.20	0.30	1.50
13/03/2017	10.90	9.91	9.60	7.30	0.20	2.40
14/03/2017	13.40	18.10	26.67	20.30	11.97	12.50
15/03/2017	6.60	3.90	5.60	4.26	0.00	3.50
16/03/2017	0.40	0.30	0.40	0.30	0.10	0.10
17/03/2017	0.10	0.30	0.30	0.70	0.00	0.40
18/03/2017	0.30	0.27	1.20	1.30	2.50	2.61
19/03/2017	1.80	4.30	4.00	3.04	1.50	6.80
20/03/2017	2.00	0.10	9.30	3.80	0.00	1.60
21/03/2017	29.00	26.37	4.47	3.40	4.10	10.90
22/03/2017	3.40	3.09	8.40	7.10	14.07	14.70
23/03/2017	0.30	0.27	9.40	5.70	1.81	1.90
24/03/2017	14.90	13.55	15.60	11.20	8.71	9.10
25/03/2017	1.30	0.70	1.30	9.10	0.00	0.10
26/03/2017	7.80	8.70	5.90	6.40	8.43	8.80
27/03/2017	0.00	0.10	0.40	1.20	0.00	0.70
28/03/2017	4.18	3.80	0.30	0.60	0.00	4.00
29/03/2017	18.20	28.50	29.97	22.80	20.00	20.90
30/03/2017	4.10	2.00	3.15	2.40	0.70	1.70
31/03/2017	14.70	19.10	13.50	12.60	9.95	10.40

01/04/2017	0.10	0.10	0.10	0.00	0.00	0.50
02/04/2017	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
03/04/2017	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
04/04/2017	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
05/04/2017	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
06/04/2017	0.00	0.20	0.10	0.20	0.00	0.00
07/04/2017	4.50	3.70	0.80	1.10	2.27	0.20
08/04/2017	6.70	6.00	3.90	2.97	6.13	6.40
09/04/2017	5.20	2.40	4.20	1.80	1.47	1.90
10/04/2017	1.20	1.30	13.20	13.30	6.22	6.50
11/04/2017	2.70	5.40	14.50	8.50	5.17	5.40
12/04/2017	10.60	9.64	3.40	2.20	5.92	1.00
13/04/2017	23.30	28.00	5.50	4.30	9.19	9.60
14/04/2017	5.70	4.50	1.10	0.60	3.50	0.80
15/04/2017	1.30	1.20	0.00	0.00	0.29	0.30
16/04/2017	1.80	3.70	1.70	1.80	0.00	0.00
17/04/2017	0.00	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00

Fecha	P(mm) Narancay	P(mm) Huizhil	P(mm) Ricaurte	P(mm) Challuabamba	P(mm) Totoracocha	P(mm) El Valle
18/04/2017	0.60	1.10	1.30	0.10	0.00	0.00
19/04/2017	0.50	1.60	4.60	7.20	5.27	5.50
20/04/2017	21.90	28.50	28.80	21.80	16.28	17.00
21/04/2017	13.10	5.50	0.20	1.00	8.42	8.80
22/04/2017	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
23/04/2017	0.00	0.00	0.30	0.00	0.00	0.70
24/04/2017	0.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
25/04/2017	2.70	3.30	9.20	15.30	4.69	4.90
26/04/2017	6.90	11.60	9.80	9.40	10.34	10.80
27/04/2017	0.10	0.10	0.10	0.10	0.00	0.10
28/04/2017	0.00	0.00	0.20	0.00	0.00	0.00
29/04/2017	0.10	0.30	0.00	0.00	0.00	0.00
30/04/2017	13.40	12.40	1.10	1.30	6.51	6.80
01/05/2017	0.40	0.60	1.20	2.80	0.71	1.10
02/05/2017	3.20	5.40	1.30	0.90	0.77	4.20
03/05/2017	0.60	0.70	1.20	2.40	0.71	0.40
04/05/2017	2.20	5.40	1.00	0.40	0.59	1.60
05/05/2017	3.70	6.50	8.60	4.40	3.25	5.30
06/05/2017	3.20	5.70	6.90	2.90	2.88	4.70
07/05/2017	4.60	10.50	0.20	0.10	1.90	3.10
08/05/2017	6.60	7.10	1.60	1.90	3.07	5.00
09/05/2017	11.70	9.50	1.00	0.80	1.84	3.00
10/05/2017	11.90	6.50	10.30	8.70	6.80	7.20
11/05/2017	2.20	3.40	1.20	0.80	0.00	1.00
12/05/2017	0.40	0.20	2.70	3.90	0.00	0.10
13/05/2017	0.30	0.40	0.50	0.10	0.00	0.30
14/05/2017	22.90	19.10	17.60	22.50	21.07	22.10
15/05/2017	11.20	10.40	16.60	12.63	9.86	10.30
16/05/2017	0.30	4.00	1.20	6.10	0.00	0.10
17/05/2017	2.40	1.10	2.30	1.70	5.44	5.70
18/05/2017	6.00	16.10	17.90	13.62	9.09	9.50
19/05/2017	0.00	0.10	0.10	0.10	0.00	0.10
20/05/2017	0.10	0.10	0.50	0.80	0.00	0.80
21/05/2017	0.00	0.00	0.10	0.10	0.00	0.20
22/05/2017	0.10	0.50	0.10	0.50	0.00	0.40
23/05/2017	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
24/05/2017	0.90	0.00	0.00	0.00	0.00	0.10
25/05/2017	0.10	0.10	0.00	0.00	0.00	0.20
26/05/2017	1.20	2.70	0.40	0.20	0.00	2.70
27/05/2017	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
28/05/2017	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
29/05/2017	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
30/05/2017	0.20	0.00	0.10	0.00	0.00	0.00
31/05/2017	6.60	8.90	5.20	4.70	0.00	0.40
01/06/2017	0.00	0.00	0.10	0.00	0.00	0.00
02/06/2017	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
03/06/2017	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
04/06/2017	0.30	0.50	2.20	0.40	0.00	0.00
05/06/2017	0.60	0.70	0.70	1.00	0.00	0.40

<b>Fecha</b>	<b>P(mm) Narancay</b>	<b>P(mm) Huizhil</b>	<b>P(mm) Ricaurte</b>	<b>P(mm) Challuabamba</b>	<b>P(mm) Totoracocha</b>	<b>P(mm) El Valle</b>
06/06/2017	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
07/06/2017	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
08/06/2017	0.20	0.20	12.10	15.10	0.00	3.20
09/06/2017	0.50	0.30	0.60	3.20	0.00	0.20
10/06/2017	0.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
11/06/2017	3.50	2.70	8.70	9.80	10.15	10.60
12/06/2017	0.10	0.10	0.20	0.70	0.00	0.20
13/06/2017	17.90	16.70	24.60	23.50	15.04	15.80
14/06/2017	5.60	7.30	6.60	8.40	7.56	7.90
15/06/2017	3.80	2.60	5.00	2.00	0.00	3.20
16/06/2017	5.00	5.20	3.30	3.00	0.00	2.90
17/06/2017	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
18/06/2017	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
19/06/2017	0.70	2.80	0.00	0.00	0.00	0.00
20/06/2017	35.00	25.10	18.10	17.60	16.28	17.10
21/06/2017	4.10	6.50	0.40	0.20	0.00	1.90
22/06/2017	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
23/06/2017	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
24/06/2017	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
25/06/2017	0.90	0.90	0.00	0.10	0.00	0.10
26/06/2017	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
27/06/2017	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
28/06/2017	0.40	0.60	0.00	0.30	0.00	0.80
29/06/2017	1.40	3.40	0.40	0.90	3.35	3.50
30/06/2017	0.00	0.10	0.10	0.00	0.00	0.00
01/07/2017	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
02/07/2017	0.30	0.10	0.00	0.00	0.00	0.10
03/07/2017	0.50	0.50	0.00	0.00	0.00	0.00
04/07/2017	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
05/07/2017	0.10	0.00	0.00	0.20	0.00	0.00
06/07/2017	0.00	1.00	1.00	0.20	0.00	0.00
07/07/2017	0.60	0.60	0.60	0.60	0.70	0.50
08/07/2017	0.00	0.20	0.10	0.00	0.00	0.00
09/07/2017	0.20	0.20	0.00	0.20	0.10	0.50
10/07/2017	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
11/07/2017	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
12/07/2017	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

## Anexo 2. Obtención de la precipitación media Mapa de Isoyetas

FID	Id	Área	Inicio	Fin	P (mm)	Pm*A
0	0	5.605	70	70	70	392.321
1	0	32.392	70	65	67.5	2.186.494
2	0	1.954	70	70	70	136.748
3	0	46.810	65	60	62.5	2.925.608
4	0	37.073	55	60	57.5	2.131.687
5	0	51.654	55	50	52.5	2.711.821
6	0	14.762	50	45	47.5	701.180
<b>Total</b>		<b>190.249</b>				<b>11.185.858</b>
<b>Precipitación media =</b>			<b>58.796</b>	<b>mm</b>		

## Anexo 3. Obtención de la Precipitación Media Polígonos de Thiessen

ESTACION	P(mm)	AREA (km2)	Pi.Ai (km2*mm)	
P(mm) Narancay	65.377	8.666	566.567	
P(mm) Huizhil	74.053	25.186	1.865.074	<b>P(mm)= 60.602</b>
P(mm) Totoracocha	60.186	49.242	2.963.673	
P(mm) El Valle	70.687	17.609	1.244.743	
P(mm) Ricaurte	50.155	23.280	1.167.639	
P(mm) Challuabamba	47.838	23.036	1.102.001	
	<b>Suma</b>	147.020	8.909.697	

## Anexo 4. Datos de Intensidad Curvas IDF

Intensidad en orden Descendente								
N°	Tr	5	10	15	20	30	60	90
1	5	97.2	92.399994	81.2	67.199997	64.399994	37.099997	24.866665
2	2.5	74.4	69.599994	66.8	66.299991	56.599992	34.499996	23.999997
3	1.66666667	55.2	49.799994	41.2	35.699997	30.799998	20.299999	17.333333
4	1.25	52.8	40.799994	34.8	28.4999973	20.999998	14.9	13.4

## Anexo 5. Parámetros de cálculo, método de regresión lineal múltiple

N°	x2	x1	y	y.x1	y.x2	x1^2	x2^2	x1.x2
1	0.699	0.699	1.988	1.389	1.389	0.489	0.489	0.489
2	0.699	0.398	1.872	0.745	1.308	0.158	0.489	0.278
3	0.699	0.222	1.742	0.386	1.218	0.049	0.489	0.155
4	0.699	0.097	1.723	0.167	1.204	0.009	0.489	0.068
5	1.000	0.699	1.966	1.374	1.966	0.489	1.000	0.699
6	1.000	0.398	1.823	0.726	1.823	0.158	1.000	0.398
7	1.000	0.222	1.611	0.357	1.611	0.049	1.000	0.222
8	1.000	0.097	1.598	0.155	1.598	0.009	1.000	0.097
9	1.176	0.699	1.820	1.272	2.140	0.489	1.383	0.822
10	1.176	0.398	1.775	0.706	2.088	0.158	1.383	0.468
11	1.176	0.222	1.615	0.358	1.899	0.049	1.383	0.261
12	1.176	0.097	1.489	0.144	1.751	0.009	1.383	0.114
13	1.301	0.699	1.823	1.275	2.372	0.489	1.693	0.909
14	1.301	0.398	1.787	0.711	2.325	0.158	1.693	0.518
15	1.301	0.222	1.494	0.331	1.944	0.049	1.693	0.289
16	1.301	0.097	1.431	0.139	1.862	0.009	1.693	0.126
17	1.477	0.699	1.751	1.224	2.587	0.489	2.182	1.032
18	1.477	0.398	1.623	0.646	2.398	0.158	2.182	0.588
19	1.477	0.222	1.350	0.300	1.994	0.049	2.182	0.328
20	1.477	0.097	1.310	0.127	1.934	0.009	2.182	0.143
21	1.778	0.699	1.525	1.066	2.712	0.489	3.162	1.243
22	1.778	0.398	1.464	0.583	2.603	0.158	3.162	0.708
23	1.778	0.222	1.279	0.284	2.274	0.049	3.162	0.394
24	1.778	0.097	1.173	0.114	2.086	0.009	3.162	0.172
25	1.954	0.699	1.385	0.968	2.707	0.489	3.819	1.366
26	1.954	0.398	1.349	0.537	2.636	0.158	3.819	0.778
27	1.954	0.222	1.215	0.270	2.374	0.049	3.819	0.434
28	1.954	0.097	1.062	0.103	2.075	0.009	3.819	0.189
<b>Total</b>	<b>37.542</b>	<b>9.910</b>	<b>44.041</b>	<b>16.455</b>	<b>56.878</b>	<b>4.939</b>	<b>54.909</b>	<b>13.287</b>

## Anexo 6. Coeficientes para la obtención de las Curvas IDF

<b>a0</b>		<b>a1</b>		<b>a2</b>	=	<b>cte</b>
28 a0	+	9.909 a1	+	37.542 a2	=	44.041
9.909 a0	+	4.938 a1	+	13.286 a2	=	16.455
37.542 a0	+	13.286 a1	+	54.908 a2	=	56.878
<b>Valores</b>						
a0 =	1.995	k =	98.805	Δt =	10	min
a1 =	0.607	m =	0.607			
a2 =	-0.475	n =	0.475			

## Anexo 7. Obtención de parámetros método regresión lineal múltiple - curvas IDF

**Precipitación máxima: Estación Challuabamba**

<b>Desviación Estándar (Sx)</b>	406.493.646
<b>Sn</b>	0.73147
<b><math>\alpha</math></b>	555.721.555
<b>Media</b>	246.920.084
<b>Yn</b>	0.4458
<b><math>\mu</math></b>	222.146.017
<b>No. de datos</b>	4

## Anexo 8. Obtención de parámetros precipitación máxima y Pearson Tipo III

<b>Año</b>	<b>P.max (24h)</b>	<b># Orden</b>	<b>P &gt; x</b>	<b>F (x)</b>	<b>X (Gumbel)</b>	<b>(P &gt; x)^2</b>
2014	28.600	1.000	0.200	0.800	30.550	0.040
2015	21.300	2.000	0.400	0.600	25.948	0.160
2016	27.800	3.000	0.600	0.400	22.700	0.360
2017	21.068	4.000	0.800	0.200	19.570	0.640
<b>W</b>	<b>z</b>	<b>Cs</b>	<b>(i-promedio^3)</b>	<b>K</b>	<b>kt</b>	<b>yt (Pearson)</b>
1.794	0.841	0.031	59.685	0.005	0.840	28.106
1.354	0.253	0.031	-39.027	0.005	0.248	25.701
1.011	-0.252	0.031	30.022	0.005	-0.257	23.648
0.668	-0.829	0.031	-47.596	0.005	-0.830	21.317