

**UNIVERSIDAD DE HUANUCO**  
**FACULTAD DE INGENIERIA**  
**PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERIA CIVIL**



**TESIS**

---

**“Delimitación de la cuenca del río chaupihuaranga para la estimación de escorrentía superficial en la localidad de Cochachinche-Huánuco-2024”**

---

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

AUTOR: Leandro Almerco, Yean Vitmar

ASESOR: Jacha Rojas, Johnny Prudencio

HUÁNUCO – PERÚ

2025



# U

### TIPO DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN:

- Tesis ( X )
- Trabajo de Suficiencia Profesional ( )
- Trabajo de Investigación ( )
- Trabajo Académico ( )

**LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN:** Hidráulica

**AÑO DE LA LÍNEA DE INVESTIGACIÓN** (2020)

### CAMPO DE CONOCIMIENTO OCDE:

**Área:** Ingeniería, Tecnología

**Sub área:** Ingeniería civil

**Disciplina:** Ingeniería civil

### DATOS DEL PROGRAMA:

Nombre del Grado/Título a recibir: Título Profesional de Ingeniero Civil

Código del Programa: P07

Tipo de Financiamiento:

- Propio ( X )
- UDH ( )
- Fondos Concursables ( )

### DATOS DEL AUTOR:

Documento Nacional de Identidad (DNI): 72195181

### DATOS DEL ASESOR:

Documento Nacional de Identidad (DNI): 40895876

Grado/Título: Doctor en medio ambiente y desarrollo sostenible

Código ORCID: 0000-0001-7920-1304

### DATOS DE LOS JURADOS:

N°	APELLIDOS Y NOMBRES	GRADO	DNI	Código ORCID
1	Jara Trujillo, Alberto Carlos	Maestro en ingeniería, con mención en gestión ambiental y desarrollo sostenible	41891649	0000-0001-8392-1769
2	Arteaga Espinoza, Ingrid Delia Dignarda	Máster en dirección de proyectos	73645168	0009-0001-0745-5433
3	Davila Herrera, Percy Mello	Maestro En Ingeniería, Con Mención En Gestión Ambiental Y Desarrollo Sostenible	41050949	0000-0001-5484-6982

# D

# H

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE  
INGENIERO(A) CIVIL

En la ciudad de Huánuco, siendo las 15:30 horas del día **jueves 16** de octubre de 2025, en cumplimiento de lo señalado en el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad de Huánuco, se reunieron los Jurados Calificadores integrado por los docentes:

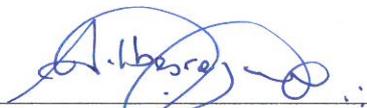
❖ MG. ALBERTO CARLOS JARA TRUJILLO	PRESIDENTE
❖ MG. INGRID DELIA DIGNARDA ARTEAGA ESPINOZA	SECRETARIA
❖ MG. PERCY MELLO DAVILA HERRERA	VOCAL

Nombrados mediante la RESOLUCIÓN No 2074-2025-D-FI-UDH, para evaluar la Tesis intitulada: "DELIMITACIÓN DE LA CUENCA DEL RÍO CHAUPIHUARANGA PARA LA ESTIMACIÓN DE ESCORRENTÍA SUPERFICIAL EN LA LOCALIDAD DE COCHACHINCHE-HUÁNUCO-2024", presentado por el (la) Bachiller. Bach. Yean Vitmar LEANDRO ALMERCOS, para optar el Título Profesional de Ingeniero(a) Civil.

Dicho acto de sustentación se desarrolló en dos etapas: exposición y absolución de preguntas: procediéndose luego a la evaluación por parte de los miembros del Jurado.

Habiendo absuelto las objeciones que le fueron formuladas por los miembros del Jurado y de conformidad con las respectivas disposiciones reglamentarias, procedieron a deliberar y calificar, declarándolo(a) **APROBADO** por **UNANIMIDAD** con el calificativo cuantitativo de **13** y cualitativo de **SUFICIENTE** (Art. 47).

Siendo las **04:15pm** horas del día **16** del mes de octubre del año 2025, los miembros del Jurado Calificador firman la presente Acta en señal de conformidad.

  
MG. ALBERTO CARLOS JARA TRUJILLO  
DNI: 41891649  
ORCID: 0000-0001-8392-1769  
**PRESIDENTE**

  
MG. INGRID DELIA DIGNARDA ARTEAGA ESPINOZA  
DNI: 73645168  
ORCID: 0009-0001-0745-5433  
**SECRETARIO (A)**

  
MG. PERCY MELLO DAVILA HERRERA  
DNI: 41050949  
ORCID: 0000-0001-5484-6982  
**VOCAL**



## UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO

### CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD

El comité de integridad científica, realizó la revisión del trabajo de investigación del estudiante: LEANDRO ALMERCÓ YEAN VITMAR, de la investigación titulada "DELIMITACIÓN DE LA CUENCA DEL RÍO CHAUIHUARANGA PARA LA ESTIMACIÓN DE ESCORRENTÍA SUPERFICIAL EN LA LOCALIDAD DE COCHACHINCHE - HUÁNUCO - 2024", con asesor(a) JOHNNY PRUDENCIO JACHA ROJAS, designado(a) mediante documento: RESOLUCIÓN N° 170-2023-D-FI-UDH del P. A. de INGENIERÍA CIVIL.

Puede constar que la misma tiene un índice de similitud del 18 % verificable en el reporte final del análisis de originalidad mediante el Software Turnitin.

Por lo que concluyo que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio y cumple con todas las normas de la Universidad de Huánuco.

Se expide la presente, a solicitud del interesado para los fines que estime conveniente.

Huánuco, 18 de julio de 2025



RICHARD J. SOLIS TOLEDO  
D.N.I.: 47074047  
cod. ORCID: 0000-0002-7629-6421



MANUEL E. ALIAGA VIDURIZAGA  
D.N.I.: 71345687  
cod. ORCID: 0009-0004-1375-5004

# 83. LEANDRO ALMERCÓ YEAN VITMAR.docx

## INFORME DE ORIGINALIDAD

18%

INDICE DE SIMILITUD

18%

FUENTES DE INTERNET

4%

PUBLICACIONES

7%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

## FUENTES PRIMARIAS

1

[repositorio.udh.edu.pe](https://repositorio.udh.edu.pe)

Fuente de Internet

6%

2

[hdl.handle.net](https://hdl.handle.net)

Fuente de Internet

2%

3

[distancia.udh.edu.pe](https://distancia.udh.edu.pe)

Fuente de Internet

1%

4

[es.scribd.com](https://es.scribd.com)

Fuente de Internet

1%

5

Submitted to

Trabajo del estudiante

1%



RICHARD J. SOLIS TOLEDO

D.N.I.: 47074047

cod. ORCID: 0000-0002-7629-6421



MANUEL E. ALIAGA VIDURIZAGA

D.N.I.: 71345687

cod. ORCID: 0009-0004-1375-5004

## **DEDICATORIA**

Dedico este logro a mis padres, cuyo amor incondicional y sacrificio han sido mi motor constante; a mis profesores, cuya pasión por el conocimiento ha iluminado mi camino; a mis amigos, cuya amistad y apoyo han sido mi refugio en momentos difíciles; y a mi propia determinación, por nunca renunciar a este sueño. Esta tesis es el fruto de su inquebrantable confianza y aliento, y lleva consigo el respeto y la gratitud que merecen.

## **AGRADECIMIENTO**

Con gratitud, extiendo mi reconocimiento a aquellos que hicieron posible esta tesis de pregrado. A mis padres, cuyo apoyo constante y amor incondicional fueron mi impulso; a mis profesores y asesor, por su guía experta; a mis amigos y seres queridos, por su aliento y compañía. Cada contribución ha sido esencial en este logro, y les estoy sinceramente.

# ÍNDICE

DEDICATORIA .....	II
AGRADECIMIENTO .....	III
ÍNDICE.....	IV
ÍNDICE DE TABLAS.....	VII
ÍNDICE DE FIGURAS.....	X
RESUMEN.....	XII
INTRODUCCIÓN.....	XIV
CAPITULO I.....	16
PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....	16
1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA.....	16
1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	17
1.2.1. PROBLEMA GENERAL.....	17
1.2.2. PROBLEMAS ESPECÍFICOS.....	17
1.3. OBJETIVOS.....	17
1.3.1. OBJETIVO GENERAL.....	17
1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	17
1.4. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN.....	18
1.4.1. JUSTIFICACIÓN TEÓRICA.....	18
1.4.2. JUSTIFICACIÓN PRÁCTICA.....	18
1.4.3. JUSTIFICACIÓN METODOLÓGICA.....	18
1.5. LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN.....	19
1.6. VIABILIDAD DE LA INVESTIGACIÓN.....	19
CAPITULO II.....	20
MARCO TEÓRICO.....	20
2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN.....	20
2.1.1. ANTECEDENTES INTERNACIONALES.....	20
2.1.2. ANTECEDENTES NACIONALES.....	23
2.1.3. ANTECEDENTES LOCALES.....	26
2.2. BASES TEÓRICAS.....	28
2.2.1. CICLO HIDROLÓGICO.....	28
2.2.2. CUENCA HIDROGRÁFICA.....	29
2.2.3. PRECIPITACIÓN.....	36

2.2.4. INFILTRACIÓN .....	43
2.2.5. ESCORRENTÍA.....	49
2.2.6. TIEMPO DE CONCENTRACIÓN.....	52
2.2.7. PRUEBA DE BONDAD.....	52
2.2.8. MÉTODO RACIONAL.....	54
2.2.9. MÉTODO DEL SCS.....	56
2.2.10. COBERTURA VEGETAL.....	57
2.3. DEFINICIONES CONCEPTUALES.....	59
2.4. HIPÓTESIS.....	60
2.5. VARIABLES.....	61
2.5.1. VARIABLE DEPENDIENTE.....	61
2.5.2. VARIABLE INDEPENDIENTE.....	61
2.6. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES.....	62
CAPITULO III.....	64
METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.....	64
3.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN.....	64
3.1.1. ENFOQUE.....	64
3.1.2. ALCANCE O NIVEL.....	64
3.1.3. DISEÑO.....	64
3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA.....	64
3.2.1. POBLACIÓN.....	64
3.2.2. MUESTRA.....	65
3.3. TÉCNICAS E INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS.....	65
3.3.1. PARA LA RECOLECCIÓN DE DATOS.....	65
3.3.2. PARA LA PRESENTACIÓN DE DATOS.....	69
3.3.3. PARA EL ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN.....	72
CAPITULO VI.....	77
RESULTADOS.....	77
4.1. PROCESAMIENTO DE DATOS.....	77
4.1.1. DELIMITACIÓN DE CUENCA.....	77
4.1.2. CARACTERIZACIÓN DE PRECIPITACIÓN.....	86
4.1.3. DETERMINACIÓN DE INTENSIDADES.....	104
4.1.4. CÁLCULO DE CAUDALES.....	114
4.1.5. AFORO EN CAUCE.....	115

4.2. CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS.....	120
CAPITULO V.....	123
DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	123
CONCLUSIONES .....	125
RECOMENDACIONES.....	126
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	127
ANEXOS.....	129

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Valores de N .....	47
Tabla 2 Caracterización de suelo.....	49
Tabla 3 Valores de coeficiente de escorrentía .....	55
Tabla 4 Coeficiente de escorrentía en zona urbana .....	55
Tabla 5 Número de curva a partir de la cobertura.....	57
Tabla 6 Clasificación de suelos.....	59
Tabla 7 Operacionalización de variables .....	62
Tabla 8 Ficha de punto de aforo .....	66
Tabla 9 Ficha de ubicaciones de las estaciones.....	67
Tabla 10 Ficha de valores de precipitación.....	67
Tabla 11 Ficha registro de velocidades en puntos de aforo.....	68
Tabla 12 Ficha de parámetros geomorfológicos .....	69
Tabla 13 Ficha complementaria de características.....	70
Tabla 14 Ficha de presentación de datos .....	71
Tabla 15 Ficha de caudales estimados.....	72
Tabla 16 Ficha de estaciones cercanas.....	72
Tabla 17 Ficha de prueba de datos anómalos .....	73
Tabla 18 Ficha de precipitaciones acumuladas .....	74
Tabla 19 Ficha de tormenta de diseño.....	75
Tabla 20 Ficha de parámetros del HEC-HMS.....	75
Tabla 21 Ficha de caudales aforados .....	76
Tabla 22 Punto de aforo en cauce del río Chaupihuranga.....	77
Tabla 23 Parámetros geomorfológicos .....	78
Tabla 24 Pendiente de red hídrica .....	82
Tabla 25 Cálculo del coeficiente de escorrentía .....	84
Tabla 26 Estimación del Número de Curva .....	85
Tabla 27 Estimación del tiempo de concentración.....	85
Tabla 28 Estaciones cercanas .....	86
Tabla 29 Estaciones seleccionadas para la caracterización .....	87
Tabla 30 Ubicaciones de las estaciones.....	87
Tabla 31 Valores de precipitación estación Chavin .....	88
Tabla 32 Valores de precipitación completados para estación Chavin .....	90

Tabla 33 Análisis estadístico de precipitaciones-Estación Chavin.....	93
Tabla 34 Prueba de valores anómalos .....	95
Tabla 35 Identificación de límites-Estación Chavín.....	96
Tabla 36 Valores interpolados para centroide de la cuenca .....	99
Tabla 37 Prueba de valores anómalos-Estación interpolada.....	100
Tabla 38 Identificación de límites-Estación Interpolada .....	101
Tabla 39 Resumen de pruebas de bondad.....	108
Tabla 40 Distribución adecuada para los datos .....	108
Tabla 41 Precipitaciones en diferentes periodos de retorno .....	108
Tabla 42 Valores ajustados y probabilidad de Excedencia.....	109
Tabla 43 Coeficientes de la ecuación de la intensidad .....	110
Tabla 44 Intensidades máximas en diferentes periodos de duración .....	110
Tabla 45 Parámetros de la tormenta de diseño .....	111
Tabla 46 Estimación de la curva IDF, Patrón de Tormenta y Hidrograma ..	112
Tabla 47 Hidrograma de diseño.....	114
Tabla 48 Parámetros HEC-HMS.....	114
Tabla 49 Resumen de Caudales estimados .....	115
Tabla 50 Resúmenes de áreas de secciones .....	118
Tabla 51 Registro de Velocidades en puntos de Aforo .....	118
Tabla 52 Valores de Caudal Aforado .....	119
Tabla 53 Comparación de Caudales estimados .....	119
Tabla 54 Precipitaciones en diferentes periodos de retorno .....	121
Tabla 55 Hidrograma de diseño.....	121
Tabla 56 Caudales estimados.....	122
Tabla 57 Matriz de consistencia.....	130
Tabla 58 Valores altitudinales de cuenca .....	132
Tabla 59 Valores de pendiente de cuenca.....	132
Tabla 60 Estación Cochaquillo.....	133
Tabla 61 Estación Huánuco.....	134
Tabla 62 Estación Milpo.....	136
Tabla 63 Estación Oyón.....	137
Tabla 64 Estación Pasco .....	138
Tabla 65 Estación Picoy .....	140
Tabla 66 Estación Surasaca .....	141

Tabla 67 Prueba estadística Huánuco .....	142
Tabla 68 Prueba de valores atípicos Huánuco .....	143
Tabla 69 Prueba estadística Oyón.....	143
Tabla 70 Prueba de valores atípicos Oyón .....	143
Tabla 71 Prueba estadística Pasco .....	144
Tabla 72 Prueba de valores atípicos Pasco.....	144
Tabla 73 Prueba estadística Picoy.....	144
Tabla 74 Prueba de valores atípicos Picoy.....	145
Tabla 75 Serie de lluvias anuales .....	145
Tabla 76 Análisis de doble masa .....	146

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Esquema del ciclo hidrológico .....	29
Figura 2 Clasificación de cuenca de acuerdo al drenaje.....	30
Figura 3 Característica de una cuenca .....	31
Figura 4 Categorización de corrientes .....	32
Figura 5 Pendiente del cauce principal .....	33
Figura 6 Pendiente de cauce .....	34
Figura 7 Pendiente del cauce principal .....	34
Figura 8 Clasificación de corrientes .....	35
Figura 9 Clasificación de corriente por ubicación topográfica o edad geológica .....	35
Figura 10 Esquema de pluviómetro .....	36
Figura 11 Esquema de pluviógrafo .....	37
Figura 12 Pluviograma.....	37
Figura 13 Polígono de Thiessen .....	39
Figura 14 Curva masa .....	40
Figura 15 Curvas de ajuste para datos faltantes .....	41
Figura 16 Curva $h_p$ -A-d .....	42
Figura 17 Curva $h_p$ -A-d interpolado.....	43
Figura 18 Gráfica para la determinación del índice de infiltración.....	46
Figura 19 Altura de lluvia total a partir de curvas.....	47
Figura 20 Esquema de relación entre precipitación y escurrimiento.....	50
Figura 21 Ajuste a partir de la función densidad.....	53
Figura 22 Ajuste por función acumulada.....	54
Figura 23 Sitio web con la delimitación de la zona de influencia de la cuenca .....	65
Figura 24 Servidor de información de la Autoridad Nacional del Agua .....	66
Figura 25 Matriz gráfica para presentación de cartografía.....	69
Figura 26 Ficha de intensidades .....	74
Figura 27 Delimitación de cuenca.....	77
Figura 28 Altitudes de la cuenca de interés .....	79
Figura 29 Curva hipsométrica .....	80
Figura 30 Polígono de frecuencias altitudinales.....	80

Figura 31 Caracterización de pendiente de la cuenca .....	81
Figura 32 Red hídrica de la cuenca .....	82
Figura 33 Perfil de cauce principal.....	83
Figura 34 Tipos de cobertura de cuenca .....	83
Figura 35 Número de curva de cuenca.....	84
Figura 36 Estaciones cercanas.....	86
Figura 37 Límites de precipitación-Estación Chavín .....	96
Figura 38 Límites de precipitación-Estación Huánuco .....	97
Figura 39 Límites de precipitación-Estación Oyón.....	97
Figura 40 Límites de precipitación-Estación Pasco .....	98
Figura 41 Límites de precipitación-Estación Plcoy .....	98
Figura 42 Límites de precipitación-Estación Interpolada .....	102
Figura 43 Resumen de Precipitaciones promedio .....	102
Figura 44 Análisis de Doble Masa .....	103
Figura 45 Prueba de Bondad-Normal .....	104
Figura 46 Prueba de Bondad-Normal 2 Parámetros.....	105
Figura 47 Prueba de Bondad-Gamma 2 Parámetros.....	105
Figura 48 Prueba de Bondad-Gamma 3 Parámetros.....	106
Figura 49 Prueba de Bondad-Pearson tipo III.....	106
Figura 50 Prueba de Bondad-Gumbel .....	107
Figura 51 Prueba de Bondad-Log-Gumbel .....	107
Figura 52 Curva de precipitaciones .....	110
Figura 53 Curva IDF .....	111
Figura 54 Curva IDF PR=5 años.....	113
Figura 55 Patrón de tormenta .....	113
Figura 56 Cálculo de caudal HEC-HMS.....	115
Figura 57 Progresiva 0+011.74.....	116
Figura 58 Progresiva 0+120.00.....	116
Figura 59 Progresiva 0+360.00.....	117
Figura 60 Progresiva 0+480.00.....	117
Figura 61 Progresiva 0+540.00.....	118
Figura 62 Tipos de cobertura de cuenca .....	120

## RESUMEN

Esta investigación se enfocó en la determinación del valor de escorrentía en la cuenca del río Chaupihuaranga, ubicada en Cochachinche, Huánuco, Perú, con el fin de contribuir a la gestión de riesgos de inundación en la región. Para lograr este objetivo, se recopilaron datos geoespaciales, y se utilizaron tres metodologías: el método del número de curva, el método racional y la estimación por aforo en cauce, lo que resultó en la determinación de caudales de 75.30, 40.68 y 98.88 m<sup>3</sup>/s, respectivamente. Además, se caracterizó la geomorfología de la cuenca, determinando un área de 2011.40 km<sup>2</sup>, un perímetro de 372.85 km, un factor de forma de 0.63, un índice de compacidad de 2.33, una densidad de drenaje de 0.52 y un índice de pendiente de 0.22. La caracterización de la pluviometría se basó en datos de estaciones de Chavín, Huánuco, Oyón, Pasco y Picoy, ponderando los valores en función de la distancia al centroide de la cuenca del río Chaupihuaranga. Para el período de estudio de 1993 a 2017, se determinó que la precipitación máxima fue de 13.77 mm, la mínima de 9.06 mm, y la suma total de precipitación alcanzó 292.72 mm en los 25 años de análisis. Finalmente, se estableció un hidrograma para un período de retorno de 5 horas o 300 minutos, identificando un pico de intensidad a los 150 minutos desde el inicio de la tormenta, con un valor de 2.249 mm/hr.

**Palabras Clave:** Escorrentía, caudal, cuenca, pluviometría, precipitación, hidrograma, periodo de retorno, intensidad.

## ABSTRACT

This research focused on determining the runoff value in the Chaupihuaranga River basin, located in Cochachinche, Huánuco, Peru, in order to contribute to flood risk management in the region. To achieve this objective, geospatial data were collected, and three methodologies were used: the curve number method, the rational method and the estimation by channel capacity, which resulted in the determination of flow rates of 75.30, 40.68 and 98.88 m<sup>3</sup>/ s, respectively. In addition, the geomorphology of the basin was characterized, determining an area of 2011.40 km<sup>2</sup>, a perimeter of 372.85 km, a shape factor of 0.63, a compactness index of 2.33, a drainage density of 0.52 and a slope index of 0.22. . The characterization of rainfall was based on data from stations in Chavín, Huánuco, Oyón, Pasco and Picoy, weighting the values based on the distance to the centroid of the Chaupihuaranga river basin. For the study period from 1993 to 2017, it was determined that the maximum precipitation was 13.77 mm, the minimum was 9.06 mm, and the total sum of precipitation reached 292.72 mm in the 25 years of analysis. Finally, a hydrograph was established for a return period of 5 hours or 300 minutes, identifying a peak of intensity at 150 minutes from the start of the storm, with a value of 2,249 mm/hr.

**Keywords:** Runoff, flow, basin, rainfall, precipitation, hydrograph, return period, intensity.

## INTRODUCCIÓN

Esta investigación, tiene como objetivo general determinar el valor de escorrentía en la cuenca del río Chaupihuaranga en Cochachinche-Huánuco. Para lograr este objetivo, se han establecido objetivos específicos que incluyen la recolección de información geoespacial relevante para la cuenca, la relación de valores de escorrentía con datos de precipitación de estaciones cercanas y la generación de un hidrograma específico para la cuenca. Estos objetivos específicos se diseñan para proporcionar una base sólida que permita comprender los patrones hidrológicos en la zona, respaldando así la planificación y ejecución de proyectos de protección y prevención de inundaciones u otros eventos naturales que se puedan generar en la localidad de Cochachinche-Huánuco. La hipótesis de esta investigación sostiene que, a partir de una delimitación hidrológica de la cuenca, será posible estimar con éxito los valores de escorrentía en la cuenca del río Chaupihuaranga, lo que se verificará a lo largo de este estudio. Esto contribuirá significativamente a la gestión de riesgos naturales y a la seguridad de la comunidad local. Con esto la investigación se esquematiza de la siguiente manera:

Capítulo I: En este apartado se plantea el contexto problemático de la zona de interés, el problema general y específicos; así como también su respectivo objetivo general y específicos, y se plantea las justificaciones de la investigación, las limitaciones y su viabilidad de ejecución.

Capítulo II: En este apartado se fundamenta el marco teórico sobre el cual se fundamenta la presente investigación, también se incluyen los planteamientos de hipótesis y sus respectivas variables con su cuadro de operacionalización.

Capítulo III: En este apartado se fundamenta el marco metodológico planteado para la ejecución y obtención de resultados en la investigación.

Capítulo IV: En este apartado se presenta y fundamenta los resultados obtenidos en el proceso de ejecución de la investigación, así como la contrastación de hipótesis con los resultados obtenidos.

Capítulo V: En este apartado se presenta la discusión de resultados basado en la información de antecedentes colocados en capítulos anteriores, las conclusiones y recomendaciones de la investigación.

# CAPITULO I

## PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

### 1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

Según (Isla, 2018), se puede identificar que para el Perú se presentan una serie de fenómenos naturales que generan impactos en la sociedad tanto como implicancias económicas y ambientales, a partir de una revisión estadística se logró identificar que se presentan emergencias recurrentes con daños a la población cada vez más graves. A partir de ello el Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres, establece una serie de investigaciones que identifican ciertas zonas con alto riesgo, pero estas investigaciones no comprenden toda la totalidad del territorio peruano es por ello que se requiere que las autoridades nacionales e investigadores se encarguen de estimar las características de peligro de diferentes zonas con la cual se puedan identificar y mitigar los efectos dañinos que se puedan tener. A partir de la premisa de la falta de información para ciertas zonas del Perú se logró identificar que para la región de Huánuco en la zona del río Chaupihuranga la cual se corresponde al distrito de Huácar se logró identificar que las lluvias variables por estación dándose así que los meses de noviembre a abril son los meses más lluviosos en la zona. En la zona se pudo identificar laderas en forma de cárcavas causado por: un suelo con facilidad de ser removible, poca vegetación en la zona y laderas con pendiente fuerte. Para Sardón (2022) en la investigación: Inventario de datos de eventos de inundaciones del Perú para la zona se pudo identificar un volumen de agua con una probabilidad del 39% de lluvias estimadas para los meses de febrero, se identificó también que para la investigación un tramo del río que comprende a la localidad de Cochachinche en la cual se identificó que en épocas de lluvia podría generar un daño a un total de 170 viviendas ubicadas en la periferia del cauce. Es por ello que es necesario analizar la cuenca que forma el río Chaupihuranga con la finalidad de establecer una serie de datos hidrológicos de escorrentía relevantes en la zona con la cual a futuro se logren estimar proyectos de protección y prevención.

## **1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA**

### **1.2.1. PROBLEMA GENERAL**

¿Qué valor de escorrentía se estima a partir de la delimitación de la cuenca del río Chaupihuaranga en la localidad de Cochachinche-Huánuco?

### **1.2.2. PROBLEMAS ESPECÍFICOS**

¿De qué manera la delimitación hidrológica influye en la precisión de los límites y características físicas de la cuenca del río Chaupihuaranga – Huánuco 2025?

¿Cómo influye la variación espacial y temporal de la precipitación en la estimación de la escorrentía superficial en la cuenca del río Chaupihuaranga - Huánuco 2025?

¿Qué relación existe entre los parámetros morfométricos de la cuenca y los valores de escorrentía estimados mediante el modelo hidrológico aplicado al río Chaupihuaranga - Huánuco 2025?

## **1.3. OBJETIVOS**

### **1.3.1. OBJETIVO GENERAL**

Determinar el valor de escorrentía a partir de la delimitación de la cuenca del río Chaupihuaranga en la localidad de Cochachinche-Huánuco

### **1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

Analizar cómo la delimitación hidrológica influye en la precisión de los límites y en la identificación de las características físicas de la cuenca del río Chaupihuaranga - Huánuco 2025.

Evaluar la influencia de la variación espacial y temporal de la precipitación en la estimación de la escorrentía superficial en la cuenca del río Chaupihuaranga - Huánuco 2025.

Determinar la relación entre los parámetros morfométricos de la cuenca y los valores de escorrentía estimados mediante el modelo hidrológico aplicado al río Chaupihuaranga - Huánuco 2025.

#### **1.4. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN**

##### **1.4.1. JUSTIFICACIÓN TEÓRICA**

La presente investigación ha culminado con la realización de una caracterización exhaustiva de la cuenca del río Chaupihuaranga, proporcionando una base sólida de información hidrológica para la zona. A partir de esta caracterización, se ha logrado parametrizar los valores hidrológicos en la región circundante, ya que presenta características similares a la zona de interés, permitiendo así la extrapolación de datos hidrológicos a áreas cercanas. En última instancia, este estudio ha contribuido significativamente a la recopilación integral de información sobre escorrentía en la zona, allanando el camino para la estimación de futuras medidas estructurales destinadas a mitigar los efectos adversos ante incrementos anómalos en los caudales.

##### **1.4.2. JUSTIFICACIÓN PRÁCTICA**

La información que se pretendía estimar con la investigación se relacionaba directamente con los valores hidrológicos, los cuales fueron de importancia en los cálculos futuros para la estimación de estructuras hidráulicas de la zona y así complementar o proporcionar información cercana al tipo de comportamiento hidrológico en la zona.

##### **1.4.3. JUSTIFICACIÓN METODOLÓGICA**

Con esta investigación se pretendió aplicar metodologías ya planteadas en diversas entidades internacionales con la finalidad de comprobar su validez en la zona y poder así estimar la precisión de los valores estimados, así mismo se afianzó la aplicación de metodologías relacionadas a la hidrología de cuencas y con ello se estimó las caracterizaciones geomorfológicas de la zona de interés.

## **1.5. LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN**

Para la investigación se presentaron limitaciones de información ya que de la revisión bibliográfica no se encontraron investigaciones validadas para la estimación de parámetros hidrológicos y no se cuentan con una estación específica para el aforo del río Chaupihuaranga, sin embargo a partir de métodos de interpolación y traslado de información hidrológica se logró que la información resultante será suficientemente válida para aplicación en futuros diseños hidráulicos o para un refinamiento de información.

## **1.6. VIABILIDAD DE LA INVESTIGACIÓN**

Esta investigación presentó en su contenido información de entidades nacionales validadas y relacionadas con la hidrología con lo cual se tuvo una base de datos confiable y certera para su tratamiento si bien no hubo información en el lugar en específico se estimó que los valores de zonas cercanas se podrían interpolar y reinterpretar para el contexto de la zona de interés y con ello se superaron las limitaciones, considerando así a la investigación como viable en su ejecución.

## **CAPITULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN**

##### **2.1.1. ANTECEDENTES INTERNACIONALES**

Según Bravo (2020), en la investigación que titula “Cambios del uso de suelo e impactos en la escurrentía potencial de la cuenca Chuviscar-Sacramento (Chihuahua, México), modelización con el método de número de curva” elaborada para la Revista Internacional de Ciencias y Tecnología de la Información Geográfica. De la investigación se pudo concluir: Para los resultados cartográficos obtenidos a partir de información espectral se pudo lograr estimar que la confiabilidad es alta estimado que para los años 2000 y 2017 se estimó eficiencias globales de alrededor al 90% y 88% respectivamente, se pudo estimar que los valores del índice Kappa varía entre 0.78 y 0.77 para los años 2000 y 2017 en cada uno de los casos y con ello se aseguró la validación de la información para el análisis de inferencias espaciales. De la cartografía obtenida permitió la realización de traslapes en la cual se logró identificar las variaciones espaciales en el tiempo de análisis, para lo cual se pudo establecer los cambios en relación a la cobertura vegetal y los usos aplicados al suelo de la zona de interés. Del análisis a partir de la matriz de distribución se pudo identificar la pérdida de superficie boscosa y el aumento de la superficie urbana, se pudo estimar a partir de dicha matriz que la superficie de bosque para el año 2000 se estimó en 61417 ha con lo cual para el año 2017 la superficie se estimó en 54001.08 ha, en este intervalo de tiempo se pudo conservar alrededor de 48720 ha de bosque original pero parte de ello se perdieron superficies naturales que se transformaron en matorrales y pastizales. Se pudo observar que los procesos de cambio de potencial de escurrentía son muy variables dentro de toda la cuenca, estos se ven directamente evidenciados en los incrementos o disminuciones del NC, esto se puede generalizar que el aumento se da en zonas relevantes para la hidro-funcionalidad de dicha

cuenca en dicha zona, este efecto va directamente relacionado con la pérdida de bosque o por la transformación de pastizales en zonas urbanas.

Según Moreno (2021), en la investigación que titula “Análisis de la influencia de la cobertura vegetal en los caudales de escorrentía de la cuenca del Arroyo Guayepo” elaborada para la Universidad de Cartagena. De la investigación se pudo concluir: Para la cuenca del arroyo Guayepo se estima un área de drenaje de 59 km<sup>2</sup> con una longitud de cauce principal de 23 km aproximadamente, en la cual se analizan un área aproximada de 21 km<sup>2</sup> y una longitud de cauce de 18 km, en la zona se pudo caracterizar por tener un gran desarrollo urbanístico para los años recientes, avizorándose la evolución de la cuenca rural a una cuenca con gran área urbanizada desarrollándose así infraestructura, vivienda y centros de educación. Para los resultados obtenidos de los parámetros morfométricos se pudo determinar que el valor de índice de compacidad es de 2.38 y el valor de factor de forma es de 0.23 lo cual lo categoriza como una cuenca irregular y alargada y por ello no presenta características de riesgo frente a inundaciones anómalas. Para el periodo temporal de análisis que comprende un total de 19 años la cobertura vegetal en comparación al área de la cuenca comprendió un porcentaje de 98.9%, 98.6% y 96.9% para los años de 2000, 2010 y 2019 respectivamente estimándose así una tasa de variación de alrededor del 0.10% anual. La cobertura total de la cuenca se realizó a partir de su seccionamiento en 6 subcuencas con la finalidad de identificar que zonas de la cuenca presente un alto crecimiento urbano. De la información tratada para la investigación se pudo determinar que el valor de escorrentía para la cuenca fue de 0.35, 0.36 y 0.37 en los años de 2000, 2010 y 2019 respectivamente, dichos valores fueron validados por otras investigaciones realizadas en la zona de interés. Los modelos hidrológicos aplicados en la investigación fueron los del método Racional y el método del SCS para los cuales se obtuvieron diferentes valores de caudales pico de escorrentía en 3 periodos de retorno analizado, se pudo estimar que para un PR de 100 años y un análisis de cobertura para el

año 2000 se obtuvieron caudales de 27.18 y 31.70 m<sup>3</sup>/s por el método racional y del SCS respectivamente, para la cobertura del año 2019 se logró determinar que los caudales son 29.42 y 33.9 m<sup>3</sup>/s por el método racional y del SCS respectivamente para un periodo de retorno de 100 años.

Según Diaz (2019), en la investigación que titula “Estimación de la influencia de la infiltración en el coeficiente de escorrentía en el suelo de la cuenca del arroyo Guayepo de Pontezuela, Cartagena” elaborada para la Universidad de Cartagena. De la investigación se pudo concluir: A partir de la investigación de los factores de profundidad y el comportamiento de la precipitación se pudo predecir el comportamiento de la cuenca en una determinada tormenta a partir del análisis de las variables precipitación e infiltración. Para los valores de precipitación recolectados in situ se pudo determinar que los valores no son muy altos siendo que no superaron los 10 mm de lámina de agua, zonas con precipitaciones medias comprendían el rango de 10 – 50 mm y solo muy pocas lecturas de precipitaciones altas con un valor de 148 mm de lámina de agua. La información relacionada para las precipitaciones máximas anuales obtenidas de registros históricos se pudo evidenciar que las variaciones ocasionadas por los cambios climáticos presentaron precipitaciones anuales mínimas que no superan los 32.5 mm y otros con altas precipitaciones que varían dentro de los 80 a 120 mm. Para la identificación de las variables de infiltración, tipo de suelo y cobertura vegetal se pudo establecer una relación al momento de obtener la información de escorrentía ya que estas son variables debido a la variación de la zona en que se realice el estudio ya que tanto la cobertura y el tipo de suelo es variable en toda la superficie de la cuenca, se logró identificar que los valores de menor escorrentía se localizaron en las partes altas y con mayores valores de escorrentía en la zona baja, de esta forma se logró identificar que la variación del suelo y los usos que se le den pueden generar una serie de correcciones hacia los valores originales. Los valores de infiltración se encuentran en un rango de 45.94 a 120.86 mm a lo largo de toda el área de muestreo y con ello se logra

predecir los comportamientos de la cuenca para diferentes tormentas de análisis. Con la investigación se pudo determinar que los valores del coeficiente de escorrentía son variables de acuerdo a la metodología de selección siendo así que ciertas metodologías que fueron planteadas en otros países no se aplican para la zona de interés en la cual se elabora esta investigación.

### **2.1.2. ANTECEDENTES NACIONALES**

Según Córdova (2018), en la investigación que titula “Generación de escorrentía en la cuenca del río Huayobamba - San Marcos a partir de información climática” para la Universidad Nacional de Cajamarca, se plantean como objetivos: Calcular los caudales promedios mensuales para la cuenca del río Huayobamba en la localidad de San Marcos partiendo de la información climática de la zona, extraer y procesar información cartográfica e información climática, elaborar un modelo hidrológico para estimar los caudales medios mensuales. De la investigación se pudo concluir: De la caracterización geomorfológica de la cuenca se pudo determinar que el área que comprende la cuenca es de 344.61 km<sup>2</sup>, un perímetro de cuenca de 104.36 km, longitud de cauce principal de 33.57 km, con un índice de compacidad de 1.57 y un factor de forma de 0.31. Según la caracterización geomorfológica de la cuenca se puede caracterizar a la cuenca de tamaño mediano, la cuenca tiene características exorreicas ya que el punto de salida se encuentra dentro de los límites de la cuenca. Según los coeficientes calculados se puede caracterizar que la cuenca presenta una forma oval oblonga o rectangular oblonga, debido a esto se puede considerar que la cuenca no tiene un riesgo frente a inundaciones frente a inundaciones, con relación a la forma de la cuenca a partir del valor determinado se puede establecer que la cuenca tiene forma achatada y por ello presenta baja susceptibilidad a grandes avenidas ya que el valor de factor de forma no supera el valor de 1. Para la gráfica de la curva hipsométrica que conforma las alturas puede caracterizar que la cuenca se encuentra en equilibrio en plena madurez. De la cuenca se pudo establecer que el

tiempo de concentración es de 8.4 horas. Se determinó el coeficiente de escorrentía  $C$  para la cuenta de un valor de 0.48, en la cual se pudo evidenciar que aproximadamente el 50% de la precipitación media representa la precipitación efectiva. De la cuenca se pudo estimar que para la precipitación media anual se tiene un valor de 1029 mm/año y una presencia de temporada lluviosa en los meses de febrero y marzo llegando a 128.61 mm/mes y 211.31 mm/mes respectivamente en cada mes. Los valores de caudal para los meses lluviosos están entre los valores de 7.69 a 10.31 m<sup>3</sup>/s y para los meses de estiaje se tiene como caudales los valores entre 1.88 a 1.95 m<sup>3</sup>/s. Los valores que se obtuvieron del aforo realizado en la cuenca en los meses de marzo, abril y mayo se obtuvieron valores de 3.44, 1.60 y 1.57 m<sup>3</sup>/s respectivamente.

Según Espinoza (2018), en la investigación que titula “Transformación precipitación-escorrentía en cuenca del río Moche empleando hidrograma unitario geomorfológico (modelo gamma de dos parámetros) y software SIG” elaborada para la Universidad Privada Antenor Orrego, para la investigación se plantearon los siguientes objetivos: Establecer un modelo de transformación para la conversión de precipitación en escorrentía a partir de una aplicación del hidrograma unitario geomorfológico para realizar un cotejo de la información obtenida con los valores de un hidrograma realizado por la Autoridad Nacional del Agua, recopilar información espacial del Ministerio de Educación con modelos digitales USGS de información ráster, procesar la información en software de aplicación GIS de misma manera aplicar el software TauDEM, establecer un hidrograma unitario para la cuenca del río Moche, elaborar un hidrograma de escorrentía directa. De la investigación se pudo concluir: A partir del hidrograma unitario geomorfológico que se ligó con las ratios de Horton ( $R_a$ ,  $R_b$ ,  $R_l$ ) estas variaron de acuerdo a los umbrales de delimitación que se establece en la investigación para la cual se tuvieron en cuenta 17970 pixeles con los siguientes valores 3.42, 3.00 y 1.15 para  $R_a$ ,  $R_b$ ,  $R_l$ . Para la investigación se pudo determinar que en la cuenca se tiene un Hidrograma Unitario Geomorfológico se basa en la fórmula que se establece,  $HUG(t) =$

$\frac{1}{\Delta t} \int_{t-\Delta t}^t \frac{1}{K\Gamma(3.00022)} \left(\frac{t}{4.78863}\right)^{2.00022} e^{-\frac{t}{4.78863}} dt$ , los valores del hidrograma unitario geomorfológico, los cuales presentan valores característicos al valor temporal del pico y el respectivo caudal pico los cuales se determinaron como 10 y 3.388 m<sup>3</sup>/s respectivamente. De la comparación de los resultados obtenidos entre los que se obtuvo en la investigación y lo determinado por la Autoridad Nacional del Agua llegando solo a presentar una variación del 5% aproximadamente. Los parámetros geomorfológicos determinados para la cuenca de interés son, para el área un valor de 1882.04 km<sup>2</sup>, un perímetro de 317.36, un factor de forma de 0.22 y un índice de compacidad de 2.05. De la recolección de datos de la base de datos del ANA se pudo identificar que los caudales son de 316.80, 416.80 y 528.40 m<sup>3</sup>/s para los periodos de retorno de 50, 100 y 200 años respectivamente, para los caudales estimados en la investigación para los mínimos se determinaron 300.96, 395.96 y 501.98 m<sup>3</sup>/s para los periodos de retorno de 50, 100 y 200 años respectivamente y para los caudales máximos estimados se tuvieron 332.64, 437.64 y 554.82 m<sup>3</sup>/s para los periodos de retorno de 50, 100 y 200 años respectivamente.

Según Vásquez (2018), en la investigación que titula “Generación de esorrentía en la cuenca del río Namora a partir de información climática” elaborada para la Universidad Nacional de Cajamarca, se plantearon los siguientes objetivos: Establecer los parámetros para el cálculo de la esorrentía del río Namora partiendo de información climática, establecer procesos de recolección y procesamiento de información cartográfica y climática, elaborar un modelo hidrológico para la generación de caudales de la cuenca del río Namora con la metodología Lutz Scholz en el periodo de años del 1967 al 2016. De la investigación se pudo concluir lo siguiente: La cuenca de interés cuenta con un área de aproximadamente 459.18 km<sup>2</sup> con un ancho en promedio de 11.04 km, con lo cual se puede establecer que la cuenca se clasifica como grande con un punto emisor en el río Cajamarquino. El valor del índice de compacidad se estima aproximadamente en 1.55 con ello se

puede clasificar a la cuenca con una de forma oval redonde a oval oblonga ya que el valor del  $I_c$  no supera la unidad y por ello esta cuenca presenta pocas probabilidades de sufrir inundaciones. Para el factor de forma se estimó que el valor se aproxima a 0.27 lo cual se establece que es una cuenca oval con forma alargada por ello concentra las precipitaciones de manera lenta. A partir de la curva hipsométrica se pudo caracterizar que la cuenca presenta una pendiente de 25.25% con ello se puede avisar que la cuenca presenta una velocidad media de escorrentía sin grandes impactos causadas por la erosión y arrastre de la cuenca. En promedio la altitud de la cuenca se encuentra en los 3315 msnm, dicha altura influye en la génesis de tipo de lluvia evidenciando también pérdidas por evaporación y transpiración dando así origen a un caudal medio. El valor de pendiente del cauce principal es en promedio 2.85% dicho valor caracteriza a la erosión y las velocidades de corriente con los respectivos sedimentos trasladados. De la caracterización del gasto de retención de la cuenca se pudo determinar que dicho valor se aproxima al 58.59 mm/año caracterizando a la cuenca con un agotamiento rápido y con vegetación muy poco desarrollada. Para los valores de caudal generado en específico para el mes de marzo se estimó entre 12.18 a 12.50 m<sup>3</sup>/s, para el mes de abril un valor entre 9.56 a 9.69 m<sup>3</sup>/s y así para cada uno de los meses que comprende el año hidrológico. Se pudo estimar que en épocas de estiaje los valores de caudales varían entre 2.60 a 6.22 m<sup>3</sup>/s y en épocas de lluvia se presentaron caudales de 7.47 a 12.50 m<sup>3</sup>/s, dichos valores incluyen la escorrentía directa y los valores de flujo base.

### **2.1.3. ANTECEDENTES LOCALES**

Según Llanto (2018), en la investigación que se titula “Estimación de la capacidad de retención de agua en la cuenca Challana, periodo setiembre 2014 - agosto 2015” elaborado para la Universidad Nacional Agraria de la Selva, establece en la investigación los siguientes objetivos: Calcular la capacidad que presenta el suelo de la cuenca Challana en la retención de agua, identificar la distribución del suelo en

la cuenca, calcular la precipitación, escurrimiento y evapotranspiración, estimar un balance hídrico dentro de la cuenca, analizar los valores de capacidad de retención de agua. De la investigación se pudo concluir: Los suelos caracterizados para la cuenca Challana se caracterizan por presentar un predominio en la zona que corresponde a un suelo franco arcillo arenoso (FArAo), franco arenoso, franco, franco arcilloso y arcilloso, la cual presenta una baja permeabilidad con una alta retención de agua. Para el periodo de investigación se pudo determinar que la precipitación en promedio de 2350.86 mm de aporte, un retiro de evapotranspiración de aproximadamente 1008.62 mm y un valor de escurrimiento de 1463.43 en la superficie de la cuenca, los valores altos en relación a la precipitación y escurrimiento se dan entre los meses de diciembre a mayo y en los meses de junio a setiembre se presenta un periodo seco en la cual la evapotranspiración es mayor. Para los resultados relacionados en el balance hídrico de la cuenca se pudo identificar que la infiltración de agua es de un valor de -121.19 mm/años lo cual evidencia un almacenamiento de agua presente en el suelo, este valor aporta el volumen de agua necesario para que los niveles de escurrimiento y evapotranspiración sean superiores en los meses secos. La capacidad de retención de agua para la cuenca Challana se estima en 125.52 mm el cual representa el 5.3% de la precipitación, a partir de la cobertura vegetal que presenta zonas boscosas con presencia de suelos francos, franco arenoso y con pendientes que varían entre los 25 – 75 %, la capacidad en la parte de cabecera de la cuenca de interés presenta un valor de 145.00, 177.00 y 123.14 mm, para las zonas con una cobertura de purma con pendientes que varían entre los 12 a 25% presentan valores de 171.13mm, para la cobertura de pasto con suelos francos y con una pendiente variable entre el 25 – 30% posee una capacidad de retención de 62.17 mm, para suelos franco arcillosos con pendientes variables entre 50 – 75 % presenta una capacidad de 73.22 mm, en total la cuenca presenta una capacidad en volumen de 113470.00 m<sup>3</sup>.

Según Mozombite (2018), en la investigación que titula “Evaluación

de la erosión hídrica en el deterioro de suelos en el distrito de Huácar, microcuenca de Huacarmayo-Ambo-Huánuco” elaborada para la Universidad Nacional Hermilio Valdizán, plantea los siguientes objetivos: Estimar los efectos de la erosión causada por la fuerza hídrica en los suelos para la microcuenca del Huacarmayo, estimar los valores de erosión hídrica con la metodología de las micro parcelas de varillas de erosión, estimar las pérdidas de nutrientes a partir de las escorrentías generadas en la microcuenca del río Huacarmayo, de la investigación se pudo concluir: Para el valor consolidado de la erosión y sedimentación promedio en toda la localidad de Yanac se pudo determinar que la sedimentación se encuentra en los rangos de 13.76 a 257.11 t/ha, los cuales para el menor valor se obtuvo de la V evaluación y el máximo valor se obtuvo en la I evaluación, teniendo también en cuenta que para la segunda evaluación se pudo registrar un valor de erosión de 58.67 t/ha, para los valores de sedimentación varían entre 12.47 a 118.67 t/ha, dicho valor bajo se debe a la cobertura de maíz y los valores más altos se encuentran en los suelos en descanso. Para la investigación el valor de erosión obtenido es de aproximadamente 1451.10 t/ha, esto presenta que la erosión en la zona se genera por las láminas de agua sobre el suelo presenta grandes efectos de degradación.

## **2.2. BASES TEÓRICAS**

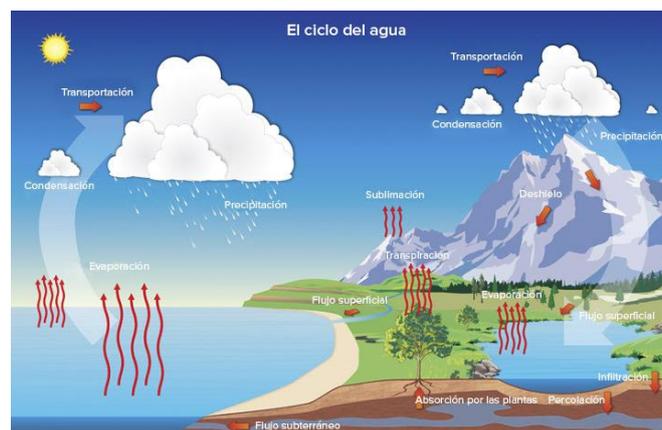
### **2.2.1. CICLO HIDROLÓGICO**

Se define a el ciclo que no presenta un inicio ni un fin identificable ya que la descripción se puede iniciar en cualquier parte del proceso. Por lo cual se puede plantear que el volumen de agua presente en la superficie de la tierra en algún punto se empieza a evaporar por efectos de la radiación y del viento, el vapor de agua que forma procede a elevarse llegando así a la atmosfera convertida en nubes hasta por efectos de presión llegue a condensarse y caiga a la superficie terrestre en forma de precipitación, en el proceso en que el volumen de agua cae a la superficie terrestre puede volver a presentar una evaporación o lograr ser interceptada por las plantas o edificaciones cercanas, parte del

volumen presentará infiltración y otra llegará a recorrer la superficie hasta lograr una nueva evaporación. De la precipitación que llega a cumplir con el recorrido hará la corriente se identifica que parte de ella se va a infiltrar en el suelo de la zona otra llegará a los océanos o si es el caso a lagos de gran amplitud y otra parte a grandes cuerpos de agua. Para el agua que llega a infiltrarse parte de ella será aprovechada por la vegetación de la zona para llegar en algún punto a ser transpirada a la atmosfera en gran parte y la otra parte del agua infiltrada llegará a las corrientes para ser depositada en algún cuerpo de agua o llegará a las reservas subterráneas (percolación) para luego aflorar mediante manantiales, ríos o mares. (Aparicio, 2002)

**Figura 1**

*Esquema del ciclo hidrológico*



*Nota.* Proceso del ciclo hidrológico en un esquema idealizado. Vera (2015)

En el proceso del ciclo se puede identificar que la velocidad con el que se transporta no permanece constante en el recorrido sino presenta alteraciones en el recorrido, adicionalmente a ello se puede identificar que la calidad en el valor del agua tampoco es constante ya que en el proceso se presentan efectos de desalinización natural. (Cahuana, 2012)

## 2.2.2. CUENCA HIDROGRÁFICA

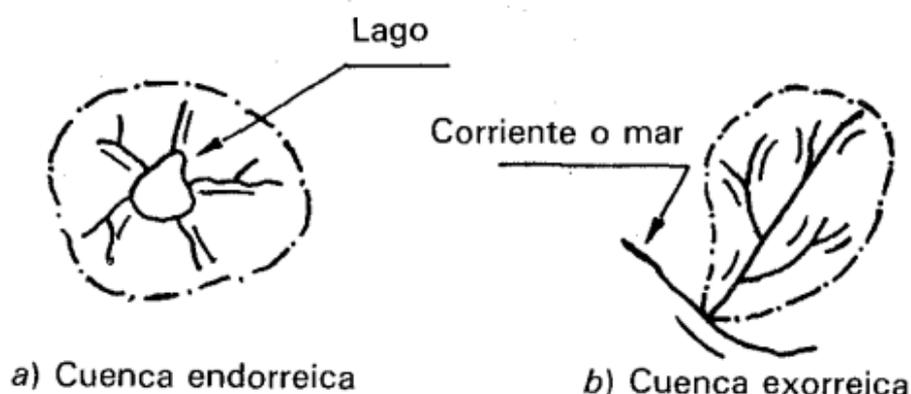
Se puede definir que la superficie es una planicie en la cual las gotas de lluvia que caen dentro de ella serán drenadas por una serie de sistemas de corriente para un punto de salida en común, esta definición

se puede idealizar siempre y cuando el suelo sea idealmente permeable y solo para una cuenca superficial, a partir de la localización del punto de drenaje de la cuenca esta se pueden clasificar como:

- ✓ Cuenca endorreica: Punto de salida se encuentra dentro de la divisoria de la cuenca en gran parte de los casos serán lagos.
- ✓ Cuenca exorreica: Punto de salida fuera de la divisoria de la cuenca pertenecientes a otra corriente o directamente en un mar determinado.

**Figura 2**

*Clasificación de cuenca de acuerdo al drenaje*



*Nota.* Se puede idealizar las clasificaciones de una cuenca de acuerdo a la localización del punto de drenaje. Aparicio (2002)

### **2.2.2.1. CARACTERIZACIÓN DE LOS CAUCES Y LA CUENCA**

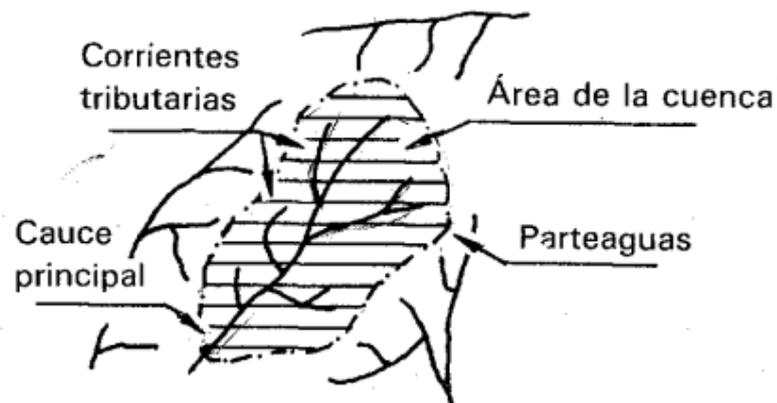
La relación que existe entre el ciclo hidrológico y una cuenca es el proceso esquematizado en el cual se generan estímulos generados por la precipitación en la zona con la cual la cuenca generará un escurrimiento para su salida. Dichos efectos de salida están directamente ligadas a las características geomorfológicas de la cuenca de interés y el nivel de urbanización, para la parametrización se pueden condicionar a partir de la necesidad de saber sobre el volumen de escurrimiento se consideran los parámetros de área y tipo de suelo, si se requiere caracterizar la velocidad de respuesta se tiene que tener en cuenta los parámetros de orden de corriente, pendiente de cuenca, pendiente de cauce,

etc. Con ello se puede identificar las siguientes características de la cuenca con los respectivos cauces estableciendo los efectos de precipitación-escorrimento:

- Parteaguas: Línea que une los puntos altos el cual delimita la cuenca de interés con cuencas vecinas.
- Área: Superficie proyectada en un plano horizontal la cual se delimita por el parteaguas.
- Corriente principal: Corriente que pasa por la salida de la cuenca (cuencas exorreicas), el resto de corrientes que conforma la cuenca se le denominan corrientes tributarias.

### Figura 3

*Característica de una cuenca*



*Nota, Presentación de partes de una cuenca idealizada. Aparicio (2002)*

De esta caracterización se puede establecer que para cualquier punto de una corriente se genera una cuenca denominada de aportación y que toda cuenca solo posee una corriente principal. Las cuencas que se generan a partir de corrientes tributarias o a puntos de salida se denominan cuencas tributarias o subcuencas. Se puede establecer que mientras más corrientes tributarias posea una cuenca (alto grado de bifurcación) el nivel de reacción frente a una precipitación será más rápida, para la determinación del grado de bifurcación se establecieron los siguientes parámetros:

- Orden de corriente: Se define a una corriente de orden 1 a la cual solo es tributario sin ramificaciones, una corriente de orden 2 solo presenta corrientes de primer orden se puede decir también que una corriente de orden 2 se forma a partir de 2 corrientes de orden 1, dos corrientes de orden 2 forman una corriente de orden 3 y así sucesivamente. Para la determinación del orden de una cuenca se determina a partir de la identificación del orden de la corriente principal.
- Densidad de corriente ( $D_s$ ): Se define como el valor del # de corrientes perennes e intermitentes por cada unidad de superficie.

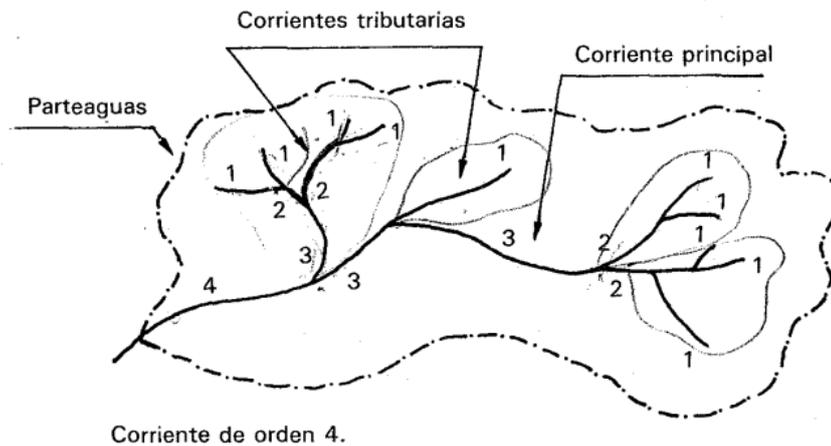
$$D_s = \frac{N_s}{A}$$

- Densidad de drenaje ( $D_d$ ): Se define como la longitud de la corriente principal en una unidad de superficie.

$$D_d = \frac{L_s}{A}$$

**Figura 4**

*Categorización de corrientes*



*Nota.* Esquema de una cuenca en donde se evidencia la orden de la cuenca.

Aparicio (2002)

Si una cuenca presenta un orden de corriente alta o el valor de densidad alto evidencia que es una cuenca disectada o que la cuenca reacciona de manera rápida a una tormenta. Si por el

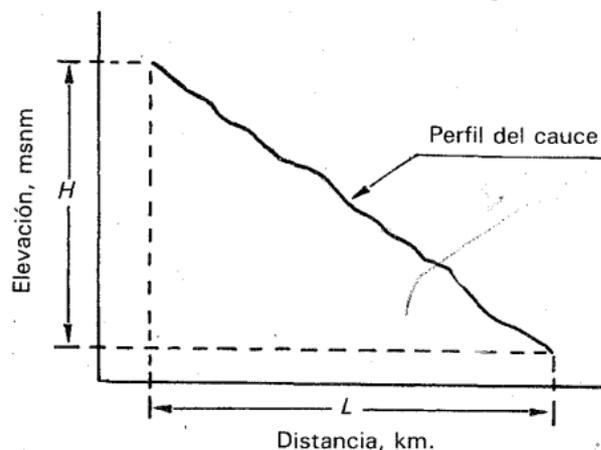
contrario la densidad presenta valores bajos caracteriza que el suelo se erosiona de manera rápida o presentan una característica de impermeabilidad, pendiente alta y con poca cobertura vegetal. (Aparicio, 2002)

Otra de las características importantes que se relacionan con los grados de respuesta de una cuenca frente a una tormenta es la del valor de la pendiente principal. Si bien los valores de pendiente varían a lo largo del cauce se hace necesario realizar una aproximación generalizada para todo el cauce (pendiente media). Para ello se establecen 3 metodologías:

- Pendiente media: Se estima a partir del desnivel existente entre los valores extremos de la corriente en proporción a la longitud media en planta del cauce.

**Figura 5**

*Pendiente del cauce principal*

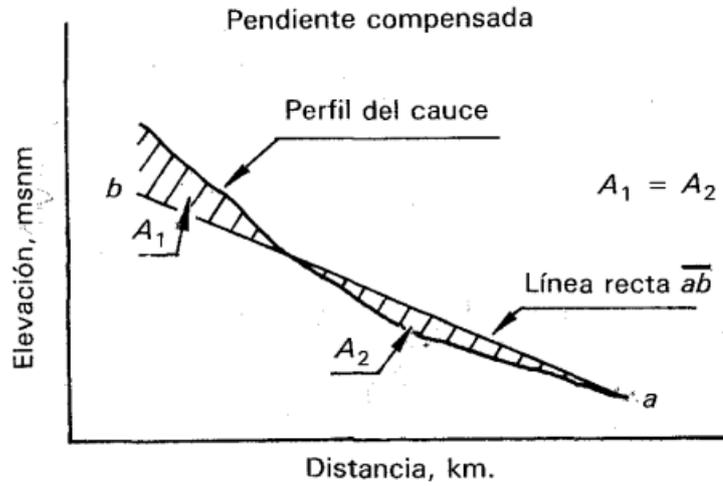


*Nota.* Gráfica de perfil de cauce para el cálculo de la pendiente. Aparicio (2002)

- Pendiente media línea recta: Este método parte de la gráfica de una línea recta que parte desde la parte final del perfil y la cual se traza compensando áreas de corte y relleno.

**Figura 6**

*Pendiente de cauce*

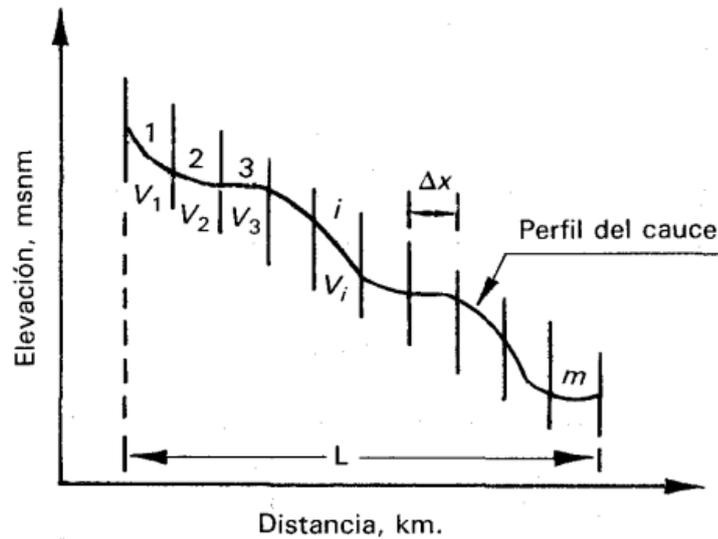


*Nota.* Metodología de la pendiente media. Aparicio (2002)

- Método de Taylor y Schwarz: se calcula a partir de la de un canal de sección transversal uniforme la cual posea la misma longitud y tiempo de recorrido que la corriente de interés.

**Figura 7**

*Pendiente del cauce principal*



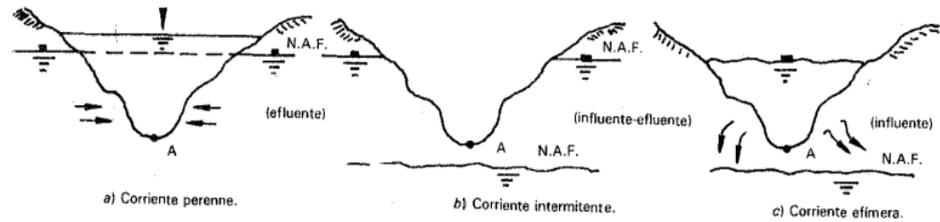
*Nota.* Pendiente por la metodología de Taylor y Schwarz. Aparicio (2002)

A parte de las calcificaciones de corrientes por pendientes estas también se pueden clasificar a partir de los siguientes parámetros.

- Por el tiempo de transporte de agua: Las corrientes se pueden clasificar en perennes, intermitentes o efímeras.

**Figura 8**

*Clasificación de corrientes*



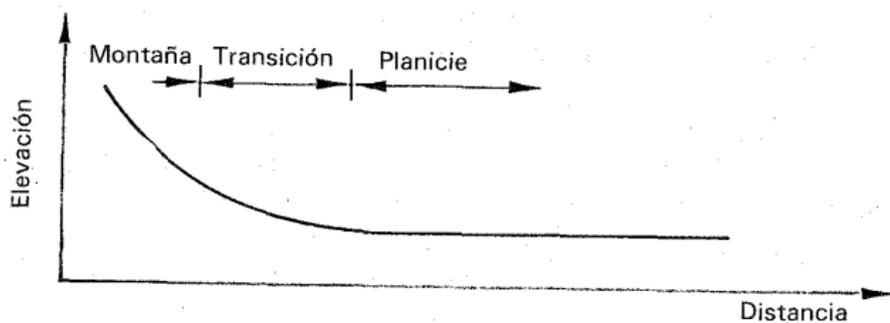
*Nota.* Clasificación de corrientes a partir del tiempo en transporte de agua.

Aparicio (2002)

- Por la ubicación topográfica o edad geológica: Se puede clasificar como corrientes de montaña juveniles, de transición o maduros, o bien pueden ser de planicie o viejos.

**Figura 9**

*Clasificación de corriente por ubicación topográfica o edad geológica*



*Nota.* Gráfica que relaciona la elevación y distancia de una determinada cuenca.

Aparicio (2002)

Se caracterizan que los ríos de montaña presentan cotas elevadas a partir de medidas sobre el nivel del mar, generalmente presentan altas pendientes con pocas curvas en su recorrido esto causado por las altas velocidades, los cauces están generalmente compuestos por cantos rodados con una composición baja de grava y sin compuestos finos.

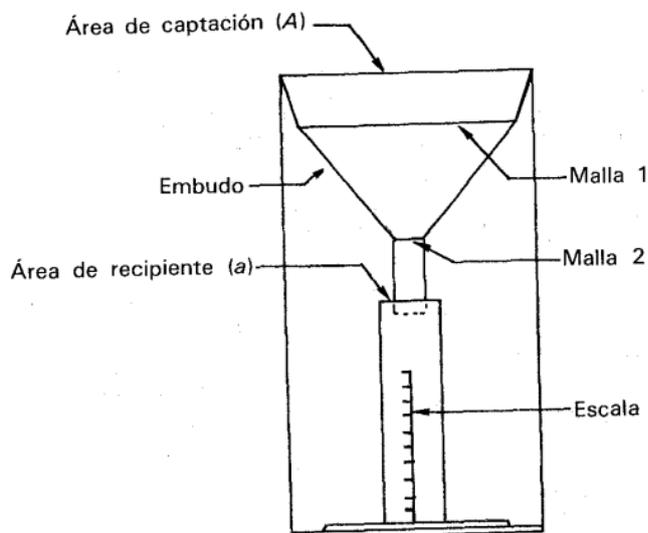
## 2.2.3. PRECIPITACIÓN

### 2.2.3.1. MEDICIÓN DE LA PRECIPITACIÓN

Pluviómetro: Se conforma por un recipiente cilíndrico graduado con un área transversal conocida a la cual denominaremos a conectado con un embudo el cual recolecta la precipitación de una zona A determinada. Normalmente se coloca en el embudo un par de mallas que eviten la entrada de cuerpos que alteren el volumen de lectura, el valor del área de captación se estima en alrededor 10 veces más a valor del área del recipiente.

**Figura 10**

*Esquema de pluviómetro*

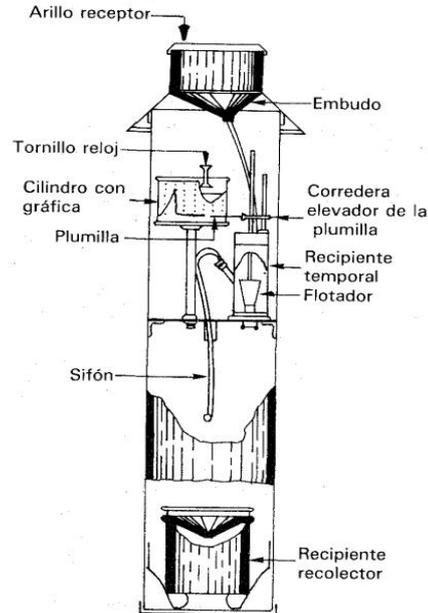


*Nota.* Esquema de un pluviómetro. Aparicio (2002)

Pluviógrafo: Son de aplicación similar a las del pluviómetro, con diferencia que en su estructura cuenta con un mecanismo para el registro continuo de la precipitación ocurrida en la zona. Este mecanismo cuenta con un tambor giratorio en velocidad constante con el cual se coloca un papel con graduaciones específicas para el registro de precipitaciones, generalmente este tipo de herramientas solo soportan una capacidad de 10 mm de lluvia.

**Figura 11**

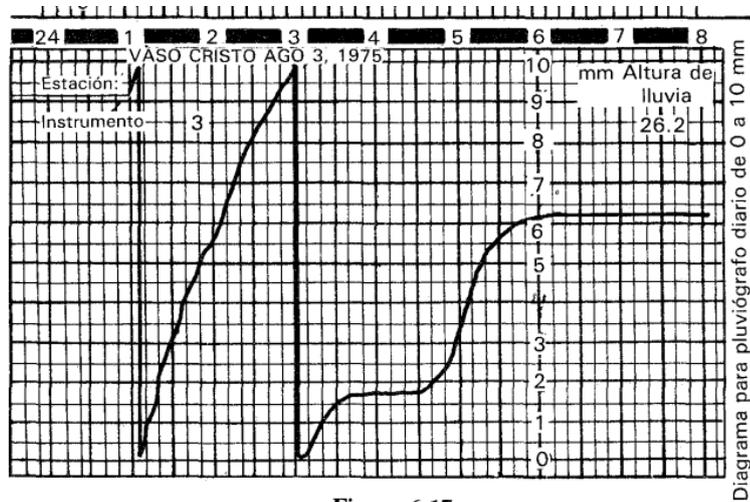
*Esquema de pluviógrafo*



*Nota.* Esquema de un pluviógrafo. Aparicio (2002)

**Figura 12**

*Pluviograma*



*Nota.* El registro que se obtiene de un pluviógrafo se denomina pluviograma.

Aparicio (2002)

### 2.2.3.2. LLUVIA MEDIA

Los valores de lluvia que cae en una zona determinada en valor son muy diferentes en los valores que caen en la zona y lo que caen en sitios cercanos. Las herramientas que se presentaron

en los puntos anteriores solo recolectan lecturas puntuales, dicho de otra forma, las que recibe el punto en el cual se encuentra el aparato, para elaborar cálculos de diseño se requiere del conocimiento de la lluvia media que caen en una zona más amplia (cuenca). Los valores de lluvia media se pueden estimar por los siguientes métodos:

- Método aritmético

El método consiste en la obtención del promedio aritmético de las alturas de precipitación que se recolectaron en una estación determinada.

$$\bar{h}_p = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n h_{pi}$$

- Polígono de Thiessen

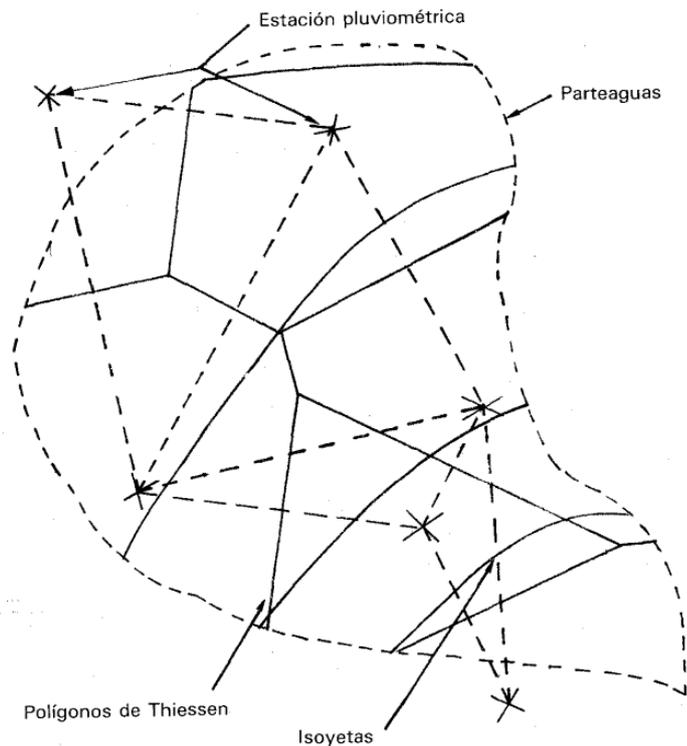
Metodología que se basa en la unión de líneas rectas planteado en el plano de una determinada cuenca, las líneas se originan y terminan en estaciones que se encuentren en las cercanías de la cuenca de interés.

- Método de Isoyetas

Metodología que se basa en el trazado de curvas en la cual los valores de precipitación son iguales de manera similar a las curvas de nivel.

**Figura 13**

*Polígono de Thiessen*



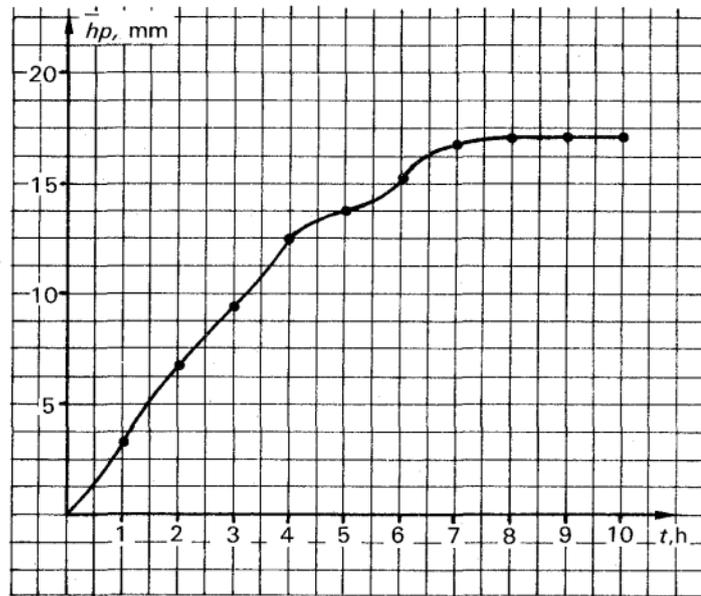
*Nota.* Grafica de cuenca idealizada con gráficas de polígono de Thiessen e Isoyetas. Aparicio (2002)

### **2.2.3.3. CURVA DE MASA PROMEDIO**

Este concepto se aplica siempre que se requiera saber las variaciones en el tiempo de la precipitación media en una determinada hoyo. Su elaboración parte de la estimación de la lluvia media y con alturas de precipitación acumuladas para los diferentes periodos de tiempo. Como resultado se obtendrá la curva masa para poder afinar los valores de precipitación promedio de la cuenca en una tormenta.

**Figura 14**

*Curva masa*



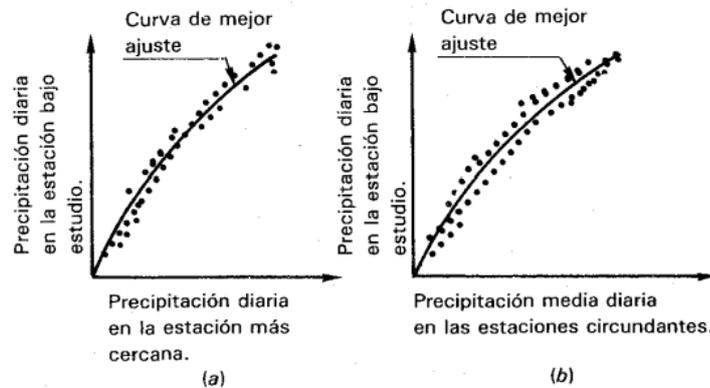
*Nota.* Gráfica de curva masa de una cuenca imaginaria. Aparicio (2002)

#### **2.2.3.4. DEDUCCIÓN DE DATOS FALTANTES**

Comúnmente un registro de precipitación presenta una serie histórica con datos faltantes en determinados periodos de tiempo, el problema puede ser solucionado a partir de un análisis de estaciones que se encuentren en las cercanías y estén con una uniformidad en ubicación, con ellas se elaboran gráficas de precipitaciones diarias de estaciones cercanas y establecer una curva de ajuste que logre en comparación con la serie histórica tomada en cuenta se ajuste de manera satisfactoria. A partir de las gráficas se lograrían estimar los valores faltantes de la serie de datos de precipitación.

**Figura 15**

*Curvas de ajuste para datos faltantes*



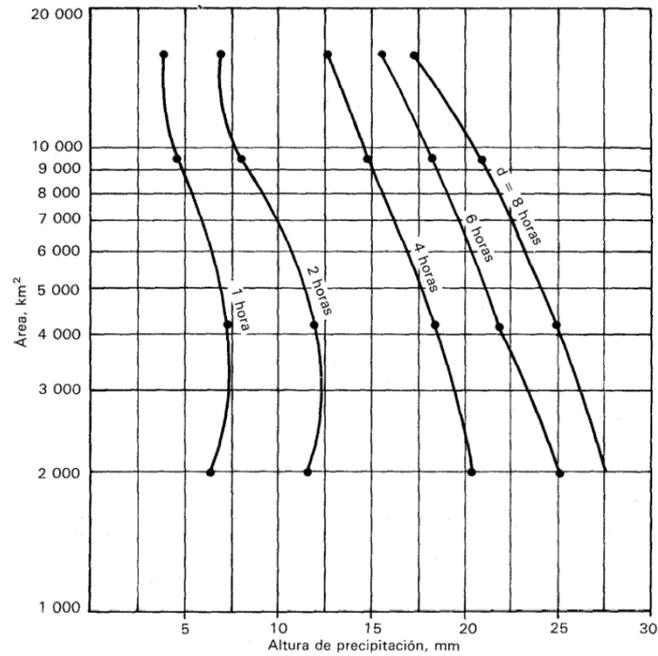
*Nota.* Curvas de ajustes simulados para una precipitación media de estaciones cercanas. Aparicio (2002)

#### **2.2.3.5. CURVA DE ALTURA DE PRECIPITACIÓN-ÁREA-DURACIÓN (H<sub>P</sub>-A-D)**

Esta curva se establece para determinar los valores de la potencia de precipitación que existe en una determinada cuenca, esta metodología sirve para hacer la interpolación de la información de una zona a otra. Para la elaboración de la curva se establecen los valores de máxima precipitación que se generan en diferentes áreas y en diferentes duraciones de análisis, esta información se basa en una determinada red de estaciones que tienen registros simultáneos de precipitaciones durante un evento de tormenta.

**Figura 16**

Curva  $h_p$ -A-d



Nota. Curva simulada para una cuenca determinada. Aparicio (2002)

### 2.2.3.6. INTERPOLACIÓN DE TORMENTAS

Si bien no todas las cuencas presentan información de lectura para tormentas ocurridas en la zona esta información se puede interpolar de otras que, si cuentan con una investigación completa de otra cuenca, siempre y cuando las características meteorológicas sean similares si bien en la interpolación de tormentas los valores solo serán aproximados sirven de base de información para elaborar investigaciones cercanas a la realidad de la zona. Para la interpolación se debe tener elaborada una curva  $h_p$ -A-d una vez realizada la curva solo queda establecer la multiplicación de la información baso con el factor de ajuste que se define de la siguiente forma:

$$K = \frac{h_a}{h_o}$$

Del cual se establecen los siguientes valores:

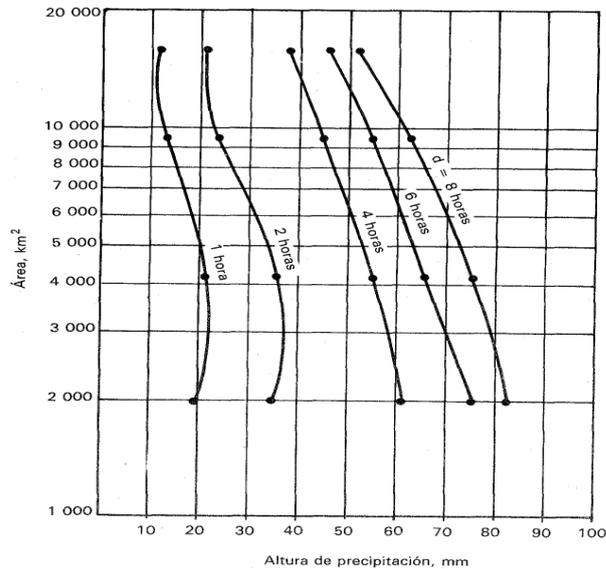
$h_o$  = Agua precipitable en el punto de ocurrencia de la

tormenta por transponer.

$h_a$  = Agua precipitable en la hoya de estudio para el mismo punto de rocío.

**Figura 17**

Curva  $hp-A-d$  interpolado



Nota. Valores interpolados a partir de un coeficiente de ajuste. Aparicio (2002)

### 2.2.3.7. CURVAS DE INTENSIDAD-DURACIÓN-PERÍODO DE RETORNO (I-D-T)

Para tener un grado óptimo de seguridad de una estructura planteada se tiene que tener en consideración los costos y los factores que se relacionarían con fallas en la estructura. Si bien una estructura no puede tener un 100% de seguridad para que en un evento en la cual no se supere su capacidad de diseño siempre se puede mitigar el riesgo teniendo en cuenta los valores extremos que se puedan simular para la zona y los cuerpos de agua.

### 2.2.4. INFILTRACIÓN

Se establece que los valores de diferencia de agua que llueve en una hoya y en la cual escurrirá hasta el punto de salida, este proceso se denomina como pérdidas. En general las pérdidas se ocasionan por la intercepción de las plantas, por las edificaciones que se encuentran en

las zonas, por la retención en charcos o huecos en las cuales seguirá un proceso de infiltración o evaporación. La infiltración se presenta como un proceso de primer orden para la caracterización de la lluvia y escurrimiento, por ello se presentan de relevancia para el diseño hidráulico de una determinada estructura. En general los volúmenes de infiltración son por mucho muy superiores a los volúmenes de escurrimiento en una determinada tormenta.

#### **2.2.4.1. PROCESO DE INFILTRACIÓN**

Este proceso se genera considerando una zona de suelo considerablemente pequeña, en tal manera que las características de suelo y de cobertura, los valores de intensidad de lluvia para considerarse uniforme. Se puede establecer la siguiente relación matemática:

$$i < f_p, \quad f = i$$

De la expresión se puede establecer:

$f$  = Infiltración (mm/h)

$f_p$  = Capacidad de infiltración

$i$  = Intensidad de lluvia

En el proceso temporal se puede estimar que, para una lluvia suficientemente intensa, las capacidades de humedad de suelo se incrementan hasta que la capacidad del mismo sea superada, para este periodo temporal se inician los llenados de las concavidades del terreno, a partir de ello se generan los charcos y se generan flujos en la superficie. A este periodo temporal se denomina tiempo de encharcamiento.

#### **2.2.4.2. FACTORES QUE CAMBIAN LAS CAPACIDADES DE INFILTRACIÓN**

Para el proceso de infiltración las características que influyen en su proceso son los siguientes:

- ✓ Textura de los suelos
- ✓ Volumen de humedad inicial
- ✓ Volumen de humedad de saturación
- ✓ Cobertura vegetal
- ✓ Usos de suelos
- ✓ Compactación
- ✓ Factores climáticos

#### **2.2.4.3. DETERMINACIÓN DE INFILTRACIÓN POR MÉTODOS EMPÍRICOS**

Se parte del conocimiento de las mediciones de lluvias y volumen de escurrimiento simultaneo. Los valores de pérdidas se determinan a partir de la siguiente expresión matemática:

$$V_p = V_{ll} - V_{ed}$$

De la expresión se identifica:

$V_p$  = Volumen de pérdidas

$V_{ll}$  = Volumen de lluvia

$V_{ed}$  = Volumen de escurrimiento directo

De la fórmula anterior si se divide con el valor del área de la cuenca queda la siguiente expresión:

$$F = I - R$$

De la expresión se identifica:

$F$  = Infiltración

$I$  = Altura de lluvia acumulada

$R$  = Escurrimiento directo acumulado

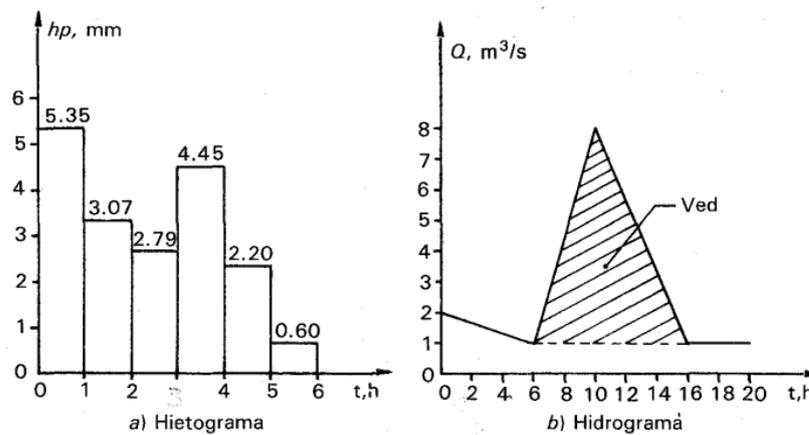
#### **2.2.4.4. CRITERIO DE LA CAPACIDAD DE INFILTRACIÓN MEDIA**

Esta metodología se basa en el cálculo del índice de infiltración media  $\Phi$ , este se realiza cuando se cuenta con un registro simultaneo de precipitación y escurrimiento de una

determinada tormenta, el valor se determina a partir del hidrograma de avenida el cual separa el gasto base y se determina en valor de escurrimiento directo, posteriormente se determina la altura de lluvia generada en exceso o efectiva el cual se estima del volumen de escurrimiento entre el área de la cuenca y finalmente, se estima el índice de infiltración media  $\Phi$  a partir del trazo de una línea horizontal en el hidrograma de tormenta de tal forma que la suma de las alturas de precipitación que queden sobre la línea sea igual al valore de la lluvia de exceso.

**Figura 18**

*Gráfica para la determinación del índice de infiltración*



*Nota.* Gráfica para la estimación idealizada de un índice de infiltración. Aparicio (2002)

#### 2.2.4.5. CRITERIO DE COEFICIENTE DE ESCURRIMIENTO

A partir de este criterio se estiman pérdidas proporcionales a los valores de intensidad de lluvia, en la cual se presentan valores de proporcionalidad  $C_e$ , a este valor se le denomina coeficiente de escurrimiento con la cual se plantea las siguientes expresiones matemáticas.

$$V_{ed} = C_e V_{ll}$$

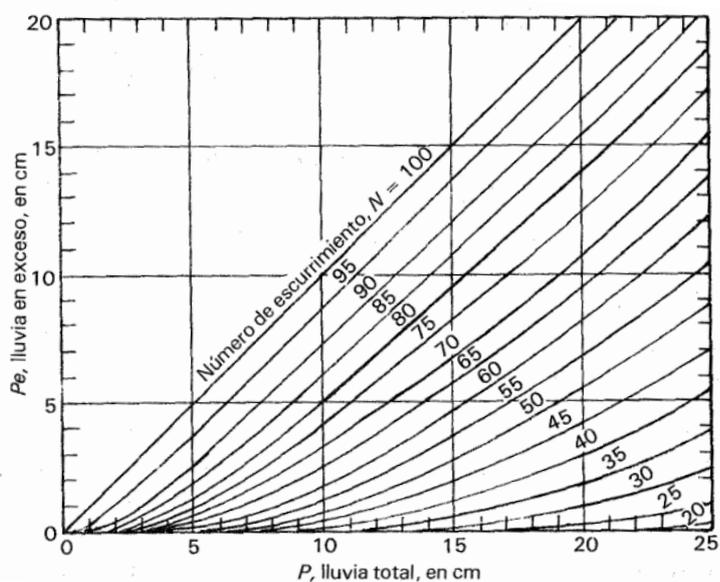
$$C_e = \frac{V_{ed}}{V_{ll}}$$

### 2.2.4.6. MÉTODO DE LOS NÚMEROS DE ESCURRIMIENTO

Esta metodología no requiere del aforo de una determinada cuenca, solo requiere de la caracterización de la cuenca e información relacionada a la lluvia efectiva que se genere dentro de la cuenca. Para la metodología la altura de la lluvia efectiva a partir de las siguientes curvas:

**Figura 19**

*Altura de lluvia total a partir de curvas*



*Nota.* Curva para la determinación de la lluvia total a partir del número de escurrimiento. Aparicio (2002)

**Tabla 1**

*Valores de N*

<i>Uso de la tierra y cobertura</i>	<i>Tratamiento del suelo</i>	<i>Pendiente del terreno, en %</i>	<i>Tipo de suelo</i>			
			<i>A</i>	<i>B</i>	<i>C</i>	<i>D</i>
Sin cultivo	Surcos rectos	-	7	8	9	9
			7	6	1	4
	Surcos rectos	>1	7	8	8	9
			2	1	8	1
Cultivo en surco	Surcos rectos	<1	6	7	8	8
			7	8	5	9
	Contorneo	>1	7	7	8	8
			0	9	4	8

	Contorneo	<1	6 7 8 8
			5 5 2 6
	Terrazas	>1	6 7 8 8
			6 4 0 2
	Terrazas	<1	6 7 7 8
			2 1 8 1
	Surcos rectos	>1	6 7 8 8
			5 6 4 8
	Surcos rectos	<1	6 7 8 8
			3 5 3 7
Cereales	Contorneo	>1	6 7 8 8
			3 4 2 5
	Contorneo	<1	6 7 8 8
			1 3 1 4
	Terrazas	>1	6 7 7 8
			1 2 9 2
	Terrazas	<1	5 7 7 8
			9 0 8 1
	Surcos rectos	>1	6 7 8 8
			6 7 5 9
	Surcos rectos	<1	5 7 8 8
			8 2 1 5
Leguminosas o praderas con rotación	Contorneo	>1	6 7 8 8
			4 5 3 5
	Contorneo	<1	5 6 7 8
			5 9 8 3
	Terrazas	>1	6 7 8 8
			3 3 0 3
	Terrazas	<1	5 6 7 8
			1 7 6 0
	-	>1	6 7 8 8
			8 9 6 9
	-	<1	3 6 7 8
Pastizales			9 1 4 0
	Contorneo	>1	4 6 8 8
			7 7 1 8
	Contorneo	<1	3 7 7
			6 5 0 9
Pradera permanente	-	<1	3 5 7 7
			0 8 1 8

Bosques Naturales			
Muy ralo	-	-	5 7 8 9 6 5 6 1
Ralo	-	-	4 6 7 8 6 8 8 4
Normal	-	-	3 6 7 7 6 0 0 7
Espeso	-	-	2 5 6 6 6 2 2 9
Muy espeso	-	-	1 4 5 6 5 4 4 1
Caminos			
De terracería	-	-	7 8 8 8 2 2 7 9
Con superficie dura	-	-	7 8 9 9 4 4 0 2

*Nota.* Valores para la determinación del valor de N. Aparicio (2002)

**Tabla 2**

*Caracterización de suelo*

<b>Tipo de suelo</b>	<b>Textura del suelo</b>
A	Arenas con poco limo y arcilla; Suelos muy permeables
B	Arenas finas y limos
C	Arenas muy finas, limos, suelos con alto contenido de arcilla
D	Arcillas en grandes cantidades; suelos poco profundos con subhorizontes de roca sana; suelos muy impermeables

*Nota.* Caracterización de suelos. Aparicio (2002)

### 2.2.5. ESCORRENTÍA

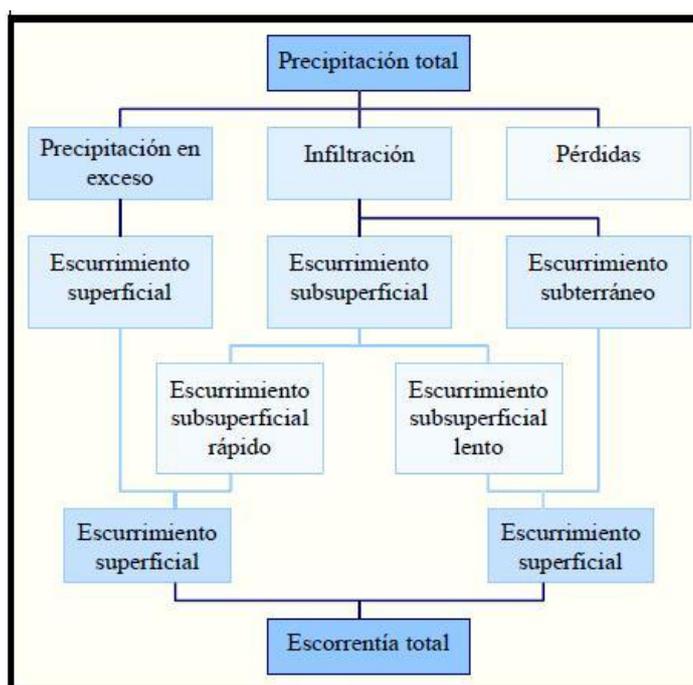
La escorrentía o también denominado escurrimiento es parte del denominado ciclo hidrológico, este proceso se origina por el volumen de agua que proviene de las precipitaciones de la zona, este volumen de agua es el que circula en toda la superficie terrestre ya sea en la parte de arriba o en la parte de abajo, dicho volumen de agua finalmente presenta un desfogue en la salida de la cuenca. (Villón, 2004)

Parte del volumen de agua que se pierde se escurre en toda la superficie terrestre y estas se pueden clasificar de la siguiente manera:

- Esgurrimiento superficial: Esgurrimiento que se origina por la precipitación no infiltrada y que a la larga se escurre sobre la superficie del suelo. El volumen de la precipitación que da lugar a este esgurrimiento son los de originan por precipitaciones en exceso (hp).
- Esgurrimiento subsuperficial: Es aquel que se origina a partir de una precipitación infiltrada.
- Esgurrimiento subterráneo: Es aquel que se origina del agua subterránea, el cual se recarga por las precipitaciones que se infiltran una vez que el suelo se haya saturado.

**Figura 20**

*Esquema de relación entre precipitación y esgurrimiento*



*Nota.* Proceso y relación de precipitación y esgurrimiento. Villón (2004)

### 2.2.5.1. MEDICIÓN DE ESGURRIMIENTO

Para la hidrometría que se encarga de la medición del esgurrimiento, estos valores de esgurrimiento se obtienen a partir de un aforo en la zona, para la medición del caudal de unas

corrientes de agua, según el tamaño o el nivel de precisión que se requiere la metodología que se aplica son los siguientes:

- Aforo con flotador
- Aforo volumétrico
- Aforo químico
- Aforo con vertedero
- Aforo con correntómetro o molinete
- Aforo con medidas de la sección y pendiente

#### **2.2.5.2. ESTIMACIÓN DE CAUDAL**

Para la determinación de los valores de caudal se establecen las siguientes metodologías

- Método del área y velocidad
- Método de las parábolas
- Método de las isotaquias

#### **2.2.5.3. ANÁLISIS DE LOS DATOS DE CAUDAL**

De los registros que se tengan de los caudales es relevante identificar los siguientes valores:

- Caudales promedio diario; Valores calculados a partir de las mediciones de altura  $h$ , estimada en una escala limnimétrica o de la que se logró determinar de un limnégrafo en la estación de aforo, los valores se determinan del promedio de 3 mediciones que se tomaron aproximadamente a las 7 am, 12 m y 5 pm.
- Caudales promedios mensuales; Se estiman a partir de la media aritmética del caudal registrado en el mes.
- Caudales promedios, anuales o módulos: Estos valores se estiman de la media aritmética de los caudales registrados en 12 meses del año.

#### 2.2.5.4. CURVAS REPRESENTATIVAS

De la información recolectada para el comportamiento de los ríos se pueden analizar en forma estadística y gráfica con lo cual se facilita la comprensión y análisis, estas curvas representativas son las siguientes:

- Curva de variación estacional
- Curva de masa
- Curva de duración

#### 2.2.6. TIEMPO DE CONCENTRACIÓN

Se define a tiempo de concentración al tiempo que pasa desde que una gota de agua cae en un punto alejado de la cuenca y llega hasta el punto de salida de la cuenca, generalmente este valor se origina a partir de las características geográficas y topográficas presentes en la cuenca. Para la estimación de un tiempo de concentración se deben tener en cuenta los escurrimientos sobre los terrenos, canales, cunetas y un recorrido de la misma estructura que se requiera. La estimación se puede calcular a partir de las siguientes fórmulas:

- Fórmula de Kirpich

$$t_c = 0.0195K^{0.77}$$

- Fórmula Australiana

$$t_c = \frac{58L}{A^{0.1}S^{0.2}}$$

- Fórmula de George Rivero

$$t_c = \frac{16L}{(1.05 - 0.2p)(100S)^{0.04}}$$

- Fórmula del SCS

$$t_c = \frac{0.02872L^{0.80} \left( \frac{1000}{N} - 9 \right)^{1.67}}{S^{0.50}}$$

#### 2.2.7. PRUEBA DE BONDAD

Se establece el concepto de prueba de bondad a la comprobación

gráfica y estadística que analiza la frecuencia empírica de la serie analizada se ajusta a una función de probabilidad teórica seleccionada a priori, a partir de un análisis de parámetros estimados con los valores muestrales. Las pruebas de bondad de ajuste más aplicadas son las siguientes:

- Ajuste gráfico
- Ajuste estadístico
  - Chi cuadrado
  - Smirnov – Kolmogorov

### 2.2.7.1. AJUSTE GRÁFICO

Este método se basa en la comparación de grafica de las siguientes formas:

- Comparación gráfica de los histogramas o de la función densidad empírica de la serie de datos si presenta similitud con la curva teórica, como se muestra en la siguiente figura.

**Figura 21**

*Ajuste a partir de la función densidad*

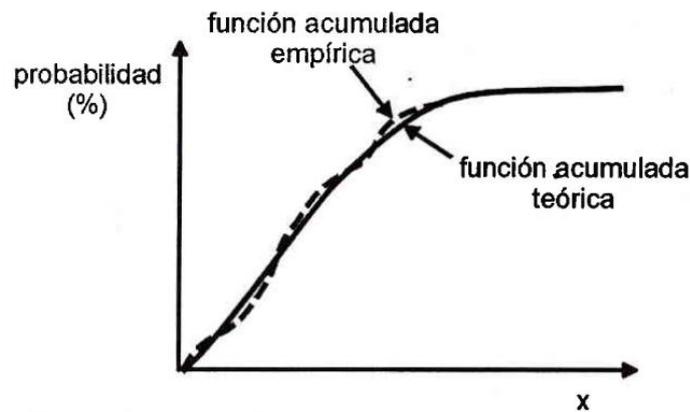


*Nota.* Simulación gráfica de una función. Villón (2008)

- Comparaciones de la función acumulada de una serie de datos, se selecciona una distribución acumulada teórica con la cual se logrará determinar si la serie acumulada se ajusta a la teórica o no.

**Figura 22**

*Ajuste por función acumulada*



*Nota.* Realización de superposición de curvas acumuladas. Villón (2008)

### 2.2.7.2. AJUSTE ESTADÍSTICO

- Prueba Chi-cuadrado ( $\chi^2$ ): Esta prueba se basa en el cálculo estadístico de frecuencia, para los valores recolectados y los estimados en un determinado intervalo. Se aplica esta metodología para la comprobación de la calidad de bondad de ajuste de la distribución empírica. La expresión general para la metodología de la prueba chi cuadrado es:

$$\chi_c^2 = \sum_{i=1}^k \frac{(\theta_i - e_i)^2}{e_i}$$

- Prueba de Smirnov-Kolmogorov: Esta prueba consiste en la comparación de las diferencias que existen entre los valores de la probabilidad teórica y la muestra, con lo cual se toma el valor más alto en valor absoluto de la diferencia que se obtiene de la siguiente expresión matemática.

$$\Delta = \text{máx}|F(x) - P(x)|$$

### 2.2.8. MÉTODO RACIONAL

La metodología se puede aplicar para cuencas que no excedan una superficie de 1300 has o el equivalente de 13 km<sup>2</sup>, para la metodología se supone que la escorrentía máxima generada por una lluvia se origina en el momento de que la duración de la lluvia es igual al tiempo de

concentración. En ese determinado momento toda la cuenca contribuye con el volumen de caudal para el punto de salida, si en caso el valor del tiempo de duración es mayor al del tiempo de concentración, la cuenca sigue contribuyendo a los caudales, pero los valores de intensidad de lluvia son menores y con ello el caudal es menor. Si la duración es menor que el tiempo de concentración, el valor de la intensidad de lluvia será mayor, pero con ello se estima que en el momento en que termine la lluvia el agua que ha caído en los puntos más alejados no llega al punto de salida de la cuenca por lo cual los valores de caudal serían mucho menores. Con ello se puede determinar un caudal a partir de la siguiente expresión:

$$Q = \frac{CIA}{360}$$

**Tabla 3**

*Valores de coeficiente de escorrentía*

<b>Tipo de vegetación</b>	<b>Pendiente (%)</b>	<b>Textura</b>		
		<b>Franco arenosa</b>	<b>Franco Arcillo limoso franco limosa</b>	<b>Arcillosa</b>
Forestal	0 – 5	0.10	0.30	0.40
	5 – 10	0.25	0.35	0.50
	10 – 30	0.30	0.50	0.60
Praderas	0 – 5	0.10	0.30	0.40
	5 – 10	0.15	0.35	0.55
	10 – 30	0.20	0.40	0.60
Terrenos cultivados	0 – 5	0.30	0.50	0.60
	5 – 10	0.40	0.60	0.70
	10 – 30	0.50	0.70	0.80

*Nota.* Valores del coeficiente de escorrentía. Villón (2004)

**Tabla 4**

*Coeficiente de escorrentía en zona urbana*

<b>Tipo de área drenada</b>	<b>Coeficiente C</b>
<b>Áreas comerciales</b>	
Céntricas	0.7 – 0.95
Vecindarios	0.5 – 0.7
<b>Áreas Residenciales</b>	

Familiares simples	0.30 – 0.50
Multifamiliares separados	0.40 – 0.60
Multifamiliares concentrados	0.60 – 0.75
Semi-urbanos	0.25 – 0.40
Casas de habitación	0.50 – 0.70
<b>Áreas industriales</b>	
Densas	0.60 – 0.90
Espaciadas	0.50 – 0.80
Parques, cementerios	0.10 – 0.25
Campos de juego	0.10 – 0.35
Patios de ferrocarril	0.20 – 0.40
Zonas urbanas	0.10 – 0.30
<b>Calles</b>	
Asfaltadas	0.70 – 0.95
De concreto hidráulico	0.80 – 0.95
Adoquinadas	0.70 – 0.85
Estacionamientos	0.75 – 0.85
Techados	0.75 – 0.95

*Nota.* Valores del coeficiente de escorrentía. Villón (2004)

### 2.2.9. MÉTODO DEL SCS

Esta metodología se aplica sobre cuencas medianas y pequeñas. El valor paramétrico de más relevancia es la altura de precipitación que se genere en la zona. La principal finalidad de aplicación para el SCS es la determinación de los valores de escurrimiento en las avenidas máximas y las aportaciones que se generen en la zona. La nomenclatura del método sale a partir de la aplicación de una serie de curvas en la cual se determinan valores del 1 al 100 en el cual se identifica que el valor 1 toda la lluvia se infiltra y un valor de 100 indica que toda la lluvia escurre por ello el número de la curva evidencia los coeficientes de escorrentía.

La aplicación de la metodología es para la estimación de la escorrentía total partiendo de los valores de precipitación y una serie de parámetros de la cuenca de drenaje, la metodología se basa en la siguiente relación matemática:

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

$$S = \frac{1000}{N} - 10$$

## 2.2.10. COBERTURA VEGETAL

Una de las condiciones hidrológicas se basa en la capacidad de la superficie de una determinada hoya y con ello favorecer o no el escurrimiento directo, dichas características se basan fundamentalmente en la cobertura vegetal y puede estimarse a partir de las siguientes tablas:

**Tabla 5**

*Número de curva a partir de la cobertura*

<b>Cobertura</b>			<b>Número de curva</b>			
<b>Uso de la tierra</b>	<b>Tratamiento o práctica</b>	<b>Condición hidrológica</b>	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>D</b>
Descuidado en descanso, sin cultivos	Surcos rectos	---	77	86	91	94
	Surcos rectos	Pobre	72	81	88	91
	Surcos rectos	Buena	67	78	85	89
	Curvas de nivel	Pobre	70	79	84	88
Cultivos	Curvas de nivel	Buena	65	75	82	86
	Curvas de nivel y en terrazas	Pobre	66	74	80	82
	Curvas de nivel y en terrazas	Buena	62	71	78	81
	Surcos rectos	Pobre	65	76	84	88
Pequeños granos	Surcos rectos	Buena	63	74	82	85
	Curvas de nivel	Pobre	63	74	82	85

	Curvas de nivel	Buena	61	73	81	84
	Curvas de nivel y en terrazas	Pobre	61	72	79	82
	Curvas de nivel y en terrazas	Buena	59	70	78	81
	Surcos rectos	Pobre	66	77	85	89
	Surcos rectos	Buena	58	72	81	85
	Curvas de nivel	Pobre	64	75	83	85
Sembríos cerrados, legumbres o sembríos en rotación	Curvas de nivel	Buena	55	69	78	83
	Curvas de nivel y en terrazas	Pobre	63	73	80	83
	Curvas de nivel y en terrazas	Buena	51	67	76	80
		Pobre	68	79	86	89
		Regular	49	69	79	84
		Buena	39	61	74	80
Pastizales o similares	Curvas de nivel	Pobre	47	67	81	88
	Curvas de nivel	Regular	25	59	75	83
	Curvas de nivel	Buena	6	35	70	79
Pradera		Buena	30	58	71	78
		Pobre	45	66	77	83
Bosques		Regular	36	60	73	79
		Buena	25	55	70	77
Pacios		---	59	74	82	86
	Cieno	---	72	82	87	89
Caminos, incluyendo derecho de vía	Superficie firme	---	74	84	90	92

*Nota.* Valores de número de curva a partir de la cobertura vegetal. (Villón, 2004)

**Tabla 6**  
*Clasificación de suelos*

<b>Grupos de suelos</b>	<b>Descripción</b>
A	Son suelos que tienen altas tasas de infiltración (bajo potencial de escurrimiento) aun cuando están enteramente mojados y están constituidos mayormente por arenas o gravas profundas, bien y hasta excesivamente drenadas. Estos suelos tienen una alta tasa de transmisión de agua.
B	Son suelos que tienen tasas de infiltración moderadas cuando están cuidadosamente mojados y están constituidos mayormente de suelos profundos de texturas moderadamente finas a moderadamente gruesas. Estos suelos tienen una tasa moderada de transmisión de agua.
C	Son suelos que tienen bajas tasas de infiltración cuando están completamente mojados y están constituidos mayormente por suelos con un estrato que impide el movimiento del agua hacia abajo, o suelos con una textura que va de moderadamente fina a fina. Estos suelos tienen una baja tasa de transmisión de agua.
D	Son suelos de alto potencial de escurrimiento, de tasas de infiltración muy bajas cuando están completamente mojados y están formados mayormente por suelos arcillosos con un alto potencial de esponjamiento, suelos con índice de agua permanentemente alto, suelos con arcilla o capa de arcilla en la superficie o cerca de ella y suelos superficiales sobre material casi impermeable. Estos suelos tienen una tasa muy baja de transmisión del agua.

*Nota.* Descripción de los suelos y categorización. (Villón, 2004)

### 2.3. DEFINICIONES CONCEPTUALES

**Aforar:** Aforar una corriente, significa determinar a través de mediciones, el caudal que pasa por una sección dada y en un momento dado. (Villón, 2004)

**Caudal:** Cantidad o volumen de agua que transporta un río a través de una sección transversal en una unidad de tiempo. Se expresa en metros cúbicos por segundo (m<sup>3</sup>/s). (Aparicio, 2002)

**Escurrecimiento:** Proceso del movimiento del agua en la superficie

terrestre que se lleva a cabo fundamentalmente en las laderas, después de fuertes precipitaciones pluviales o deshielo. (Villón, 2004)

**Hidrograma:** Un hidrograma es la expresión gráfica de  $Q = f(t)$ . Puede representarse a escalas muy diversas: en el eje de abscisas puede aparecer un intervalo de tiempo de 12 horas o de 2 años. El área comprendida bajo un hidrograma es el volumen de agua que ha pasado por el punto de aforo en el intervalo de tiempo considerado. (Aparicio, 2002)

**Infiltración:** Se define como el movimiento del agua, a través de la superficie del suelo y hacia adentro del mismo, producido por la acción de las fuerzas gravitacionales y capilares. (Aparicio, 2002)

**Numero de curva del SCS:** Reflejan la capacidad de la cuenca vertiente para producir escorrentía durante una lluvia. El parámetro permite obtener la lluvia neta, así como definir el Coeficiente de Escorrentía de cada cuenca. (Villón, 2004)

**Tiempo de concentración:** Se define como el tiempo mínimo necesario para que todos los puntos de una cuenca estén aportando agua de escorrentía de forma simultánea al punto de salida, punto de desagüe o punto de cierre. Está determinado por el tiempo que tarda en llegar a la salida de la cuenca el agua que procede del punto hidrológicamente más alejado, y representa el momento a partir del cual el caudal de escorrentía es constante, al tiempo que máximo; el punto hidrológicamente más alejado es aquél desde el que el agua de escorrentía emplea más tiempo en llegar a la salida. (Villón, 2004)

## 2.4. HIPÓTESIS

Existe una relación entre la delimitación hidrológica de una cuenca y la estimación precisa de los valores de escorrentía en la cuenca del río Chaupihuaranga.

## **2.5. VARIABLES**

### **2.5.1. VARIABLE DEPENDIENTE**

Valores precisos de escorrentía.

### **2.5.2. VARIABLE INDEPENDIENTE**

Delimitación hidrológica.

## 2.6. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

Tabla 7

*Operacionalización de variables*

VARIABLES	DEFINICIONES CONCEPTUAL	DEFINICIONES OPERACIONALES	TIPO DE VARIABLE	DIMENSIONES	INDICADORES
Delimitación hidrológica	La caracterización geomorfológica ambiental de una cuenca fluvial se determina en primera instancia por su conocimiento morfométrico. Este último es uno de los aspectos más influyentes en la ecología acuática, dado que muchos indicadores, composición físico-química, sedimentación dependen de la forma de la cuenca. La morfometría sirve, además, para hallar parámetros que caractericen un ambiente geomorfológico y que sean susceptibles de un tratamiento estadístico que permita disminuir la subjetividad en las conclusiones. (Geraldí, 2010)	Estimación de valores característicos de los parámetros de forma, relieve, perfil, sistema de drenaje, entre otros de la superficie y composición de la cuenca de interés.	Independiente	Información Geoespacial	Parámetros de forma  Parámetros de relieve.  Parámetros de drenaje

Valores precisos de escorrentía	La Escorrentía Superficial o Directa es la precipitación que no se infiltra en ningún momento y llega a la red de drenaje moviéndose sobre la superficie del terreno por la acción de la gravedad. Corresponde a la precipitación que no queda tampoco detenida en las depresiones del suelo, y que escapa a los fenómenos de evapotranspiración. (Monsalve, 1999)	Determinación de los factores meteorológicos y geográficos.	Dependiente	Valores de precipitación	Hidrograma Unitario	Hidrograma de escorrentía	Cantidad máxima de precipitación Distribución de precipitación Intensidad de precipitación Tiempo de concentración Coeficiente de escorrentía Caudal pico Caudal pico Tiempo de concentración Duración de la crecida Forma de hidrograma
------------------------------------	--	---	-------------	--------------------------	---------------------	------------------------------	---

## CAPITULO III

### METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

#### 3.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN

##### 3.1.1. ENFOQUE

Se plantea que una investigación presenta un enfoque cuantitativo cuando se pueden generalizar sus resultados y poder estimar una predicción de resultados con un control de fenómenos. (Hernández, 2014)

Siendo así la investigación presenta un enfoque **cuantitativo**.

##### 3.1.2. ALCANCE O NIVEL

Se plantea una investigación con alcance descriptivo, ya que busca especificar las propiedades, características y perfiles de los elementos que forman parte del estudio. (Hernández, 2014)

Siendo así la investigación presenta un enfoque **descriptivo**.

##### 3.1.3. DISEÑO

Se plantea una investigación con diseño no experimental si se analizan valores en un lapso de tiempo determinado, se hacen estimaciones de tendencia y se elaboran parámetros para su análisis en su evolución. (Hernández, 2014)

Siendo así la investigación presenta un enfoque **no experimental**.

#### 3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA

##### 3.2.1. POBLACIÓN

Se define a población al grupo en el cual deben compartir características de contenido, lugar y tiempo. (Hernández, 2014)

Se plantea así para la investigación que la población es el cauce del río Chaupihuaranga.

### 3.2.2. MUESTRA

Se define como muestra a parte de la población del cual se pueden generalizar resultados al ser de una dimensión menor al de la población. (Hernández, 2014)

Para la investigación se tiene de muestra del cauce del río Chaupihuranga de 650 metros aguas abajo a partir del cementerio general de Cochachinche.

## 3.3. TÉCNICAS E INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS

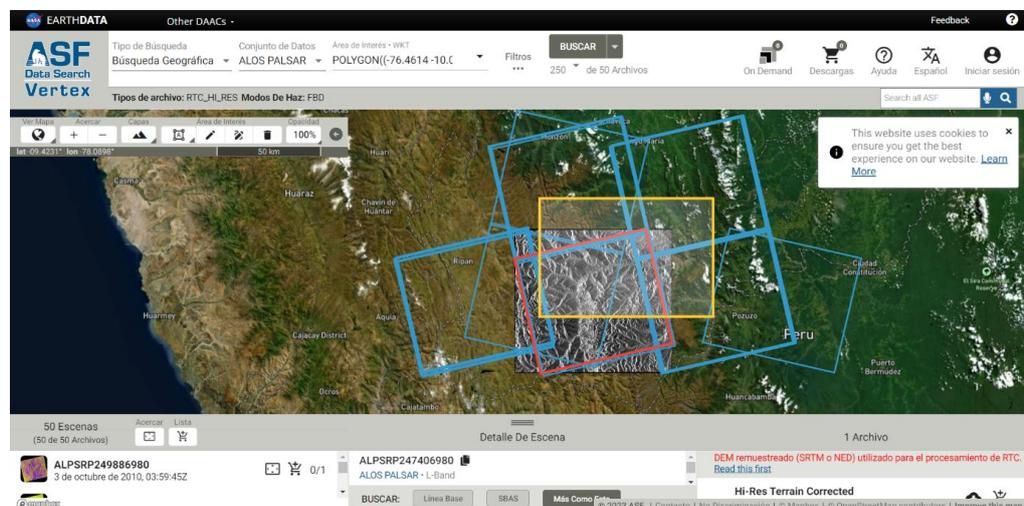
### 3.3.1. PARA LA RECOLECCIÓN DE DATOS

#### ➤ Delimitación de Cuenca

A fin de identificar los límites de la cuenca se requiere de una información de elevación digital de la zona de influencia que pueda presentar la cuenca del río Chaupihuaranga, dicha información se recolectó del servidor ALOS PALSAR con la finalidad de obtener un modelo de elevación actualizado.

**Figura 23**

*Sitio web con la delimitación de la zona de influencia de la cuenca*



Con el modelo de elevación que compone la cuenca extraída de un servidor satelital validado se procede a identificar el punto de aforo con el cual se delimitará la cuenca, para la presente investigación se tomó por pertinente tomar como punto de aforo en el punto de inicio del cauce que fue tomado como muestra.

**Tabla 8**

*Ficha de punto de aforo*

PUNTO DE AFORO		
NOMBRE	ESTE	NORTE
AFORO		

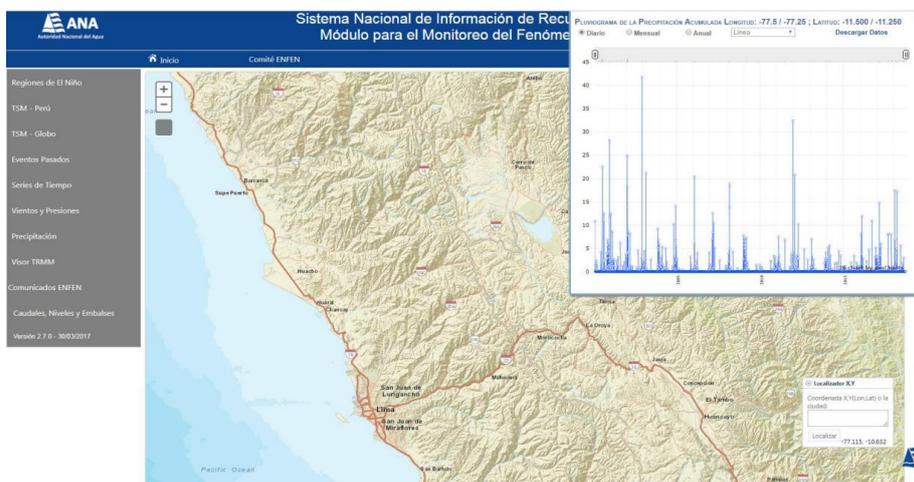
Con la identificación del punto de aforo de la cuenca se procedió a partir de las herramientas con la cuenta el software ArcMap delimitar la cuenca e identificar sus características.

➤ **Caracterización de Precipitación**

Uno de los factores necesarios en la caracterización hidrológica de cualquier cuenca es la información que se recolecte de las estaciones pluviométricas o estaciones meteorológicas con los que cuentan los servidores del Servicio Nacional de Meteorología e hidrología (SENAMHI) o la Autoridad Nacional del Agua (ANA), ya que ellos cuentan con una base de datos verificada con la cual se puede estimar de manera más confiable los valores de precipitación a partir de lecturas echas en la zona in situ.

**Figura 24**

*Servidor de información de la Autoridad Nacional del Agua*



Delimitada la cuenca del río Chaupihuaranga se lograron identificar las estaciones cercanas de las cuales fueron necesarias el conocimiento de sus ubicaciones coordenadas.

**Tabla 9**

*Ficha de ubicaciones de las estaciones*

<b>COORDENADAS DE ESTACIONES</b>			
<b>Estación</b>	<b>Latitud</b>	<b>Longitud</b>	<b>Altitud</b>

La ficha presentada fue necesaria para la identificación espacial con respecto al centroide de la cuenca, dichos valores de distancia fueron necesarios para la interpolación de valores de precipitación con lo cual se estimen valores de lluvia específicamente para la cuenca de interés.

**Tabla 10**

*Ficha de valores de precipitación*

<b>AUTORIDAD NACIONAL DEL AGUA - ANA</b>												
<b>Análisis de Datos y Recursos Estadísticos del Agua - ANDREA</b>												
<b>Estación</b>												
<b>Variable</b>												
<b>Operador</b>												
<b>WGS 84</b>												
<b>Geográficas</b>												
<b>Tipo</b>												
<b>Ámbito</b>												
<b>Político</b>												
<b>Ámbito</b>												
<b>Administrati</b>												
<b>vo</b>												
<b>Unidad</b>												
<b>Hidrográfica</b>												
<b>Año</b>	<b>Ene</b>	<b>Feb</b>	<b>Mar</b>	<b>Abr</b>	<b>May</b>	<b>Jun</b>	<b>Jul</b>	<b>Ago</b>	<b>Set</b>	<b>Oct</b>	<b>Nov</b>	<b>Dic</b>
<b>1993</b>												
<b>1994</b>												
<b>1995</b>												
<b>1996</b>												
<b>1997</b>												
<b>1998</b>												
<b>1999</b>												
<b>2000</b>												

2001  
2002  
2003  
2004  
2005  
2006  
2007  
2008  
2009  
2010  
2011  
2012  
2013  
2014  
2015  
2016  
2017

---

De la identificación de las estaciones a tomar en consideración, se realiza el relleno de la ficha de valores promedios mensuales para la estimación del caudal en un estado estándar y no estimarlo en un estado crítico.

➤ **Aforo en Cauce**

**Tabla 11**

*Ficha registro de velocidades en puntos de aforo*

---

<b>Velocidades Tomadas</b>				
<b>Progresiva</b>	<b>L1</b>	<b>L2</b>	<b>L3</b>	<b>Prom</b>

---

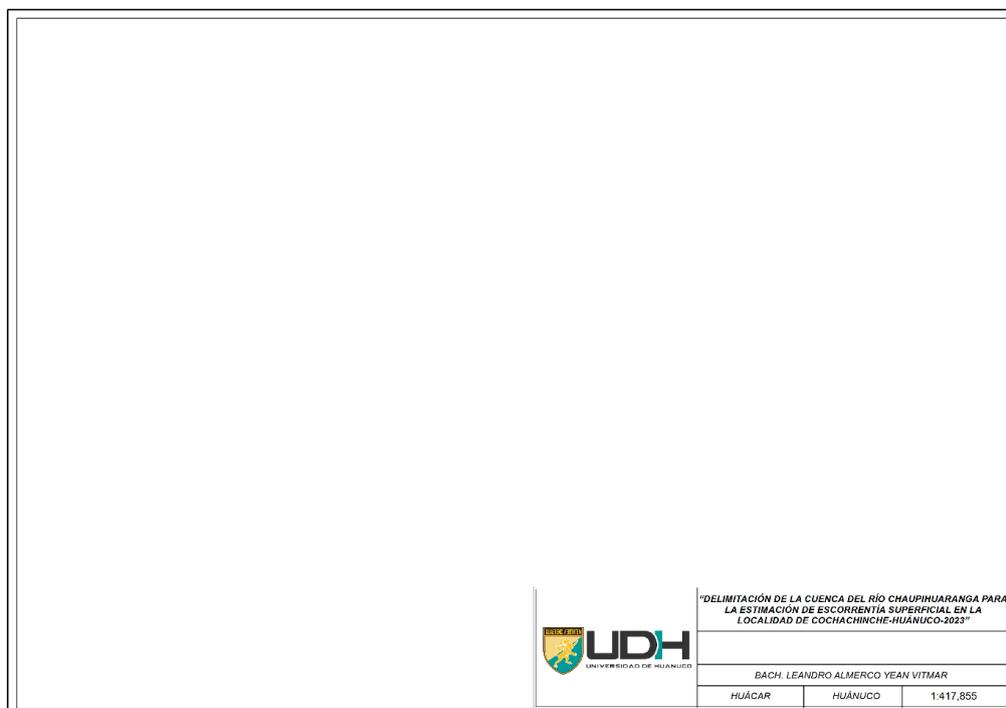
Con el levantamiento topográfico de la zona del cauce seleccionado como muestra para la presente investigación se obtuvo los valores de progresiva que fueron sometidos a un aforo en su cauce teniendo en cuenta la velocidad del flujo en el cual se transporta el agua, las lecturas se hicieron en tres partes de la sección de la progresiva con la finalidad de estimar un valor promedio de velocidad.

### 3.3.2. PARA LA PRESENTACIÓN DE DATOS

#### ➤ Delimitación de Cuenca

**Figura 25**

*Matriz gráfica para presentación de cartografía*



El proceso geomorfológico íntegramente se presentó en una matriz cartográfica entendible y con una leyenda clara, en la información cartográfica se incluyeron las fichas de caracterización de la cuenca.

**Tabla 12**

*Ficha de parámetros geomorfológicos*

PARÁMETROS GEOMORFOLÓGICOS			
TIPO	ÍTEM	DIMENSIÓN/SÍMBOLO	VALOR
GEOMETRÍA	ÁREA	km <sup>2</sup>	
	PERÍMETRO	km	
	ANCHO	km	
	LARGO	km	
ALTITUDES	ALTITUD MÁXIMA	msnm	
	ALTITUD MÍNIMA	msnm	
COORDENAS	CENTROIDE ESTE	m	
	CENTROIDE NORTE	m	

<b>ALTITUD DE CUENCA</b>	CENTROIDE COTA	msnm
	ALTURA PROMEDIO	msnm
	ALTITUD FRECUENTE	msnm
	ALTITUD DE FRECUENCIA (1/2)	msnm
<b>PENDIENTE DE CUENCA</b>	PENDIENTE DE CUENCA	%
<b>RED HIDROGRÁFICA</b>	LONGITUD DE CAUCE PRINCIPAL	km
	ORDEN DE RED HÍDRICA	Ad
	LONGITUD TOTAL DE LA RED HÍDRICA	km
	PENDIENTE PROMEDIO DE CAUCE	%
<b>PARÁMETROS DE CUENCA</b>	FACTOR DE FORMA	F
	ÍNDICE DE COMPACIDAD	K
	RECTÁNGULO EQUIVALENTE LADO MAYOR	L
	RECTÁNGULO EQUIVALENTE LADO MENOR	I
	DENSIDAD DE DRENAJE	Dd
	ÍNDICE DE PENDIENTE	Ip

Los valores extraídos del proceso de caracterización en el software ArcMap fueron trasladados a la ficha que agrupó toda la información geomorfológica de la cuenca de interés, con la finalidad de presentar en un orden comprensible la información obtenida.

**Tabla 13**

*Ficha complementaria de características*

<b>COEFICIENTE DE ESCORRENTÍA</b>				
<b>COBERTURA</b>	<b>TEXTURA</b>	<b>PENDIENTE</b>	<b>ÁREA</b>	<b>C</b>
<b>COEFICIENTE DE ESCORRENTÍA</b>				

La caracterización de la cuenca no solo se elaboró a partir de la

información geométrica que compone la cuenca, sino por la necesidad de ahondar en su caracterización se hicieron uso de fichas complementarias que permitieran caracterizar a la cuenca a manera detallada con el fin de estimar los valores de escorrentía de manera adecuada.

➤ **Caracterización de precipitación**

**Tabla 14**

*Ficha de presentación de datos*

<b>Año</b>	<b>Ene</b>	<b>Feb</b>	<b>Mar</b>	<b>Abr</b>	<b>May</b>	<b>Jun</b>	<b>Jul</b>	<b>Ago</b>	<b>Set</b>	<b>Oct</b>	<b>Nov</b>	<b>Dic</b>	<b>Prom</b>	<b>Min</b>	<b>Max</b>
1993															
1994															
1995															
1996															
1997															
1998															
1999															
2000															
2001															
2002															
2003															
2004															
2005															
2006															
2007															
2008															
2009															
2010															
2011															
2012															
2013															
2014															
2015															
2016															
2017															
<b>Cant</b>															
<b>Dato</b>															
<b>s</b>															
<b>Desv</b>															
<b>. Est.</b>															
<b>Coef</b>															
<b>.</b>															
<b>Varia</b>															
<b>ción</b>															
<b>Pro</b>															
<b>m</b>															
<b>Mín</b>															
<b>Máx</b>															

Para la investigación se requirió que cada uno de los registros de precipitación sean analizados en su desviación estándar y coeficiente de variación, así como también la determinación de los valores máximos, mínimos y promedios anuales y mensuales. Con esta información se determinará que tan consistente sean los valores

➤ **Cálculo de Caudales**

**Tabla 15**

*Ficha de caudales estimados*

<b>CAUDAL CALCULADO</b>		
<b>TIEMPO DE RETORNO</b>	<b>HEC-HMS</b>	<b>MET RACIONAL</b>

El cálculo de los caudales se determinó a partir de diferentes metodologías con las que se pudo establecer una comparación de valores y el margen de variaciones en diferentes metodologías.

**3.3.3. PARA EL ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN**

➤ **Caracterización de Precipitación**

**Tabla 16**

*Ficha de estaciones cercanas*

<b>Estación</b>	<b>PERIODOS TEMPORALES</b>			<b>Porcentaje de datos faltantes</b>
	<b>Periodo con datos trabajables</b>			
	<b>Año Inicial</b>	<b>Año Final</b>	<b>Cantidad de años</b>	

Con la identificación de las estaciones de pluviometría en la cuenca se requiere de la caracterización de la cantidad de información con la que cuenta la estación, con esto se identificaron los porcentajes de información faltante en el registro histórico, conjuntamente con estos porcentajes se realizó el análisis de los periodos temporales con los

cuales las estaciones presentan un registro histórico semi completo o completo para poder determinar el periodo de investigación que fue planteado en la caracterización hidrológica.

**Tabla 17**

*Ficha de prueba de datos anómalos*

<b>Estadísticos</b>	<b>Precipitación</b>	<b>Log(Precip)</b>
<b>Cantidad de datos</b>		
<b>Suma</b>		
<b>Valor máximo</b>		
<b>Valor mínimo</b>		
<b>Promedio</b>		
<b>Varianza</b>		
<b>Desv. Estándar</b>		
<b>Coef. Variac.</b>		
<b>Coef. Sesgo</b>		
<b>Concluye</b>		
<b>Límites de precipitación</b>		
<b>Cantidad de datos</b>		
<b>Kn</b>		
<b>Precip. máx</b>		
<b>Precip. Mín</b>		

Los valores de precipitación recolectados de las estaciones y completados a partir de una interpolación basada en la distancia entre estaciones, dicho registro completo y con una aplicación de estadísticos generalizados requirieron de una determinación y ajuste de valores atípicos con la presentación de la ficha anterior se estableció el procedimiento de determinación de valores que no guardan una correlación con la serie de datos recolectada de los servidores de información.

**Tabla 18***Ficha de precipitaciones acumuladas*

<b>Acumulados</b>					
<b>PP MÁX CHAVIN</b>	<b>PP MÁX HUÁNUCO</b>	<b>PP MÁX OYON</b>	<b>PP MÁX PASCO</b>	<b>PP MÁX PICOY</b>	<b>PP MÁX INTERPOLADA</b>

Las estaciones con los valores corregidos se colocaron en la ficha de precipitaciones acumuladas con la finalidad de determinar cuál es la estación más adecuada y con correlación de datos, esto se estimó a partir de un análisis de masa, dicha metodología se basa en la determinación de la estación más idónea a partir de la verificación de quiebres que presenta la serie, mientras más lineal sea la línea que compone los acumulados tiene una correlación de datos más adecuada.

➤ **Determinación de intensidades**

**Figura 26***Ficha de intensidades*

<b>AÑOS</b>	<b>DURACIÓN EN MINUTOS</b>											
<b>T</b>	<b>5</b>	<b>10</b>	<b>15</b>	<b>20</b>	<b>25</b>	<b>30</b>	<b>35</b>	<b>40</b>	<b>45</b>	<b>50</b>	<b>55</b>	<b>60</b>
<b>T-2</b>												
<b>T-5</b>												
<b>T-10</b>												
<b>T-25</b>												
<b>T-50</b>												
<b>T-100</b>												
<b>T-105</b>												
<b>T-500</b>												
<b>T-1000</b>												
<b>T-10000</b>												

Con la determinación de las precipitaciones en diferentes periodos de retorno se lograron estimar las intensidades en los periodos de retorno calculados y distribuido en diferentes duraciones de minutos, esta información base sirvió para estimar la ecuación de intensidades la cual da paso al rellenado de valores de intensidades para la curva IDF.

**Tabla 19**

*Ficha de tormenta de diseño*

<b>TORMENTA DE DISEÑO</b>							
<b>PERIODO DE RETORNO</b>		<b>DURACIÓN DE TORMENTA</b>		<b>INTENSIDAD DE LLUVIA</b>		<b>P24 hr (mm)</b>	<b>INTERVALO DE t (min)</b>
<b>INSTANTE (min)</b>	<b>INTENSIDAD (mm/h)</b>	<b>P. ACUMULADA (mm)</b>	<b>ΔP (mm)</b>	<b>INTENSIDAD PARCIAL (mm/h)</b>	<b>P ALTERNADA (mm)</b>	<b>ImPa ALTERNADA (mm)</b>	<b>P. ACUMULADO (mm)</b>

Los valores de intensidad se estimaron a partir de la aplicación del Hidrograma por el método del bloque alternado, con estos valores se realiza la figura del Hidrograma de diseño con el cual se estimaron los valores de caudal con la metodología del número de curva.

➤ **Cálculo de Caudales**

**Tabla 20**

*Ficha de parámetros del HEC-HMS*

<b>Parámetros para HEC-HMS</b>
<b>Área</b>
<b>Método de Pérdida</b>
<b>Método de Transformación</b>
<b>Número de Curva</b>
<b>Periodo de Retardo</b>

La estimación de los caudales por la metodología del número de curva requiere de los parámetros básico que se presentan en la ficha anterior, con esta información se pudo determinar el valor del caudal con el cual se pueda estimar una comparativa entre las diferentes metodologías planteadas.

➤ **Aforo en Cauce**

**Tabla 21**

*Ficha de caudales aforados*

<b>Cálculo de Caudal en Aforos</b>				
<b>Progresiva</b>	<b>Área</b>	<b>Velocidad</b>	<b>Factor de Seguridad</b>	<b>Caudal</b>
<b>Promedio</b>				

Los valores de caudal por el método de aforo se estimaron a partir del promedio estimado por el producto del área y de la velocidad registrada.

# CAPITULO VI

## RESULTADOS

### 4.1. PROCESAMIENTO DE DATOS

#### 4.1.1. DELIMITACIÓN DE CUENCA

Inicialmente se definió el punto de aforo, el cual se encuentra dentro del cauce del río Chaupihuranga el cual se identificó como:

**Tabla 22**

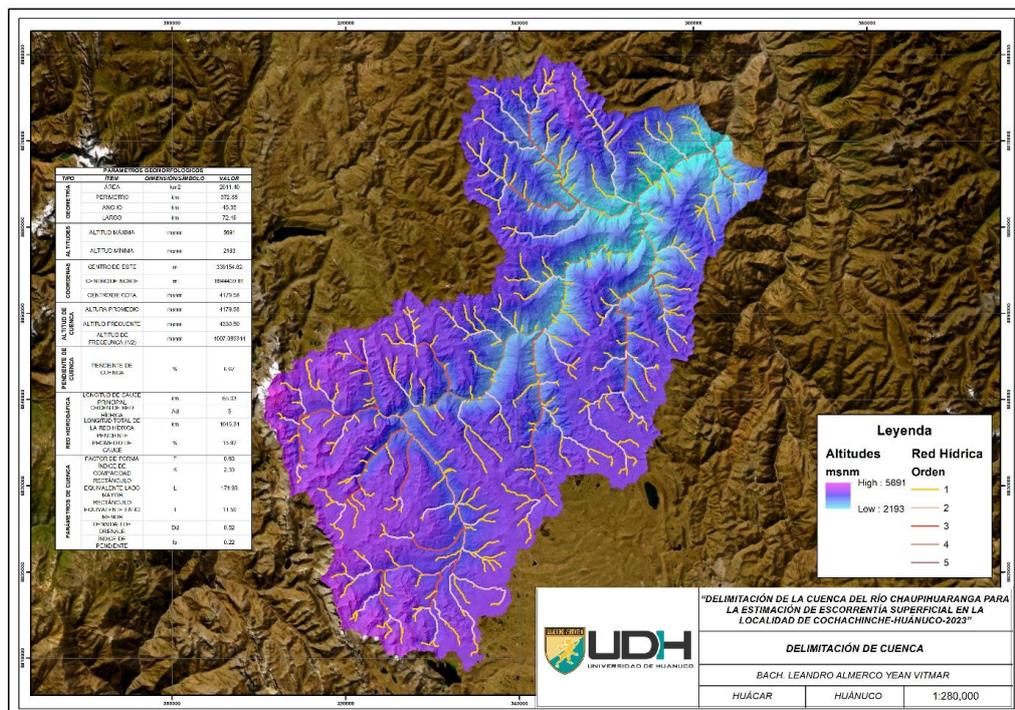
*Punto de aforo en cauce del río Chaupihuranga*

PUNTO DE AFORO		
NOMBRE	ESTE	NORTE
AFORO	363665.52	8870798.30

Nota. El punto de aforo se tomó a partir de la delimitación del cauce de interés, dicho valor funcionó como identificador de cauces que componen la cuenca que incluye al río Chaupihuaranga, este se encuentra a 650 metros aguas arriba a altura del Cementerio de Cochachinche.

**Figura 27**

*Delimitación de cuenca*



Nota. A partir de la identificación de los modelos digitales de la cuenca que conforma el río Chaupihuaranga y con la identificación del punto de aforo se determinó con ayuda

del software ArcMap que la cuenca presenta una altitud entre 2193 y 5691 msnm y con la composición de una red hídrica de orden 5.

**Tabla 23**

*Parámetros geomorfológicos*

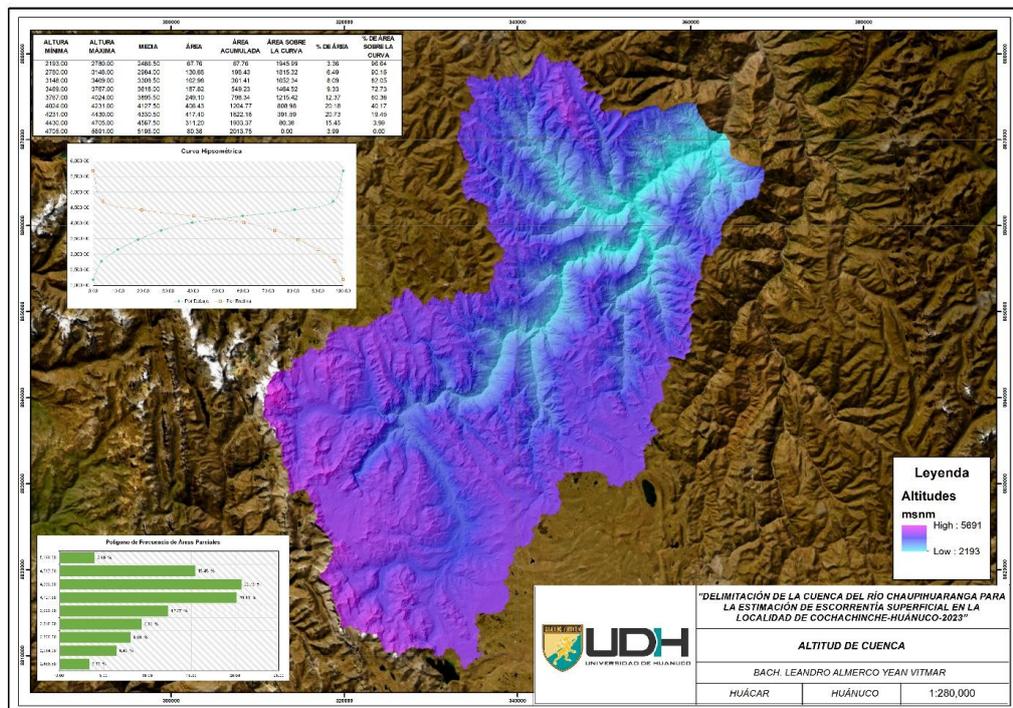
<b>PARÁMETROS GEOMORFOLÓGICOS</b>			
<b>TIPO</b>	<b>ÍTEM</b>	<b>DIMENSIÓN/SÍMBOLO</b>	<b>VALOR</b>
<b>GEOMETRÍA</b>	ÁREA	km <sup>2</sup>	2011.40
	PERÍMETRO	km	372.85
	ANCHO	km	45.35
	LARGO	km	72.49
<b>ALTITUDES</b>	ALTITUD MÁXIMA	msnm	5691
	ALTITUD MÍNIMA	msnm	2193
<b>COORDENADAS</b>	CENTROIDE ESTE	m	339154.82
	CENTROIDE NORTE	m	8844439.81
	CENTROIDE COTA	msnm	4179.58
<b>ALTITUD DE CUENCA</b>	ALTURA PROMEDIO	msnm	4179.58
	ALTITUD FRECUENTE	msnm	4330.50
	ALTITUD DE FRECUENCIA (1/2)	msnm	4007.085344
<b>PENDIENTE DE CUENCA</b>	PENDIENTE DE CUENCA	%	6.67
<b>RED HIDROGRÁFICA</b>	LONGITUD DE CAUCE PRINCIPAL	km	65.03
	ORDEN DE RED HÍDRICA	Ad	5
	LONGITUD TOTAL DE LA RED HÍDRICA	km	1045.34
	PENDIENTE PROMEDIO DE CAUCE	%	15.82
	FACTOR DE FORMA	F	0.63
<b>PARÁMETROS DE CUENCA</b>	ÍNDICE DE COMPACIDAD	K	2.33
	RECTÁNGULO EQUIVALENTE LADO MAYOR	L	174.93
	RECTÁNGULO EQUIVALENTE LADO MENOR	I	11.50

DENSIDAD DE DRENAJE	Dd	0.52
ÍNDICE DE PENDIENTE	Ip	0.22

*Nota.* Con la caracterización de la cuenca se pudo identificar los valores geométricos con las cuales se caracteriza a la cuenca de ello se pudo determinar que presenta un área aproximada de 2011.40 km<sup>2</sup>, un perímetro de 372.85 km; con los valores estimados se lograron determinar que para los índices de parámetros de cuenca se tiene lo siguiente: un factor de forma de 0.63, un índice de compacidad de 2.33, un longitud mayor y menor de lado del rectángulo equivalente de 174.93 y 11.50 respectivamente, un valor dimensional de densidad de drenaje de 0.52 y un índice de pendiente de 0.22.

**Figura 28**

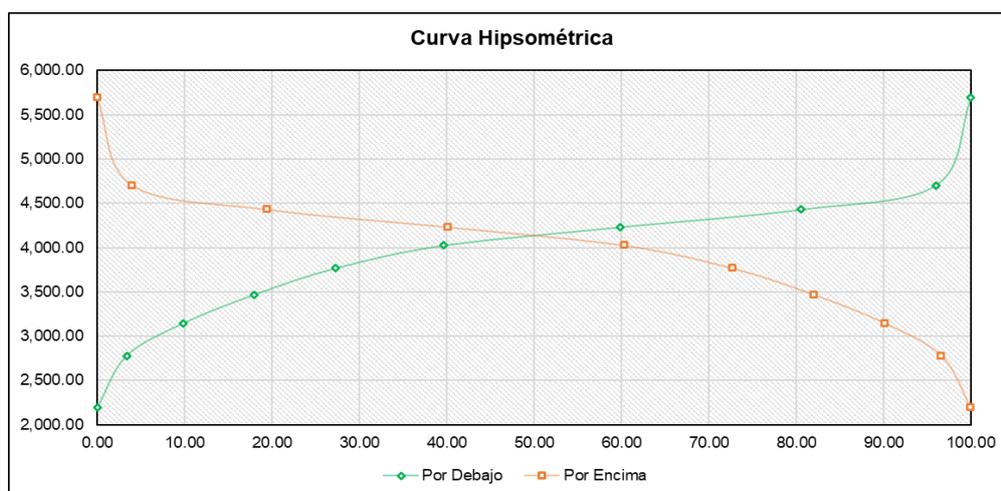
*Altitudes de la cuenca de interés*



*Nota.* De la caracterización de cuenca se pudo caracterizar de manera altitudinal los parámetros que presenta la cuenca de interés, de la caracterización se pudo identificar que los límites altitudinales se establecen entre 2193 a 5691 msnm, siendo una de las altitudes más recurrentes la de un promedio de 4330.50 msnm con un porcentaje de área máximo de 20.73%.

**Figura 29**

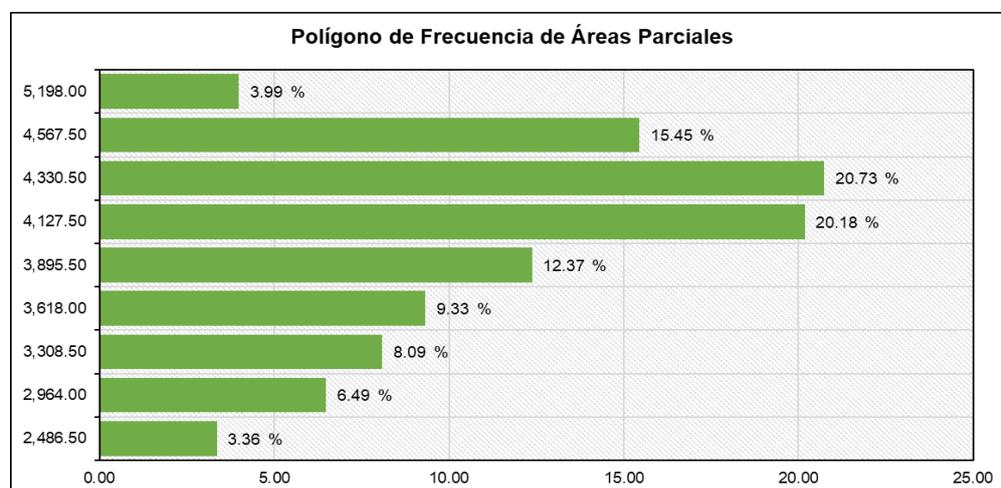
*Curva hipsométrica*



*Nota.* Con la distribución altitudinal que presenta la cuenca se pudo determinar la forma de la curva hipsométrica, en el eje vertical se estimaron los valores altitudinales que componen la cuenca, mientras que en el eje horizontal se presenta el porcentaje que representa del área de la cuenca, por la forma que presenta la curva se puede identificar que la cuenca se encuentra en un estado **maduro de desarrollo**.

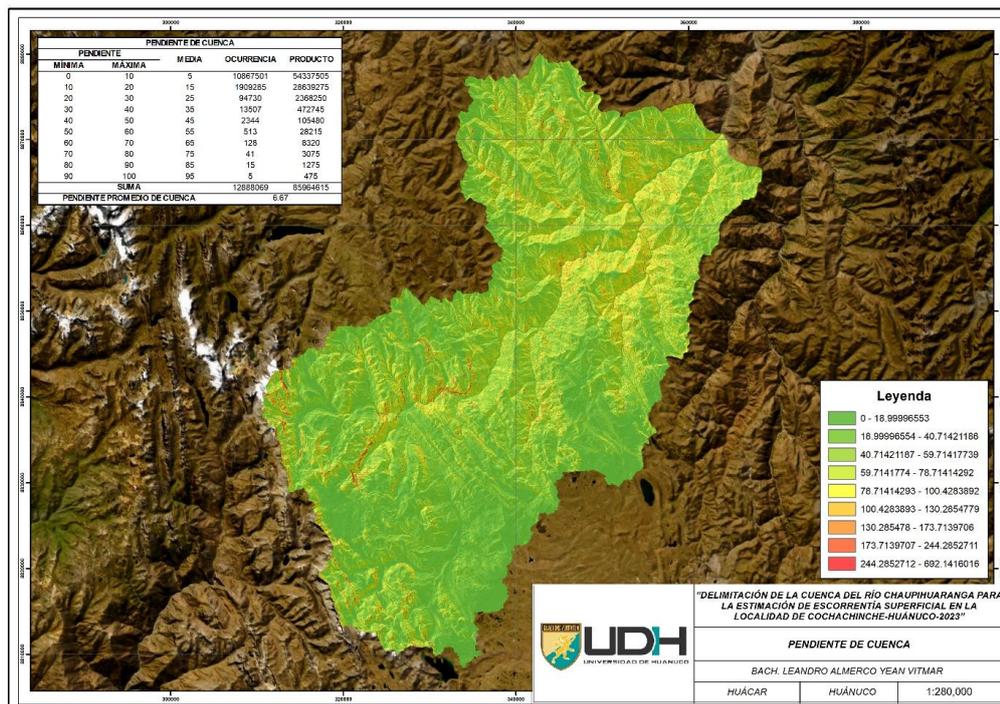
**Figura 30**

*Polígono de frecuencias altitudinales*



*Nota.* Con la delimitación del modelo digital de elevación se caracterizaron la distribución altitudinal de la cuenca con la cual se elaboró el modelo del polígono de frecuencias altitudinales en áreas parciales, la altitud más recurrente en la amplitud de la cuenca es de 4430 msnm con un 20.73% de superficie de cuenca, mientras que la altitud menos recurrente es la de 2486 msnm con un 3.26% de superficie de cuenca, con estos valores se puede identificar el sesgo hacia la derecha que presenta la distribución altitudinal de la cuenca dando a entender que presenta en promedio de 4179.58 msnm.

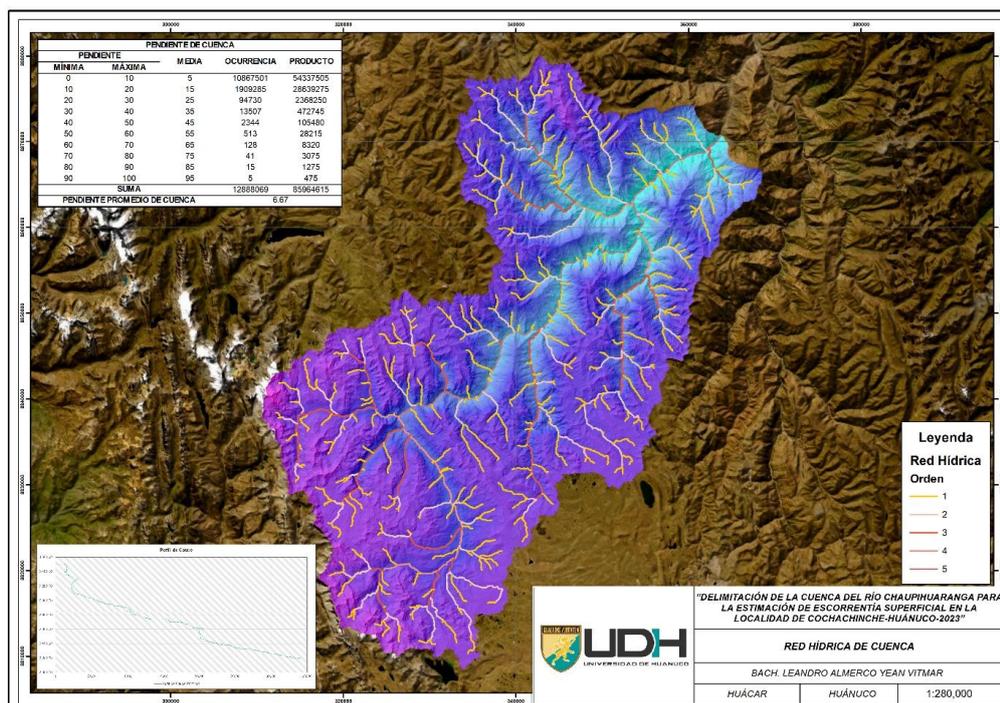
**Figura 31**  
*Caracterización de pendiente de la cuenca*



*Nota.* La estimación de los valores altitudinales de la cuenca facilitó la determinación de los valores de pendientes porcentuales que presenta la cuenca, con dicha caracterización se logró determinar las áreas con los respectivos valores de pendientes, con la cual se pudo identificar que la cuenca presenta una pendiente promedio de 6.67% el cual se estimó a partir de la ponderación de la repetición del valor con el producto del promedio y la ocurrencia para cada área determinada.

**Figura 32**

*Red hídrica de la cuenca*



*Nota.* Con los valores altitudinales y de pendiente el software ArcMap presenta herramientas de estimación de cauces que conformen la topografía de interés, con ello se determinó la red hídrica que conforma la cuenca del río Chaupihuaranga se pudo estimar que la cuenca presenta una red hídrica de quinto orden con una longitud de cauce principal de 65.03 km (red de quinto orden)

**Tabla 24**

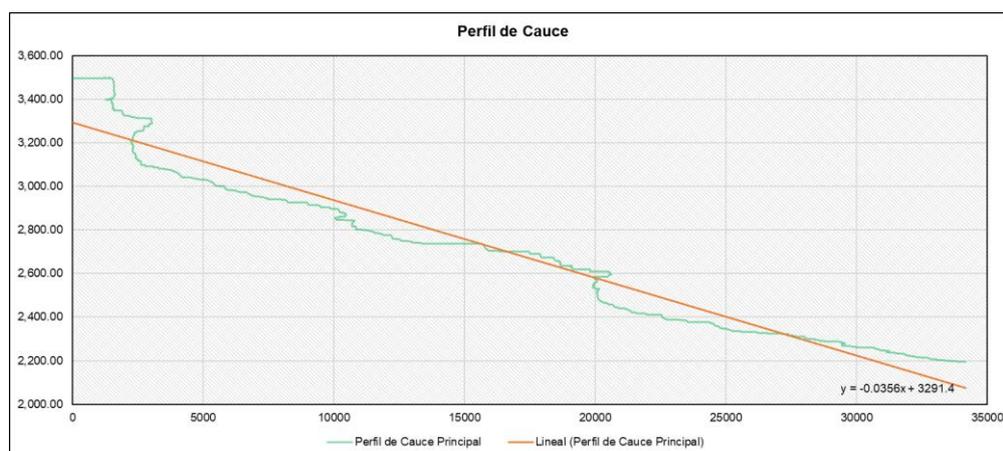
*Pendiente de red hídrica*

RED HÍDRICA					
# DE ORDEN	CANTIDAD	LONGITUD	COINCIDENCIAS	PENDIENTE	PRODUCTO
1	321	508.09	41456	18.696746	775092.30
2	77	269.36	22234	15.901255	353548.50
3	19	153.78	12298	11.504689	141484.67
4	4	49.07	3956	8.666091	34283.06
5	1	65.03	5152	8.093669	41698.58
<b>LONG. TOTAL</b>		1045.34	85096.00		1346107.11
<b>PENDIENTE PROMEDIO</b>				15.82	

*Nota.* Se pudo estimar que para la red hídrica que compone la cuenca se estima que la longitud total de la red hídrica es de 1045.34 km, dichas redes fueron interpoladas con los valores de pendiente de la cuenca con el fin de estimar una pendiente promedio de la red hídrica, la cual se estimó con un valor de 15.82%.

**Figura 33**

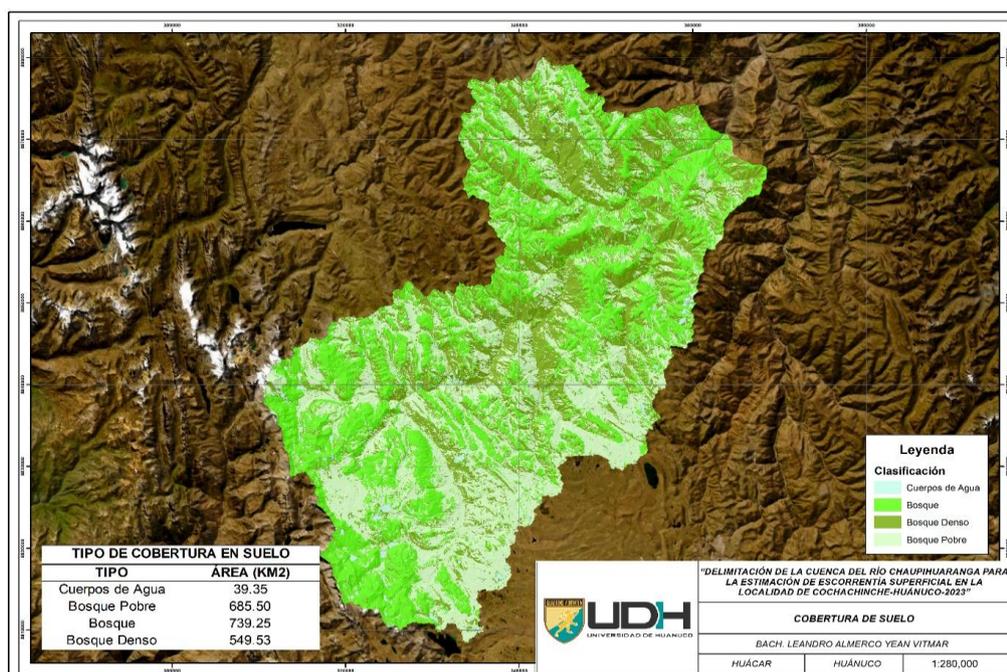
*Perfil de cauce principal*



*Nota.* Con la identificación del cauce principal y su respectivo orden de clasificación se graficó la pendiente que presenta el cauce principal a partir del modelo de elevación digital, con ello se pudo estimar a partir de una línea de tendencia que el valor de la pendiente del cauce principal es de 0.0356 o en valores porcentuales de 3.56%.

**Figura 34**

*Tipos de cobertura de cuenca*



*Nota.* A partir de una clasificación no supervisada elaborada con las imágenes Landsat 08 y con la estructuración de bandas en imágenes satelitales se logró clasificar las coberturas de los suelos identificando los tipos de coberturas observados en la visita a campo y con ayuda de las imágenes satelitales, con lo cual se pudo identificar 4 tipos de coberturas de suelo los cuales fueron: cuerpos de agua, bosque pobre, bosque y bosque denso con un área de 39.35, 685.50, 739.25 y 549.53 km<sup>2</sup> respectivamente.

**Tabla 25**

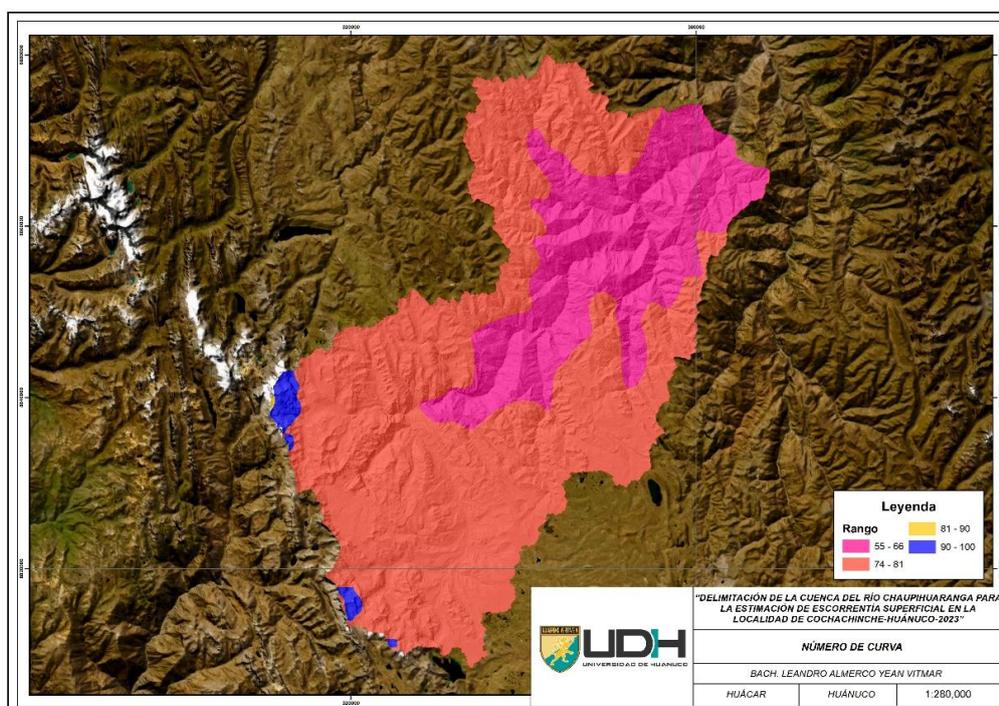
*Cálculo del coeficiente de escorrentía*

<b>COEFICIENTE DE ESCORRENTÍA</b>				
<b>COBERTURA</b>	<b>TEXTURA</b>	<b>PENDIENTE</b>	<b>ÁREA</b>	<b>C</b>
Forestal	Franco arenosa	10.00 %	68550.28	0.25
Pradera	Franco Arcillo limosa	14.00 %	73925.16	0.40
Terreno Cultivado	Franco Arcillo limosa	13.50 %	54952.65	0.70
<b>COEFICIENTE DE ESCORRENTÍA</b>				<b>0.43</b>

*Nota.* Con la identificación de las coberturas de suelo se lograron establecer los parámetros con el cual se pueda estimar el coeficiente de escorrentía, para la cobertura de suelo se descartaron los cuerpos de agua y con ello se logró determinar que el valor del coeficiente para la cuenca es de 0.43.

**Figura 35**

*Número de curva de cuenca*



*Nota.* Con la delimitación perimetral de la cuenca y con el uso de la capa geográfica del número de curva elaborada por el MINAGRI, se pudo identificar que la cuenca del río Chaupihuaranga se encuentra dentro de 4 rangos los cuales son: 55-66, 74-81, 81-90 y 90-100.

**Tabla 26***Estimación del Número de Curva*

<b>NUMERO DE CURVA</b>				
<b>RANGO</b>	<b>PROMEDIO</b>	<b>ÁREA</b>	<b>PROM*ÁREA</b>	<b>C</b>
55 - 66	60.50	576.35	34869.41	
74 - 81	77.50	1410.27	109295.91	72.87
81 - 90	85.50	0.59	50.50	
90 - 100	95.00	26.54	2521.12	
<b>2013.75</b>				

*Nota.* Cada uno de los rangos identificados se delimitaron con la finalidad de establecer un promedio ponderado con el cual se pueda trabajar la estimación del caudal, con lo cual para la cuenca se pudo determinar que el valor del número de curva que define a la cuenca es de 72.87.

**Tabla 27***Estimación del tiempo de concentración*

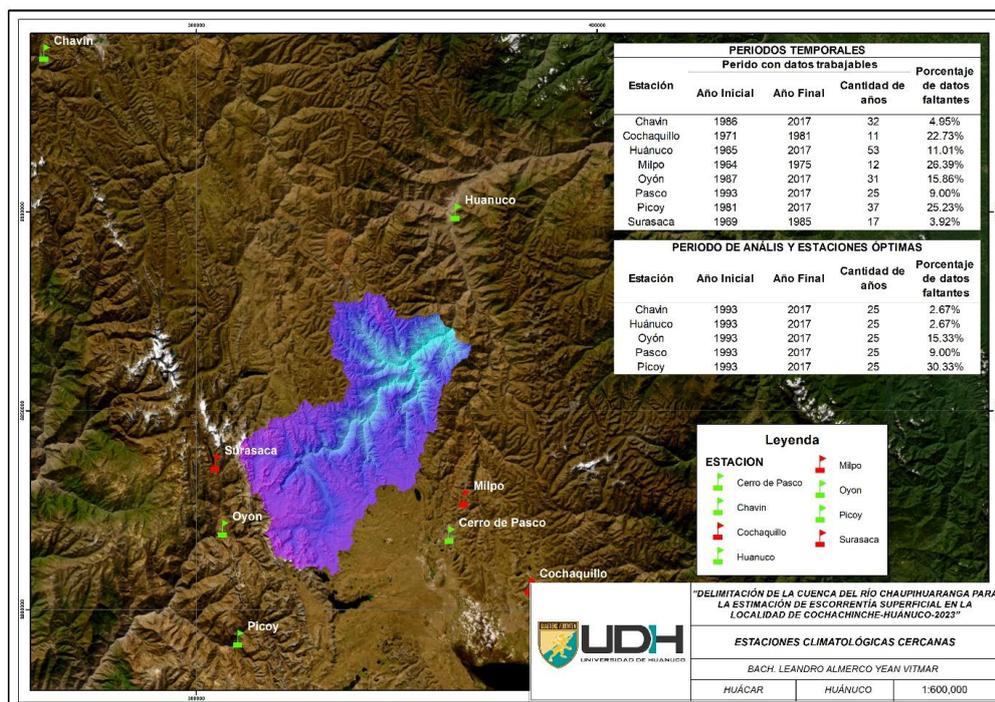
<b>TIEMPO DE CONCENTRACIÓN</b>	
KIRPICH	4.68 hr
TEMEZ	5.00 hr
JOHN CROSS	7.34 hr
GIANDOTTI	5.26 hr
SCS RANCER	5.08 hr
V.T. CHOW	9.39 hr
CUERPO ING.	11.18
USA	hr
HATHWAY	5.23 hr
EC. FED.	4.94 hr
AVIATION	
EC. RETARDO	18.46
SCS	hr

*Nota.* Con las características geométricas, geomorfológicas y de suelo que conforman la cuenca se pudo calcular el tiempo de concentración que afecta a la cuenca del río Chaupihuaranga, la estimación se realizó por diferentes metodologías con el fin de establecer una serie amplia de valores que apliquen para la cuenca, con ello se pudo determinar que el valor más adecuado para el tiempo de concentración de la cuenca se determinó por la metodología de Temez con un valor de 5 hrs o 300 min, dicho valor fue escogido debido a que es un valor promedio dentro de todos los valores estimados por diferentes metodologías.

## 4.1.2. CARACTERIZACIÓN DE PRECIPITACIÓN

Figura 36

Estaciones cercanas



Nota. Con la identificación de los límites de la cuenca se pudo identificar las estaciones meteorológicas cercanas al área de interés con lo cual se pudo identificar las estaciones de Chavín, Cochaquillo, Huánuco, Milpo, Oyón, Pasco, Picoy y Surasaca en total 8 estaciones cercanas de las cuales solo 5 son óptimas para la interpolación de valores.

Tabla 28

Estaciones cercanas

Estación	PERIODOS TEMPORALES			
	Período con datos trabajables			Porcentaje de datos faltantes
	Año Inicial	Año Final	Cantidad de años	
Chavín	1986	2017	32	4.95%
Cochaquillo	1971	1981	11	22.73%
Huánuco	1965	2017	53	11.01%
Milpo	1964	1975	12	26.39%
Oyón	1987	2017	31	15.86%
Pasco	1993	2017	25	9.00%
Picoy	1981	2017	37	25.23%
Surasaca	1969	1985	17	3.92%

Nota. De la serie histórica se pudo determinar que no todas las series históricas presentan el mismo periodo de datos a partir del cual se estableció un periodo común que abarque la mayoría de las estaciones, para las estaciones consideradas se pudo

identificar que en el global la estación con mayor porcentaje de datos faltantes fue la Estación Picoy con un porcentaje de 25.23%.

**Tabla 29**

*Estaciones seleccionadas para la caracterización*

PERIODO DE ANÁLISIS Y ESTACIONES ÓPTIMAS				
Estación	Año Inicial	Año Final	Cantidad de años	Porcentaje de datos faltantes
Chavín	1993	2017	25	2.67%
Huánuco	1993	2017	25	2.67%
Oyón	1993	2017	25	15.33%
Pasco	1993	2017	25	9.00%
Picoy	1993	2017	25	30.00%

*Nota.* El periodo histórico de precipitación escogido para el análisis de precipitación comprendió entre 1993 al 2017 el cual comprende 25 años de análisis el cual es el periodo temporal mínimo para la investigación hidrológica de una cuenca, si bien el porcentaje de datos faltantes en la estación Picoy incrementó a un 30% esto se debe a la variación temporal, los valores faltantes serán rellenados a partir de un promedio relacionado con las distancias que separan a cada una de las estaciones y así interpolar los datos faltantes.

**Tabla 30**

*Ubicaciones de las estaciones*

COORDENADAS DE ESTACIONES			
Estación	Latitud	Longitud	Altitud
Chavín	-09.5860	-77.1753	3210
Huánuco	-09.9610	-76.2480	1947
Oyón	-10.6667	-76.7667	3641
Pasco	-10.6933	-76.2642	4260
Picoy	-10.8833	-76.7167	2900

*Nota.* Las estaciones idóneas para la caracterización hidrológica de la cuenca del río Chaupihuaranga son la Chavín, Huánuco Oyón, Pasco y Picoy; como es normal no todas las estaciones cuentan con el registro hidrológico completo, partiendo de esa premisa se optó por la estimación de los valores faltantes a partir de una ponderación de valor de lluvia con la distancia en la que se encuentren las estaciones, para ello se tuvo que identificar las coordenadas de cada una de las estaciones y con ello estimar las distancias que separan a cada una de las estaciones.

Tabla 31

Valores de precipitación estación Chavín

<b>AUTORIDAD NACIONAL DEL AGUA - ANA</b>	
<b>Análisis de Datos y Recursos Estadísticos del Agua - ANDREA</b>	
<b>Estación</b>	Chavín
<b>Variable</b>	Precipitación Max 24 Hrs (mm)
<b>Operador</b>	Servicio Nacional Meteorología E
<b>WGS 84</b>	Hidrología
<b>Geográfica</b>	Latitud: -9.586028 / Longitud: -77.175278 / s Altitud(msnm): 3210 Convencional /
<b>Tipo</b>	Climática
<b>Ámbito</b>	Dpto.: Ancash / Prov.: Huari /
<b>Político</b>	Dist.: Chavín De Huántar
<b>Ámbito</b>	
<b>Administrativo</b>	AAA: Maraón / ALA: Huari
<b>Unidad</b>	
<b>Hidrográfica</b>	Inter cuenca Alto Maraón V

Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Agosto	Set	Oct	Nov	Ene
1993	26.60	22.60	17.20	09.90	05.90	02.80	05.00	07.10	23.10	13.60	24.90	31.70
1994	20.00	24.10	18.20	24.40	04.80	08.40			23.70	18.30	17.30	36.02
1995	24.20	23.80	20.40	18.40	20.60	14.10	01.00		10.50	27.40	21.40	20.20
1996	20.00	17.20	17.50	27.50	12.10	02.40		08.80	09.90	10.10	09.20	17.01
1997	19.80	13.00	21.00	05.70	06.00	01.50	01.40	04.60	11.60	12.40	15.90	17.00
1998	18.40	18.00	10.10	12.80	05.60	03.00		03.70	04.30	10.70	32.60	10.00



20 11	12.50	15.20	16.70	27.60	04.20		05. 00	02. 20	07. 40	11. 20	13. 20	2 9 . 5 0 1 2 . 6 0 1 6 . 5 0 0 9 . 4 0 1 7 . 0 0 1 6 . 2 0 1 6 . 2 0
20 12	12.80	19.80	15.20	15.10	05.00	04.00		03. 30	08. 80	11. 80	13. 40	
20 13	17.80	19.60	15.60	08.20	11.00	02.80	03. 50	12. 50	03. 50	12. 00	12. 40	
20 14	15.40	23.80	16.90	15.80	10.80	01.30	01. 10		13. 20	17. 00	11. 10	
20 15	16.00	07.10	13.00	13.60	18.40	07.80	01. 40	04. 20	09. 00	09. 50	22. 80	
20 16	06.50	20.50	10.50	22.00	03.20	02.40	02. 30	01. 50	12. 80	15. 70	12. 50	
20 17	16.40	11.80	11.40	12.20	08.00	04.00	00. 90	02. 40	05. 00	13. 40	07. 20	

*Nota.* A partir de la recolección del registro histórico de precipitaciones de la estación Chavín se pudo identificar que cuenta con datos faltantes en su serie muestral en total son 8 registros que no se recolectaron, por lo cual se planteó estimar los valores faltantes a partir de la interpolación con estaciones cercanas que si cuentan con valores en dichos periodos temporales.

**Tabla 32**

*Valores de precipitación completados para estación Chavín*

<b>AUTORIDAD NACIONAL DEL AGUA - ANA</b>	
<b>Análisis de Datos y Recursos Estadísticos del Agua - ANDREA</b>	

<b>Estación</b>	Chavín
<b>Variable</b>	Precipitación Max 24 Hrs (mm)
<b>Operador</b>	Servicio Nacional Meteorología E Hidrología
<b>WGS 84</b>	
<b>Geográfica</b>	Latitud: -9.586028 / Longitud: -77.175278 / s Altitud(msnm): 3210

**Tipo** Convencional /  
**Ámbito Climático** Dpto.: Ancash / Prov.: Huari /  
**Político** Dist.: Chavín De Huántar  
**Ámbito**  
**Administrativo** AAA: Marañón / ALA:  
 Huari  
**Unidad**  
**Hidrográfica** Inter cuenca Alto  
 Marañón V

Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ag o	Se t	Oc t	No v	E i c
<b>19 93</b>	26.60	22.60	17.20	09.90	05.90	02.80	05. 00	07. 10	23. 10	13. 60	24. 90	3 1 . 7 0 1 3 . 6 0 2 4 . 2 0 2 1 . 7 0 1 1 . 0 0 1 0 . 5 0 1 8 . 6 0
<b>19 94</b>	20.00	24.10	18.20	24.40	04.80	08.40	05. 16	06. 11	23. 70	18. 30	17. 30	3 . 6 0 2 4 . 2 0 2 1 . 7 0 1 1 . 0 0 1 0 . 5 0 1 8 . 6 0
<b>19 95</b>	24.20	23.80	20.40	18.40	20.60	14.10	01. 00	01. 73	10. 50	27. 40	21. 40	3 1 . 7 0 1 1 . 0 0 1 0 . 5 0 1 8 . 6 0
<b>19 96</b>	20.00	17.20	17.50	27.50	12.10	02.40	00. 10	08. 80	09. 90	10. 10	09. 20	3 1 . 7 0 1 1 . 0 0 1 0 . 5 0 1 8 . 6 0
<b>19 97</b>	19.80	13.00	21.00	05.70	06.00	01.50	01. 40	04. 60	11. 60	12. 40	15. 90	3 1 . 7 0 1 1 . 0 0 1 0 . 5 0 1 8 . 6 0
<b>19 98</b>	18.40	18.00	10.10	12.80	05.60	03.00	04. 65	03. 70	04. 30	10. 70	32. 60	3 1 . 7 0 1 1 . 0 0 1 0 . 5 0 1 8 . 6 0
<b>19 99</b>	17.50	26.10	19.90	11.90	08.20	05.30	02. 90	02. 10	11. 00	14. 70	17. 00	3 1 . 7 0 1 1 . 0 0 1 0 . 5 0 1 8 . 6 0
<b>20 00</b>	10.20	19.30	11.20	17.70	07.70	03.20	03. 70	12. 00	05. 80	03. 70	13. 20	3 1 . 7 0 1 1 . 0 0 1 0 . 5 0 1 8 . 6 0
<b>20 01</b>	13.60	11.90	16.50	10.60	09.10	01.90	02. 90	06. 90	08. 70	22. 50	13. 20	3 1 . 7 0 1 1 . 0 0 1 0 . 5 0 1 8 . 6 0

<b>20 02</b>	10.00	13.10	21.50	16.00	08.40	01.80	11. 00	02. 60	05. 60	09. 40	12. 80	1 3 . 8 0 1 5 . 4 0 1 5 . 8 0 0 9 . 7 0 1 5 . 7 0 1 4 . 5 0 1 0 . 7 0 2 0 . 6 0 1 4 . 2 0 2 9 . 5 0 1 2 . 6 0 1 6 . 5 0
<b>20 03</b>	08.50	15.20	20.40	08.80	07.00	06.70	01. 00	15. 30	05. 10	08. 30	11. 00	
<b>20 04</b>	09.40	17.50	06.30	04.40	04.70	06.60	05. 20	02. 90	11. 70	15. 10	13. 20	
<b>20 05</b>	08.50	15.20	10.40	06.50	10.20	01.40	00. 80	03. 10	05. 40	15. 90	16. 10	
<b>20 06</b>	08.70	13.40	13.70	13.60	04.60	27.90	03. 70	03. 10	10. 00	09. 90	18. 00	
<b>20 07</b>	13.70	06.80	28.60	18.40	07.50	00.90	02. 60	05. 10	08. 60	21. 50	15. 40	
<b>20 08</b>	15.70	13.00	10.60	13.50	05.80	08.00	01. 70	03. 80	07. 50	14. 70	11. 00	
<b>20 09</b>	19.80	12.90	18.30	15.60	09.20	07.60	04. 10	02. 90	03. 20	16. 70	06. 00	
<b>20 10</b>	19.90	25.00	09.50	06.30	13.10	01.20	07. 50	01. 60	10. 80	09. 70	11. 50	
<b>20 11</b>	12.50	15.20	16.70	27.60	04.20	02.48	05. 00	02. 20	07. 40	11. 20	13. 20	
<b>20 12</b>	12.80	19.80	15.20	15.10	05.00	04.00	04. 31	03. 30	08. 80	11. 80	13. 40	
<b>20 13</b>	17.80	19.60	15.60	08.20	11.00	02.80	03. 50	12. 50	03. 50	12. 00	12. 40	

<b>2014</b>	15.40	23.80	16.90	15.80	10.80	01.30	01.10	00.96	13.20	17.00	11.10	09.40
<b>2015</b>	16.00	07.10	13.00	13.60	18.40	07.80	01.40	04.20	09.00	09.50	22.80	07.00
<b>2016</b>	06.50	20.50	10.50	22.00	03.20	02.40	02.30	01.50	12.80	15.70	12.50	06.20
<b>2017</b>	16.40	11.80	11.40	12.20	08.00	04.00	00.90	02.40	05.00	13.40	07.20	06.20

*Nota.* Si tomamos el ejemplo de la estimación de valores para el año 2012 en el mes de julio se obtuvo un resultado de 04.31 mm este valor al igual que el resto de los valores se estimó teniendo en cuenta a los valores para el mismo mes y año de las estaciones de Huánuco y Pasco, ya que solo estas estaciones cuentan con un registro para ese mes, también se debe tener en consideración los valores de distancia entre estaciones, con lo cual se estableció el valor ponderal de registro.

El proceso de relleno de datos faltantes se aplicó para cada una de las estaciones teniendo así una red completa de registros de pluviometría en cada una de las estaciones consideradas, los resultados de cada una de las estaciones se anexaron en la parte final de la presente investigación.

**Tabla 33**

*Análisis estadístico de precipitaciones-Estación Chavín*

<b>Año</b>	<b>En e</b>	<b>Fe b</b>	<b>Ma r</b>	<b>Abr</b>	<b>Ma y</b>	<b>Ju n</b>	<b>Jul</b>	<b>Ag o</b>	<b>S e t</b>	<b>Oct</b>	<b>No v</b>	<b>Dic</b>	<b>Pro m</b>	<b>Mi n</b>	<b>Ma x</b>
<b>1993</b>	26.60	22.0	17.20	09.90	05.90	02.80	05.00	07.10	23.10	13.60	24.90	31.70	15.87	02.80	31.70
<b>1994</b>	20.00	24.10	18.20	24.40	04.80	08.40	05.16	06.11	23.70	18.30	17.30	13.60	15.34	04.80	24.40
<b>1995</b>	24.20	23.80	20.40	18.40	20.60	14.10	01.00	01.73	10.50	27.40	21.40	24.20	17.31	01.00	27.40
<b>1996</b>	20.00	17.20	17.50	27.50	12.10	02.40	00.10	08.80	09.90	10.10	09.20	21.70	13.04	00.10	27.50

<b>1997</b>	19. 80	13 .0 0	21. 00	05. 70	06. 00	01. 50	01. 40	04. 60	11 .6 0	12. 40	15. 90	11. 70	10. 38	01. 40	21. 00
<b>1998</b>	18. 40	18 .0 0	10. 10	12. 80	05. 60	03. 00	04. 65	03. 70	04 .3 0	10. 70	32. 60	11. 00	11. 24	03. 00	32. 60
<b>1999</b>	17. 50	26 .1 0	19. 90	11. 90	08. 20	05. 30	02. 90	02. 10	11 .0 0	14. 70	17. 00	10. 70	12. 28	02. 10	26. 10
<b>2000</b>	10. 20	19 .3 0	11. 20	17. 70	07. 70	03. 20	03. 70	12. 00	05 .8 0	03. 70	13. 20	14. 50	10. 18	03. 20	19. 30
<b>2001</b>	13. 60	11 .9 0	16. 50	10. 60	09. 10	01. 90	02. 90	06. 90	08 .7 0	22. 50	13. 20	18. 60	11. 37	01. 90	22. 50
<b>2002</b>	10. 00	13 .1 0	21. 50	16. 00	08. 40	01. 80	11. 00	02. 60	05 .6 0	09. 40	12. 80	13. 80	10. 50	01. 80	21. 50
<b>2003</b>	08. 50	15 .2 0	20. 40	08. 80	07. 00	06. 70	01. 00	15. 30	05 .1 0	08. 30	11. 00	15. 40	10. 23	01. 00	20. 40
<b>2004</b>	09. 40	17 .5 0	06. 30	04. 40	04. 70	06. 60	05. 20	02. 90	11 .7 0	15. 10	13. 20	15. 80	09. 40	02. 90	17. 50
<b>2005</b>	08. 50	15 .2 0	10. 40	06. 50	10. 20	01. 40	00. 80	03. 10	05 .4 0	15. 90	16. 10	09. 70	08. 60	00. 80	16. 10
<b>2006</b>	08. 70	13 .4 0	13. 70	13. 60	04. 60	27. 90	03. 70	03. 10	10 .0 0	09. 90	18. 00	15. 70	11. 86	03. 10	27. 90
<b>2007</b>	13. 70	06 .8 0	28. 60	18. 40	07. 50	00. 90	02. 60	05. 10	08 .6 0	21. 50	15. 40	14. 50	11. 97	00. 90	28. 60
<b>2008</b>	15. 70	13 .0 0	10. 60	13. 50	05. 80	08. 00	01. 70	03. 80	07 .5 0	14. 70	11. 00	10. 70	09. 67	01. 70	15. 70
<b>2009</b>	19. 80	12 .9 0	18. 30	15. 60	09. 20	07. 60	04. 10	02. 90	03 .2 0	16. 70	06. 00	20. 60	11. 41	02. 90	20. 60
<b>2010</b>	19. 90	25 .0 0	09. 50	06. 30	13. 10	01. 20	07. 50	01. 60	10 .8 0	09. 70	11. 50	14. 20	10. 86	01. 20	25. 00
<b>2011</b>	12. 50	15 .2 0	16. 70	27. 60	04. 20	02. 48	05. 00	02. 20	07 .4 0	11. 20	13. 20	29. 50	12. 26	02. 20	29. 50
<b>2012</b>	12. 80	19 .8 0	15. 20	15. 10	05. 00	04. 00	04. 31	03. 30	08 .8 0	11. 80	13. 40	12. 60	10. 51	03. 30	19. 80
<b>2013</b>	17. 80	19 .6 0	15. 60	08. 20	11. 00	02. 80	03. 50	12. 50	03 .5 0	12. 00	12. 40	16. 50	11. 28	02. 80	19. 60
<b>2014</b>	15. 40	23 .8 0	16. 90	15. 80	10. 80	01. 30	01. 10	00. 96	13 .2 0	17. 00	11. 10	09. 40	11. 40	00. 96	23. 80
<b>2015</b>	16. 00	07 .1 0	13. 00	13. 60	18. 40	07. 80	01. 40	04. 20	09 .0 0	09. 50	22. 80	17. 00	11. 65	01. 40	22. 80
<b>2016</b>	06. 50	20 .5 0	10. 50	22. 00	03. 20	02. 40	02. 30	01. 50	12 .8 0	15. 70	12. 50	16. 20	10. 51	01. 50	22. 00

<b>2017</b>	16. 40	11 .8 0	11. 40	12. 20	08. 00	04. 00	00. 90	02. 40	05 .0 0	13. 40	07. 20	16. 20	09. 08	00. 90	16. 40
<b>Cant Dato s</b>	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25			
<b>Desv. Est.</b>	5.2 3	5. 39	5.0 0	6.3 8	4.2 3	5.6 9	2.4 4	3.7 5	5. 10	5.0 5	5.7 7	5.6 6			
<b>Coef. Varia ción</b>	0.3 4	0. 32	0.3 2	0.4 5	0.5 0	1.1 0	0.7 4	0.7 8	0. 54	0.3 7	0.3 9	0.3 5			
<b>Prom</b>	15. 28	17 .0 4	15. 62	14. 26	08. 44	05. 18	03. 32	04. 82	09 .4 5	13. 81	14. 89	16. 22			
<b>Mín</b>	06. 50	06 .8 0	06. 30	04. 40	03. 20	00. 90	00. 10	00. 96	03 .2 0	03. 70	06. 00	09. 40			
<b>Máx</b>	26. 60	26 .1 0	28. 60	27. 60	20. 60	27. 90	11. 00	15. 30	23 .7 0	27. 40	32. 60	31. 70			

*Nota.* La serie de datos de lluvia para todas las estaciones comprende el periodo desde 1993 al 2017, en total 25 años, el valor crítico de desviación estándar se presenta en el mes de abril con un valor de 6.38 mm respecto a la media lo cual presenta una alta dispersión y requiere de un análisis de valores anómalos dentro de la serie.

**Tabla 34**

*Prueba de valores anómalos*

<b>Estadísticos</b>	<b>Precipitación</b>	<b>Log(Precip)</b>
<b>Cantidad de datos</b>	25	25
<b>Suma</b>	288.18	26.39
<b>Valor máximo</b>	17.31	1.24
<b>Valor mínimo</b>	8.60	0.93
<b>Promedio</b>	11.53	1.06
<b>Varianza</b>	4.24	0.01
<b>Desv. Estándar</b>	2.06	0.07
<b>Coef. Variac.</b>	0.18	0.07
<b>Coef. Sesgo</b>	1.40	0.93
<b>Concluye</b>	<b>Aplicar pruebas para detectar datos dudosos altos y bajos</b>	

*Nota.* De un total de 25 registros anuales se tomó en consideración los valores de promedio anual debido a que para la presente investigación se requiere de un valor de caudal promedio con el cual se proyectaran a los valores actuales medidos en campo, del registro de la estación Chavín se tiene que la suma de los promedios es de 288.18 mm y aplicando el logaritmo al valor se calcula que es de 26.39, la serie presenta una varianza de 4.24 dicho valor da a entender que la serie presenta una varianza de la media de 4.24 con lo cual se estima una incertidumbre considerable en la muestra, de la misma muestra se estima también una desviación estándar de 2.06 el cual indica que a partir del promedio los valores que se encuentran en la serie varían en 2.06 en

las unidades medidas de la serie el cual es en mm, con dichos valores estimados se llega a la conclusión que la series de datos requiere de la identificación de límites máximos que debe presentar la serie y determinar su consistencia.

**Tabla 35**

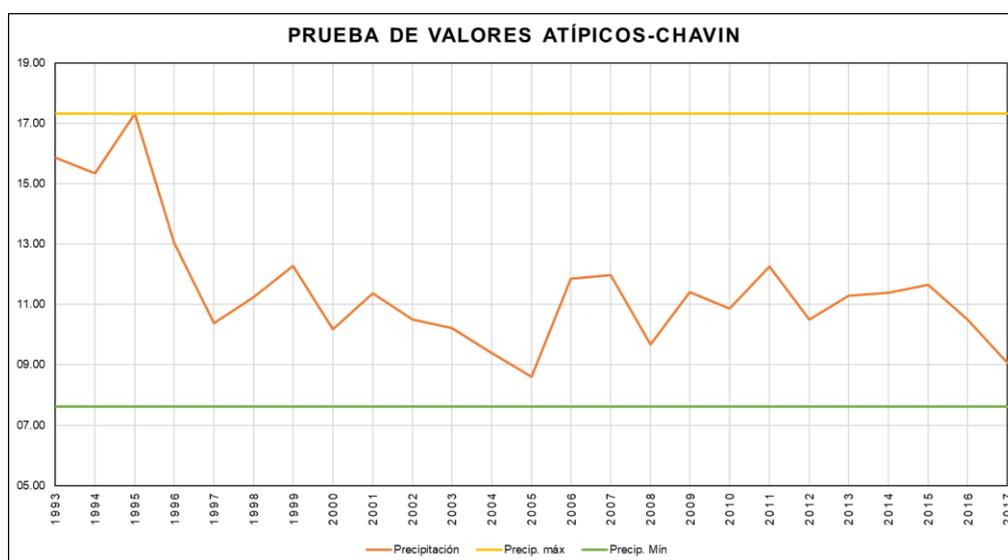
*Identificación de límites-Estación Chavín*

Límites de precipitación		
Cantidad de datos	25	
Kn	2.49	
Precip. máx	17.32	Ok
Precip. Mín	7.61	Ok

*Nota.* A partir de la cantidad de valores de la serie muestral que son 25 se estima el coeficiente de Outlier con lo cual a partir de la cantidad de valores es de 2.49, a partir del cual se determinaron que el límite superior de precipitación es de 17.32 y el límite inferior es de 7.61 identificando así que la serie se encuentra dentro de los límites establecidos.

**Figura 37**

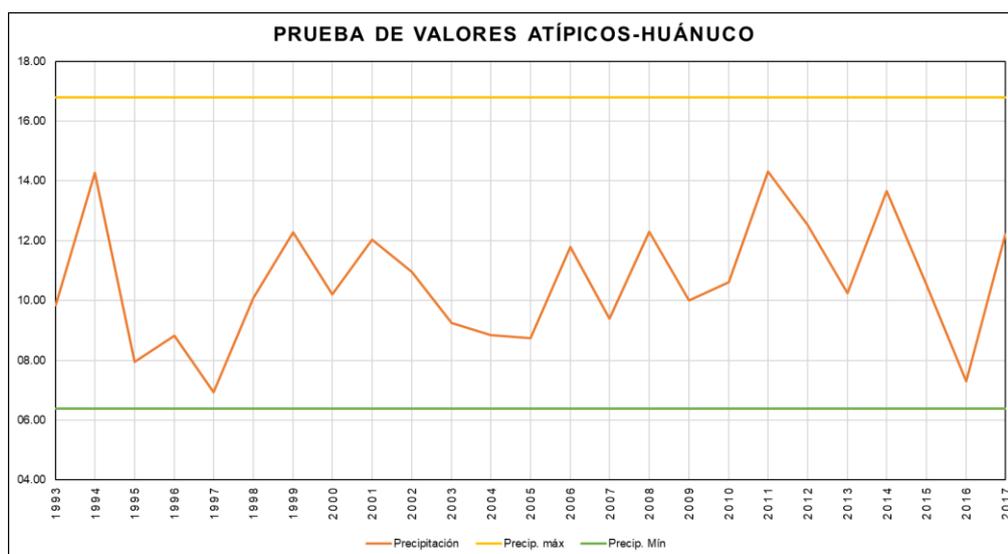
*Límites de precipitación-Estación Chavín*



*Nota.* De manera gráfica se puede establecer de la serie muestral que para el año 1995 el valor de precipitación promedio es de 17.31mm, pero de los límites establecidos en la prueba de valores atípicos para el límite superior el valor es de 17.32mm estando pues el valor del registro dentro de los límites permitidos por la prueba.

**Figura 38**

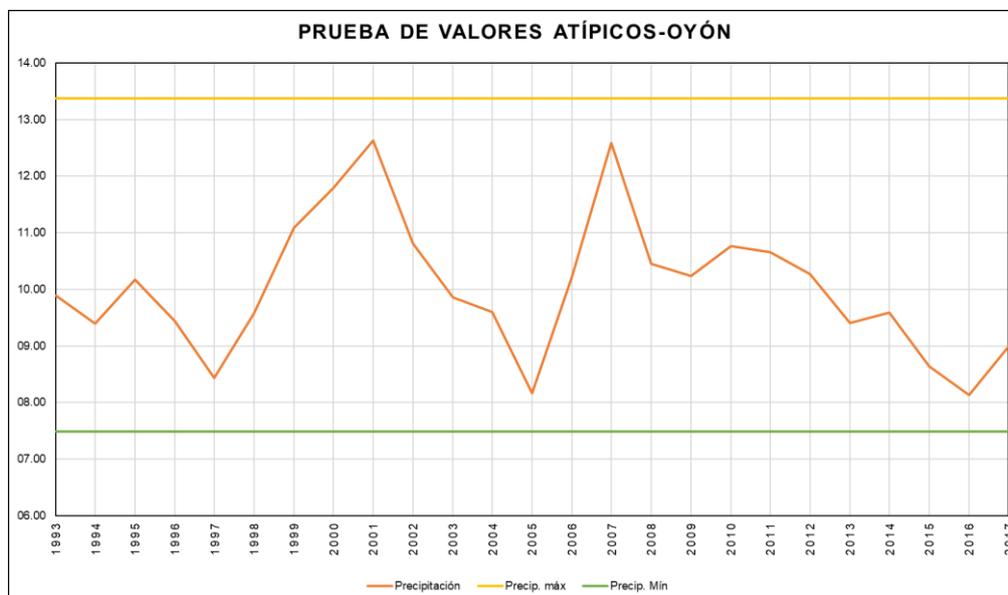
*Límites de precipitación-Estación Huánuco*



*Nota.* De manera gráfica se puede establecer de la serie muestral que para el año 1997 se presenta el valor mínimo de 06.94mm y según la prueba de valores atípicos el valor mínimo aceptado es de 06.38mm siendo así que el valor registrado se encuentra dentro de los límites establecidos en la prueba.

**Figura 39**

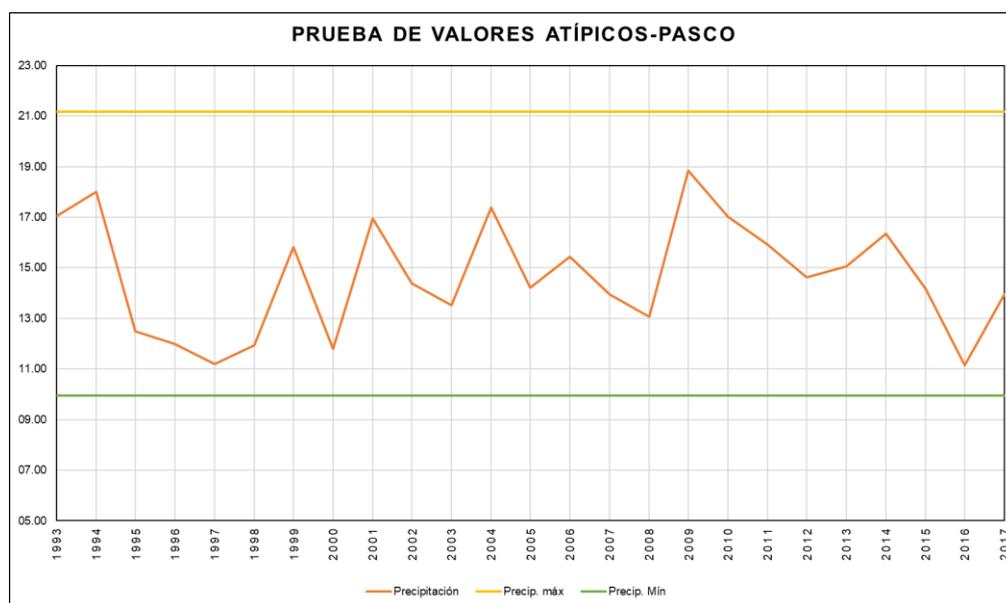
*Límites de precipitación-Estación Oyón*



*Nota.* De manera gráfica se puede establecer de la serie muestral que para el año 2005 se presenta el valor mínimo de 08.17mm y según la prueba de valores atípicos el valor mínimo aceptado es de 07.49mm siendo así que el valor registrado se encuentra dentro de los límites establecidos en la prueba.

**Figura 40**

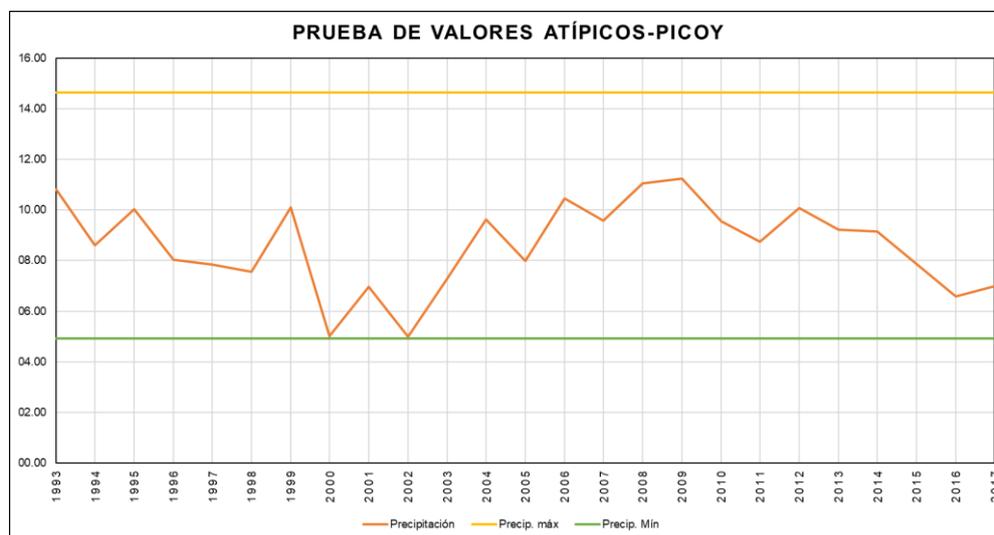
*Límites de precipitación-Estación Pasco*



*Nota.* De manera gráfica se puede establecer de la serie muestral que para el año 2016 se presenta el valor mínimo de 11.14mm y según la prueba de valores atípicos el valor mínimo aceptado es de 09.94mm siendo así que el valor registrado se encuentra dentro de los límites establecidos en la prueba.

**Figura 41**

*Límites de precipitación-Estación Picoy*



*Nota.* De manera gráfica se puede establecer de la serie muestral que para los años 2000 y 2002 se presenta los valores mínimos de 04.93mm para ambos años según la prueba de valores atípicos el valor mínimo aceptado es de 04.92mm siendo así que el valor registrado se encuentra dentro de los límites establecidos en la prueba.

Con los valores corregidos y revisados sobre la prueba de valores atípicos se procede a interpolar los valores aceptados con el punto del centroide de la cuenca de interés, como se muestra de manera siguiente:

**Tabla 36**

*Valores interpolados para centroide de la cuenca*

<b>AUTORIDAD NACIONAL DEL AGUA - ANA</b>													
<b>Análisis de Datos y Recursos Estadísticos del Agua - ANDREA</b>													
<b>Estación</b>	<b>Centr oide</b>												
<b>Variable</b>	<b>Precipitación Max 24 Hrs (mm)</b>												
<b>Operador</b>	Interpo lado												
<b>WGS 84</b>													
<b>Geográfica</b>	Latitud: -10.450181 / Longitud: -76.469550 / Altitud(msnm):												
<b>Tipo</b>	Interpo lado												
<b>Ámbito Político</b>	Centroide de Cuenca												
<b>Ámbito Administrativo</b>													
<b>Unidad Hidrográfica</b>	<b>a</b>												
<b>Año</b>	<b>Ene</b>	<b>Feb</b>	<b>Mar</b>	<b>Abr</b>	<b>May</b>	<b>Jun</b>	<b>Jul</b>	<b>Ag o</b>	<b>Set</b>	<b>Oc t</b>	<b>No v</b>	<b>Dic</b>	
<b>1993</b>	15.64	15.51	15.54	15.64	06.72	01.97	07.07	12.94	09.55	19.78	18.33	17.53	
<b>1994</b>	20.78	15.71	17.51	19.70	10.30	07.23	07.75	07.90	12.26	12.99	15.49	14.43	
<b>1995</b>	14.07	17.13	19.46	14.49	07.23	03.99	02.17	02.05	05.86	11.24	15.79	18.70	
<b>1996</b>	13.70	14.52	20.01	13.47	04.75	02.40	00.10	02.85	03.88	10.67	09.30	13.69	
<b>1997</b>	16.38	15.48	10.43	06.32	04.71	01.79	01.40	01.75	06.94	14.58	15.34	16.60	
<b>1998</b>	14.62	20.59	16.57	12.13	03.57	03.72	03.71	01.69	04.56	16.58	17.09	09.37	
<b>1999</b>	23.24	26.46	14.95	16.23	08.20	04.67	03.16	02.60	13.39	14.65	13.51	14.95	
<b>2000</b>	13.33	16.15	14.87	09.14	07.10	03.82	02.84	06.47	07.52	12.55	14.57	18.65	
<b>2001</b>	19.54	14.85	18.41	19.19	07.58	03.42	08.93	05.86	07.67	15.22	21.09	19.14	
<b>2002</b>	12.43	15.73	18.66	13.43	09.36	02.02	09.31	02.47	08.23	19.16	11.14	14.97	
<b>2003</b>	13.93	17.91	16.25	12.46	07.02	05.46	03.30	06.22	12.09	10.98	13.06	11.81	
<b>2004</b>	09.63	20.53	10.17	12.71	07.14	03.58	06.88	06.74	17.05	16.05	19.52	20.71	

<b>2005</b>	12.5 7	15.94	28.94	08.89	02.57	02.59	03. 09	04. 13	03. 39	10. 36	17. 26	12. 36
<b>2006</b>	14.4 9	19.32	15.02	18.82	02.18	10.33	02. 55	03. 41	10. 74	13. 93	21. 84	18. 14
<b>2007</b>	13.3 6	16.19	17.83	13.80	15.93	01.12	06. 50	04. 13	07. 75	15. 87	13. 74	20. 91
<b>2008</b>	16.8 2	17.48	14.06	14.35	04.84	04.61	02. 39	05. 65	07. 55	12. 38	18. 77	22. 47
<b>2009</b>	19.1 0	14.36	28.05	13.33	09.21	10.96	04. 74	06. 86	04. 16	15. 01	18. 82	20. 62
<b>2010</b>	18.3 7	18.34	25.13	10.60	11.28	01.78	04. 54	04. 04	07. 00	16. 12	13. 50	25. 67
<b>2011</b>	16.7 6	13.85	20.61	17.63	07.11	02.91	05. 00	06. 76	09. 07	12. 56	21. 04	22. 59
<b>2012</b>	17.3 5	18.66	14.29	15.16	04.67	03.74	03. 81	04. 44	13. 11	16. 52	16. 09	19. 26
<b>2013</b>	18.4 0	15.63	16.09	10.80	08.32	03.33	05. 12	09. 27	08. 22	17. 87	13. 25	14. 92
<b>2014</b>	18.1 7	18.61	16.93	17.26	08.47	07.75	03. 55	01. 49	12. 02	16. 52	12. 93	19. 70
<b>2015</b>	15.3 3	09.87	14.97	16.13	07.69	05.07	06. 84	05. 38	09. 34	11. 12	16. 34	14. 54
<b>2016</b>	12.1 7	15.53	17.09	09.64	04.01	03.33	03. 48	07. 20	07. 65	12. 67	07. 96	08. 06
<b>2017</b>	16.2 9	21.50	15.10	11.96	09.89	00.66	05. 53	02. 70	06. 82	12. 88	11. 70	18. 00
<b>Cant Datos</b>	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25
<b>Desv. Est. Coef. Varia ción</b>	3.08	3.17	4.51	3.42	3.01	2.59	2.3 3	2.7 3	3.3 2	2.6 4	3.6 1	4.2 1
<b>Prom</b>	15.8 6	17.03	17.48	13.73	07.19	04.09	04. 55	05. 00	08. 63	14. 33	15. 50	17. 11
<b>Mín</b>	09.6 3	09.87	10.17	06.32	02.18	00.66	00. 10	01. 49	03. 39	10. 36	07. 96	08. 06
<b>Máx</b>	23.2 4	26.46	28.94	19.70	15.93	10.96	09. 31	12. 94	17. 05	19. 78	21. 84	25. 67

*Nota.* Con la interpolación de los valores de lluvia de las 5 estaciones consideradas en la investigación se estimaron los valores completos de la serie de registro en el centroide de la cuenca, estimándose así que el máximo valor de la desviación estándar es de 4.51 en el mes de marzo, el cual da a entender que la dispersión de los datos se da de manera amplia el cual varía en 4.51mm a partir del promedio de la muestra, el respectivo coeficiente de variación es de 0.26 dando un valor aceptable para estimar los valores de precipitación proyectadas en un periodo de retorno determinado.

**Tabla 37**

*Prueba de valores anómalos-Estación interpolada*

<b>Estadísticos</b>	<b>Precipitación</b>	<b>Log(Precip)</b>
<b>Cantidad de datos</b>	25	25
<b>Suma</b>	292.72	26.63
<b>Valor máximo</b>	13.77	1.14

<b>Valor mínimo</b>	9.06	0.96
<b>Promedio</b>	11.71	1.07
<b>Varianza</b>	1.98	0.00
<b>Desv. Estándar</b>	1.41	0.05
<b>Coef. Variac.</b>	0.12	0.05
<b>Coef. Sesgo</b>	-0.45	-0.64
<hr/>		
<b>Concluye</b>	<b>Detectar Datos Dudosos bajos</b>	
<hr/>		

*Nota.* De un total de 25 registros anuales del registro de la estación Interpolada se tiene que la suma de los promedios es de 292.72 mm y aplicando el logaritmo al valor se calcula que es de 26.63, la serie presenta una varianza de 1.98 dicho valor da a entender que la serie presenta una varianza de la media de 1.98 con lo cual se estima una incertidumbre poco considerable en la muestra, de la misma muestra se estima también una desviación estándar de 1.41 el cual indica que a partir del promedio los valores que se encuentran en la serie varían en 1.41 en las unidades medidas de la serie el cual es en mm, con dichos valores estimados se llega a la conclusión que la serie de datos requiere de la identificación de límites inferiores que debe presentar la serie y determinar su consistencia.

**Tabla 38**

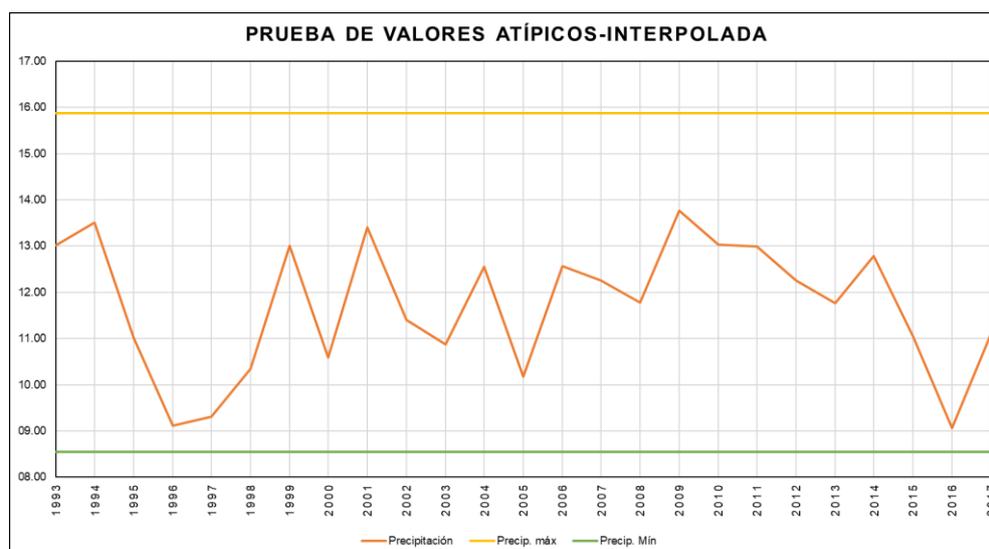
*Identificación de límites-Estación Interpolada*

<b>Límites de precipitación</b>		
<b>Cantidad de datos</b>	25	
<b>Kn</b>	2.49	
<b>Precip. máx</b>	15.87	Ok
<b>Precip. Mín</b>	8.55	Ok

*Nota.* A partir de la cantidad de valores de la serie muestral que son 25 se estima el coeficiente de Outlier con lo cual a partir de la cantidad de valores es de 2.49, a partir del cual se determinaron que el límite superior de precipitación es de 15.87mm y el límite inferior es de 8.55mm identificando así que la serie se encuentra dentro de los límites establecidos.

**Figura 42**

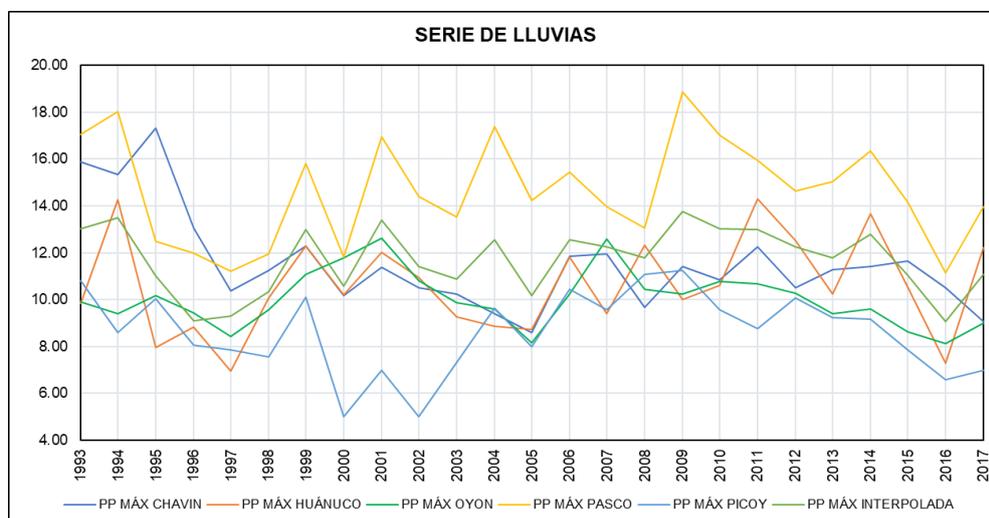
*Límites de precipitación-Estación Interpolada*



*Nota.* De manera gráfica se puede establecer de la serie muestral que para el año 2016 el valor de precipitación promedio es de 09.06mm, pero de los límites establecidos en la prueba de valores atípicos para el límite inferior el valor es de 08.55mm estando pues el valor del registro dentro de los límites permitidos por la prueba.

**Figura 43**

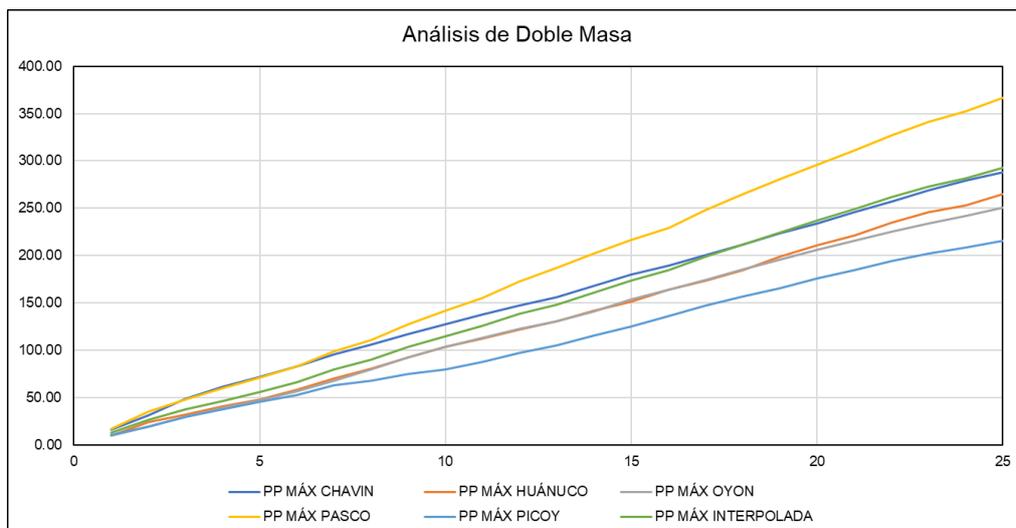
*Resumen de Precipitaciones promedio*



*Nota.* De la serie de valores de precipitación promedio consideradas para la investigación se puede identificar la correlación en los puntos críticos en los años 1999, 2001 y 2014 si bien de la figura se puede identificar que la estación de Picoy presenta valores alejado con respecto a la tendencia del resto de estaciones esto se presenta por la distancia a la que se encuentra con respecto de las otras estaciones, de la misma manera se puede verificar como la estación interpolada sigue una tendencia promedio con respecto de las otras estaciones tomadas en cuenta para la investigación.

**Figura 44**

*Análisis de Doble Masa*



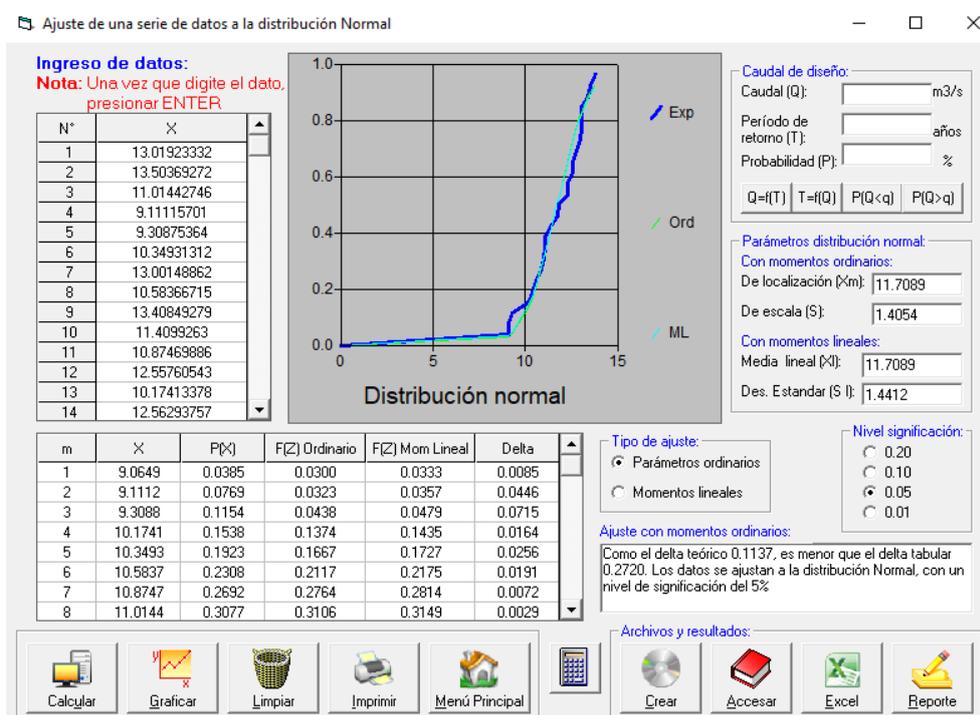
*Nota.* Con los valores acumulados de precipitación se logra elaborar las curvas de doble masa con la cual se estimen la consistencia de manera visual en cada una de las estaciones, dando así una visualización entre los quiebres que presenta la línea acumulada, de esta caracterización se puede observar que la línea de la estación Interpolada es la que menos quiebres presenta en todo su trazo dando así la viabilidad para trabajar con dicha estación en el cálculo de caudales.

### 4.1.3. DETERMINACIÓN DE INTENSIDADES

Partiendo de la identificación de la estación más idónea y con los datos ya completados se procede a establecer y determinar el tipo de distribución que mejor se ajuste a los valores estimados, esto se logró a partir de la aplicación de la prueba de bondad como se muestra en las siguientes figuras y tablas:

**Figura 45**

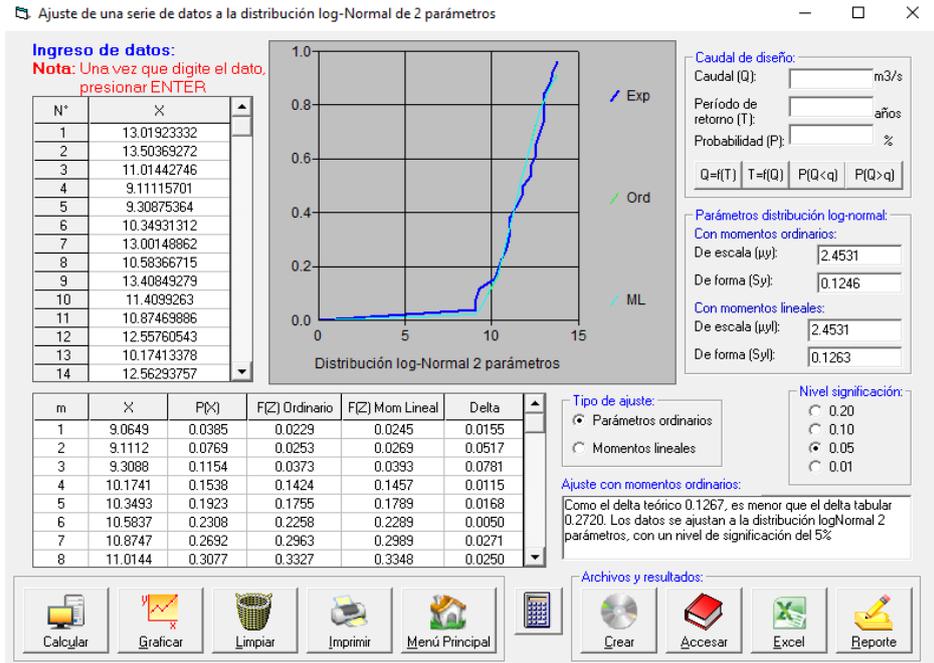
*Prueba de Bondad-Normal*



*Nota.* De la serie de valores de la estación interpolada se pudo estimar a partir de la distribución Normal que los valores de delta teórico y tabular son 0.1137 y 0.2720 respectivamente.

**Figura 46**

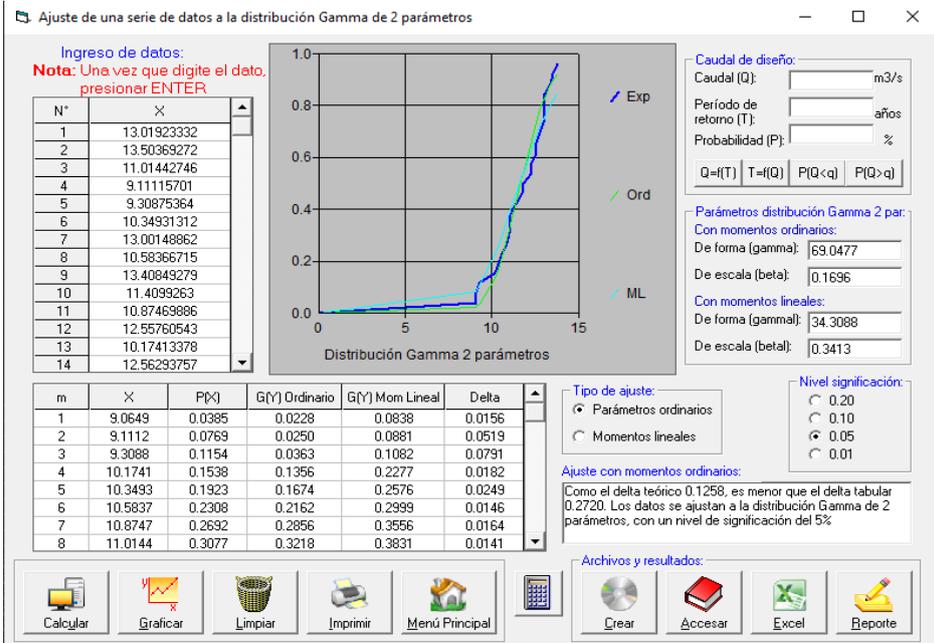
*Prueba de Bondad-Normal 2 Parámetros*



Nota. De la serie de valores de la estación interpolada se pudo estimar a partir de la distribución Normal de 2 Parámetros que los valores de delta teórico y tabular son 0.1267 y 0.2720 respectivamente.

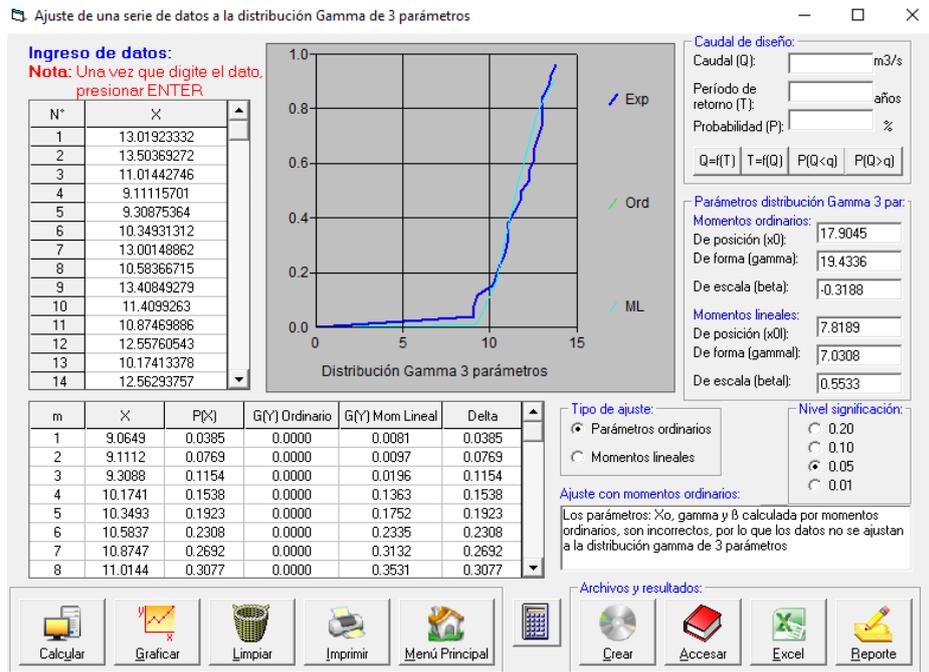
**Figura 47**

*Prueba de Bondad-Gamma 2 Parámetros*



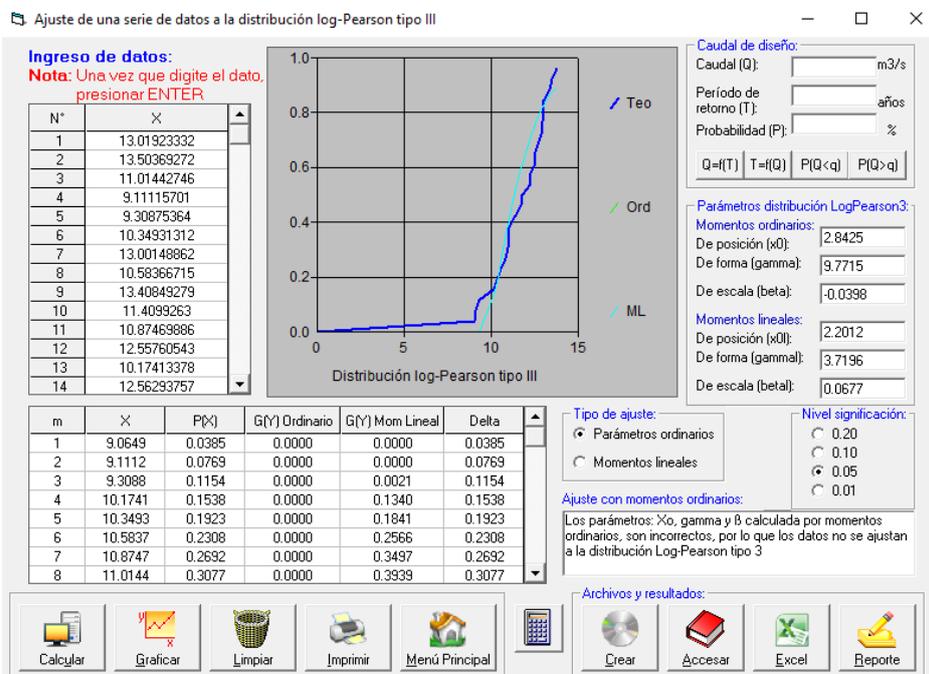
Nota. De la serie de valores de la estación interpolada se pudo estimar a partir de la distribución Gamma de 2 Parámetros que los valores de delta teórico y tabular son 0.1258 y 0.2720 respectivamente.

**Figura 48**  
*Prueba de Bondad-Gamma 3 Parámetros*



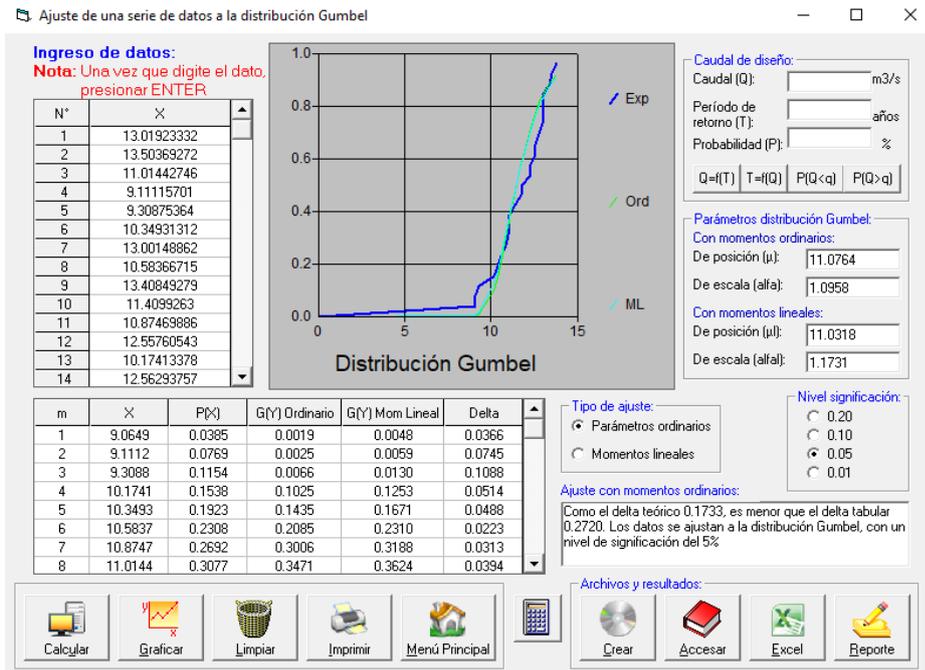
*Nota.* Para la distribución Gamma de 3 Parámetros con el análisis en el software Hidroesta la serie de datos no se ajusta a la distribución de análisis.

**Figura 49**  
*Prueba de Bondad-Pearson tipo III*



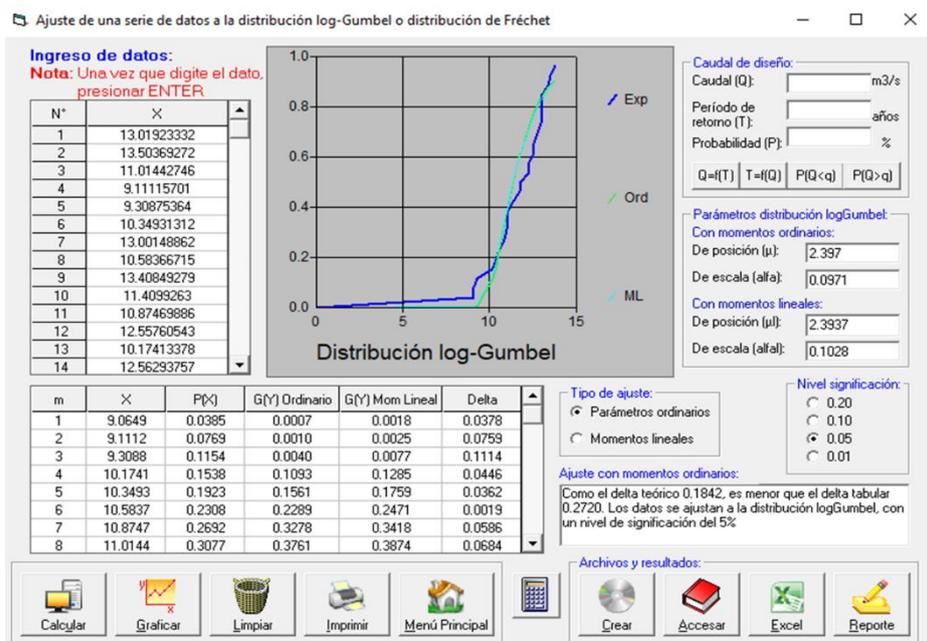
*Nota.* Para la distribución Pearson tipo III con el análisis en el software Hidroesta la serie de datos no se ajusta a la distribución de análisis.

**Figura 50**  
Prueba de Bondad-Gumbel



Nota. De la serie de valores de la estación interpolada se pudo estimar a partir de la distribución Gumbel que los valores de delta teórico y tabular son 0.1733 y 0.2720 respectivamente.

**Figura 51**  
Prueba de Bondad-Log-Gumbel



Nota. De la serie de valores de la estación interpolada se pudo estimar a partir de la distribución Log-Gumbel que los valores de delta teórico y tabular son 0.1842 y 0.2720 respectivamente.

**Tabla 39***Resumen de pruebas de bondad*

<b>Prueba de Bondad</b>		
<b>Distribución</b>	<b>Delta Teórico</b>	<b>Delta Tabular</b>
<i>Normal</i>	0.114	0.272
<i>Normal 2P</i>	0.127	0.272
<i>Log-Normal 3P</i>	No se ajusta	-
<i>Gamma 2P</i>	0.126	0.272
<i>Gamma 3P</i>	No se ajusta	-
<i>Pearson</i>	No se ajusta	-
<i>Gumbel</i>	0.173	0.272
<i>Log-Gumbel</i>	0.184	0.272

*Nota.* Con la estimación de los valores del delta teórico lo que se quiso demostrar es cual de todas las distribuciones es de mejor ajuste o que caracteriza mejor a la distribución de lluvia que presenta la estación interpolada teniendo así un valor máximo de 0.184 que es la distribución que peor se ajusta a la serie de datos y el valor de 0.114 en distribución Normal que es la que mejor se ajusta a los valores de lluvia de la estación considerada.

**Tabla 40***Distribución adecuada para los datos*

<b>Distribución Escogida</b>		
<b>Distribución</b>	<b>Delta Teórico</b>	<b>Delta Tabular</b>
Normal	0.114	0.272

*Nota.* De las distribuciones aplicada a la serie de datos de lluvia promedio se pudo determinar que la distribución que mejor se ajusta a los datos recolectados es la Distribución Normal con un valor de delta teórico de 0.114 siendo el menor de todos los valores calculado y por ende es la distribución que mejor se ajusta a los datos.

**Tabla 41***Precipitaciones en diferentes periodos de retorno*

<b>PERIODO DE RETORNO</b>	<b>PP</b>
2	11.71
5	12.89
10	13.51
25	14.17
50	14.6
100	14.98
105	15.00
500	15.75
1000	16.05
10000	16.94

*Nota.* Con la estimación de la mejor distribución para la serie de datos, se procedió a calcular los valores de precipitación en diferentes periodos de retorno esto con la finalidad de estimar los valores de intensidad y posteriormente estimar los valores de caudal para la serie de datos, con dicha información se pudo determinar por ejemplo que para un periodo de retorno de 50 años la precipitación probable será la de 14.6 mm y en 10000 años el valor de precipitación será de 16.94mm dichos valores de periodos de retorno son contados a partir del último año de registro histórico que para la presente investigación es el año 2017.

**Tabla 42**

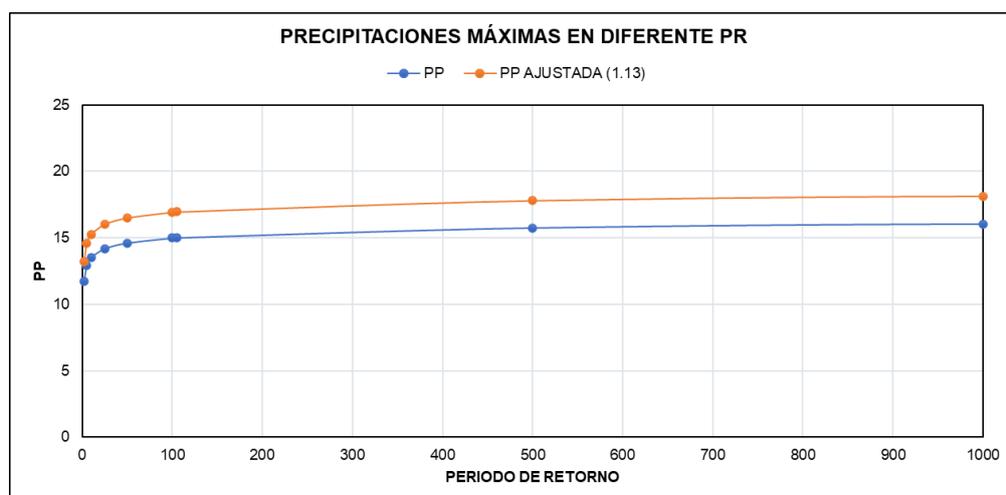
*Valores ajustados y probabilidad de Excedencia*

<b>PRECIPITACIONES MÁXIMAS</b>			
<b>PERIODO DE RETORNO</b>	<b>PP</b>	<b>PROBABILIDAD DE NO EXCEDENCIA</b>	<b>PP AJUSTADA (1.13)</b>
2	11.71	0.50000	13.2323
5	12.89	0.80000	14.5657
10	13.51	0.90000	15.2663
25	14.17	0.96000	16.0121
50	14.60	0.98000	16.4980
100	14.98	0.99000	16.9274
105	15.00	0.99048	16.9500
500	15.75	0.99800	17.7975
1000	16.05	0.99900	18.1365
10000	16.94	0.99990	19.1422

*Nota.* Con los valores de precipitación estimados para diferentes periodos de retorno se establecen los valores de la probabilidad de no excedencia con la cual para un periodo de retorno de 5 años presenta una probabilidad de 0.80 el cual se interpreta que hay un 80% de probabilidad de que un incremento en precipitaciones no supere el valor de 12.89 mm, con esta interpretación se hace presente la necesidad de imponer un factor de seguridad con el cual se pueda tener un margen de error el cual para la presente investigación se plantea con un 13% estimándose así que para el periodo de retorno de 5 años la precipitación estimada es de 14.57 mm.

**Figura 52**

*Curva de precipitaciones*



*Nota.* Con los valores estimados y los valores ajustado de precipitación se presenta la comparativa visual de ambos valores estimados con la finalidad de determinar con ellos los valores de intensidad en el periodo de retorno de interés.

**Tabla 43**

*Coefficientes de la ecuación de la intensidad*

<b>COEFICIENTES PARA LA ECUACIÓN DE INTENSIDAD</b>	
<i>K</i>	52.513
<i>m</i>	0.041
<i>n</i>	0.619

*Nota.* Para la investigación se interpoló a través de los valores de los factores característicos de la zona de estudio, los cuales son *K*, *m* y *n* para el cual se calcularon los siguientes valores 52.513, 0.041 y 0.619 respectivamente. Dichos coeficientes fueron aplicados en la ecuación de la intensidad máxima.

**Tabla 44**

*Intensidades máximas en diferentes periodos de duración*

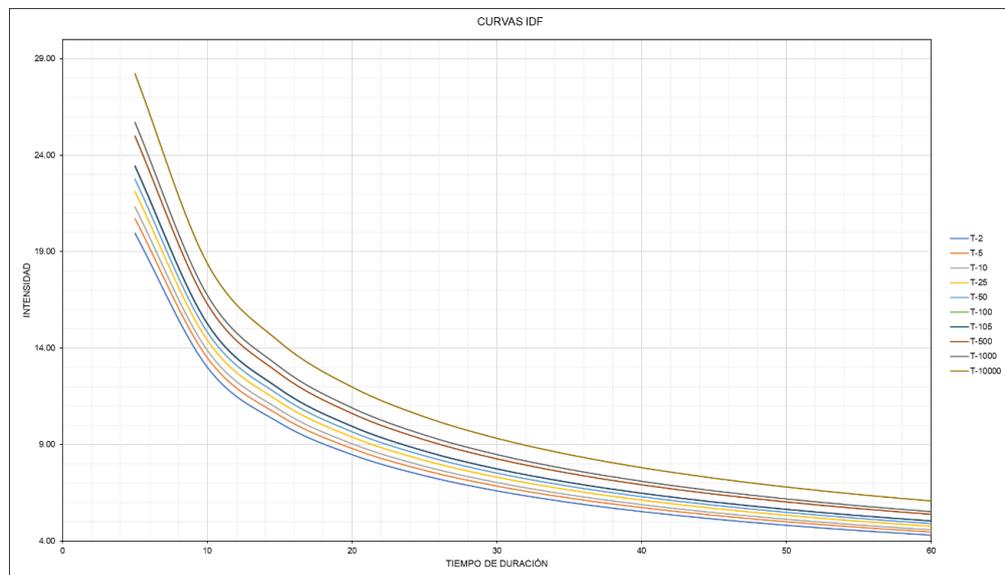
<b>T</b>	<b>CUADRO DE INTENSIDADES PARA DIFERENTES PERIODOS DE DURACIÓN</b>											
	<b>DURACIÓN EN MINUTOS</b>											
<b>AÑOS</b>	<b>5</b>	<b>10</b>	<b>15</b>	<b>20</b>	<b>25</b>	<b>30</b>	<b>35</b>	<b>40</b>	<b>45</b>	<b>50</b>	<b>55</b>	<b>60</b>
<b>T-2</b>	19.96	13.00	10.12	8.47	7.38	6.59	5.99	5.51	5.13	4.80	4.53	4.29
<b>T-5</b>	20.72	13.50	10.50	8.79	7.66	6.84	6.22	5.72	5.32	4.99	4.70	4.45
<b>T-10</b>	21.31	13.88	10.80	9.04	7.88	7.04	6.40	5.89	5.48	5.13	4.84	4.58
<b>T-25</b>	22.13	14.41	11.21	9.39	8.18	7.30	6.64	6.11	5.68	5.32	5.02	4.76
<b>T-50</b>	22.76	14.82	11.54	9.65	8.41	7.51	6.83	6.29	5.85	5.48	5.16	4.89
<b>T-100</b>	23.41	15.25	11.87	9.93	8.65	7.73	7.03	6.47	6.01	5.63	5.31	5.03

<b>T-105</b>	23.46	15.28	11.89	9.95	8.67	7.74	7.04	6.48	6.03	5.65	5.32	5.04
<b>T-500</b>	25.00	16.28	12.67	10.61	9.24	8.25	7.50	6.91	6.42	6.02	5.67	5.37
<b>T-1000</b>	25.72	16.75	13.03	10.91	9.50	8.49	7.72	7.11	6.61	6.19	5.83	5.53
<b>T-10000</b>	28.25	18.40	14.32	11.98	10.44	9.32	8.48	7.80	7.26	6.80	6.41	6.07

*Nota.* Reemplazando los coeficientes estimados y reemplazándolos en la ecuación de la intensidad máxima se determinó por ejemplo que para el periodo de retorno de 5 años y con una duración de tormenta de 30 minutos la intensidad es de 6.84 mm/hrs.

**Figura 53**

*Curva IDF*



*Nota.* Con los valores presentados en la tabla anterior se logró estimar la figura de las curvas de Intensidad, Duración y Frecuencia correspondiente a la cuenca del río Chaupihuaranga, dando así paso a la estimación de las intensidades en diferentes periodos de retorno y con diferentes tiempos de duración de tormenta o precipitación.

**Tabla 45**

*Parámetros de la tormenta de diseño*

TORMENTA DE DISEÑO										
<b>PERIODO DE RETORNO</b>	5 años	<b>DURACIÓN DE TORMENTA</b>	5.0 hrs	30 min	<b>INTENSIDAD DE LLUVIA</b>	1.693	<b>P24hr</b>	8.47	<b>INTERVALO DE t (min)</b>	10

*Nota.* Teniendo en cuenta el valor referencial del último registro de precipitación histórica que fue el 2017 se estimó para un periodo de retorno de 5 años un valor referencial para la comparación de valores en la actualidad, para el mencionado periodo de retorno se presentó una intensidad de lluvia de 1.693 mm/hrs una precipitación de 8.47 mm, para la construcción de los hidrogramas se consideró adecuado un análisis realizado en intervalos de 10 min.

**Tabla 46**

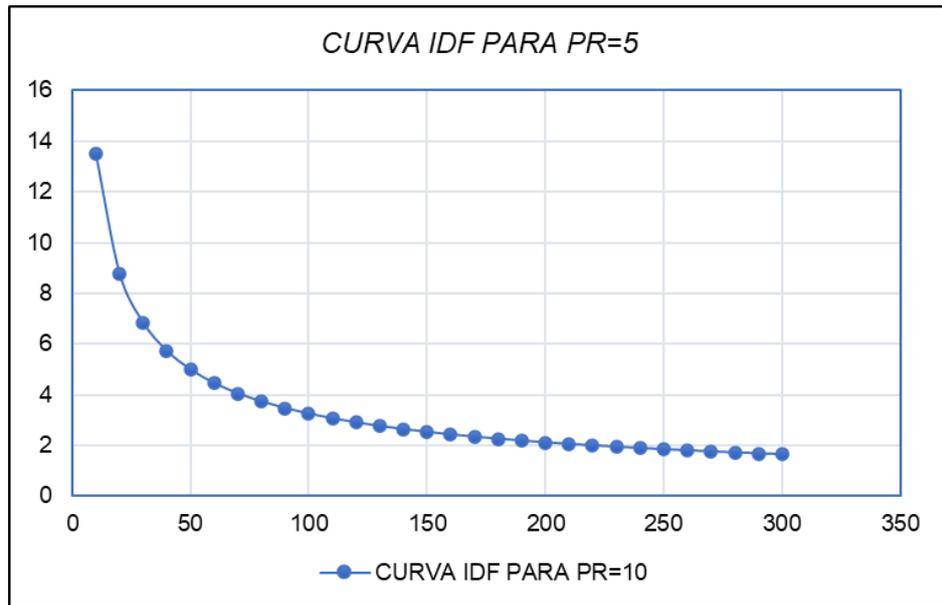
*Estimación de la curva IDF, Patrón de Tormenta y Hidrograma*

<b>INSTAN TE (min)</b>	<b>INTENSI DAD (mm/h)</b>	<b>P. ACUMU LADA (mm)</b>	<b>ΔP (mm)</b>	<b>INTENSI DAD PARCIA L (mm/h)</b>	<b>P ALTERN ADA (mm)</b>	<b>ImPa ALTERNA DA (mm)</b>	<b>P. ACU M (mm)</b>
10	13.495	2.249	2.249	13.495	0.108	0.648	0.108
20	8.790	2.930	0.681	4.084	0.113	0.678	0.221
30	6.840	3.420	0.490	2.940	0.119	0.712	0.340
40	5.725	3.817	0.397	2.380	0.125	0.750	0.465
50	4.987	4.156	0.339	2.034	0.132	0.795	0.597
60	4.455	4.455	0.299	1.796	0.141	0.847	0.738
70	4.050	4.725	0.270	1.619	0.151	0.909	0.890
80	3.729	4.972	0.247	1.481	0.164	0.985	1.054
90	3.467	5.200	0.228	1.371	0.180	1.079	1.234
100	3.248	5.413	0.213	1.279	0.200	1.202	1.434
110	3.062	5.614	0.200	1.202	0.228	1.371	1.663
120	2.902	5.803	0.189	1.137	0.270	1.619	1.932
130	2.761	5.983	0.180	1.079	0.339	2.034	2.271
140	2.638	6.154	0.172	1.029	0.490	2.940	2.761
150	2.527	6.319	0.164	0.985	2.249	13.495	5.011
160	2.429	6.476	0.157	0.945	0.681	4.084	5.691
170	2.339	6.628	0.151	0.909	0.397	2.380	6.088
180	2.258	6.774	0.146	0.876	0.299	1.796	6.387
190	2.184	6.915	0.141	0.847	0.247	1.481	6.634
200	2.115	7.051	0.137	0.820	0.213	1.279	6.847
210	2.053	7.184	0.132	0.795	0.189	1.137	7.037
220	1.994	7.312	0.129	0.772	0.172	1.029	7.208
230	1.940	7.437	0.125	0.750	0.157	0.945	7.366
240	1.890	7.559	0.122	0.730	0.146	0.876	7.512
250	1.843	7.678	0.119	0.712	0.137	0.820	7.648
260	1.798	7.793	0.116	0.694	0.129	0.772	7.777
270	1.757	7.906	0.113	0.678	0.122	0.730	7.899
280	1.718	8.017	0.110	0.663	0.116	0.694	8.014
290	1.681	8.125	0.108	0.648	0.110	0.663	8.125
300	1.646	8.231	0.106	0.634	0.106	0.634	8.231

*Nota.* En total para el cálculo de la intensidad se basa en la duración de la tormenta, dicho valor fue estimado con anterioridad con la caracterización del tiempo de concentración de la cuenca este valor tuvo como resultado 5 hrs dicho valor fue estimado para el equivalente en minutos que son 300 min para el cual se estimó los valores para la curva IDF, el patrón de tormenta y el Hidrograma, el pico de intensidad en el Hidrograma se estimó en la mitad de la duración ósea a los 150 min, para el cual el pico de intensidad fue de 2.249 mm.

**Figura 54**

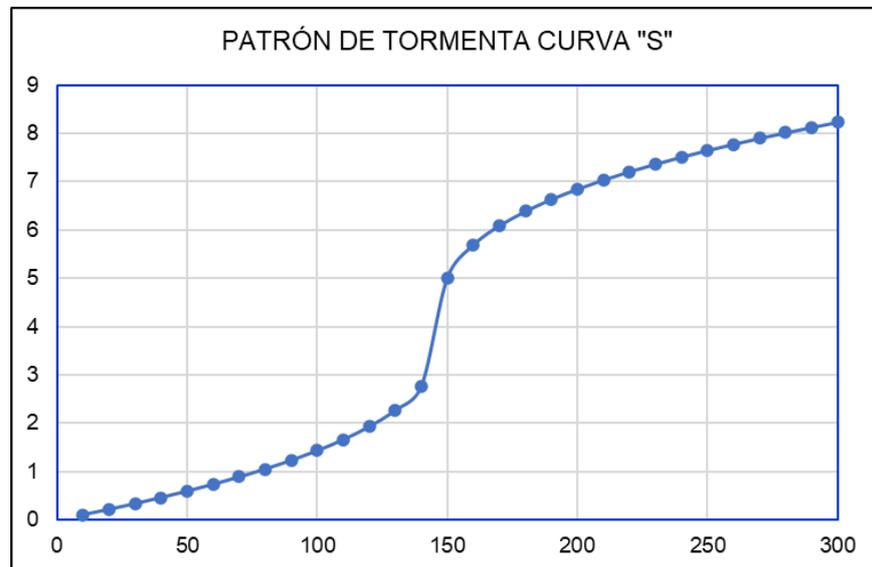
*Curva IDF PR=5 años*



*Nota.* De la curva de retorno para un periodo de retorno de 5 años se puede observar que para un instante de 300 min o 5 hrs el valor de la intensidad es de 1.646 mm/h, se puede observar de la curva también que a medida que la duración se acerque a los 300 min la intensidad mantiene una pseudo constancia en intensidad.

**Figura 55**

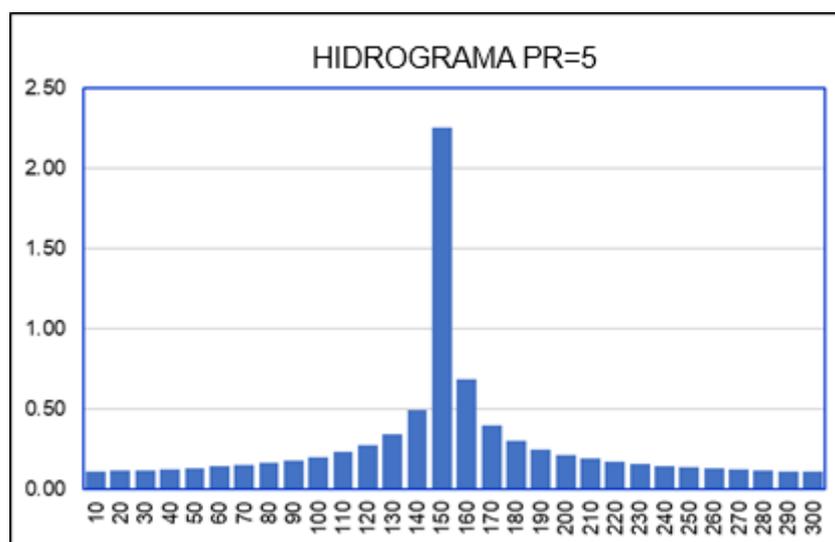
*Patrón de tormenta*



*Nota.* De la figura del patrón de tormenta se puede identificar que la tormenta de análisis para la presente investigación presenta un valor de simetría presentándose en el eje vertical los valores de precipitación acumulada, se puede observar que para la duración de la mitad de la tormenta (150 min) se tiene una precipitación acumulada de 5.011 mm.

**Tabla 47**

*Hidrograma de diseño*



*Nota.* Con los valores de precipitación e intensidad se puede estimar la figura del Hidrograma de para la estimación de los caudales, de la gráfica se puede observar que el modelo presenta su pico máximo en el punto medio de la duración de la tormenta el cual es en los 150 min con un valor de 2.249 mm.

#### 4.1.4. CÁLCULO DE CAUDALES

El modelo para la estimación de caudales se aplicará a partir de los componentes de la aplicación HEC-HMS el cual requiere de los valores y parámetros ya estimados con anterioridad:

**Tabla 48**

*Parámetros HEC-HMS*

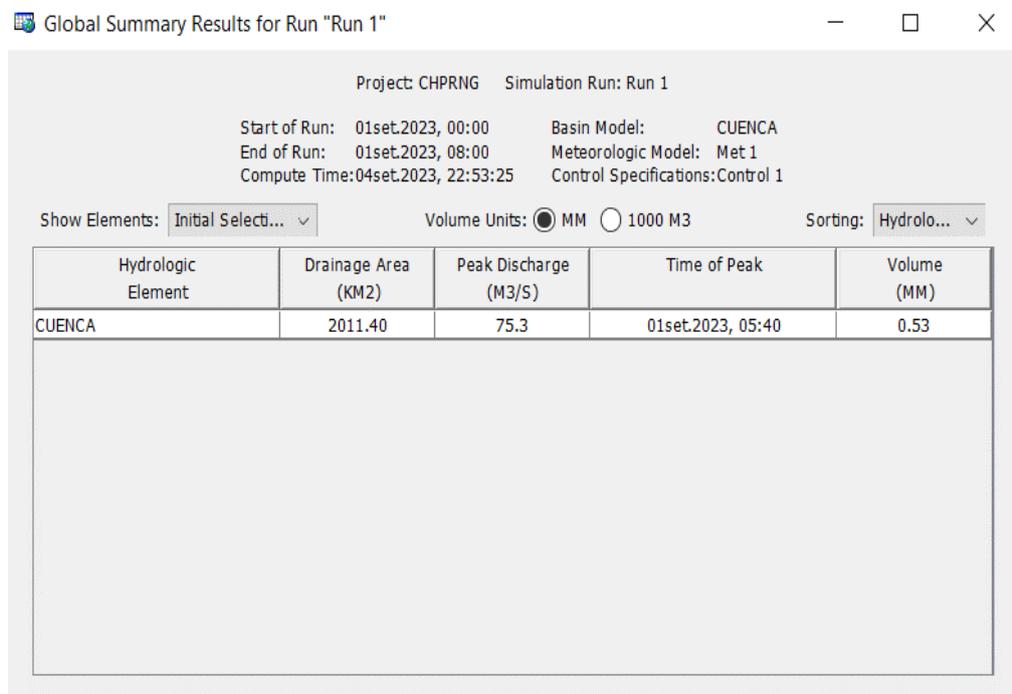
<b>Parámetros para HEC-HMS</b>	
<b>Área</b>	2011.40 km <sup>2</sup>
<b>Método de Pérdida</b>	SCS Número de Curva
<b>Método de Transformación</b>	Hidrograma Unitario SCS
<b>Número de Curva</b>	72.87
<b>Periodo de Retardo</b>	180 min

*Nota.* Para la estimación de los valores de caudal se requiere de la caracterización de la cuenca los valores de área el cual fue estimado como 2011.40 km<sup>2</sup>, el método de cálculo se basa en la metodología SCS (Servicio de Conservación de Suelos), dicha metodología requiere del valor del número de curva que para la cuenca del río Chaupihuaranga el cual se estimó con un valor de 72.87 y el valor de periodo de retardo

el cual se estima que es el 60% del tiempo de concentración, dicho valor dio como resultado un valor de 180 min.

**Figura 56**

*Cálculo de caudal HEC-HMS*



*Nota.* Con los valores característicos de la cuenca y con el ingreso del Hidrograma de diseño se pudo estimar el valor de caudal proyectado para un periodo de retorno de 5 años, el cual se estimó con un valor de 75.3 m3/s.

**Tabla 49**

*Resumen de Caudales estimados*

<b>CAUDAL CALCULADO</b>		
<b>TIEMPO DE RETORNO</b>	<b>HEC-HMS</b>	<b>MET RACIONAL</b>
5	75.30	40.68

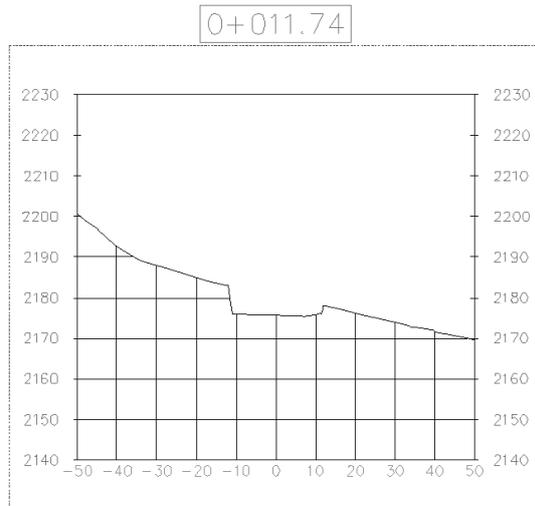
*Nota.* Otro valor de referencia tomado es el de la estimación del caudal mediante la metodología racional el cual es la multiplicación del coeficiente de escorrentía, intensidad y área entre 360, con el cual se pudo estimar que el valor es de 40.68 m3/s alejándose un poco del valor estimado por el método del Número de Curva.

#### **4.1.5. AFORO EN CAUCE**

Con el levantamiento topográfico del cauce de muestra se pudo identificar el valor del área de la sección de diferentes progresivas como se muestra a continuación:

**Figura 57**

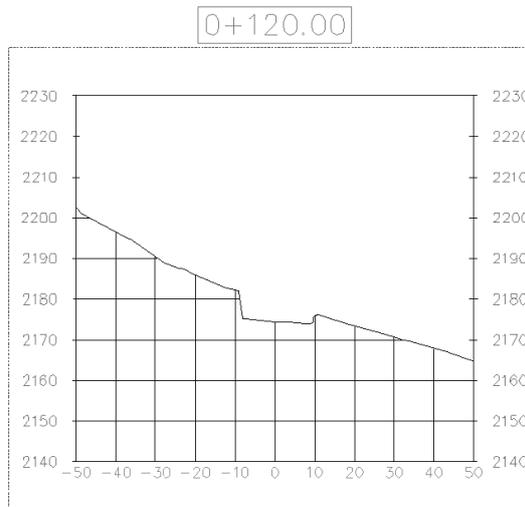
*Progresiva 0+011.74*



*Nota.* Con la caracterización del perfil para la progresiva 0+011.74 se tiene un área de sección de 111.33 m<sup>2</sup>.

**Figura 58**

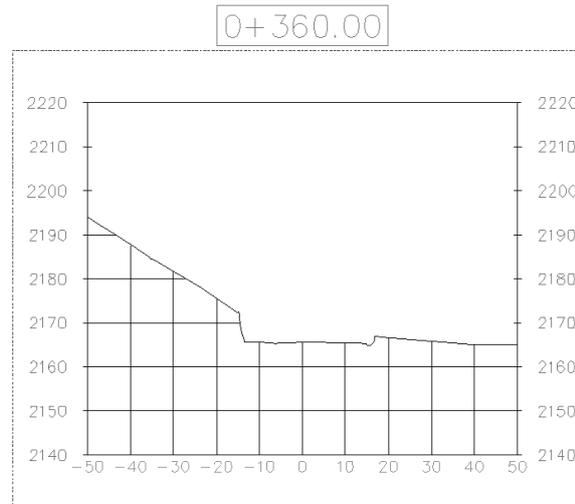
*Progresiva 0+120.00*



*Nota.* Con la caracterización del perfil para la progresiva 0+120.00 se tiene un área de sección de 85.90 m<sup>2</sup>.

**Figura 59**

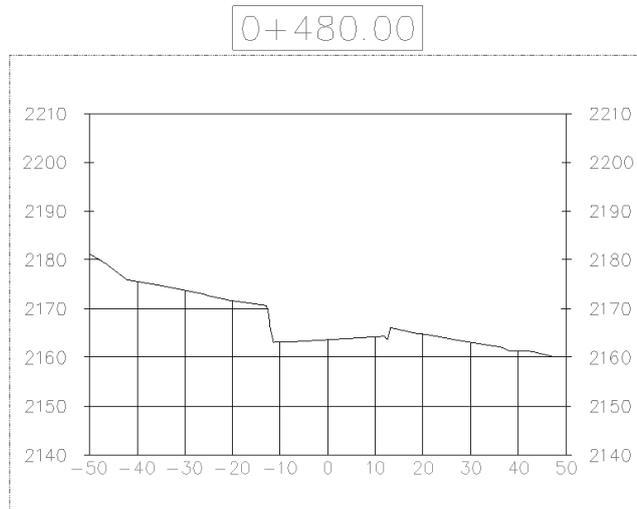
*Progresiva 0+360.00*



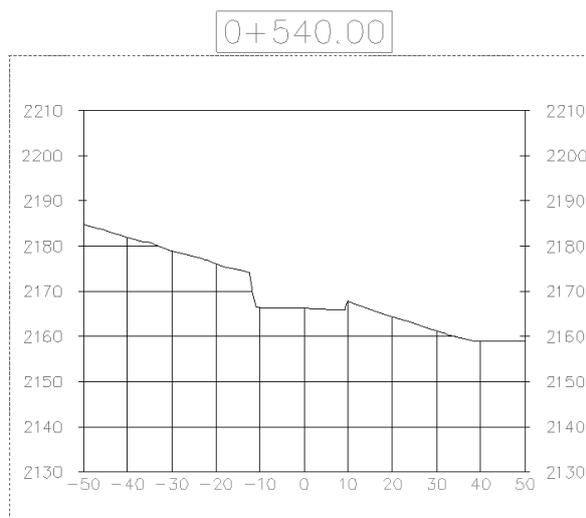
*Nota.* Con la caracterización del perfil para la progresiva 0+360.00 se tiene un área de sección de 141.91 m<sup>2</sup>.

**Figura 60**

*Progresiva 0+480.00*



*Nota.* Con la caracterización del perfil para la progresiva 0+480.00 se tiene un área de sección de 120.74 m<sup>2</sup>.

**Figura 61***Progresiva 0+540.00*

*Nota.* Con la caracterización del perfil para la progresiva 0+540.00 se tiene un área de sección de 98.60 m<sup>2</sup>.

**Tabla 50***Resúmenes de áreas de secciones*

<b>Perfiles de Cauce</b>	
<b>Progresiva</b>	<b>Área</b>
0+011.74	111.33 m <sup>2</sup>
0+120.00	85.90 m <sup>2</sup>
0+360.00	141.91 m <sup>2</sup>
0+480.00	120.74 m <sup>2</sup>
0+540.00	98.60 m <sup>2</sup>

*Nota.* De cada una de las secciones aforadas se estimaron los valores de las áreas de sección en la cual se presenta de forma resumida en la tabla anterior.

**Tabla 51***Registro de Velocidades en puntos de Aforo*

<b>Velocidades Tomadas</b>				
<b>Progresiva</b>	<b>L1</b>	<b>L2</b>	<b>L3</b>	<b>Prom</b>
0+011.74	0.65 m/s	0.63 m/s	0.64 m/s	0.64 m/s
0+120.00	0.94 m/s	1.00 m/s	0.92 m/s	0.95 m/s
0+360.00	0.60 m/s	0.66 m/s	0.58 m/s	0.61 m/s
0+480.00	0.72 m/s	0.70 m/s	0.70 m/s	0.71 m/s
0+540.00	0.90 m/s	0.85 m/s	0.88 m/s	0.88 m/s

*Nota.* Cada una de las progresivas fueron aforadas y calculadas las velocidades en tres puntos diferentes con lo cual se estiman los promedios de las velocidades, se pudo observar que para la progresiva 0+120.00 se presenta la velocidad promedio máxima, esto se debe a que los valores de área de sección es la menor con un área de 85.90 m<sup>2</sup> y una velocidad de 0.95 m/s.

**Tabla 52***Valores de Caudal Aforado*

<b>Cálculo de Caudal en Aforos</b>				
<b>Progresiva</b>	<b>Área</b>	<b>Velocidad</b>	<b>Factor de Seguridad</b>	<b>Caudal</b>
0+011.74	111.33 m <sup>2</sup>	0.64 m/s	1.20	85.59 m <sup>3</sup> /s
0+120.00	85.90 m <sup>2</sup>	0.95 m/s	1.20	98.27 m <sup>3</sup> /s
0+360.00	141.91 m <sup>2</sup>	0.61 m/s	1.20	104.45 m <sup>3</sup> /s
0+480.00	120.74 m <sup>2</sup>	0.71 m/s	1.20	102.39 m <sup>3</sup> /s
0+540.00	98.60 m <sup>2</sup>	0.88 m/s	1.20	103.73 m <sup>3</sup> /s
<b>Promedio</b>				<b>98.88 m<sup>3</sup>/s</b>

Nota. Del registro de velocidades y secciones de cauce se pudo estimar los valores de caudal a través del producto y la consideración de un factor de seguridad del 20% el cual se establece para el diseño de muros de encausamiento, de los resultados se pudo obtener un promedio el cual se estimó como 98.88 m<sup>3</sup>/s.

**Tabla 53***Comparación de Caudales estimados*

<b>Caudales Obtenidos</b>	
<b>Método</b>	<b>Caudal (m<sup>3</sup>/s)</b>
Número de Curva	75.30
Racional	40.68
Aforo	98.88

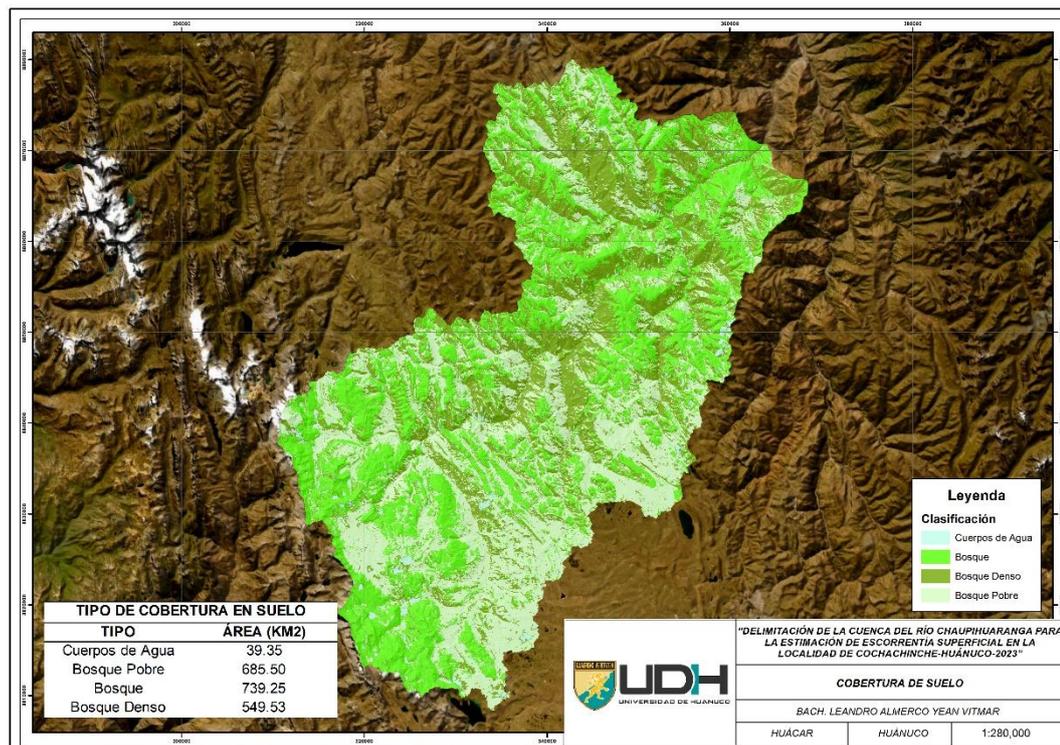
Nota. Con los valores de caudal estimados se puede verificar que el valor de caudal aforado es de 98.88 m<sup>3</sup>/s y en comparación con los valores estimados por el método del número de curva SCS estimado en 75.30 m<sup>3</sup>/s hay una variación en dichos resultados.

## 4.2. CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS

$H_0$ : Existe una relación entre la delimitación hidrológica de una cuenca y la estimación precisa de los valores de esorrentía en la cuenca del río Chaupihuaranga.

**Figura 62**

*Tipos de cobertura de cuenca*

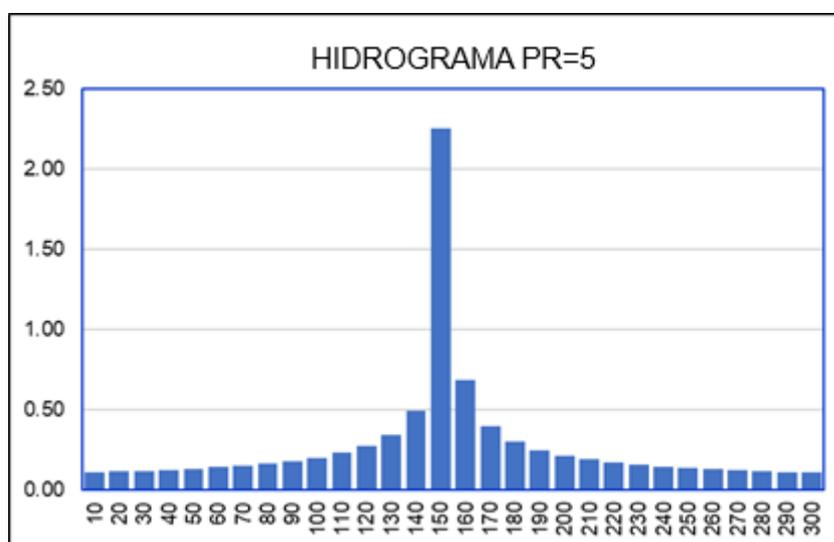


Con la delimitación e identificación del punto de aforo en el cauce del río Chaupihuaranga se pudo delimitar la cuenca que corresponde al río ya mencionado con ello se lograron determinar los parámetros geométricos y morfológicos de la cueca o como se muestra en la figura la caracterización de la cobertura de suelo con una clasificación supervisada a partir de la identificación de los suelos característicos con las visitas a la zona de interés. Identificada las características de la cuenca se estimaron los valores de precipitación adecuados para la cuenca, la cual se estimaron a partir de la interpolación de las estaciones Chavín, Huánuco, Oyón, Pasco y Picoy, obteniendo así la siguiente tabla:

**Tabla 54***Precipitaciones en diferentes periodos de retorno*

<b>PERIODO DE RETORNO</b>	<b>PP</b>
2	11.71
5	12.89
10	13.51
25	14.17
50	14.6
100	14.98
105	15.00
500	15.75
1000	16.05
10000	16.94

La estimación de los valores de precipitación en diferentes periodos de retorno se calculó a partir de la interpolación de valores de las estaciones cercanas y aplicándole una distribución de ajuste que presente la mejor correlación con la serie de datos, identificada la distribución se procedió a estimar los valores de precipitación con la finalidad de obtener un Hidrograma que caracterice a la cuenca.

**Tabla 55***Hidrograma de diseño*

Con los valores de precipitación se estimaron las curvas IDF las cuales dieron paso para la estimación de las intensidades y su consecuente histograma de intensidades del cual se estimó para una duración de 300 min o 5 hrs, de esta figura se estimó que el pico de intensidad a partir de los bloques alternos se da a los 150 min con un valor de 2.249 mm.

**Tabla 56***Caudales estimados*

<b>Caudales Obtenidos</b>	
<b>Método</b>	<b>Caudal (m<sup>3</sup>/s)</b>
Número de Curva	75.30
Racional	40.68
Aforo	98.88

De los valores del Hidrograma con la metodología del número de curva se estimó que el caudal de la cuenca que conforma el río Chaupihuaranga es de 75.30 m<sup>3</sup>/s, realizando la estimación a partir de la metodología racional se estima un valor de 40.68 m<sup>3</sup>/s y con la aplicación de aforos en diferentes progresivas se estimó un valor de 98.88 m<sup>3</sup>/s.

Con los resultados obtenidos, se pudo determinar que partiendo de la delimitación hidrológica de la cuenca se lograron determinar los valores precisos de escorrentía que afectan dicha zona, dando por afirmativa la hipótesis descriptiva planteada.

## CAPITULO V

### DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Según Moreno (2021), en su investigación se pudo determinar que los valores de índice de compacidad de la cuenca del Arroyo Guayepo es de 2.38, el valor del factor de forma fue de 0.23 caracterizando así a la cuenca con forma irregular y alargada con ello se estimó que la cuenca no presenta riesgo frente a inundaciones anómalas, para el caso de la presente investigación se pudo determinar que el índice de compacidad es de 2.33 y el valor del factor de forma es de 0.63, caracterizando así a la cuenca del río Chaupihuaranga como una cuenca rectangular amplia siendo esta, en contraparte a la investigación considerada como antecedente, propensa a inundaciones por la forma que presenta. Para Moreno (2021), se estima que para la cuenca del Arroyo Guayepo en un periodo de retorno de 100 años el caudal estimado es de 29.42 y 33.9 m<sup>3</sup>/s estimados a partir del método racional y del número de curva, aplicando las mismas metodologías de estimación de caudal, pero en un periodo de retorno distinto que para la investigación se consideró de 5 años se estimaron que los valores de caudal del río Chaupihuaranga es de 40.68, 75.30 y 98.88 m<sup>3</sup>/s de acuerdo a la metodología racional, número de curva y aforo en cauce, la variación considerable entre los valores calculados y los estimados por Moreno se basan en la forma e intensidad de las precipitaciones presentes en cada una de las cuencas así también en la estimación del área que abarca cada una de las cuencas tanto como la del Arroyo Guayepo y el de la cuenca del Río Chaupihuaranga. Para Córdova (2018), se estimó que para la cuenca del río Huayobamba tiene una extensión de 344.61 km<sup>2</sup> con un índice de compacidad de 1.57 y el factor de forma de 0.31, de los mismos parámetros estimados para la cuenca del río Chaupihuaranga se puede estimar que cuenta con un área de 2011.40 km<sup>2</sup>, un valor de índice de compacidad de 2.33 y un factor de forma de 0.63, dicha variación con respecto a la superficie de la cuenca se debe principalmente a la variación en el tipo de morfología del terreno ya que el terreno que conforma el río Huayobamba no está compuesto por la misma cantidad de cauces en comparación a los que componen la cuenca del río Chaupihuaranga. Córdova

(2018) también estima que para la cuenca del río Huayobamba la precipitación media anual es de 1029 mm/año en promedio mensual de 85 a 90 mm/mes, de la caracterización de la interpolación de estaciones para el centroide de la cuenca del río Chaupihuaranga se estimó que la precipitación promedio mensual es de 140 mm/mes.

## CONCLUSIONES

Con la caracterización de la pluviometría de la cuenca se logró determinar la esorrentía y caudal de la cuenca que forma el cauce del río Chaupihuaranga estos valores se determinaron a partir de tres metodologías la del número de curva, el método racional y la estimación por aforo en cauce, de esta caracterización se determinaron que los caudales son de 75.30, 40.68 y 98.88 m<sup>3</sup>/s para los métodos del número de curva, método racional y el método de aforo.

Los valores de geomorfología de la cuenca se estimaron a partir de la caracterización de la información geoespacial recolectada de la zona para lo cual se determinó que área de la cuenca es de 2011.40 km<sup>2</sup>, un perímetro de 372.85 km, un factor de forma de 0.63, índice de compacidad de 2.33, una densidad de drenaje de 0.52 y un índice de pendiente de 0.22.

En la caracterización de la pluviometría de la zona se tomaron en cuenta las estaciones de Chavín, Huánuco, Oyón, Pasco y Picoy, de estas estaciones seleccionadas para la investigación se tomaron en los valores ponderados a partir de la distancia con el centroide de la cuenca del río Chaupihuaranga, obteniéndose así que para el periodo de interés que fue planteado desde 1993 al 2017 el valor máximo de precipitación es de 13.77 mm y el valor mínimo de precipitación es de 9.06 mm y en total se estima una sumatoria de precipitación de 292.72 mm en los 25 años de periodo de análisis.

El hidrograma se estableció para un periodo de retorno de 5hrs o su equivalente de 300 min con los cuales se pudo identificar que el pico de intensidad se da a los 150 min de iniciada la tormenta con un valor de 2.249 mm/hr.

## RECOMENDACIONES

Utilizar modelos hidrológicos adecuados para estimar el flujo de escorrentía en la cuenca. Los modelos hidrológicos pueden variar desde simples ecuaciones empíricas hasta modelos de simulación más complejos. Asegúrate de calibrar y validar el modelo utilizando datos de caudales observados si están disponibles.

Realizar una delimitación detallada y precisa de la cuenca del río Chaupihuaranga utilizando datos topográficos y geoespaciales actualizados. Esto incluye la identificación de los límites naturales de la cuenca, como montañas y crestas, así como la recopilación de datos sobre la superficie y la longitud de los ríos y arroyos dentro de la cuenca.

Recolectar datos hidrológicos relevantes, como la precipitación histórica en la cuenca, la evapotranspiración, la temperatura y otros datos climáticos que puedan afectar el flujo de agua en la cuenca.

Para presentar el hidrograma de manera clara y comprensible, utilizando gráficos y tablas. Se debe tener en consideración incluir información relevante, como intensidades máximas y mínimas, duración de eventos de lluvia, y cualquier otro dato importante.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aparicio, M. (2002). *Fundamentos de hidrología de superficie*. LIMUSA.
- Bravo, L. (2020). *Cambios del uso de suelo e impactos en la escorrentía potencial de la cuenca Chuviscar-Sacramento (Chihuahua, México), modelización con el método de número de curva*. Revista Internacional de Ciencia y Tecnología de la Información Geográfica.
- Cahuana, A. (2012). *Material de apoyo didáctico para la enseñanza y aprendizaje de la asignatura de hidrología*. Universidad Mayor de San Simón.
- Chow, V. (1994). *Hidraulica Aplicada*. Colombia: Mc GRAW HILL.
- Córdova, S. (2018). *Generación de escorrentía en la cuenca del río Huayobamba - San Marcos a partir de información climática*. Universidad Nacional de Cajamarca.
- Díaz, I. (2019). *Estimación de la influencia de la infiltración en el coeficiente de escorrentía en el suelo de la cuenca del arroyo Guayepo de Pontezuela, Cartagena*. Universidad de Cartagena.
- Espinoza, J. (2018). *Transformación precipitación-escorrentía en cuenca del río Moche empleando hidrograma unitario geomorfológico (modelo gamma de dos parámetros) y software SIG*. Univerisdad Privada Antenor Orrego.
- Geraldi, A. (2010). *Delimitación y estudio de cuencas hidrográficas con modelos hidrológicos*. Instituto de Geografía Universidad de Alicante.
- Hernández, R. (2014). *Metodología de la Investigación*. McGRAW-HILL.
- Isla, A. (2018). *La gestión del riesgo de desastres en el Perú*. PAIDEIA XXI.
- Llanto, J. (2018). *Estimación de la capacidad de retención de agua en la cuenca Challana, periodo setiembre 2014 - agosto 2015*. Universidad Nacional Agraria de la Selva.
- Monsalve, G. (1999). *Hidrología en la ingeniería*. Alfaomega.
- Moreno, Á. (2021). *Análisis de la influencia de la cobertura vegetal en los caudales de escorrentía de la cuenca del Arroyo Guayepo*. Universidad de Cartagena.

- Mozombite, D. (2018). *Evaluación de la erosión hídrica en el deterioro de suelos en el distrito de Huácar, microcuenca de Huacarmayo-Ambo-Huánuco-2017*. Universidad Nacional Hermilio Valdizán.
- Sardón, H. (2022). *Inventario de datos de eventos de inundaciones del Perú*. Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología .
- Vásconez, M. (2019). *Cuencas Hidrográficas*. Universidad Politécnica Salesiana.
- Vásquez, P. (2018). *Generación de escorrentía en la cuenca del río Namora a partir de información climática*. Universidad Nacional de Cajamarca.
- Vera, C. (2015). *El Ciclo del Agua*. Ciencias en el Mundo Contemporáneo.
- Villón, M. (2004). *Hidrología*. MaxSoft.
- Villón, M. (2008). *Hidrología estadística*. Instituto tecnológico de Costa Rica.

#### **COMO CITAR ESTE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN**

Leandro Almerco, Y. (2025). *Delimitación de la cuenca del río chaupihuaranga para la estimación de escorrentía superficial en la localidad de Cochachinche-Huánuco-2024* [Tesis de pregrado, Universidad de Huánuco]. Repositorio Institucional UDH. <http://...>

## **ANEXOS**

## ANEXO 1

### MATRIZ DE CONSISTENCIA

**Tabla 57**

*Matriz de consistencia*

FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS
<b>Problema General</b>	<b>Objetivo General</b>	<b>Hipótesis General</b>	<b>Técnica</b>
¿Qué valor de escorrentía se estima a partir de la delimitación de la cuenca del río Chaupihuaranga en la localidad de Cochachinche-Huánuco?	Determinar el valor de escorrentía a partir de la delimitación de la cuenca del río Chaupihuaranga en la localidad de Cochachinche-Huánuco.	Existe una relación entre la delimitación hidrológica de una cuenca y la estimación precisa de los valores de escorrentía en la cuenca del río Chaupihuaranga.	Dada la naturaleza de la investigación inicialmente se requerirá de un reconocimiento visual de la zona. Para la investigación también serán necesarias las imágenes satelitales. De la misma manera para la caracterización de la hidrología de la zona se requiere de una recolección de información pluviométrica de las zonas cercanas a la cuenca de interés. Todo el proceso de procesamiento de información se llevará a cabo en softwares GIS y para la caracterización de la hidrología se estima la aplicación del software HEC-HMS.
<b>Problemas Específicos</b>	<b>Objetivos Específicos</b>		<b>Instrumentos</b>
¿De qué manera la delimitación hidrológica influye en la precisión de los límites y características físicas de la cuenca del río Chaupihuaranga - Huánuco 2025?	Analizar cómo la delimitación hidrológica influye en la precisión de los límites y en la identificación de las características físicas de la cuenca del río Chaupihuaranga - Huánuco 2025.		
¿Cómo influye la variación espacial y temporal de la precipitación en la estimación de la escorrentía superficial en la cuenca del río Chaupihuaranga - Huánuco 2025?	Evaluar la influencia de la variación espacial y temporal de la precipitación en la estimación de la escorrentía superficial en la cuenca del río Chaupihuaranga - Huánuco 2025.		
¿Qué relación existe entre los parámetros morfométricos de la cuenca y los valores de escorrentía estimados mediante el modelo hidrológico aplicado al río Chaupihuaranga - Huánuco 2025?	Determinar la relación entre los parámetros morfométricos de la cuenca y los valores de escorrentía estimados mediante el modelo hidrológico aplicado al río Chaupihuaranga - Huánuco 2025.		

DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN	POBLACIÓN Y MUESTRA	VARIABLES	Información satelital
Tipo de Investigación: Cuantitativo	<b>Población:</b> Se plantea así para la investigación que la población es el cauce del río Chaupihuaranga.	<b>Variable Dependiente</b>	Modelo de cuenca
Alcance de Investigación: Descriptivo.	<b>Muestra:</b> Para la investigación se tiene de muestra del cauce del río Chaupihuaranga de 650 metros	Valores precisos de escorrentía	Ficha de datos de precipitación
Diseño: No Experimental.	aguas abajo a partir del cementerio general de Cochachinche.	<b>Variable Independiente</b>	Ficha para la estimación de escorrentía
	Delimitación hidrológica		

## ANEXO 2 EVIDENCIAS

**Tabla 58**

*Valores altitudinales de cuenca*

ALTUR A MÍNIMA	ALTUR A MÁXIM A	MEDIA	ÁREA	ÁREA ACUMULAD A	ÁREA SOBR E LA CURV A	% DE ÁRE A	% DE ÁREA SOBR E LA CURV A
2193.00	2780.00	2486.5 0	67.76	67.76	1945.9 9	3.36	96.64
2780.00	3148.00	2964.0 0	130.6 8	198.43	1815.3 2	6.49	90.15
3148.00	3469.00	3308.5 0	162.9 8	361.41	1652.3 4	8.09	82.05
3469.00	3767.00	3618.0 0	187.8 2	549.23	1464.5 2	9.33	72.73
3767.00	4024.00	3895.5 0	249.1 0	798.34	1215.4 2	12.37	60.36
4024.00	4231.00	4127.5 0	406.4 3	1204.77	808.98	20.18	40.17
4231.00	4430.00	4330.5 0	417.4 0	1622.16	391.59	20.73	19.45
4430.00	4705.00	4567.5 0	311.2 0	1933.37	80.38	15.45	3.99
4705.00	5691.00	5198.0 0	80.38	2013.75	0.00	3.99	0.00

**Tabla 59**

*Valores de pendiente de cuenca*

PENDIENTE DE CUENCA				
PENDIENTE		MEDIA	OCURRENCIA	PRODUCTO
MÍNIMA	MÁXIMA			
0	10	5	10867501	54337505
10	20	15	1909285	28639275
20	30	25	94730	2368250
30	40	35	13507	472745
40	50	45	2344	105480
50	60	55	513	28215
60	70	65	128	8320
70	80	75	41	3075
80	90	85	15	1275
90	100	95	5	475
<b>SUMA</b>			12888069	85964615
<b>PENDIENTE PROMEDIO DE CUENCA</b>			6.67	

**Tabla 60**

*Estación Cochaquillo*

<b>AUTORIDAD NACIONAL DEL AGUA - ANA</b>	
<b>Análisis de Datos y Recursos Estadísticos del Agua - ANDREA</b>	
<b>Estación</b>	<b>Laguna Cochaquillo</b>
<b>Variable</b>	<b>Precipitación Max 24 Hrs (mm)</b>
<b>Operador</b>	Servicio Nacional Meteorología E
<b>WGS 84</b>	Hidrología
<b>Geográficas</b>	Latitud: -10.783333 / Longitud: -76.666667
	/ Altitud(msnm): 4400
	Convencional /
<b>Tipo</b>	Climática
<b>Ámbito</b>	Dpto.: Lima / Prov.:
<b>Político</b>	Ayón / Dist.: ollón
<b>Ámbito</b>	
<b>Administrativ</b>	AAA: Cañete Fortaleza /
<b>o</b>	ALA: Huaura
<b>Unidad</b>	
<b>Hidrográfica</b>	Cuenca Huaura

<b>Año</b>	<b>Ene</b>	<b>Feb</b>	<b>Mar</b>	<b>Abr</b>	<b>May</b>	<b>Jun</b>	<b>Jul</b>	<b>Ag o</b>	<b>Set</b>	<b>Oc t</b>	<b>No v</b>	<b>Dic</b>
<b>1996</b>	44.20	23.40	43.40	11.00	12.00	00.60	00. 50	00. 80		00. 50	00. 60	00. 80
<b>1997</b>	00.50	04.00	00.60	00.70					00. 40	00. 50	00. 90	02. 10
<b>1998</b>	04.80	01.30	00.80	00.50					00. 40	00. 70	00. 70	00. 40
<b>1999</b>	00.50	00.60	00.70	00.40	00.40	00.50	00. 20		00. 70	00. 50	01. 20	00. 90
<b>2000</b>	00.90	02.20	02.10	00.40	00.70	00.40		00. 40	01. 00	00. 90	00. 90	00. 90
<b>2001</b>	02.10	01.70	01.80	01.90	02.10	03.80	01. 50	02. 50	01. 40	04. 80	08. 30	07. 80
<b>2002</b>	02.50	08.70	07.00	09.30	05.80	00.90	01. 20	02. 40	09. 80	10. 50	10. 50	07. 00
<b>2003</b>	11.20	12.60	10.20	08.30	05.80	02.80	02. 00		03. 90	07. 80	08. 20	12. 20
<b>2004</b>	03.00	09.40	12.40	07.40	04.90	04.20	01. 20	01. 50	02. 20	04. 60	03. 80	07. 80
<b>2005</b>		07.90	07.80	03.80	02.20	00.50		06. 30	02. 80	04. 50	02. 20	01. 80
<b>2006</b>	09.70	08.50	13.10	08.70	01.40	02.70	00. 70	04. 70	02. 80	03. 20	02. 80	06. 20
<b>2007</b>	05.30	03.50	07.30	02.20	00.50	00.50		01. 20	01. 70	03. 50	07. 80	05. 70
<b>2008</b>	06.60	11.20	07.40	00.50	01.50	05.90	03. 50	03. 80		07. 50	07. 50	09. 50
<b>2009</b>	10.70	11.20	19.50	07.80	01.50			08. 50	04. 90	09. 80	11. 00	12. 50
<b>2010</b>	09.50	07.80	08.50	03.50		02.70		04. 70	03. 20	04. 50	09. 80	09. 80
<b>2011</b>	15.00	13.50	11.00	13.00	02.20	02.70	01. 20	05. 50	09. 70	09. 80	07. 00	13. 50

<b>2012</b>	03.90	22.50	18.30	19.50	02.70	03.50		05.80	07.50	12.00	18.50	19.50
<b>2013</b>	17.50	18.50	37.00	07.50	02.70			10.20	13.50	14.20	09.80	08.50
<b>2014</b>	12.20	09.80	15.50	17.50	12.30		02.50	04.20	09.50	11.30	11.20	19.50
<b>2015</b>	13.50	19.20	23.80	13.80	13.50	08.50		08.50	09.50	03.50	09.50	16.70
<b>2016</b>	14.20	18.50	09.80	07.50	03.50	05.50		08.50	12.00			09.80
<b>2017</b>	27.10	23.50	28.70	17.30	19.50			11.00	09.80	13.00	09.50	12.00

**Tabla 61**

*Estación Huánuco*

AUTORIDAD NACIONAL DEL AGUA - ANA												
Análisis de Datos y Recursos Estadísticos del Agua - ANDREA												

<b>Estación</b>	Huánuco											
<b>Variable</b>	Precipitación Max 24 Hrs (mm)											
<b>Operador</b>	Servicio Nacional Meteorología E Hidrología											
<b>WGS 84</b>	Latitud: -9.961011 / Longitud: -76.248 /											
<b>Geográficas</b>	Altitud(msnm): 1947 Convencional /											
<b>Tipo</b>	Climática											
<b>Ámbito</b>	Dpto.: Huánuco / Prov.: Huánuco /											
<b>Político</b>	Dist.: Pillco Marca											
<b>Ámbito</b>												
<b>Administrativ</b>	AAA: Huallaga / ALA:											
<b>Unidad</b>	o Alto Huallaga Inter cuenca											
<b>Hidrográfica</b>	Alto Huallaga											

Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ag o	Se t	Oc t	No v	Di c
<b>1965</b>	10.10	13.40	19.50	06.30	02.60	02.00	02.40	01.50	05.00	05.80	18.50	04.70
<b>1966</b>	20.10	13.50	17.30	00.90	05.90		00.70	03.30	04.00	08.10	09.60	25.20
<b>1967</b>	11.30	40.00	31.00	06.70	17.00	02.60	10.00	03.00	07.20	10.90	17.20	25.80
<b>1968</b>	16.00	17.00	11.60	05.30	00.80	02.70	01.00	04.30	20.40	13.80	04.80	15.60
<b>1969</b>	16.20	09.70	25.00	08.40	02.70	03.70	00.90	03.80	07.80	04.50	27.40	17.80
<b>1970</b>	08.60	08.90	12.00	11.70	04.70	09.40	08.60	00.20	10.60	08.40	11.70	20.00
<b>1971</b>	14.60	06.30	14.60	09.20	05.20	02.30	03.80	10.20	02.90	09.20	15.10	10.60
<b>1972</b>	08.20	09.70	14.60	12.80	03.30			03.30	09.50	10.60	16.50	08.50
<b>1973</b>	15.20	17.60	25.20	12.40	05.20	06.80	02.80	26.10	00.90	24.20	21.00	20.80

<b>1974</b>	10.60	08.60	19.90	25.60	02.00	03.50	01.20	05.90	01.80	05.70	03.40	07.50
<b>1975</b>	09.90	10.10	13.60	04.10	15.20	04.00	02.70	03.10	05.80	29.20	10.80	14.30
<b>1976</b>	12.80	16.00	03.10	02.60	01.50				02.70			04.10
<b>1977</b>	10.30	13.50	13.70	31.40	15.70	00.50	00.70	05.50	14.20	11.00	28.50	26.50
<b>1978</b>	09.10	08.70	16.80	07.80	10.90	01.00	00.70	01.50	00.80	03.20	06.50	15.80
<b>1979</b>			40.00	26.80			03.20		03.50	30.70	10.40	05.40
<b>1980</b>	24.80	22.40	20.40	22.30		08.40						
<b>1981</b>		07.20	09.30	16.70	04.90	00.40	01.40	02.03	03.50	13.30	36.80	35.30
<b>1982</b>	26.70	14.00	42.90	14.10	02.20	00.90	03.10	03.50	01.70	06.80	08.60	21.60
<b>1983</b>												
<b>1984</b>												
<b>1985</b>												
<b>1986</b>	06.10	17.60	18.50	07.40	10.00	12.90	02.10	09.10	05.20	04.50	08.10	15.60
<b>1987</b>	04.90	12.20	18.60	13.50	02.90	04.80	04.20	02.40	04.50	05.70	15.80	12.00
<b>1988</b>	13.80	20.10	08.70	18.60	04.20		04.20	01.50	07.40	03.60	10.70	11.60
<b>1989</b>	15.70	08.00	11.90	06.50	06.30	03.40		01.40	05.70	20.60	11.10	27.40
<b>1990</b>	11.50	06.10	15.10	20.10	13.00	04.70	01.30	04.50	02.80	21.30	18.00	12.00
<b>1991</b>	04.70	15.00	28.80	08.30	02.00	05.00	04.80		02.20	11.40	15.00	20.40
<b>1992</b>	08.50	29.60	15.60	05.40		03.60		25.00	02.00	38.40	24.90	09.80
<b>1993</b>	12.50	18.00	13.70	13.50	06.20	04.70	03.40	03.70	06.00	07.60	16.40	12.30
<b>1994</b>		08.70	10.90	24.00	15.00				20.50	19.00	07.20	20.60
<b>1995</b>	08.00	18.90	17.50	08.90	01.80	00.70	01.20	00.40	03.00	08.90	13.90	12.30
<b>1996</b>	13.50	09.10	15.90	17.10	10.40		00.10	03.50	01.40	09.30	15.10	08.10
<b>1997</b>	10.50	06.60	11.40	10.60	04.20	01.90		04.10	05.30	08.30	11.20	07.80
<b>1998</b>	17.90	16.50	27.50	01.00	02.70	01.80		01.50	03.20	13.40	26.00	07.20
<b>1999</b>	13.10	28.00	15.20	05.40	09.20	08.10	04.70	00.60	33.00	05.60	10.70	13.70
<b>2000</b>	10.80	14.20	16.30	07.70	05.30	07.30	02.40	12.10	04.00	02.80	20.30	19.30
<b>2001</b>	11.30	08.90	10.60	25.70	07.40	00.80	03.20	05.00	02.00	10.00	48.70	10.80
<b>2002</b>	13.00	19.40	14.90	27.20	09.70	02.10	05.20	01.30	02.80	22.90	07.80	05.20
<b>2003</b>	12.30	06.40	09.40	14.90	03.00	00.10	00.10	06.90	04.40	12.50	23.00	18.10
<b>2004</b>	07.60	08.10	11.90	10.50	11.70	01.40	02.10	04.60	11.30	06.40	13.00	17.60
<b>2005</b>	05.90	16.60	25.50	02.40	00.60		00.80	07.50	03.50	11.00	08.70	20.10

2006	28.00	11.30	18.90	08.30	01.90	03.60	01.60	02.00	07.20	18.90	21.70	18.20
2007	08.70	02.40	12.30	07.50	05.30	01.20	03.30	02.90	02.30	25.80	13.70	27.30
2008	07.90	12.50	16.60	15.80	02.70	01.80	00.10	00.70	14.20	11.70	33.10	30.60
2009	19.60	10.00	19.40	10.60	07.30	09.00	04.00	03.40	02.30	16.80	08.50	09.10
2010	04.90	17.40	22.60	06.80	02.40	01.20	03.80	05.00	09.60	12.00	21.80	19.90
2011	13.60	11.60	35.40	08.00	09.50	03.90	00.90	01.50	11.40	20.40	19.30	36.20
2012	16.30	12.30	11.60	16.30	05.70	01.90	04.70	05.50	02.60	16.20	29.60	30.70
2013	07.90	13.80	14.70	13.60	01.90	04.70	05.50	14.10	02.40	13.40	11.10	19.90
2014	15.40	21.90	20.60	24.80	18.20	03.20	01.30	00.30	11.70	23.20	09.30	14.10
2015	20.10	08.30	12.40	31.70	10.50	01.20	02.20	00.70	01.30	10.50	21.00	06.50
2016	11.20	13.00	18.00	02.80	00.10	00.50	00.20	00.60	01.00	12.90	13.00	14.20
2017	12.50	20.90	15.50	10.60	09.40	01.00	04.30	02.10	05.90	13.30	12.90	38.20

**Tabla 62**

*Estación Milpo*

AUTORIDAD NACIONAL DEL AGUA - ANA													
Análisis de Datos y Recursos Estadísticos del Agua - ANDREA													
<b>Estación</b>	Milpo												
<b>Variable</b>	Precipitación Max 24 Hrs (mm)												
<b>Operador</b>	Servicio Nacional Meteorología												
<b>WGS 84</b>	E Hidrología												
<b>Geográficas</b>	Latitud: -10.600278 / Longitud: -76.216944 / Altitud(msnm): 4256												
<b>Tipo</b>	Convencional / Climática												
<b>Ámbito Político</b>	Dpto.: Pasco / Prov.: Pasco / Dist.: San Francisco De Asís De Yarusyacan												
<b>Administrativ</b>	AAA: Huallaga / ALA: Alto Huallaga												
<b>Unidad</b>	Inter cuenca												
<b>Hidrográfica</b>	Alto Huallaga												
Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ag	Se	Oc	No	Di	
1964	16.90	26.50	18.70	16.80	24.90	06.80	06.00	06.90	13.00	33.80	23.20	12.00	
1965	17.00	12.80	14.60	12.70	06.10	01.40	09.50	05.40	13.20	07.70	13.40	02.00	
1966							02.60	02.30					
1967	10.80	44.50	25.00	12.20	15.30	01.70	22.60	10.80	07.80	14.20	07.80	18.40	
1968													
1969													

<b>1970</b>	26.60	16.80	14.40	10.90	06.00	00.50	07.30	04. 10	15. 60	12. 70	14. 60	16. 20
<b>1971</b>	16.20	18.90	13.50	07.40	17.30	03.40	03.40	08. 20	16. 00	13. 10	14. 70	10. 00
<b>1972</b>	11.20	16.00	14.10	12.30	10.10	03.80	11.90	07. 40	18. 00	11. 10	13. 10	11. 60
<b>1973</b>	09.00	15.00	20.10	09.00				06. 90	10. 60	08. 40	09. 80	12. 20
<b>1974</b>	13.20	08.00	06.60	08.40		06.60	06.60	11. 80	08. 80	05. 80	05. 20	07. 00
<b>1975</b>	07.20	07.40	07.40	05.60	06.00	06.40	04.40	07. 60	06. 00	07. 20	09. 00	06. 00

**Tabla 63**

*Estación Oyón*

<b>AUTORIDAD NACIONAL DEL AGUA - ANA</b>	
<b>Análisis de Datos y Recursos Estadísticos del Agua - ANDREA</b>	
<b>Estación</b>	Oyon
<b>Variable</b>	Precipitación Max 24 Hrs (mm)
<b>Operador</b>	Hidrología
<b>WGS 84</b>	Latitud: -10.666667 / Longitud: -76.766667
<b>Geográficas</b>	/ Altitud(msnm): 3641 Convencional /
<b>Tipo</b>	Climática
<b>Ámbito</b>	Dpto.: Lima / Prov.:
<b>Político</b>	Oyon / Dist.: Oyon
<b>Ámbito</b>	
<b>Administrativ</b>	AAA: Cañete Fortaleza /
<b>o</b>	ALA: Huaura
<b>Unidad</b>	
<b>Hidrográfica</b>	Cuenca Huaura

<b>Año</b>	<b>Ene</b>	<b>Feb</b>	<b>Mar</b>	<b>Abr</b>	<b>May</b>	<b>Jun</b>	<b>Jul</b>	<b>Ag o</b>	<b>Set</b>	<b>Oc t</b>	<b>No v</b>	<b>Dic</b>
<b>1987</b>	10.80	16.10	13.90	08.30	01.70		05. 30	03. 00	07. 00	05. 60	12. 20	13. 20
<b>1988</b>	16.40	10.20	13.10	09.50	08.60				07. 60	07. 90	06. 40	14. 70
<b>1989</b>	21.80	17.60	17.20	14.00	10.00	03.50		02. 00	06. 00	07. 90	05. 20	04. 30
<b>1990</b>	06.40	11.10	15.20	04.40	02.90	01.00			01. 00	24. 90	10. 70	20. 40
<b>1991</b>	06.60	11.20	08.80	06.10	00.90						04. 70	05. 20
<b>1992</b>	10.50	06.20	09.60	12.50	01.80	02.20		00. 40	06. 60	06. 50	05. 60	07. 00
<b>1993</b>	17.30	10.90	14.00	13.70	00.80				05. 40	08. 30	11. 60	15. 10
<b>1994</b>	15.30	13.20	16.00	12.00	07.30	01.70	01. 90	00. 40	12. 00	07. 10	15. 10	10. 70
<b>1995</b>	18.50	08.20	19.80	15.60	03.40	05.10	01. 20	04. 40	03. 80	08. 30	11. 70	22. 10
<b>1996</b>	14.30	13.10	23.70	11.70	02.90			02. 00	04. 20	15. 00	08. 40	15. 50

1997	17.60	19.60	09.60	07.10					07.	06.	10.	14.
									00	60	40	40
1998	15.70	13.40	17.50	10.20	02.00	02.50			04.	19.	15.	10.
									60	50	00	00
1999	14.20	22.50	12.60	10.20	07.40		01.		11.	17.	14.	15.
							50		00	60	40	40
2000	12.50	19.80	11.20	13.80	06.40		01.	02.	12.	20.	18.	19.
							20	30	00	30	80	40
2001	17.00	09.60	19.50	18.90	04.10	05.90			09.	17.	17.	17.
									10	10	90	90
2002	22.10	14.20	16.70	08.40	05.10	01.00		01.	04.	18.	13.	14.
								80	70	60	70	00
2003	15.40	26.60	17.10	06.80				01.	06.	15.	03.	09.
								30	50	80	70	40
2004	09.90	16.60	08.80			03.60			08.	11.	15.	10.
									90	20	00	10
2005		10.20	15.90	01.80	02.20			02.	00.	08.	09.	12.
								70	50	00	20	30
2006	14.00	20.60	11.80		00.30	06.20		03.	02.	06.	20.	13.
								30	30	70	10	40
2007	13.90	21.70	21.30	16.10	22.20				06.	13.	09.	15.
									70	50	10	00
2008	15.20	20.70	18.90	17.50		02.50			02.	13.	03.	20.
									80	20	20	70
2009	10.80	11.30	22.20	17.40	06.60		01.	02.	03.	10.	12.	12.
							50	70	90	50	30	80
2010	17.60	14.70	12.80	08.20		01.80			06.	11.	08.	29.
									90	80	10	60
2011	16.30	11.10	17.90	16.30	02.80	00.60			03.	07.	22.	17.
									40	80	80	40
2012	17.60	18.50	13.40	17.00	01.10	01.50			14.	08.	10.	12.
									30	90	30	50
2013	14.30	17.70	11.80	05.40	04.00	00.40	02.	07.	01.	18.	17.	13.
							20	30	00	60	00	20
2014	11.50	18.60	13.40	06.00	06.00		01.	00.	04.	16.	10.	19.
							00	80	20	40	70	10
2015	16.00	08.30	14.20	13.00	03.70	02.10		05.	02.	05.	08.	17.
								00	80	70	70	60
2016	07.20	13.70	16.80	11.00	01.10	00.50	01.	04.	09.	16.	05.	11.
							40	00	00	30	60	00
2017	16.20	18.10	17.20	09.90	08.30	00.40		01.	02.	10.	05.	12.
								60	00	70	90	20

**Tabla 64**

*Estación Pasco*

<b>AUTORIDAD NACIONAL DEL AGUA - ANA</b>	
<b>Análisis de Datos y Recursos Estadísticos del Agua - ANDREA</b>	
<b>Estación</b>	<b>Cerro De Pasco</b>
<b>Variable</b>	<b>Precipitación Max 24 Hrs (mm)</b>
<b>Operador</b>	Servicio Nacional Meteorología E
<b>WGS 84</b>	Hidrología
<b>Geográficas</b>	Latitud: -10.693333 / Longitud: -76.264167
	/ Altitud(msnm): 4260
<b>Tipo</b>	Convencional / Climática

**Ámbito Político** Dpto.: Pasco / Prov.: Pasco /  
 Dist.: Chuquimarca  
**Ámbito Administrativo** AAA: Mantaro / ALA:  
 o Pasco  
**Unidad** Cuenca  
**Hidrográfica** Mantaro

Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ag o	Set	Oc t	No v	Dic
1993		17.10	18.60	18.50	12.00	01.00	08. 50	16. 60	13. 00	36. 00	26. 30	21. 50
1994	28.60	19.00	21.00	24.40	13.00	12.30	15. 00	15. 10	12. 30	18. 50	20. 40	16. 50
1995	11.40	25.10	22.80	15.30	12.20	03.10	02. 90	00. 30	09. 40	13. 00	18. 40	16. 10
1996												
1997									07. 70	24. 50	22. 60	21. 90
1998	12.10	30.50	13.70	18.50	05.20	05.50		01. 50	05. 70	19. 70	15. 80	09. 60
1999	38.00	31.70	14.70	25.80	07.30	04.80	04. 30	03. 30	10. 70	16. 10	16. 60	16. 50
2000	18.00	17.30	18.30	06.50	09.40	02.80	04. 50	08. 20	07. 10	14. 30	12. 70	22. 60
2001	29.40	24.30	24.00	23.70	10.90	02.00	11. 50	06. 00	07. 90	19. 10	16. 60	28. 00
2002	08.00	19.40	26.80	15.50	13.50	03.00	10. 40	03. 50	13. 70	24. 10	12. 60	22. 30
2003	14.50	19.40	20.70	18.10	08.30	07.00	04. 60	10. 00	20. 70	06. 00	20. 00	13. 10
2004	12.70	31.20	11.40	16.90	06.00	04.00	08. 60	07. 90	27. 50	22. 50	26. 80	33. 20
2005	15.40	20.00	46.70	17.40	02.90	02.80	04. 10	04. 50	06. 00	12. 80	29. 10	09. 00
2006	09.80	17.50	16.20	19.10	03.90	17.00	02. 70	04. 00	21. 80	21. 30	27. 30	24. 60
2007	15.50	16.00	18.40	14.20	16.00		08. 00	04. 40	10. 50	16. 00	20. 60	26. 70
2008	16.60	18.50	08.00	12.50	05.40	07.30	03. 20	10. 40	10. 00	10. 40	29. 40	25. 00
2009	26.00	19.00	39.20	11.40	12.00	12.00	08. 20	12. 40	05. 10	20. 00	31. 40	29. 50
2010	25.70	24.30	35.90	14.50	17.00	02.00	04. 40		07. 50	24. 00	13. 80	30. 80
2011	20.50	16.30	20.80	24.40	12.00		06. 30	09. 00	14. 00	16. 00	22. 70	24. 00
2012	20.00	20.70	15.00	12.00	07.80	06.50	03. 50	05. 20	16. 80	25. 40	18. 00	24. 60
2013	25.80	15.00	20.30	14.00	15.00	05.80	08. 00	11. 00	17. 60	20. 50	11. 60	16. 00
2014	26.20	19.80	20.00	24.70	07.30	10.00	07. 00	02. 60	20. 60	15. 00	17. 50	25. 60
2015	15.00	10.00	18.00	15.20	10.30	09.00	09. 00	07. 40	18. 40	17. 30	25. 10	15. 40
2016	18.00	16.50	20.60	12.40	08.20	07.10	06. 70	13. 00	09. 00			02. 00
2017	20.60	28.00	15.00	15.40	13.20	00.50	06. 50	04. 00	12. 00	15. 40	19. 00	18. 00

**Tabla 65**

*Estación Picoy*

**Análisis de Datos y Recursos Estadísticos del Agua - ANDREA**

<b>Estación</b>	<b>Picoy</b>
<b>Variable</b>	<b>Precipitación Max 24 Hrs (mm)</b>
<b>Operador</b>	Servicio Nacional Meteorología E
<b>WGS 84</b>	Hidrología
<b>Geográficas</b>	Latitud: -10.883333 / Longitud: -76.716667
	/ Altitud(msnm): 2900
	Convencional /
<b>Tipo</b>	Climática
<b>Ámbito</b>	Dpto.: Lima / Prov.: Oyon / Dist.:
<b>Político</b>	Pachangara
<b>Ámbito</b>	
<b>Administrativ</b>	AAA: Cañete Fortaleza /
<b>o</b>	ALA: Huaura
<b>Unidad</b>	
<b>Hidrográfica</b>	Cuenca Huaura

Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ag o	Set	Oc t	No v	Dic
1981	12.80	13.40	18.00	03.50				03.70	00.50	09.60	15.70	17.00
1982	15.70	16.50	22.10	13.00		00.40	00.50	00.40	04.00	09.00	19.90	13.70
1983	16.30	06.70	15.40	12.00	03.80	04.30			02.80	05.30	06.00	13.80
1984	11.00	13.40	32.80	08.10	07.30	03.90	00.40	00.80	01.20	10.50	12.70	11.40
1985	06.20	16.40	20.00	09.00	07.30	02.00			08.70	07.60	13.20	13.30
1986	19.40	17.90	10.30	11.00	11.70		01.00	04.20	01.10	07.60	06.20	35.70
1987	14.00	15.90	11.00	06.70	15.40			03.60	04.10	05.00	08.80	13.90
1988	16.80	15.80	10.90	12.80	07.00			00.60	02.40	03.80	03.40	13.40
1989	15.10	17.90	14.10	06.30	04.70	00.90		01.20	04.10	09.50	02.50	04.30
1990	12.90	08.00	13.00	06.60	03.00	00.70			01.50	16.50	15.50	12.60
1991	08.50	10.40	11.20	08.10	07.90		02.80		05.00	09.70	13.40	09.90
1992	07.60	11.50	40.30	10.00				01.70	06.40	04.30	16.40	09.00
1993	13.20	17.00	11.60	15.20	05.40				08.90	12.00	10.80	13.20
1994	11.20	16.50	17.00	18.00	06.10		00.70		02.30	03.40	09.90	11.10
1995	15.30	10.80	11.00	14.10	03.50		03.40		02.00	11.00	17.70	23.30
1996	11.70	20.20	17.50	11.10	02.30					04.80	06.60	13.30
1997	18.00	15.70	09.10	02.10				00.40	05.10	10.40	09.40	15.90
1998	15.40	12.80	13.90	08.70		03.30			02.60	06.00	13.20	09.00

1999	12.30	19.00	19.30	13.60	11.50	03.00	08.30	12.70	04.80	11.80
2000	05.20	06.20	06.80	05.80	03.70		02.80	02.20	05.70	06.40
2001	06.60	06.00	08.20	03.20			09.00	03.50	16.60	05.00
2002	04.10	06.00	03.00	05.00				05.40	04.30	06.00
2003	12.00	06.50	07.40	07.50					05.00	06.70
2004	02.40	11.50	09.00	09.40			12.00	17.70	16.50	12.70
2005	12.30	16.50	15.00	07.00				06.70	09.80	15.30
2006	17.40	30.50	15.30	23.50	02.70		01.50	05.20	11.40	10.80
2007	10.50	20.00	11.40	12.50	14.20			10.00	04.20	13.00
2008	29.50	13.40	19.00	11.60			02.00	16.20	11.00	14.40
2009	17.00	12.40	19.90	12.00	08.80			08.70	10.40	23.40
2010	11.80	08.80	27.60	09.40	07.60		02.50	08.80	17.00	11.00
2011	11.30	14.70	13.00	08.20	01.20			06.20	16.10	15.50
2012	11.50	19.00	16.50	19.00			11.10	09.50	11.20	09.80
2013	16.50	13.70	15.00	11.50	04.30		03.40	14.50	12.00	10.60
2014	13.30	11.00	12.50	14.00	07.40		04.90	14.70	08.80	12.20
2015	10.20	15.00	11.00	11.50	03.80			06.50	02.40	12.50
2016	08.80	17.90	08.60	02.50			06.00	06.10		11.00
2017	08.00	13.50	11.40	08.00	05.00			10.00	03.70	12.00

**Tabla 66**

*Estación Surasaca*

<b>AUTORIDAD NACIONAL DEL AGUA - ANA</b>	
<b>Análisis de Datos y Recursos Estadísticos del Agua - ANDREA</b>	

**Estación** Surasaca  
**Variable** Precipitación Max 24 Hrs (mm)  
**Operador** Servicio Nacional Meteorología E Hidrología  
**WGS 84** Latitud: -10.516667 / Longitud: -76.783333  
**Geográficas** / Altitud(msnm): 4400 Convencional /  
**Tipo** Climática  
**Ámbito** Dpto.: Lima / Prov.:  
**Político** Oyon / Dist.: Oyon

**Ámbito**  
**Administrativ** AAA: Cañete Fortaleza /  
 o ALA: Huaura  
**Unidad**  
**Hidrográfica** Cuenca Huaura

Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ag o	Set	Oc t	No v	Dic
1969	09.90	16.90	10.00	14.80	03.70	06.60	03. 20	13. 10	13. 60	12. 70	18. 50	10. 70
1970	13.60	15.50	12.90	15.60	08.40	06.00	02. 30	01. 20	18. 30	23. 30	18. 00	18. 70
1971	17.70	12.80	27.40	10.20	08.00	06.50	02. 10	08. 00	03. 50	12. 70	12. 20	19. 40
1972	15.80	19.80	28.20	15.10	07.50	01.20	05. 40	11. 00	07. 90	15. 60	14. 70	16. 70
1973	14.60	24.50	18.20	13.90	16.20	07.90	07. 30	08. 60	11. 30	19. 20	20. 10	13. 60
1974	15.20	21.50	18.60	16.80	03.00	12.70	08. 80	12. 20	07. 60	10. 00	15. 60	14. 00
1975	27.80	20.60	22.60	15.90	17.00	05.20	03. 80	17. 20	11. 10	19. 00	17. 50	10. 20
1976	22.80	20.20	27.50	20.00	06.10	11.40	08. 20	09. 00	06. 90	12. 60	16. 70	29. 00
1977	11.60	27.90	16.60	17.30	11.70	02.70	09. 40	01. 40	19. 20	07. 00	16. 60	14. 80
1978	17.50	28.10	16.00	16.90	03.60	05.10	08. 20	01. 00	15. 60	15. 70	19. 00	19. 30
1979	08.80	14.80	26.10	11.00	07.20	01.20	03. 00	07. 60	04. 80	06. 80	09. 90	09. 30
1980	15.30	10.40	18.30	06.70		00.70	05. 60	07. 00	04. 50	14. 00	12. 90	15. 60
1981	14.70	18.60	17.60	19.20		02.50	04. 40	07. 90	04. 90	27. 90	20. 70	12. 40
1982	17.50	21.10	16.80	19.30	01.40	02.80	01. 00	04. 00	07. 30	08. 90	16. 40	13. 80
1983	19.60	09.30	21.00			06.80	05. 20	07. 30	07. 70	02. 70	15. 20	14. 50
1984	13.20	25.10	15.70	09.90	09.90	08.40	07. 50	09. 00	13. 60	18. 80	21. 80	
1985	15.10	14.20	09.00	09.70	09.10	07.50	00. 40	02. 50	10. 50	05. 30	18. 00	14. 80

**Tabla 67**

*Prueba estadística Huánuco*

Estadísticos	Precipitación	Log(Precip)
<b>Cantidad de datos</b>	25	25
<b>Suma</b>	265.16	25.45
<b>Valor máximo</b>	14.31	1.16
<b>Valor mínimo</b>	6.94	0.84
<b>Promedio</b>	10.61	1.01
<b>Varianza</b>	4.09	0.01

<b>Desv. Estándar</b>	2.02	0.08
<b>Coef. Variac.</b>	0.19	0.08
<b>Coef. Sesgo</b>	0.15	-0.26
<b>Concluye</b>	<b>Aplicar pruebas para detectar datos dudosos altos y bajos</b>	

**Tabla 68**

*Prueba de valores atípicos Huánuco*

<b>Límites de precipitación</b>		
<b>Cantidad de datos</b>	25	
<b>Kn</b>	2.49	
<b>Precip. máx</b>	16.79	Ok
<b>Precip. Mín</b>	6.38	Ok

**Tabla 69**

*Prueba estadística Oyón*

<b>Estadísticos</b>	<b>Precipitación</b>	<b>Log(Precip)</b>
<b>Cantidad de datos</b>	25	25
<b>Suma</b>	250.80	24.96
<b>Valor máximo</b>	12.63	1.10
<b>Valor mínimo</b>	8.13	0.91
<b>Promedio</b>	10.03	1.00
<b>Varianza</b>	1.41	0.00
<b>Desv. Estándar</b>	1.19	0.05
<b>Coef. Variac.</b>	0.12	0.05
<b>Coef. Sesgo</b>	0.54	0.22
<b>Concluye</b>	<b>Aplicar pruebas para detectar datos dudosos altos y bajos</b>	

**Tabla 70**

*Prueba de valores atípicos Oyón*

<b>Límites de precipitación</b>		
<b>Cantidad de datos</b>	25	
<b>Kn</b>	2.49	
<b>Precip. máx</b>	13.38	Ok
<b>Precip. Mín</b>	7.49	Ok

**Tabla 71***Prueba estadística Pasco*

Estadísticos	Precipitación	Log(Precip)
Cantidad de datos	25	25
Suma	366.39	29.03
Valor máximo	18.85	1.28
Valor mínimo	11.14	1.05
Promedio	14.66	1.16
Varianza	4.84	0.00
Desv. Estándar	2.20	0.07
Coef. Variac.	0.15	0.06
Coef. Sesgo	0.07	-0.16
Concluye	<b>Aplicar pruebas para detectar datos dudosos altos y bajos</b>	

**Tabla 72***Prueba de valores atípicos Pasco*

Límites de precipitación		
Cantidad de datos	25	
Kn	2.49	
Precip. máx	21.18	Ok
Precip. Mín	9.95	Ok

**Tabla 73***Prueba estadística Picoy*

Estadísticos	Precipitación	Log(Precip)
Cantidad de datos	25	25
Suma	215.44	23.15
Valor máximo	11.25	1.05
Valor mínimo	5.00	0.70
Promedio	8.62	0.93
Varianza	2.97	0.01
Desv. Estándar	1.72	0.10
Coef. Variac.	0.20	0.10

<b>Coef. Sesgo</b>	-0.48	-0.97
<b>Concluye</b>	<b>Detectar Datos Dudosos bajos</b>	

**Tabla 74**

*Prueba de valores atípicos Picoy*

<b>Límites de precipitación</b>		
<b>Cantidad de datos</b>	25	
<b>Kn</b>	2.49	
<b>Precip. máx</b>	14.64	Ok
<b>Precip. Mín</b>	4.93	Ok

**Tabla 75**

*Serie de lluvias anuales*

<b>AÑO</b>	<b>PP MÁX CHAVIN</b>	<b>PP MÁX HUÁNUCO</b>	<b>PP MÁX OYON</b>	<b>PP MÁX PASCO</b>	<b>PP MÁX PICOY</b>	<b>PP MÁX INTERPOLADA</b>
1993	15.87	9.83	9.89	17.04	10.82	13.02
1994	15.34	14.28	9.39	18.01	8.61	13.50
1995	17.31	7.96	10.18	12.50	10.03	11.01
1996	13.04	8.83	9.44	12.00	8.04	9.11
1997	10.38	6.94	8.43	11.21	7.84	9.31
1998	11.24	10.08	9.58	11.95	7.57	10.35
1999	12.28	12.28	11.09	15.82	10.10	13.00
2000	10.18	10.21	11.79	11.81	5.02	10.58
2001	11.37	12.03	12.63	16.95	6.97	13.41
2002	10.50	10.96	10.81	14.40	5.00	11.41
2003	10.23	9.26	9.86	13.53	7.31	10.87
2004	9.40	8.85	9.59	17.39	9.64	12.56
2005	8.60	8.74	8.17	14.23	7.99	10.17
2006	11.86	11.80	10.23	15.43	10.45	12.56
2007	11.97	9.39	12.59	13.95	9.58	12.26
2008	9.67	12.31	10.46	13.06	11.06	11.78
2009	11.41	10.00	10.23	18.85	11.25	13.77
2010	10.86	10.62	10.76	17.02	9.55	13.03
2011	12.26	14.31	10.66	15.93	8.75	12.99
2012	10.51	12.53	10.27	14.63	10.08	12.26
2013	11.28	10.25	9.41	15.05	9.22	11.77
2014	11.40	13.67	9.59	16.36	9.16	12.78
2015	11.65	10.53	8.64	14.18	7.86	11.05
2016	10.51	7.29	8.13	11.14	6.58	9.06
2017	9.08	12.22	8.98	13.97	6.98	11.09

**Tabla 76***Análisis de doble masa*

<b>Acumulados</b>					
<b>PP MÁX CHAVIN</b>	<b>PP MÁX HUÁNUCO</b>	<b>PP MÁX OYON</b>	<b>PP MÁX PASCO</b>	<b>PP MÁX PICOY</b>	<b>PP MÁX INTERPOLADA</b>
15.87	9.83	9.89	17.04	10.82	13.02
31.21	24.11	19.28	35.05	19.42	26.52
48.52	32.07	29.46	47.55	29.45	37.54
61.56	40.90	38.90	59.55	37.50	46.65
71.94	47.84	47.33	70.76	45.34	55.96
83.18	57.92	56.91	82.71	52.91	66.31
95.45	70.20	68.01	98.52	63.01	79.31
105.64	80.40	79.80	110.33	68.02	89.89
117.00	92.44	92.42	127.28	75.00	103.30
127.50	103.40	103.23	141.68	80.00	114.71
137.73	112.65	113.09	155.21	87.31	125.58
147.13	121.50	122.68	172.61	96.94	138.14
155.73	130.25	130.85	186.83	104.93	148.32
167.59	142.05	141.08	202.26	115.38	160.88
179.55	151.44	153.67	216.22	124.96	173.14
189.22	163.75	164.12	229.27	136.02	184.92
200.63	173.75	174.35	248.12	147.27	198.69
211.49	184.36	185.11	265.14	156.83	211.72
223.75	198.67	195.77	281.07	165.57	224.71
234.26	211.20	206.04	295.70	175.65	236.97
245.55	221.45	215.45	310.75	184.87	248.74
256.94	235.12	225.05	327.10	194.03	261.52
268.59	245.65	233.68	341.28	201.89	272.57
279.10	252.95	241.82	352.42	208.46	281.64
288.18	265.16	250.80	366.39	215.44	292.72

**ANEXO 3**  
**PANEL FOTOGRÁFICO**



SE MUESTRA LA UBICACIÓN DE LA LOCALIDAD DE COCHACHINCHE



SE MUESTRA EL INICIO DEL TRAMO DEL RIO CHAUPIHUARANGA QUE  
SE SE ESTA CONSIDERANDO PARA ESTA TESIS



SE MUESTRA EL INICIO DEL TRAMO DEL RIO CHAUIHUARANGA QUE  
SE SE ESTA CONSIDERANDO PARA ESTA TESIS



SE MUESTRA EL TRAMO MEDIO DEL RIO CHAUPIHUARANGA QUE SE  
ESTA USANDO PARA ESTA TESIS



SE MUESTRA EL TRAMO MEDIO DEL RIO CHAUPIHUARANGA QUE SE  
ESTA USANDO PARA ESTA TESIS



SE MUESTRA FIN DEL TRAMO DEL RIO CHAUPIHUARANGA QUE ESTA SIENDO USADO PARA ESTA TESIS



SE MUESTRA FIN DEL TRAMO DEL RIO CHAUPIHUARANGA QUE ESTA  
SIENDO USADO PARA ESTA TESIS



SE MUESTRA LA UTILIZACION DE LA ESTACION TOTAL PARA EL  
LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO



SE MUESTRA LA UTILIZACION DE LA ESTACION TOTAL PARA EL  
LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO



SE MUESTRA LA UTILIZACION DE LA ESTACION TOTAL PARA EL  
LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO



SE MUESTRA LA UTILIZACION DEL GPS PARA LA UBICACIÓN Y ORIENTACION DE LA ESTACION TOTAL