

UNIVERSIDAD DE HUANUCO
FACULTAD DE INGENIERIA
PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERIA CIVIL



TESIS

“Modelos hidrológicos para la determinación de caudales medios mensuales en la subcuenca del río Monzón, con fines de irrigación en la localidad de Camote, Huánuco 2024”

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

AUTOR: Velasquez Borja, Jhanios Waldir

ASESOR: Tuanama Lavi, Jose Wicley

HUÁNUCO – PERÚ

2024

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

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): 71255581

DATOS DEL ASESOR:

Documento Nacional de Identidad (DNI): 05860064

Grado/Título: Maestro en gerencia pública

Código ORCID: 0000-0002-5148-6384

DATOS DE LOS JURADOS:

N°	APELLIDOS Y NOMBRES	GRADO	DNI	Código ORCID
1	Jacha Rojas, Johnny Prudencio	Doctor en medio ambiente y desarrollo sostenible	40895876	0000-0001-7920-1304
2	Malpartida Valderrama, Yenerit Pamela	Grado de magíster en medio ambiente y desarrollo sostenible mención en gestión ambiental	22516875	0000-0003-2705-4300
3	Valdivieso Echevarria, Martin Cesar	Maestro en gestión pública	22416570	0000-0002-0579-5135

D

H



UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO

Facultad de Ingeniería

PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERÍA CIVIL

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

En la ciudad de Huánuco, siendo las 09:30 horas del día **jueves 05 de setiembre de 2024**, 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:

- ❖ DR. JOHNNY PRUDENCIO JACHA ROJAS - PRESIDENTE
- ❖ MG. YENERIT PAMELA MALPARTIDA VALDERRAMA - SECRETARIA
- ❖ MG. MARTÍN CESAR VALDIVIESO ECHEVARRÍA - VOCAL

Nombrados mediante la RESOLUCIÓN No 1891-2024-D-FI-UDH, para evaluar la Tesis intitulada: "MODELOS HIDROLÓGICOS PARA LA DETERMINACIÓN DE CAUDALES MEDIOS MENSUALES EN LA SUBCUENCA DEL RÍO MONZÓN, CON FINES DE IRRIGACIÓN EN LA LOCALIDAD DE CAMOTE, HUÁNUCO 2024", presentado por el (la) Bachiller. Bach. Jhanios Waldir VELASQUEZ BORJA, 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 *1.2* y cualitativo de *Suficiente* (Art. 47).

Siendo las *10:30* horas del día **05 del mes de setiembre** del año 2024, los miembros del Jurado Calificador firman la presente Acta en señal de conformidad.



DR. JOHNNY PRUDENCIO JACHA ROJAS
DNI: 40895876
ORCID: 0000-0001-7920-1304

PRESIDENTE



MG. YENERIT PAMELA MALPARTIDA VALDERRAMA
DNI: 22516875
ORCID: 0000-0003-2705-4300

SECRETARIO (A)



MG. MARTÍN CESAR VALDIVIESO ECHEVARRÍA
DNI: 22416570
ORCID: 0000-0002-0579-5135

VOCAL



UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO

CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD

El comité de integridad científica, realizó la revisión del trabajo de investigación del estudiante: JHANIOS WALDIR VELASQUEZ BORJA, de la investigación titulada “Modelos hidrológicos para la determinación de caudales medios mensuales en la subcuenca del Río Monzón, con fines de irrigación en la localidad de camote, Huánuco 2024”, con asesor JOSÉ WICLEY TUANAMA LAVI, designado mediante documento: RESOLUCIÓN N° 1906-2022-D-FI-UDH del P. A. de INGENIERÍA CIVIL.

Puede constar que la misma tiene un índice de similitud del 13 % 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, 02 de agosto de 2024



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



FERNANDO F. SILVERIO BRAVO
D.N.I.: 40618286
cod. ORCID: 0009-0008-6777-3370

80. VELASQUEZ BORJA JHANIOS WALDIR.docx

INFORME DE ORIGINALIDAD

13%

INDICE DE SIMILITUD

12%

FUENTES DE INTERNET

4%

PUBLICACIONES

7%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	hdl.handle.net Fuente de Internet	5%
2	repositorio.udh.edu.pe Fuente de Internet	1%
3	Submitted to Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga Trabajo del estudiante	1%
4	repositorio.unc.edu.pe Fuente de Internet	<1%
5	upc.aws.openrepository.com Fuente de Internet	<1%



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



FERNANDO F. SILVERIO BRAVO
D.N.I.: 40618286
cod. ORCID: 0009-0008-6777-3370

DEDICATORIA

A mis apreciados profesores, mentores y seres queridos, les dedico con profundo agradecimiento esta tesis universitaria, que representa el resultado de años de esfuerzo y aprendizaje. Agradezco a mis profesores por su paciencia y orientación, a mis mentores por su guía experta que ha inspirado mi crecimiento intelectual, y a mis seres queridos por su inquebrantable apoyo emocional. Este trabajo es el fruto de la colaboración y estímulo constante de todos ustedes.

AGRADECIMIENTO

Quiero expresar mi sincero agradecimiento a mis profesores por su dedicación, a mis mentores por su guía experta, a mis compañeros de investigación por su colaboración y a mis seres queridos por su respaldo emocional. Cada uno ha dejado una marca indeleble en esta tesis, y les dedico estos agradecimientos con profunda gratitud.

ÍNDICE

DEDICATORIA	II
AGRADECIMIENTO	III
ÍNDICE.....	IV
ÍNDICE DE TABLAS	VII
ÍNDICE DE FIGURAS.....	IX
RESUMEN.....	XI
ABSTRACT.....	XII
INTRODUCCIÓN.....	XIII
CAPITULO I.....	15
PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....	15
1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA.....	15
1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	16
1.2.1. PROBLEMA GENERAL.....	16
1.2.2. PROBLEMA ESPECÍFICO.....	16
1.3. OBJETIVOS.....	16
1.3.1. OBJETIVO GENERAL.....	16
1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	17
1.4. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN.....	17
1.4.1. JUSTIFICACIÓN TEÓRICA.....	17
1.4.2. JUSTIFICACIÓN PRÁCTICA.....	18
1.4.3. JUSTIFICACIÓN METODOLÓGICA.....	18
1.5. LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN.....	18
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.....	22
2.1.3. ANTECEDENTES LOCALES.....	23
2.2. BASES TEÓRICAS.....	25
2.2.1. CICLO HIDROLÓGICO.....	25
2.2.2. CICLO HIDROLÓGICO SISTEMATIZADO.....	26

2.2.3.	MODELAMIENTO DE UN SISTEMA HIDROLÓGICO.....	27
2.2.4.	ATMÓSFERA	28
2.2.5.	INFILTRACIÓN NATURAL DE ESCORRENTÍA	28
2.2.6.	PRECIPITACIÓN.....	30
2.2.7.	RETENCIÓN.....	32
2.2.8.	CUENCA.....	33
2.2.9.	PERÍMETRO DE UNA CUENCA.....	33
2.2.10.	PENDIENTE DE UNA CUENCA.....	33
2.2.11.	CURVA HIPSOMÉTRICA	34
2.2.12.	ORDEN DE CORRIENTES	34
2.2.13.	HISTOGRAMA.....	36
2.2.14.	HISTOGRAMA.....	37
2.2.15.	ANÁLISIS DE DOBLE MASA	37
2.2.16.	GR2M	38
2.2.17.	LUTZ SCHOLZ	40
2.3.	DEFINICIONES CONCEPTUALES.....	42
2.4.	HIPÓTESIS	43
2.4.1.	HIPÓTESIS GENERAL.....	43
2.5.	VARIABLES	43
2.5.1.	VARIABLE DEPENDIENTE.....	43
2.5.2.	VARIABLE INDEPENDIENTE	43
2.6.	OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES	44
CAPITULO III		45
METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.....		45
3.1.	TIPO DE INVESTIGACIÓN	45
3.1.1.	ENFOQUE	45
3.1.2.	ALCANCE O NIVEL.....	45
3.1.3.	DISEÑO	46
3.2.	POBLACIÓN Y MUESTRA	46
3.2.1.	POBLACIÓN	46
3.2.2.	MUESTRA	46
3.3.	TÉCNICAS E INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS	47
3.3.1.	TÉCNICAS.....	47
3.3.2.	INSTRUMENTOS	52

CAPITULO IV.....	62
RESULTADOS.....	62
4.1. PROCESAMIENTO DE DATOS	62
4.1.1. DELIMITACIÓN CUENCA	62
4.1.2. PRECIPITACIÓN Y EVAPOTRANSPIRACIÓN	71
4.1.3. MÉTODO GR2M PARA CAUDALES.....	85
4.1.4. MÉTODO LUTZ SCHOLZ.....	89
4.1.5. COMPARACIÓN DE CAUDALES	102
4.1.6. EQUILIBRIO DE CAUDALES	103
4.2. CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS Y PRUEBA DE HIPÓTESIS	106
CAPITULO V.....	108
DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	108
CONCLUSIONES	110
RECOMENDACIONES.....	111
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	112
ANEXOS.....	114

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Operacionalización de variables	44
Tabla 2 Ficha de características geométricas de la cuenca	52
Tabla 3 Ficha morfológica.....	52
Tabla 4 Ficha hidrográfica	53
Tabla 5 Ficha de características de la cuenca	53
Tabla 6 Ficha de registro histórico	54
Tabla 7 Ficha de valores promedio	55
Tabla 8 Ficha de parámetros para el modelo GR2M	56
Tabla 9 Ficha de precipitaciones mensuales promedio	57
Tabla 10 Ficha de estimación de caudales.....	58
Tabla 11 Ficha comparativa de la estimación de caudales.....	59
Tabla 12 Ficha de equilibrio de caudales.....	60
Tabla 13 Ficha de estimación de oferta en caudal.....	61
Tabla 14 Aforo de cuenca Monzón	62
Tabla 15 Geometría de la cuenca.....	63
Tabla 16 Superficie entre curvas	64
Tabla 17 Morfología de la cuenca.....	64
Tabla 18 Curva hipsométrica y polígono de frecuencias – Monzón.....	65
Tabla 19 Clasificación de pendientes del río Monzón.....	66
Tabla 20 Red hídrica.....	67
Tabla 21 Cobertura vegetal de la cuenca	68
Tabla 22 Clasificación de uso de suelo.....	69
Tabla 23 Estimación del Número de Curva	70
Tabla 24 Características de la cuenca.....	70
Tabla 25 Estimación del tiempo de concentración	70
Tabla 26 Identificación de las estaciones cercanas	71
Tabla 27 Identificación de cantidad de datos faltantes	72
Tabla 28 Registro de lluvias – Tulumayo	72
Tabla 29 Datos pluviométricos de la estación Canchan	74
Tabla 30 Datos pluviométricos de la estación Canchán completos	75
Tabla 31 Registro de temperaturas máximas estación Canchan.....	76
Tabla 32 Registro de temperaturas máximas completas – Canchan.....	78

Tabla 33 Registro de datos de precipitación en el centroide de la cuenca ...	79
Tabla 34 Temperaturas máximas en el centroide de la cuenca.....	81
Tabla 35 Cálculo de la evapotranspiración por Thornthwaite	82
Tabla 36 Parámetros del modelo GR2M.....	85
Tabla 37 Parámetros de del modelo validado GR2M	86
Tabla 38 Valores de Caudal simulado por el modelo GR2M	87
Tabla 39 Valores de PP mensual acumulada	89
Tabla 40 Caracterización del coeficiente de escorrentía	90
Tabla 41 Coeficientes de curvas a partir de valores de escurrimiento.....	90
Tabla 42 Porcentajes de abastecimiento	90
Tabla 43 Estimación de caudales para un promedio anual	91
Tabla 44 Valores de caudal observado y generado.....	92
Tabla 45 Precipitaciones estimadas con regresión múltiple	93
Tabla 46 Estimación de caudales en periodo extendido.....	94
Tabla 47 Estimación de valores de gasto y abastecimiento	95
Tabla 48 Coeficientes de abastecimiento y gasto en Huánuco	96
Tabla 49 Estimación de caudales con los valores ajustados	97
Tabla 50 Valores de caudal validado y ajustado.....	98
Tabla 51 Caudales validados.....	100
Tabla 52 Prueba t para muestras emparejadas.....	101
Tabla 53 Resumen de caudales	102
Tabla 54 Estimación de ajuste de curvas	102
Tabla 55 Caudales con probabilidades de ocurrencia	103
Tabla 56 Estimación del caudal ecológico	104
Tabla 57 Estimación de la disponibilidad hídrica	105
Tabla 58 Estimación de ajuste de curvas	106
Tabla 59 Estimación de la disponibilidad hídrica	107

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Ciclo Hidrológico	26
Figura 2 Ciclo hidrológico sistematizado.....	27
Figura 3 Formación de precipitación en las nubes.....	32
Figura 4 Orden de corrientes de una cuenca.....	36
Figura 5 Hietograma de precipitación	37
Figura 6 Arquitectura modelo GR2M de Mouelhi	39
Figura 7 Vista satelital del punto de aforo en el río Monzón	47
Figura 8 Geoservidor MINAM	48
Figura 9 Interfaz de datos ALOS PALSAR	49
Figura 10 Descarga de datos SENAMHI	50
Figura 11 Visor hidrométrico ANA.....	51
Figura 12 Formato cartográfico.....	54
Figura 13 Modelo de gráfica de ajuste para el GR2M.....	57
Figura 14 Plantilla comparativa de los valores de caudal	60
Figura 15 Cuenca Mozón.....	62
Figura 16 Área bajo curvas de nivel.....	63
Figura 17 Pendiente de cuenca del río Monzón.....	65
Figura 18 Red hídrica de la cuenca del río Monzón.....	66
Figura 19 Cobertura vegetal de la cuenca	67
Figura 20 Uso del suelo de la cuenca Monzón	68
Figura 21 Rangos de número de curva.....	69
Figura 22 Análisis de valores dudosos anuales promedio	81
Figura 23 Comportamientos mensuales de precipitación:	84
Figura 24 Comportamiento de temperaturas	84
Figura 25 Gráfica de caudales y precipitaciones por el modelo GR2M	86
Figura 26 Gráfica de caudales y precipitaciones por el modelo GR2M validado	87
Figura 27 Comparación entre caudal generado y caudal observado.....	92
Figura 28 Caudales en periodo extendido vs caudales observados.....	95
Figura 29 Caudales observados y generados ajustados	98
Figura 30 Curvas de caudal.....	101
Figura 31 Curva de comparación.....	102

Figura 32 Límites de caudal.....	105
Ubicación del área de influencia del proyecto.....	117

RESUMEN

La presente investigación se enfocó en la realización de un análisis exhaustivo de la cuenca del Río Monzón, ubicada en el distrito de Rupa Rupa, provincia de Leoncio Prado, Región Huánuco. El objetivo principal fue determinar el comportamiento y los caudales medios y máximos mensuales y los posibles riesgos que podría producir la cuenca del Río Monzón. En cuanto a los resultados clave, se determinaron los caudales medios y máximos mensuales mediante el uso del modelo hidrológico GR2M y Lutz Scholz. Los valores obtenidos son los siguientes: para los caudales medios determinados por la metodología GR2M fueron de 112.53, 115.19, 121.44, 92.47, 69.27, 49.51, 41.64, 34.50, 40.24, 59.40, 81.01, 111.84 m³/s de enero a diciembre respectivamente, mientras que para la metodología Lutz Scholz los caudales medios se estimaron en, 109.01, 11.78, 109.23, 90.89, 66.71, 51.73, 39.99, 35.01, 39.12, 53.44, 75.56 y 98.62 m³/s para los meses de enero a diciembre respectivamente. La caracterización geomorfológica proporcionó detalles sobre la topografía, forma y capacidad de drenaje de la cuenca. Factores como el área (2,566.96 km²), perímetro (398.85 km), altura promedio (2,910.32 msnm), pendiente de cuenca (5.21%), número de curva estimado (56.37), factor de forma (1.59), índice de compacidad (2.20), densidad de drenaje (0.19) e índice de pendiente (0.22) contribuyeron a una comprensión integral de la morfología de la cuenca. Se registraron variables meteorológicas clave, como la temperatura promedio (21.35°C) y la precipitación. La identificación de patrones climáticos, incluida la baja de temperaturas entre mayo y setiembre y las precipitaciones altas de octubre a abril, ofreció información valiosa para la gestión de recursos hídricos. Con el análisis planteado a partir de la prueba t aplicado en muestras emparejadas se pudo determinar que el parámetro $P(T \leq t)$ una cola es de 0.28 y 0.06 para los modelos Lutz Scholz y GR2M respectivamente asegurando así que el modelo GR2M se ajusta de mejor manera a los caudales observados.

PALABRAS CLAVE: río monzón, gr2m, lutz scholz, caudales medios, precipitación, temperatura, evapotranspiración.

ABSTRACT

The present investigation focused on carrying out an exhaustive analysis of the Monzón River basin, located in the district of Rupa Rupa, province of Leoncio Prado, Huánuco Region. The main objective was to determine the behavior and the average and maximum monthly flows and the possible risks that the Monzón River basin could produce. Regarding the key results, the average and maximum monthly flows were determined by using the GR2M and Lutz Scholz hydrological model. The values obtained are the following: for the average flow rates determined by the GR2M methodology they were 112.53, 115.19, 121.44, 92.47, 69.27, 49.51, 41.64, 34.50, 40.24, 59.40, 81.01, 111.84 m³/s from January to December respectively, while for the Lutz Scholz methodology the average flows were estimated at 109.01, 11.78, 109.23, 90.89, 66.71, 51.73, 39.99, 35.01, 39.12, 53.44, 75.56 and 98.62 m³/s for the months of January to December respectively. The geomorphological characterization provided details on the topography, shape and drainage capacity of the basin. Factors such as area (2,566.96 km²), perimeter (398.85 km), average height (2,910.32 meters above sea level), basin slope (5.21%), estimated curve number (56.37), shape factor (1.59), compactness index (2.20), drainage density (0.19) and slope index (0.22) contributed to a comprehensive understanding of the basin morphology. Key meteorological variables were recorded, such as average temperature (21.35°C) and precipitation. Identification of weather patterns, including low temperatures between May and September and high rainfall from October to April, provided valuable information for water resources management. With the analysis proposed from the t test applied in paired samples, it was possible to determine that the one-tailed parameter $P(T \leq t)$ is 0.28 and 0.06 for the Lutz Scholz and GR2M models respectively, thus ensuring that the GR2M model fits in a better way to the observed flows.

KEY WORDS: monzón river, gr2m, lutz scholz, average flows, precipitation, temperature, evapotranspiration.

INTRODUCCIÓN

La presente investigación se sumerge en un análisis integral de la cuenca del Río Monzón, situada en el distrito de Rupa Rupa, provincia de Leoncio Prado, Región Huánuco. Con el empleo del modelo hidrológico GR2M y Lutz Scholz, se exploran los caudales medios y máximos mensuales, destacando variaciones estacionales y evaluando los incrementos de los caudales. A través de una detallada caracterización geomorfológica, se examinan aspectos clave como la morfología y capacidad de drenaje de la cuenca. Asimismo, se registran variables meteorológicas esenciales, como la temperatura promedio y la precipitación, para identificar patrones climáticos determinantes. La comparación entre los modelos GR2M y Lutz Scholz proporciona items valiosos, orientando hacia la selección del modelo más adecuado para futuras predicciones hidrológicas.

La investigación se estructura de la siguiente forma:

Capítulo I: En esta sección, se expone la problemática que impulsó la investigación, formulando problemas y objetivos generales y específicos. Se abordan justificaciones para la relevancia del estudio, se identifican limitaciones y se evalúa la viabilidad de la tesis.

Capítulo II: En esta sección, se exploran los fundamentos teóricos, abordando los antecedentes y las bases teóricas que guiaron la ejecución de la tesis. En este capítulo, también se incluye la formulación de la hipótesis junto con sus variables correspondientes, así como la matriz de operacionalización de las mismas.

Capítulo III: En esta sección, se explican y demuestran los procedimientos metodológicos clave de la investigación, como el tipo de investigación, la definición de la población y la selección de la muestra, junto con las técnicas e instrumentos empleados en la ejecución del estudio.

Capítulo IV: En este apartado se presentan los resultados obtenidos a partir de los objetivos planteados en la investigación, dentro de este apartado

también se tiene en consideración la contrastación y la prueba aplicada a la hipótesis planteada.

Capítulo V: En este apartado, se examinan los resultados de la investigación, considerando valores estimados y antecedentes como referencia para la comparación. Además, se presentan las conclusiones y recomendaciones derivadas del estudio.

CAPITULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

Nuestro país cuenta con diversos microclimas debido a su ubicación geográfica, lo cual resulta en una amplia gama de flora y fauna. Sin embargo, esta variabilidad climática también conlleva perturbaciones ambientales, como inundaciones, deslizamientos de tierra y otros fenómenos provocados por las lluvias intensas, que ocurren anualmente entre los meses de diciembre y marzo. La cuenca del río Monzón no escapa a estas circunstancias, ya que cuenta con distintas comunidades a lo largo de su curso. Por lo tanto, cualquier alteración en dicho río se refleja directamente en esta población.

Según el informe del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (2017), se han registrado lluvias intensas en el período comprendido entre 2003 y 2017 en las regiones de la sierra y selva del país. Estas lluvias han dado lugar a inundaciones, deslizamientos de tierra (huaycos) y aluviones, principalmente durante los meses de enero a marzo. Estos eventos han tenido un impacto significativo en las infraestructuras hidráulicas, como los sistemas de riego y canales, así como en las tierras de cultivo y en la población en general. Es importante destacar que, en el Perú, el fenómeno del Niño es la principal causa de las inundaciones.

Loayza (2023), menciona que, en la región de Huánuco, ubicada en la selva peruana, se ha registrado una acumulación de precipitaciones que varía entre 1000 y 3000 mm durante los meses de enero a marzo. Estas precipitaciones han resultado en un aumento en el caudal de los ríos, lo que ha provocado desbordamientos e inundaciones en las comunidades cercanas a estos cuerpos de agua. Ante esta situación, el área de defensa civil del gobierno regional de Huánuco ha desarrollado un plan de mitigación de desastres naturales para toda la región. No obstante, es importante señalar que no se han realizado estudios específicos de modelamiento hidrológico e hidráulico en el río Monzón.

En la cuenca del Río Monzón, no existen estaciones hidrometeorológicas en número adecuado. A través de este estudio, se pretende recopilar datos sobre los caudales mensuales promedio utilizando modelos hidrológicos (GR2M y Lutz Scholz). Este pronóstico tiene como objetivo facilitar la anticipación en cuanto al comportamiento del río Monzón, haciendo uso de información recopilada y registrada, como mediciones de caudal, registros de precipitaciones y datos de temperatura.

1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

1.2.1. PROBLEMA GENERAL

¿De qué manera podríamos determinar los caudales medios mensuales en la subcuenca del Río Monzón, para fines de irrigación en la localidad de Camote, Huánuco 2024.

1.2.2. PROBLEMA ESPECÍFICO

¿Cómo podemos estimar las características geomorfológicas y su comportamiento de la subcuenca del Río Monzón, con fines de irrigación en la localidad de Camote, Huánuco 2024.

¿Cuáles son los valores de caudales medios mensuales estimados por la metodología GR2M en la sub cuenca del Río Monzón y el área de la localidad de Camote - Huánuco.

¿Cuáles son los valores de caudales medios mensuales estimados por la metodología Lutz Scholz en la subcuenca del Río Monzón y el área de la localidad de Camote - Huánuco.

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. OBJETIVO GENERAL

Determinar los caudales medios mensuales en la subcuenca del Río Monzón a través de los modelos hidrológicos con fines de irrigación en la localidad de Camote, Huánuco 2024.

1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Estimar las características geomorfológicas y su comportamiento de la subcuenca del Río Monzón, con fines de irrigación en la localidad de Camote, Huánuco 2024.

Registrar los valores de caudales medios mensuales en la subcuenca del Río Monzón y el área de la localidad de Camote a través de la metodología GR2M.

Recopilar los valores de caudales medios mensuales estimados por la metodología Lutz Scholz en la subcuenca del Río Monzón y el área de la localidad de camote - Huánuco.

1.4. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

1.4.1. JUSTIFICACIÓN TEÓRICA

Esta investigación desempeñó un papel fundamental en la ampliación de nuestro conocimiento sobre datos hidrológicos, proporcionando información valiosa sobre los niveles de caudal mensual en el Río Monzón. Este estudio se enmarca en el ámbito de la Hidrología y la Ingeniería Hidráulica. La propuesta de aplicar varios modelos hidrológicos y evaluar sus resultados tuvo el potencial de mejorar significativamente nuestra capacidad para predecir de manera precisa y concreta los niveles de caudal mensual en nuestra área de estudio. Esto, a su vez, permitió realizar pronósticos precisos y anticipar eventos de caudal y precipitación inusuales en esta región, lo que benefició a la sociedad al proporcionar información que podría servir como punto de referencia para investigaciones futuras. Con este objetivo en mente y basándonos en investigaciones previas, este trabajo de tesis se centró en determinar la estimación de los niveles de caudal promedio mensual en el Río Monzón. Para lograrlo, se llevó a cabo una evaluación que incluyó la aplicación de dos modelos hidrológicos diferentes.

1.4.2. JUSTIFICACIÓN PRÁCTICA

El propósito de esta investigación fue analizar el funcionamiento del Río Monzón a través del empleo de modelos hidrológicos. Los caudales promedio mensuales que se derivaron de estos modelos hidrológicos pertenecieron a la escorrentía superficial y las precipitaciones que llegan a la zona de estudio. Por lo tanto, estos caudales tuvieron un impacto directo en el volumen de agua en la zona, ya sea en caso de escasez o si se produce un aumento en la intensidad o la cantidad de agua superficial en la región.

1.4.3. JUSTIFICACIÓN METODOLÓGICA

Este análisis se posicionó como una investigación científica debido a que sus hallazgos aportaron al campo del conocimiento científico. Asimismo, funcionó como cimiento para investigaciones futuras, ya que proporcionó información valiosa a los profesionales en Ingeniería Civil sobre la escorrentía del Río Monzón a través del uso de modelos hidrológicos.

1.5. LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN

Esta investigación se concentró en la simulación hidrológica de la cuenca asociada a la laguna del Río Monzón, con el fin de generar estimaciones de los caudales medios mensuales y máximos para poder estimar futuros eventos críticos y aprovechar el caudal para irrigar el CCPP de Camote. El alcance geográfico de este estudio fue restringido a la microcuenca vinculada a la laguna del Río Monzón. Para obtener los datos necesarios que se utilizaron en la calibración y validación de los modelos hidrológicos. Este conjunto de datos incluyó un periodo específico de registros hidrometeorológicos que se utilizaron para ajustar y verificar la precisión de los modelos hidrológicos.

La carencia de estaciones pluviométricas en la zona de investigación complicó la obtención de datos precisos sobre la precipitación. Esta limitación

no influyó negativamente en la exactitud y representatividad de los resultados relacionados con las inundaciones.

1.6. VIABILIDAD DE LA INVESTIGACIÓN

La factibilidad de este proyecto de investigación se apoyó en diversos elementos clave. En primer lugar, existió una clara voluntad y compromiso para llevar a cabo este proyecto, respaldados por los recursos financieros mínimos requeridos para cubrir los gastos asociados. Además, fue asignado un período de tiempo suficiente para llevar a cabo la investigación de manera exitosa y asegurar la obtención de resultados de alta calidad.

A pesar de la falta de una estación pluviométrica en la misma área de estudio, se dispuso de estaciones cercanas que suministraron información apropiada y fiable. Esta información pudo ser utilizada con confianza en sistemas geográficos y se respaldó con el conocimiento técnico necesario para garantizar la precisión y confiabilidad de los resultados. Estos recursos adicionales permitieron compensar la ausencia de una estación pluviométrica en el área de estudio directo, lo que fortaleció la validez y la robustez de la investigación.

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

Este proyecto de investigación ha suscitado el interés de varios expertos debido a su significativa relevancia, dado que se ocupa de un desafío que afecta a numerosas ubicaciones en todo el mundo. En consecuencia, se presenta un resumen detallado de los estudios previos realizados hasta la fecha, los cuales se expondrán en los párrafos siguientes de manera pormenorizada.

2.1.1. ANTECEDENTES INTERNACIONALES

Quichimbo (2019) realizó un estudio comparativo titulado “*Estudio comparativo de los modelos NAM y DBM aplicado a pronóstico de caudales*”. El autor tenía como objetivo principal analizar dos sistemas de modelado hidrológico utilizados en la predicción y alerta temprana de eventos extremos relacionados con el caudal de agua en una cuenca específica. Para lograr este propósito, Quichimbo llevó a cabo una caracterización detallada de ambos sistemas de modelado y posteriormente los comparó utilizando esquemas de validación de modelos. Es importante destacar que esta evaluación se desarrolló en el contexto de la Cuenca del Paute, que presenta registros históricos de caudales a nivel diario y condiciones climáticas no estacionarias. La elección de estos dos modelos, uno conceptual y otro híbrido, se basó en la búsqueda de una mejor descripción de los sistemas físicos y un rendimiento mejorado en el modelo DBM. Los resultados obtenidos con el DBM demuestran una gran ventaja con respecto a los modelos conceptuales, ya que este modelo es capaz de adaptarse a cualquier tipo de cuencas al permitir una interpretación física después de haber realizado la simulación. Lo cual no ocurre con el modelo NAM, que en este caso no se pudo ajustar a los datos de esta cuenca que tiene características particulares. Sin embargo, a pesar de que los resultados

obtenidos están de acuerdo con el objetivo principal del presente trabajo, se debe considerar que los mismos están influenciados por condiciones exógenas al sistema de modelación, como la disponibilidad y calidad de los datos, así como la evaluación subjetiva realizada por el usuario. Por lo tanto, los resultados obtenidos no son solo una función del sistema de modelación, sino también de los usuarios y muchos otros factores. Para llegar a una conclusión general, se requiere de muchas más pruebas de validación.

Salvatierra (2018) llevó a cabo un estudio titulado *“Determinación de la incertidumbre en la aplicación del modelo de simulación hidrológica GR4J, en cuencas pluviales no controladas en Chile”*. En esta investigación, el autor se centró en la crucial tarea de investigar y cuantificar las incertidumbres asociadas con las simulaciones realizadas por el modelo hidrológico GR4J, específicamente cuando se aplica a cuencas hidrográficas no controladas en Chile. El trabajo abordó la investigación de las incertidumbres relacionadas con los parámetros de operación del modelo GR4J mediante la calibración y validación en ocho cuencas pluviométricas ubicadas en la zona centro-sur de Chile. Estos esfuerzos permitieron dotar a la base de datos de parámetros que aseguraran el funcionamiento adecuado del modelo GR4J en estas cuencas. Un aspecto destacado de la metodología de la investigación fue la presentación de índices geomorfológicos que facilitaron la estimación de los parámetros del modelo, basándose únicamente en las características geomorfológicas de la cuenca. Esto eliminó la necesidad de utilizar parámetros analíticos y datos de fluorescencia observada en la estimación de parámetros. Para analizar la incertidumbre en cuencas no gestionadas, se tomaron como ejemplos la Cuenca Cauquenes de Arayán y la Cuenca Levu de Las Corrientes. Se utilizaron los índices geomorfológicos generados para estimar los parámetros de operación del modelo GR4J y realizar un análisis comparativo de la sensibilidad de estos parámetros con respecto a las corrientes observadas en las cuencas seleccionadas. Los resultados revelaron que los flujos generados a partir de índices topográficos produjeron una aproximación

aceptable a la realidad y mostraron una banda de incertidumbre que abarcaba los flujos mensuales más altos y bajos observados en las cuencas. Esta investigación concluyó que la banda de incertidumbre en el caudal generado a partir del valor esperado del índice topográfico se mantuvo dentro de un rango del 2% al 36% en relación con el tiempo base del hidrograma UH y la capacidad máxima de tránsito del canal.

2.1.2. ANTECEDENTES NACIONALES

Cruz (2018) llevaron a cabo un estudio titulado *“Análisis comparativo de los modelos lluvia-escorrentía: GR2M y Lutz-Scholz aplicados en la subcuenca del río Callazas”*. En este trabajo, abordaron el desafío del modelado hidrológico en áreas remotas del altiplano andino, donde la falta de información hidrometeorológica, geológica, de cobertura vegetal y de uso del suelo es común. Exploraron la utilidad de modelos simplificados o agregados para análisis a escalas temporales más extensas, especialmente en la planificación y gestión de recursos hídricos a nivel mensual. Aplicaron tres modelos mensuales de precipitación-escorrentía-agregado (GR2M, Témez y Lutz-Scholz) en la Cuenca del Altiplano Andino del río Carrazas y evaluaron su eficiencia utilizando el factor de eficiencia de Nash. Los resultados mostraron que el modelo GR2M se ajustó mejor al comportamiento del tanque, con un valor de 0.86, seguido por el modelo de Lutz-Scholz con 0.776 y el modelo de Témez con 0.52. Concluyeron que el modelo GR2M fue el más adecuado para simular el proceso de transformación de lluvia en escorrentía en la cuenca del río Callazas, siendo más fácil de calibrar debido a su menor número de parámetros, aunque todos los modelos necesitaron ajustes en períodos de lluvia intensa.

Zapana (2019) realizó una investigación titulada *“Estimación De Caudales Mediante La Aplicación De Modelos Hidrológicos Semidistribuidos Con La Plataforma Rs Minerve En La Cuenca Del Río Ramis”*. En esta investigación, se abordó la problemática de las incidencias hidrológicas en cuencas, específicamente en la cuenca del río Ramis, que se caracteriza por la limitada disponibilidad de datos

hidrometeorológicos, geológicos y de cobertura vegetal. El objetivo principal del estudio fue estimar los caudales en esta cuenca utilizando modelos hidrológicos semi distribuidos, como GR2M, HBV y SAC-SMA, a través de la plataforma RS Minerve. Para lograrlo, se llevaron a cabo diversas etapas, que incluyeron la determinación de parámetros geomorfológicos en la cuenca mediante el procesamiento de datos de elevación digital, la interpolación de valores medios de precipitación y temperatura, así como la calibración y validación de los modelos para diferentes períodos. Los resultados revelaron que el modelo SAC-SMA presentó el mejor rendimiento en la plataforma RS Minerve, con valores eficientes en términos de estadísticas de calibración y validación, como Nash (0.79, 0.79), Nash-In (0.82, 0.87), Coeficiente de Pearson (0.89, 0.89) y RRMSE (0.59, 0.58). Estos hallazgos subrayan la capacidad de este modelo para estimar con precisión los caudales en la cuenca del río Ramis. En última instancia, las conclusiones de la investigación resaltaron la importancia de la caracterización espacial de la cuenca del río Ramis como un elemento fundamental para el balance hídrico y la gestión integral de los recursos hídricos en esa región, además de destacar la utilidad de los modelos hidrológicos semi distribuidos y la plataforma RS Minerve en áreas con limitaciones de datos hidrometeorológicos y geológicos.

2.1.3. ANTECEDENTES LOCALES

Santillán (2023) de parte del trabajo de la *“Municipalidad Distrital de Santa María del Valle, provincia de Huánuco del departamento de Huánuco, realizó un informe para la evaluación de riesgos por flujo en la quebrada Utegmayo, perteneciente a la localidad de la Despensa”*, el objetivo planteado del proyecto fue determinar el nivel de riesgo provocado por el flujo de detritos en la quebrada Utegmayo, para así poder determinar medidas de prevención y reducción del riesgo presentado su finalidad planteada fue la creación de un informe técnico que facilite la instauración de medidas preventivas y de reducción de riesgos, propiciando la adecuada toma de decisiones por parte de las

autoridades competentes en la gestión del riesgo, de acuerdo con la normativa en vigor, con el fin de evitar y mitigar los efectos desfavorables del peligro en la zona de evaluación. Durante el proceso clasificó la población de acuerdo a mapas de nivel de riesgo, niveles de vulnerabilidad y niveles de peligrosidad, para la cual obtuvo como resultado, de un total de 183 viviendas 34 son viviendas de muy alto riesgo, 146 de alto riesgo y 03 de nivel medio, la pérdida económica podría estimarse en S/4,550,051.20 y se propone construir un sistema de protección para mitigar el riesgo que genera este flujo.

Sandoval (2022) en su proyecto de tesis *“Determinación del caudal máximo con la aplicación del software ILWIS para mejorar el dimensionamiento de nuevas obras hidráulicas en la subcuenca Blanco en la provincia de Ambo, Huánuco”*, su investigación se centra en el cálculo de caudales máximos para distintos periodos de retorno, para mejorar el dimensionamiento de obras hidráulicas en los años futuros. Llevó a cabo un análisis estadístico de las precipitaciones máximas para determinar las máximas avenidas, a partir de estos datos, obtuvo las intensidades máximas, y para el desarrollo del sistema geográfico empleó el software de código abierto ILWIS, que facilita la obtención de las propiedades físicas de la subcuenca Blanco. Procedió a calcular los caudales mediante el método racional modificado de dos formas: en la primera utilizó la precipitación y en la segunda utilizó las intensidades. Posteriormente, realizó una comparación entre los caudales obtenidos y los indicados en el estudio hidrológico del Puente Huancapata. Finalmente llevó a cabo una revisión de noticias sobre el desempeño de dicho puente frente a avenidas máximas, revelando que la estructura resultó afectada. La autora concluye que los caudales fueron subestimados en el estudio hidrológico, y los valores obtenidos en esta investigación son considerablemente elevados, por lo tanto, recomienda llevar a cabo otra investigación que permita comparar metodologías y lograr una mayor precisión en el cálculo del caudal de la subcuenca Blanco, en donde confirmó su hipótesis planteada, ya que contribuirá en cierta medida a un dimensionamiento más preciso de obras hidráulicas.

2.2. BASES TEÓRICAS

2.2.1. CICLO HIDROLÓGICO

El ciclo hidrológico abarca todas las transformaciones que experimenta el agua en su entorno natural, tanto en términos de su estado (sólido, líquido, gaseoso) como de su distribución (aguas en la superficie, aguas subterráneas, entre otros). Los procesos del ciclo del agua tienden a ser impredecibles, y son precisamente estas variabilidades las que las personas enfrentan y tratan de manejar (Villón, 2011).

El ciclo hidrológico se denomina así debido a la circulación del agua a través de los distintos componentes que componen la hidrosfera, una región que abarca desde aproximadamente 15 kilómetros por encima de la atmósfera hasta aproximadamente 1 kilómetro por debajo de la litosfera. El ciclo del agua es de suma importancia en el ámbito de la hidrología y constituye un cimiento esencial para la comprensión de los múltiples fenómenos que emanan de este proceso.

El vapor de agua es trasladado y asciende hacia la atmósfera, donde experimenta condensación y se deposita tanto en la tierra como en los océanos. El agua de lluvia es retenida por la vegetación, fluye por la superficie del suelo, se infiltra, se convierte en agua subterránea y posteriormente se descarga en ríos como escorrentía superficial. La mayor parte del agua y de esta escorrentía superficial capturada regresa a la atmósfera mediante el proceso de evaporación. El agua que se infiltra tiene la capacidad de penetrar profundamente, recargando así los depósitos de agua subterránea, desde donde puede surgir en forma de manantiales, fluir en ríos formando escorrentías superficiales y, en última instancia, continuar su viaje hacia el océano o retornar a la atmósfera, lo que da continuidad al ciclo del agua. En resumen, podemos concluir que, en relación con el ciclo hidrológico, se hace referencia a las transformaciones que experimenta el agua en su entorno natural, considerando tanto su estado físico como su distribución. Para nuestra

investigación, se toma en cuenta principalmente la primera definición (Chow, 1994).

Figura 1

Ciclo Hidrológico



Nota: Esquema del ciclo hidrológico. Tomado de USGS, 2018, U.S. Department of the Interior.

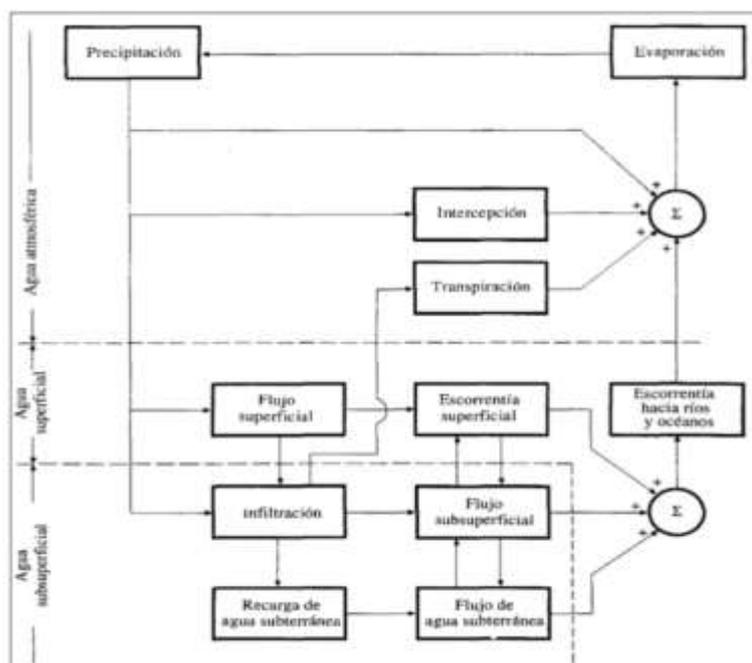
2.2.2. CICLO HIDROLÓGICO SISTEMATIZADO

El ciclo del agua y sus elementos, como la evaporación y la escorrentía, pueden ser representados como un sistema dentro de otro sistema. Un sistema integral para todo el ciclo. Es posible examinar estos sistemas secundarios de manera independiente y luego combinar sus resultados en función de las interacciones que se producen entre los fenómenos analizados.

La Figura 2 ilustra un esquema del ciclo del agua, con líneas definidas que delimitan los tres sistemas secundarios presentes en la hidrosfera. El primer sistema corresponde al agua superficial, englobando los procesos vinculados a corrientes superficiales, escorrentía en la superficie, fuentes de agua subterránea y escorrentía en ríos y océanos. Luego, se introduce el segundo sistema, que abarca el agua subterránea e involucra procesos como la filtración y el flujo subterráneo.

Figura 2

Ciclo hidrológico sistematizado



Nota: Representación del ciclo hidrológico sistematizado, en el que intervienen la precipitación, la evaporación y los factores que influyen en la escorrentía hacia las principales fuentes de agua. Tomado de Chow, 1994, McGraw Hill Interamericana.

2.2.3. MODELAMIENTO DE UN SISTEMA HIDROLÓGICO

El objetivo de examinar un sistema hidrológico consiste en investigar su funcionamiento y anticipar su rendimiento. No obstante, para lograrlo, es esencial estimar de manera precisa tanto las entradas como las salidas del sistema, junto con su estructura global. Para ello, se requiere llevar a cabo una modelización sistemática de estas variables hidrológicas.

Los modelos hidrológicos se pueden clasificar en dos categorías fundamentales:

- Modelos a escala: estos modelos representan sistemas en proporción.
- Modelos abstractos: estos modelos describen sistemas de manera matemática.

Los sistemas abstractos representan el sistema a través de expresiones matemáticas que detallan el comportamiento de este. Este

comportamiento se explica mediante un conjunto de ecuaciones que establecen vínculos entre las variables de entrada y salida.

Estas magnitudes, las cuales pueden ser funciones que dependen tanto del espacio como del tiempo, tienen la particularidad de ser variables aleatorias, lo que significa que no tienen un valor constante en un punto específico del espacio y el tiempo. No obstante, se pueden caracterizar mediante distribuciones de probabilidad (Chow, 1994).

2.2.4. ATMÓSFERA

Se compone de elementos gaseosos y partículas sólidas y líquidas suspendidas en el aire, las cuales son influenciadas por la fuerza de la gravedad terrestre.

Es el escenario de todos los procesos climáticos y meteorológicos que influyen en nuestro planeta, supervisa cómo la energía entra y sale de la Tierra, y sirve como el medio principal para transportar el calor. Además, en sus capas iniciales, la atmósfera presenta una uniformidad en su composición y se organiza en estratos horizontales con propiedades específicas (Cuevas, 2021).

Controla la temperatura de la Tierra al evitar que los rayos solares impacten directamente en la superficie terrestre, lo que a su vez previene la disipación de calor durante la noche (Quintero, 2016).

2.2.5. INFILTRACIÓN NATURAL DE ESCORRENTÍA

La infiltración en el suelo se produce debido a la influencia conjunta de dos fuerzas conocidas como gravedad y capilaridad, las cuales pueden operar en concordancia o en oposición dependiendo del contexto. El nivel de infiltración y, por consiguiente, la alimentación del subsuelo es influenciada por dos categorías de factores: las precipitaciones y las características del terreno (Ordoñez, 2011).

La infiltración se refiere al procedimiento mediante el cual el agua se introduce desde la superficie de la tierra hacia las capas más internas

del suelo. Este fenómeno se encuentra influenciado por una serie de variables, como la naturaleza de la superficie en cuestión, la presencia de vegetación, y las características específicas del suelo, incluyendo su nivel de porosidad, contenido de humedad y potencial hidráulico. No obstante, es relevante tener en cuenta que el suelo se compone de distintas capas, cada una con propiedades físicas diversas, lo que confiere a la infiltración la cualidad de ser un proceso de cierta complejidad (Chow, 1994).

Dentro de las dos definiciones proporcionadas, optaremos por seleccionar la segunda definición atribuida a Ven Te Chow (1994) como la base de nuestra investigación, ya que esta establece que la infiltración es una variable que depende de la intensidad de la lluvia.

$$Si i < f_p \cdot f = i$$

Donde:

f = Infiltración expresada como lámina por unidad de tiempo (mm/h)

f_p = Capacidad de infiltración

i = Intensidad de lluvia.

Después de que ocurran inundaciones y las precipitaciones siguen siendo elevadas, la influencia de la capilaridad en la infiltración disminuye en comparación con la gravedad. Esto se debe a que el suelo se vuelve más húmedo, lo que reduce su capacidad de infiltración. En estas condiciones, la infiltración se vuelve menos dependiente de cambios temporales en la intensidad de la lluvia, hasta que esta última supera la capacidad de absorción del suelo. En resumen, para que la tasa de infiltración coincida con la cantidad total de lluvia, es necesario que el suelo esté seco y que su capacidad de infiltración sea mayor que la intensidad de la lluvia. Durante el escurrimiento de una tormenta, el suelo llega a su punto de saturación, después de lo cual comienza el flujo superficial, que se conoce como el tiempo de estancamiento y se representa como "t_p" (Aparicio, 1992).

Basándonos en las definiciones proporcionadas, consideraremos relevante esta última definición en relación con la intensidad de la precipitación, ya que será aplicada en nuestra área de investigación.

2.2.6. PRECIPITACIÓN

La precipitación engloba diversos procesos que resultan en la caída de agua a la superficie, incluyendo lluvia, nieve y otros fenómenos como granizo y aguanieve. Durante la precipitación, las masas de aire ascienden en la atmósfera, se enfrían y condensan parte del agua que contienen. Tres mecanismos principales impulsan este ascenso de masas de aire: el levantamiento frontal, la elevación topográfica (provocada por terrenos elevados) y la elevación convectiva. Esta última ocurre cuando el aire es impulsado hacia arriba por la convección dentro de una tormenta.

Esta convección, originada por el calor en la superficie, genera inestabilidad vertical en el aire húmedo. El calor latente de vaporización liberado durante la elevación y condensación del vapor de agua sostiene esta convección. A medida que el aire se eleva y se enfría, el vapor de agua se condensa, pasando de estado gaseoso a líquido. Si la temperatura es inferior al punto de congelación, se forman cristales de hielo.

Para que ocurra la condensación, se necesita un núcleo de condensación, alrededor del cual las moléculas de agua pueden agruparse. Algunas partículas en el aire, como partículas de polvo, pueden servir como núcleos de condensación, especialmente aquellas que contienen iones. Los iones atmosféricos provienen de diversas fuentes, como partículas de sal procedentes del mar y compuestos de azufre y nitrógeno derivados de la combustión.

A medida que las pequeñas gotas de agua se condensan y chocan con otras gotas mientras se mueven en corrientes de aire, crecen en tamaño hasta que su peso supera la fuerza de fricción y caen debido a la gravedad. No obstante, a medida que caen, la evaporación hace que

disminuyan en tamaño nuevamente, permitiéndoles elevarse nuevamente en forma de aerosol a través de la turbulencia en las nubes (Chow, 1994).

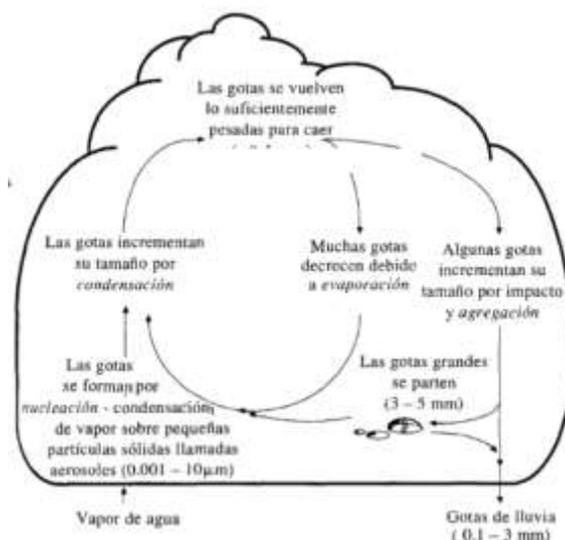
Para que ocurra la precipitación, es esencial contar con un mecanismo que enfríe el aire hasta que alcance o se acerque a su punto de saturación. A medida que las masas de aire se elevan, experimentan el enfriamiento necesario para generar cantidades significativas de precipitación. Este proceso se origina por medio de patrones colectivos o convergentes, que a su vez son resultado de radiación desigual o la presencia de obstáculos topográficos, los cuales influyen en el calentamiento o enfriamiento de la superficie terrestre y la atmósfera (Linsley, 1975).

Existen tres mecanismos primordiales que inducen la ascensión de masas de aire:

- Elevación frontal: Ocurre cuando el aire cálido asciende por encima del aire frío a través de un frente meteorológico.
- Elevación orográfica: Se presenta cuando la masa de aire se eleva al pasar por cadenas montañosas o relieves del terreno.
- Elevación convectiva: Se desencadena por convección debido al calor en la superficie, lo que provoca inestabilidad vertical en el aire húmedo. El calor latente liberado durante la elevación y condensación del vapor de agua contribuye a este proceso.

Figura 3

Formación de precipitación en las nubes



Nota: Representación del ciclo de formación de precipitaciones en las nubes. Tomado de Chow, 1994, McGraw Hill Interamericana.

2.2.7. RETENCIÓN

Se evalúa la extensión de los recursos hídricos naturales, incluyendo acuíferos potenciales, lagunas, humedales y montañas con acumulación de nieve dentro de la zona de estudio. Cada uno de estos cuerpos de agua se multiplica por su área correspondiente. La suma de los volúmenes individuales resulta en la superficie total de agua en toda la cuenca. Los resultados proporcionan la retención total de la cuenca "R" en milímetros por año durante el año promedio. Esta cifra, según su definición, equivale al gasto total "G" durante la estación seca y también al insumo "A" durante la temporada de lluvias (Plan MERISS, 1980).

Estos cálculos se basan en las siguientes fórmulas:

$$R = \sum \frac{R_n}{A}$$

$$R_n = CM_i - PE_i$$

$$CM_i = PE_i + G_i + A_i$$

Donde:

CMi= Caudal mensual

PEi= Precipitación efectiva mensual

Gi= Gasto de la retención

Ai= Abastecimiento de la retención

Rn= Retención

A= Área

2.2.8. CUENCA

Es la región donde se recopila el agua proveniente de afluentes y el cauce principal hasta su punto más bajo o salida. Una cuenca es una región en la superficie terrestre que, si carece de impermeabilidad, hace que las gotas de lluvia que caen sobre ella sean naturalmente canalizadas hacia un único punto de salida a través de un sistema de drenaje (Hernandez, 2019).

Una cuenca se define como una extensión de tierra en la que, si no es permeable, todas las gotas de lluvia que caen en ella convergen hacia un único punto de salida a través del sistema de flujo. Siguiendo esta definición, podemos deducir que una cuenca puede subdividirse en función de sus propias características, lo que da lugar a sus respectivas subcuencas. La subdivisión de una cuenca en subcuencas dependerá, naturalmente, de su tamaño (Aparicio, 1992).

2.2.9. PERÍMETRO DE UNA CUENCA

Esta función se refiere a la determinación de los límites de la cuenca, es decir, la línea que rodea la cuenca misma. Esta acción influye en variables como el factor de forma, la longitud, entre otros aspectos (Villón, 2011).

2.2.10. PENDIENTE DE UNA CUENCA

La pendiente de la cuenca es un factor de gran importancia, ya que guarda relaciones significativas y complicadas con procesos como la infiltración, la escorrentía superficial, la humedad del suelo y la contribución del agua subterránea a la escorrentía. Además, es uno de los elementos que influye en el período de drenaje y la concentración de

las precipitaciones, lo cual está directamente vinculado con la intensidad de las inundaciones (Villón, 2011).

2.2.11.CURVA HIPSOMÉTRICA

Se trata de una representación gráfica en coordenadas rectangulares que muestra la relación entre la altitud y la superficie de la cuenca que se encuentra por encima de esa altitud.

Para crear esta curva inferior, se emplea un mapa que contiene curvas de nivel, y el proceso es el siguiente:

- Las áreas dentro de la cuenca se delimitan a lo largo de las curvas de nivel, por ejemplo, en intervalos de 100 metros.
- Utilizando un planímetro o una balanza analítica, se calcula el área parcial encerrada por estas curvas.
- Se determinan las áreas acumuladas correspondientes a diferentes partes de la cuenca.
- Se calcula el área acumulada restante por encima de una altitud específica.

2.2.12.ORDEN DE CORRIENTES

Antes de abordar el orden de las corrientes, es importante centrarse en su clasificación. Los caudales pueden categorizarse en tres grupos principales según sus características físicas y las condiciones climáticas de la cuenca.

En este sentido, una corriente puede ser catalogada como efímera, intermitente o perenne:

- Las corrientes efímeras son riachuelos que contienen agua únicamente durante y poco después de las precipitaciones.
- Las corrientes intermitentes tienen agua la mayor parte del tiempo, sobre todo durante la temporada de lluvias. Su contribución cesa cuando el nivel del agua subterránea desciende por debajo del lecho del cauce.

- Las corrientes perennes mantienen agua de manera constante, incluso en épocas secas, ya que se nutren de fuentes que mantienen el nivel freático por encima del fondo del canal de forma continua.

El orden de flujo constituye una categorización que refleja el nivel de ramificación presente en una cuenca. Para llevar a cabo esta clasificación, se precisa contar con un mapa detallado de la cuenca hidrográfica bajo estudio, el cual debe incluir tanto corrientes perennes como intermitentes siguiendo el criterio establecido por Horton-Strahler.

El método más común para esta clasificación implica considerar una corriente de orden 1 como aquella que no tiene afluentes. En el caso del orden 2, se trata de corrientes que solo tienen afluentes de orden 1. Respecto al orden 3, se refiere a flujos con dos o más afluentes secundarios.

De esta forma, el orden de la corriente principal señala la extensión y la jerarquía de la red fluvial dentro de la cuenca hidrográfica (Villón, 2011).

Los riachuelos principales se caracterizan por ser afluentes que no se dividen en ramales adicionales, mientras que los riachuelos secundarios solo tienen afluentes de primer orden.

El orden 2 se forma cuando dos riachuelos primarios se combinan, y el orden 4 surge cuando dos riachuelos de tercer orden se unen. La combinación de órdenes 2 y 3 da como resultado un tercer orden.

Es importante destacar que el orden de la cuenca coincide con el orden de la corriente principal en su punto de desembocadura. Sin embargo, se debe tener en cuenta que el orden de las cuencas puede variar significativamente según la escala utilizada para su determinación. Por lo tanto, las comparaciones entre cuencas deben hacerse con precaución, especialmente si los planos tienen diferentes escalas o son producidos por diferentes entidades.

Existen otros indicadores que revelan la ramificación o la capacidad de la cuenca, como la densidad de ríos (Ds'), que representa el número de ríos perennes e intermitentes por unidad de área, y la densidad de drenaje (Dd), que indica la longitud de los ríos por unidad de área. Un alto orden o densidad de corriente indica cuencas fragmentadas que reaccionan rápidamente a las tormentas. En contraste, una baja densidad u orden de flujo sugiere suelos resistentes a la erosión o muy permeables, pendientes suaves y vegetación abundante (Aparicio, 1992).

Por lo tanto, en esta investigación, se aplicará el criterio de orden de corriente basado en la segunda definición mencionada, que corresponde al método de Horton.

Figura 4

Orden de corrientes de una cuenca



Nota: Orden de ríos. Tomado de Villón, 2011, MaxSoft.

2.2.13.HISTOGRAMA

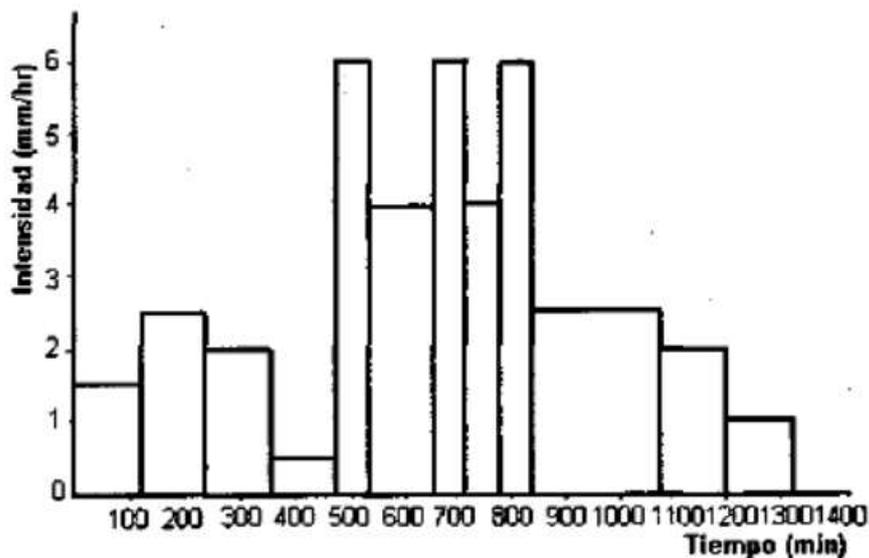
El histograma es una representación gráfica en forma de barras que ilustra las fluctuaciones en la fuerza de la lluvia. También se presentan las alteraciones en la cantidad de precipitación, medida en milímetros (mm), o en la intensidad de la precipitación, expresada en milímetros por hora (mm/h), durante el período de tiempo que ha sido previamente escogido. Es posible medir la cantidad de lluvia en una ubicación en función de su duración (CELEO, 2018).

2.2.14.HIETOGRAMA

El hietograma es una representación gráfica escalonada, similar en aspecto a un histograma, que exhibe las variaciones en la intensidad de la tormenta, expresada en milímetros por hora (mm/hr), durante el mismo período de tiempo, que puede estar en minutos u horas. Este hietograma proporciona una representación visual de cuándo la precipitación alcanzó su punto máximo en términos de intensidad y en qué valor específico. Desde un punto de vista matemático, este gráfico representa la relación entre la precipitación y el tiempo (Villón, 2011).

Figura 5

Hietograma de precipitación



Nota: Ejemplo de hietograma de precipitación. Tomado de Villón, 2011, MaxSoft.

2.2.15.ANÁLISIS DE DOBLE MASA

El gráfico de doble masa se crea representando en el eje horizontal el promedio anual acumulado de todas las estaciones en la cuenca y en el eje vertical el volumen anual acumulado de cada estación que se estudia en el gráfico.

En relación con este análisis, se deben considerar los siguientes puntos:

- a) Hay varias formas de llevar a cabo este análisis, que son las siguientes:
- En el eje vertical se analiza la información anual acumulada de cada estación.
 - Dentro de las líneas de doble masa en el paso previo, se selecciona la línea que muestra la mayor consistencia, es decir, la que tiene la menor cantidad de puntos de ruptura, ya que se considera la más confiable.
 - En las coordenadas, se representa la estación elegida como la más confiable y, en las coordenadas restantes, se grafica cualquier otra estación. Esto resulta en tantas líneas como estaciones menos una.
- b) El histograma se utiliza para identificar intervalos de ruptura que pueden ser relevantes para análisis estadísticos posteriores.
- c) Es importante destacar que, exclusivamente con fines de análisis de doble masa, los datos incompletos se pueden completar mediante interpolación o mediante valores mensuales promedio si el análisis se realiza de manera mensual.

2.2.16.GR2M

GR2M es un modelo acoplado que realiza simulaciones de flujos en intervalos mensuales. Este modelo transforma la precipitación en escorrentía a través de la aplicación de dos funciones distintas: una función de producción y otra de transporte.

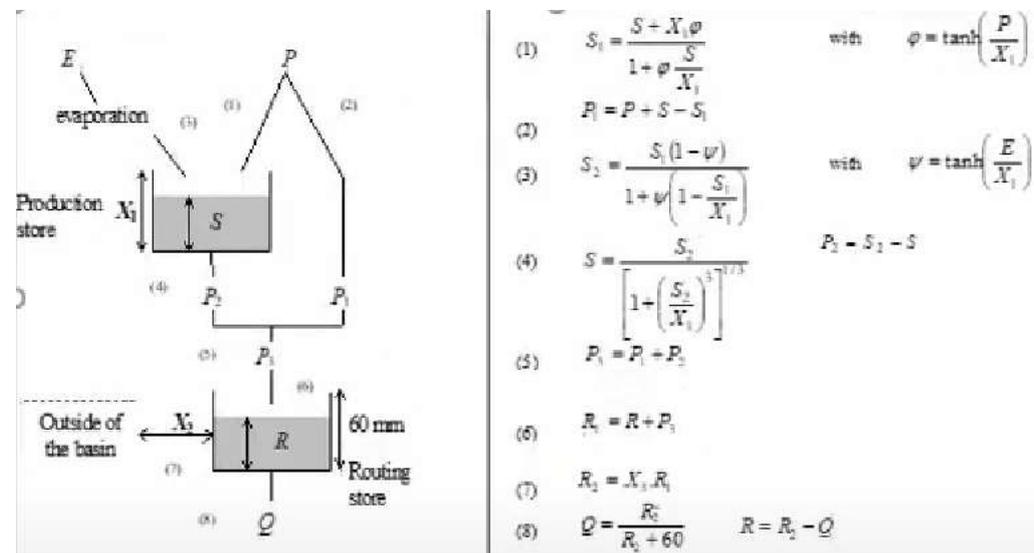
La manera en que se representa el comportamiento del flujo en una cuenca, como en el caso de una sonda con una cuenca más baja, puede influir en la relación entre la precipitación promedio y la escorrentía en el área de estudio. Esto se debe a que la calibración de este modelo específico se basa en la construcción de un tanque, que es analizado para determinar su salida (Cabrera, 2012).

Para realizar la operación tenemos que entender qué es lo que vamos a hacer y para qué o con qué fin vamos a utilizar este

modelamiento, para eso entendemos que el GR2M es modelo de lluvia-escorrentía que no considera factores de la cuenca como el uso del suelo, tipo del suelo, pendiente, entre otros, entonces el modelo global de tiempo mensual desarrollado por CEMAGREF (centro de investigación agrícola e ingeniería ambiental, Francia) tiene como función la reconstrucción de caudales mediante la precipitación y evapotranspiración calculada en base a la temperatura (Mouelhi, 2003).

El modelo consta de 2 parámetros X_1 máxima capacidad de almacenamiento del reservorio en milímetros y X_2 que es el coeficiente de intercambio de agua subterránea sin unidades, utilizando dos funciones de producción alrededor de un reservorio suelo y de transferencia regida por el reservorio de agua gravitacional, el mismo que determina el caudal que puede liberarse, la arquitectura y fórmulas del modelo representan los procesos hidrológicos para la transformación de precipitación-escorrentía (Arévalo y Obando, 2011).

Figura 6
Arquitectura modelo GR2M de Mouelhi



Nota: Representación topológica del modelo GR2M. Tomado de CEMAGREF, 2009, CEMAGREF

Donde:

P: Precipitación media de la cuenca.

P1: Escorrentía superficial.

P2: Percolación profunda.

P3: Precipitación efectiva (suma de P1 y P2).

E: Evapotranspiración actual.

S: Almacenamiento del reservorio suelo al inicio del periodo de análisis.

R: Almacenamiento del reservorio de agua gravitacional al inicio del periodo de análisis, con una capacidad máxima de 60mm.

2.2.17.LUTZ SCHOLZ

Lutz Scholz (1980) ideó este modelo hidrológico combinado, el cual integra una estructura determinística para el cálculo de caudales mensuales durante un año promedio (Modelo determinístico de Balance Hídrico) y una estructura estocástica para la generación de series prolongadas de caudal (Modelo Estocástico de Proceso Markoviano). El desarrollo de este modelo se llevó a cabo en el periodo comprendido entre 1979 y 1980 por el especialista Lutz Scholz, como parte de la Cooperación Técnica de la República de Alemania en el marco del Plan Meris II para cuencas de la sierra peruana.

Establecido el hecho de la carencia de registros de caudal en la sierra peruana, el modelo fue elaborado considerando parámetros físicos y meteorológicos de las cuencas, los cuales pueden obtenerse mediante mediciones cartográficas y de campo. Los coeficientes esenciales en el modelo son aquellos que determinan la precipitación efectiva, el déficit de escurrimiento, así como la retención y el agotamiento de las cuencas. El procedimiento seguido por el especialista Lutz Scholz fue:

- Procedió al análisis de datos hidrometeorológicos de 19 cuencas ubicadas entre Cajamarca y Cuzco, llevando a cabo el cálculo de los parámetros esenciales para describir los fenómenos relacionados con la escorrentía promedio.

- Creó un grupo de modelos estocásticos parciales de los parámetros destinados a calcular caudales en cuencas carentes de información hidrométrica. Mediante la aplicación de datos meteorológicos regionalizados para la cuenca correspondiente y la utilización de los modelos parciales, es factible realizar el cálculo de los caudales mensuales.
- Esto facilitó la producción de caudales durante un período prolongado en el punto de captación planificado mediante un cálculo que combina (la precipitación efectiva con las descargas del mes anterior mediante un proceso markoviano) y ajusta el modelo integral mediante aforos realizados.

Fue realizado con el propósito de prever caudales a nivel mensual, siendo inicialmente empleado en investigaciones de proyectos de riego, posteriormente, su uso se amplió para abarcar estudios hidrológicos con prácticamente cualquier propósito (como abastecimiento de agua, generación hidroeléctrica, entre otros). Los resultados de aplicar el modelo a las cuencas de la sierra peruana han demostrado una concordancia satisfactoria en comparación con los valores medidos.

La fórmula a usar para el cálculo de caudales de periodos extendidos es:

$$Q_t = B_0 + B_1 \times Q_{t-1} - B_2 \times PE_t + z \times S * (1 - r^2)^{0.5}$$

Donde:

- Q_t : Caudal del mes t.
- Q_{t-1} : Caudal del mes anterior.
- PE_t : Precipitación efectiva del mes t.
- B_i : Coeficientes de la regresión lineal múltiples.
- S : Error estándar de la regresión múltiple.
- r : Coeficiente de correlación múltiple.
- z : Número aleatorio normalmente distribuido (0,1) del año t.

Para nuestro estudio de investigación, planeamos utilizar tanto los modelos hidrológicos de Lutz Scholz como GR2M para estimar la generación de caudales y realizar la comparación entre estos.

2.3. DEFINICIONES CONCEPTUALES

Caudal: “Se puede definir como la cantidad de agua que fluye a través de la sección transversal de un curso de agua en un período determinado, y esta medida se expresa en unidades como metros cúbicos por segundo (m³/s) o litros por segundo (l/s)” (Chow, 1994).

Aforamiento: “Este es el procedimiento de determinar el flujo de agua en diversas situaciones, como canales o ríos, lo que puede abarcar una gama desde litros por segundo (l/seg) hasta metros cúbicos por segundo (m³/seg)” (Felipe del Angel, 2015).

Estación meteorológica: “Una estación meteorológica es un lugar dedicado a mediciones precisas de diversos aspectos climáticos, empleando instrumentación especializada. Estas estaciones se dividen en tipos como pluviométricas, climatológicas y otras para comprender la atmósfera.” (Instituto PCE Ibérica, 2017).

Coordenadas geográficas: “Basadas en la latitud y longitud, localizan puntos en la Tierra. Esta se divide en hemisferios por el ecuador, con círculos paralelos como el Trópico de Cáncer y el Círculo Polar, permite precisión en ubicación.” (Asensio & Gisbert, 1999).

Coordenadas UTM: “El sistema UTM permite la representación precisa de puntos en la Tierra a través de una cuadrícula basada en cilindros tangentes al elipsoide de referencia. Originalmente usando el Elipsoide Hayford, ahora emplea el WGS84 para compatibilidad con GPS” (Asensio & Gisbert, 1999).

WGS84: “El Sistema Geodésico Mundial (WGS) es vital para GPS. La versión WGS 84 es estándar y precisa (1-3 m). Su uso requiere un enfoque de red de orden cero para garantizar precisión en redes de control horizontal.” (Lohmar, 1984).

2.4. HIPÓTESIS

2.4.1. HIPÓTESIS GENERAL

Los modelos hidrológicos determinarán los caudales medios mensuales en la subcuenca del río monzón, con fines de irrigación en la localidad de camote, Huánuco 2024.

2.5. VARIABLES

2.5.1. VARIABLE DEPENDIENTE

Se presentan enfoques destinados a la gestión efectiva de la recopilación, análisis y comprensión de datos con el objetivo de identificar la vulnerabilidad y las áreas más expuestas a riesgos sustanciales. Asimismo, se plantean una serie de directrices encaminadas a la prevención de desastres. El propósito primordial de estas estrategias radica en abordar de manera integral la administración de la información, permitiendo una identificación precisa de las zonas y aspectos con mayor probabilidad de sufrir daños significativos o impactos adversos durante situaciones de emergencia. Mediante la aplicación de estas tácticas, se busca fortalecer la capacidad de prevención y mitigación de riesgos, contribuyendo así a la protección tanto de la población como de la infraestructura ante posibles eventos desfavorables (Bernardo Morales & Velazquez Palomino, 2021).

La variable dependiente es:

Caudales Medios Mensuales y Máximos

2.5.2. VARIABLE INDEPENDIENTE

Las variables independientes son:

GR2M y Lutz Scholz

2.6. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

Tabla 1

Operacionalización de variables

VARIABLE	DEFINICIÓN OPERACIONAL	TIPO DE VARIABLE	DIMENSIONES	INDICADORES
Caudales Medios Mensuales y Máximos	Los caudales medios mensuales se calcularán mediante la aplicación de los modelos hidrológicos, utilizando datos meteorológicos, hidrológicos y geográficos recopilados en la cuenca del Río Monzón durante el año 2023, de estos también se elige el mayor como el caudal máximo.	Variable Dependiente	Cuantificación del flujo de agua Características geomorfológicas Precipitación y temperatura media mensual	Caudal
GR2M y Lutz Scholz	Son modelos hidrológicos como el modelo GR2M y Lutz Scholz que serán aplicados en la cuenca del Río Monzón durante el año 2023. Estos modelos utilizan datos meteorológicos, hidrológicos y geográficos para calcular los caudales mensuales en la cuenca.	Variable Independiente	Tipo de Modelo Hidrológico	Precisión de la estimación

CAPITULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN

3.1.1. ENFOQUE

Este estudio se fundamenta en la estimación de los caudales medios mensuales mediante una comparación detallada de los modelos hidrológicos GR2M y Lutz Scholz. Estos modelos adquieren una gran relevancia en situaciones en las que la información hidrológica disponible es escasa para calcular la escorrentía superficial del Río Monzón. Por tanto, esta investigación se enfoca en un enfoque cuantitativo.

La elección de un enfoque cuantitativo se justifica debido a su capacidad para evaluar de manera precisa la realidad a través de parámetros que son medibles, replicables y susceptibles de ser reproducidos bajo condiciones uniformes en cualquier momento. Además, este enfoque permite el uso de datos numéricos de manera efectiva.

3.1.2. ALCANCE O NIVEL

En la investigación de carácter descriptivo, desde una perspectiva técnica, se elige un conjunto de interrogantes y cada uno de estos cuestionamientos se evalúa de manera independiente. Esta evaluación se realiza con el propósito de describir exhaustivamente los datos obtenidos y las variables que se encuentran bajo análisis.

El presente estudio se centra en la estimación de los caudales mensuales a través de una evaluación comparativa de los modelos hidrológicos GR2M y Lutz Scholz. El objetivo principal es determinar la escorrentía superficial del Río Monzón. Por consiguiente, esta investigación se caracteriza por su enfoque descriptivo, el cual busca

proporcionar una detallada descripción de los resultados y las variables implicadas en el proceso.

3.1.3. DISEÑO

El diseño de esta investigación se clasificó como no experimental, dado que únicamente se trabajará con datos observados en eventos de depósito y erosión. Posteriormente, se llevará a cabo un análisis de sus relaciones o correlaciones. Los resultados que se expondrán se calcularán sin realizar modificaciones en las variables tanto durante la fase de recolección de datos como en el análisis de impacto.

Diagrama:

$X_1 \longrightarrow Y_1$

Donde:

X: GR2M y Lutz Scholz (Variable independiente)

Y: Caudales medios y máximos mensuales (Variable dependiente)

3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA

3.2.1. POBLACIÓN

La población a la que se hace referencia son los registros meteorológicos y geográficos de las afluyentes de la cuenca del Río Monzón. Estos registros tienen como objetivo principal la recopilación de información relacionada con las precipitaciones, así como las temperaturas máximas y mínimas, además de los aforamientos. Algunas de las estaciones cercanas encontradas en la zona son: Tingo María, Puente Bella, Huánuco, Canchan y Tulumayo

3.2.2. MUESTRA

La muestra se compone de registros meteorológicos y geográficos recopilados en la cuenca del Río Monzón, ubicada en el Distrito de Rupa Rupa, Provincia de Leoncio Prado, Región Huánuco. Estos registros, obtenidos de las estaciones meteorológicas del Servicio Nacional de

Meteorología e Hidrología (SENAMHI), abarcan datos de precipitación, temperaturas máximas y mínimas, así como mediciones de caudal. La selección de esta muestra se centra en la evaluación de las variables hidrológicas y climáticas en esta área geográfica específica, se utilizaron las estaciones Tingo María, Puente Bella, Huánuco y Canchan, los cuales nos permitieron realizar un análisis detallado de la relación entre estas variables en el contexto de la modelación hidrológica de la cuenca.

3.3. TÉCNICAS E INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS

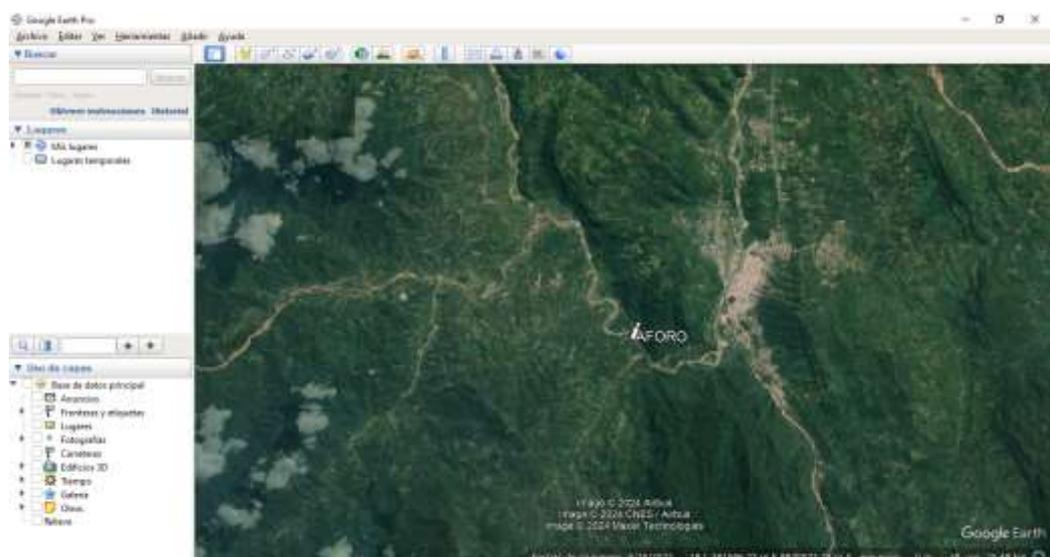
3.3.1. TÉCNICAS

➤ Delimitación de cuenca

Análisis cartográfico: Para el análisis de la cuenca que conforma el río Monzón se hizo necesaria la evaluación cartográfica de la zona a partir de información satelital que fue obtenida del visor Google Earth, con ello se determinó de manera preliminar el punto de aforo con el cual se delimitará la cuenca a nivel de coordenadas, dicha información fue trasladada al software GIS para el procesamiento adecuado de la divisoria que compone la cuenca.

Figura 7

Vista satelital del punto de aforo en el río Monzón



Nota: Identificación satelital de la zona de interés. Tomado de Google Earth, 2024, Google Earth.

Identificado el punto de aforo se estimó de manera preliminar la ubicación coordenada del punto de aforo, dicho punto fue definido de manera más ajustada en el software GIS con la cual se logró delimitar la cuenca de manera precisa.

Información SIG: Para la caracterización completa se tomaron en cuenta información SIG que brinda el Ministerio del Ambiente (MINAM), la información complementaria obtenida de dicho servidor fue la de cobertura vegetal, uso de suelo y número de curva de la zona, la información obtenida fue intersecada con los límites obtenidos de la cuenca con ello se pudo determinar las características de suelo preliminar.

Figura 8
Geoservidor MINAM



Nota: Tomado del GeoServidor MINAM, 2024, Ministerio del Ambiente.

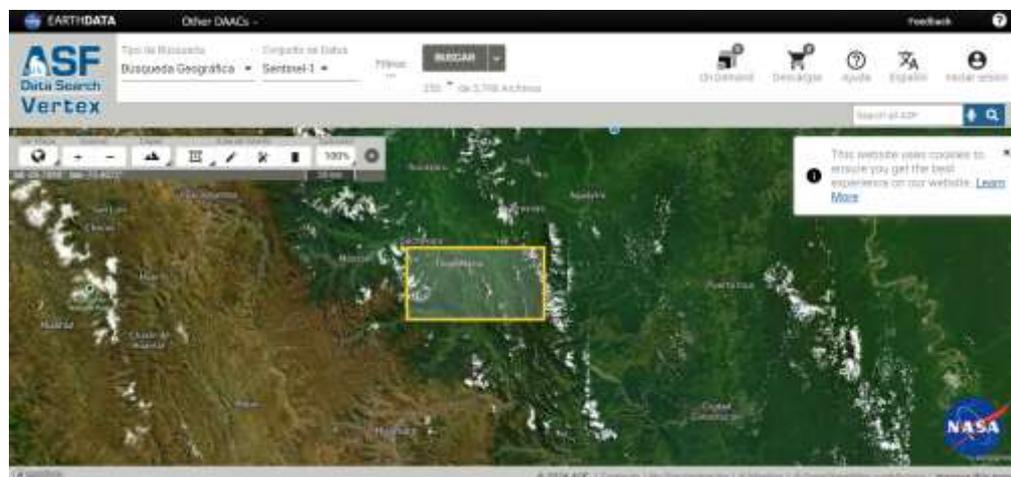
Toda la información obtenida del servidor del MINAM fue obtenida para condiciones normales sin tener en cuenta las épocas de sequía u otros que se especifique en cada información brindada, la información obtenida fue validada a partir de un proceso de observación in situ con el cual se evidenció la conformidad de las características de los suelos.

Información de Modelos de Elevación Digital: En la delimitación de la cuenca que conforma el río Monzón se requirió un modelo de elevación digital adecuado para las dimensiones que presenta la

superficie de la cuenca, por ello para la zona de interés se tomó en consideración los modelos satelitales ALOS PALSAR.

Figura 9

Interfaz de datos ALOS PALSAR



Nota: Tomado de ASF, 2024, NASA.

La identificación cartográfica fue importante para la determinación del área de influencia de la cuenca con ello se pudo identificar en el servicios ALOS PALSAR los límites de los DEM's a considerar para la investigación.

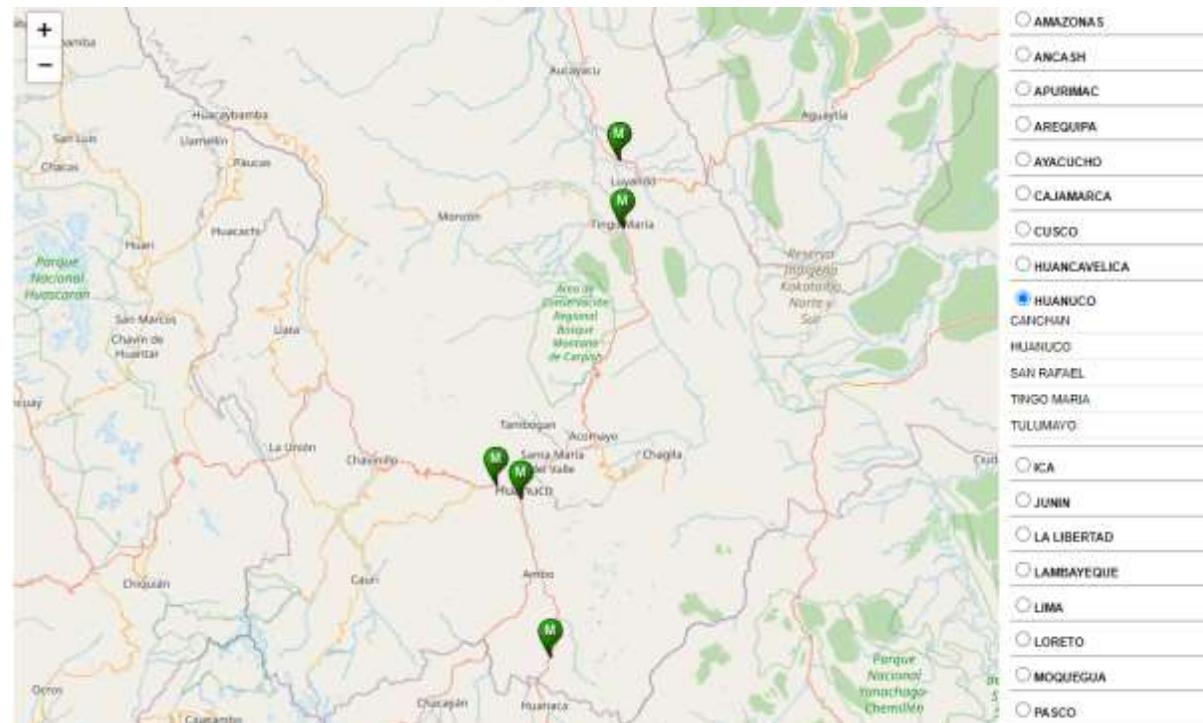
Inspección en campo: La verificación del estado de suelo y las características de las mismas se verificaron en las inspecciones periódicas de la zona de interés con ello se validaron la información propuesta en la información GIS recolectada del geoservidor del MINAM.

➤ **Precipitación Evapotranspiración**

Análisis de estaciones pluviométricas: La identificación de las estaciones pluviométricas e hidrométricas tomadas en cuenta en esta investigación fueron obtenidas del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI) y de los servidores de la Autoridad Nacional del Agua (ANA).

Figura 10

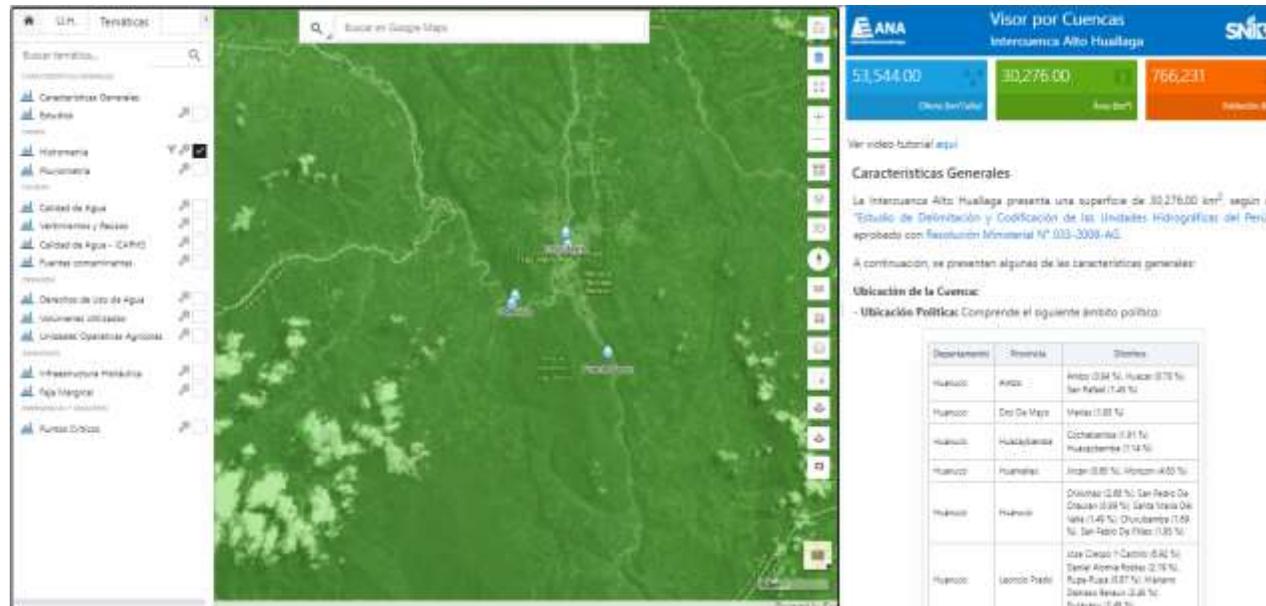
Descarga de datos SENAMHI



Nota: Tomado de SENAMHI, 2024, Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú.

Figura 11

Visor hidrométrico ANA



Nota: Tomado de la ANA, 2024, Autoridad Nacional del Agua

Ambas bases de datos cuentan con la facilidad de la descarga de información en el periodo en que estén lecturando la información de precipitación y caudales, en la aplicación de esta investigación se tomaron en cuenta periodos específicos con los que se cuente información en todos los sistemas.

Modelos de predicción: Para la investigación se plantearon 2 tipos de metodologías de predicción de caudales, los cuales fueron desarrollados a partir mediciones observadas y con lo cual se ajustaron los modelos, se tuvo en cuenta para la investigación los modelos GR2M desarrollado por CERMAGREF y el modelo Lutz Scholz desarrollado en el Perú para aplicación en sus cuencas, los valores estimados en la investigación fueron ajustados a partir de las lecturas realizadas en la estación Puente Bella.

3.3.2. INSTRUMENTOS

➤ Delimitación de cuenca

Tabla 2

Ficha de características geométricas de la cuenca

GEOMETRÍA DE LA CUENCA		
ÍTEM	UND	VALOR
SUPERFICIE	km ²	
PERÍMETRO	km	
LONG CORTA	km	
LONG LARGA	km	

Nota: Ficha de recolección de datos.

Con el software ArcGIS determinaremos las características de superficie, perímetro y las longitudes que caracterizan a la subcuenca del río Monzón.

Tabla 3

Ficha morfológica

MORFOLOGÍA DE LA CUENCA		
ÍTEM	UND	VALOR
ALTURA SUP	msnm	
ALTURA INF	msnm	
CENTROIDE ESTE	m	
CENTROIDE NORTE	m	
ALTURA PROMEDIO	m	

ALTURA RECURRENTE	m
ALTURA DE FREC ½	m
PEND CUENCA	%

Nota: Ficha de recolección de datos.

La caracterización en el software ArcGIS no solo evidenció las características geométricas de la cuenca, sino que también se lograron determinar los valores que caracterizan a la morfología característica de la cuenca, a partir de ello se lograron determinar los valores de altitudinales que caracterizan a la cuenca y los puntos coordenados del centroide de la misma.

Tabla 4

Ficha hidrográfica

HIDROGRAFÍA DE LA CUENCA		
ÍTEM	UND	VALOR
LONG CAUCE PRINC	km	
LONG TOTAL DE CAUCES	km	
# ORDEN DE RED HID	adim	
PEND DE RED HID	%	

Nota: Ficha de recolección de datos.

La delimitación de la cuenca del río Monzón a partir de las direcciones de flujo determinadas a partir de las imágenes de elevación digital pudieron evidenciar las características hidrográficas a nivel macro, rellenando así la ficha anterior.

Tabla 5

Ficha de características de la cuenca

COEFICIENTES DE CARACTERIZACIÓN				
PARÁMETRO	SIMB	UND	VALOR	CARACTERÍSTICA
FACTOR DE FORMA	F	Adim		
ÍNDICE DE COMPACIDAD	K	Adim		
REC EQUIV (LADO MAYOR)	L	km		
REC EQUIV (LADO MENOR)	I	km		
DENSIDAD DE DRENAJE	Dd	u/km ²		
ÍNDICE DE PENDIENTE	Ip	Adim		

Nota: Ficha de recolección de datos.

Con los valores numéricos característicos de la morfología y geometría de la cuenca se lograron determinar los índices característicos generando así unas conclusiones previas al comportamiento hidrológico de la cuenca.

Figura 12

Formato cartográfico



Nota: Ficha de recolección de datos.

La presentación de la delimitación cartográfica en la cuenca del río Monzón se presentó en forma cartográfica para la utilización de la información en investigaciones relacionada a la gestión de recursos hídricos dentro de la cuenca investigada.

➤ **Precipitación y temperatura**

Tabla 6

Ficha de registro histórico

REGISTRO DE LLUVIAS DE LA ESTACIÓN CENTROIDE															
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	MÍ	PR	MÁ	SUMAT
EN	FE	MA	AB	MA	JU	JU	AG	SE	O	NO	DI	N	OM	X	ORIA
E	B	R	R	Y	N	L	O	T	CT	V	C				
1															
2															
3															
4															
5															
6															
7															
8															
9															
10															
11															
12															
13															
14															

15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
MÍN
PRO
M
MÁX

Nota: Ficha de recolección de datos.

Los registros históricos de precipitación y temperatura fueron extraídos de las estaciones pluviométricas e hidrométricas con las que cuentan el SENAMHI y ANA, dicha información fue ordenada de manera en la cual se pueda evidenciar el comportamiento de las variables a lo largo de los meses y años con que se cuenten en los registros de lectura. Con este tipo de estructura también se plantean los valores de evapotranspiración a fin de estimar de manera más ajustada un valor de evapotranspiración mensual.

Tabla 7

Ficha de valores promedio

ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC

Nota: Ficha de recolección de datos.

Con la estimación de los valores de registro histórico se plantearon la especificación de promedios mensuales tanto para la temperatura como para los valores de precipitación a fin de evaluar el comportamiento anual de los parámetros.

➤ **Método GR2M**

Tabla 8

Ficha de parámetros para el modelo GR2M

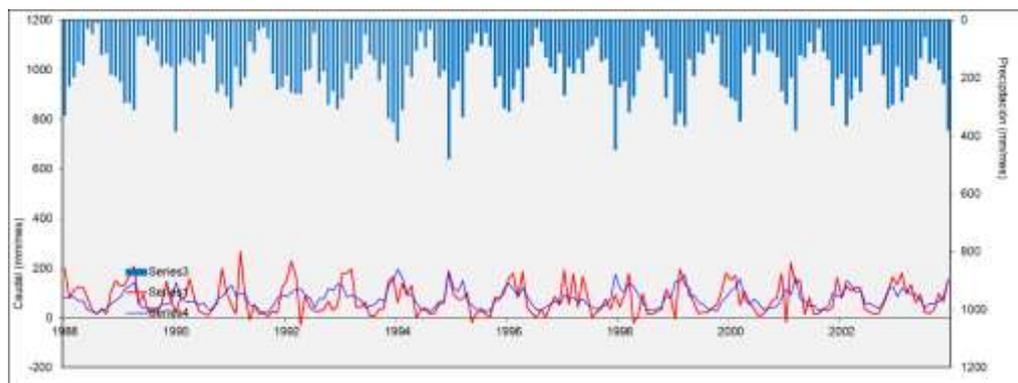
Nombre de la cuenca	
Superficie de la cuenca (km²)	
Parámetros del modelo	Transf. Réels
x1: Res. salida (mm)	
x2: Parámetro de intercambio (mm)	
Valores iniciales	
Nivel de llenado inicial S0 (máx.: x1 mm)	
Nivel de llenado inicial R0 (máx.: 60 mm)	
Periodo	
Duración del período de puesta en marcha (meses)	
Duración del período de prueba (meses)	
Fecha de salida	
Fecha final	
Precipitación media observada (mm/mes)	
Promedio de FTE observados (mm/mes)	
Caudales promedio observados (mm/mes)	
Promedio de las raíces de los caudales observados	
Promedio de los flujos logarítmicos observados	
Criterios de eficacia (%)	
Nash(Q)	
Nash(VQ)	
Nash(ln(Q))	
Bilan	

Nota: Ficha de recolección de datos.

Para la estimación de caudales por la metodología GR2M se requiere de uno parámetros previos como la superficie de la cuenca los valores de parámetro del modelo los valores iniciales del modelo y el periodo de análisis, con dicha información se pudo determinar el valor de confiabilidad de Nash con el cual se validó la confiabilidad de los datos determinados.

Figura 13

Modelo de gráfica de ajuste para el GR2M



Nota: Ficha de recolección de datos.

Con la estimación de los caudales proyectados y con el ajuste de los valores de precipitación y a partir de definición del parámetro del modelo se pudo determinar una gráfica con la cual se evidencie el ajuste o variación del modelo.

El proceso de cálculo de caudales por esta metodología requiere de una validación que para la investigación se planteó desde enero del 2004 a diciembre del 2013 validando así el ajuste del modelo.

➤ **Método Lutz Scholz**

Tabla 9

Ficha de precipitaciones mensuales promedio

MES	PP(mm)
SEP	
OCT	
NOV	
DIC	
ENE	
FEB	
MAR	
ABR	
MAY	
JUN	
JUL	
AGO	
TOTAL	0.0

Nota: Ficha de recolección de datos.

Para el modelo de estimación de caudales Lutz Scholz se determinaron los valores de precipitación promedio acumulado para la zona de interés, este es el punto de partida en la determinación de los valores de caudal.

Tabla 10

Ficha de estimación de caudales

ME S	PRECIPITACIÓN MENSUAL					CONTRIBUCIÓN DE LA RETENCIÓN				CAUDALE S	
	N°	P	Efecti va			Gas to	Abastecimi ento				
	días del mes	Total	PE II	PE III	PE	bi	Gi	ai	Ai	mm/ mes	m3 /s
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
EN											
E											
FE											
B											
MA											
R											
AB											
R											
MA											
Y											
JU											
N											
JU											
L											
AG											
O											
SE											
P											
OC											
T											
NO											
V											
DI											
C											
AÑO											
Coefficient e C:											

Nota: Ficha de recolección de datos.

La estimación de valores de caudal a partir de la aplicación de la metodología Lutz Scholz se basa en la obtención de la precipitación efectiva en la zona y determinando los valores de caudal de gasto y abastecimiento elaborar la ecuación del equilibrio hidrológico llegando así a determinar los valores de caudal en m3/s.

Tabla 11*Ficha comparativa de la estimación de caudales*

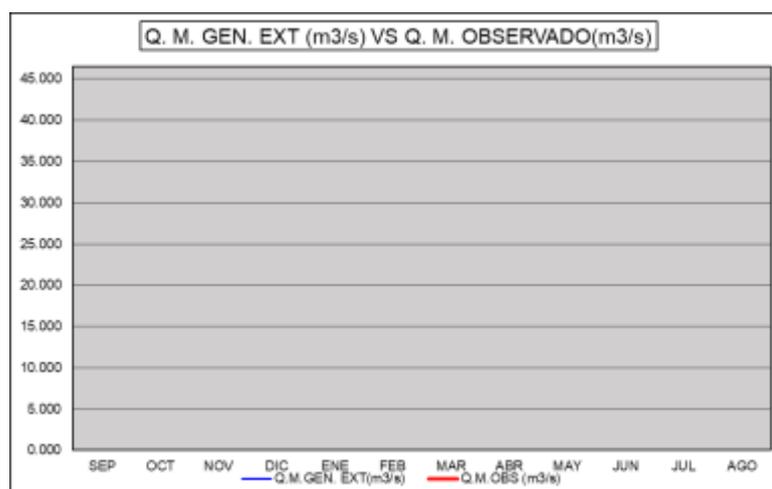
MES	Q M GENERADO (m³/s)	Q M OBSERVADO (m³/s)
SEP		
OCT		
NOV		
DIC		
ENE		
FEB		
MAR		
ABR		
MAY		
JUN		
JUL		
AGO		

Nota: Ficha de recolección de datos.

Los valores estimados por la metodología Lutz Scholz fueron sometidos a una prueba comparativa de ajuste con la finalidad de elaborar un modelo más ajustado este se elaboró para un periodo extendido que comprenda todo el registro histórico de la cuenca del río Monzón, la ejecución del modelo al igual que el modelo GR2M requiere de un proceso de validación el cual se elaboró a partir de la segunda corrida en la estimación de caudales para el periodo extendido dando así resultados más ajustados a la realidad de la cuenca.

Figura 14

Plantilla comparativa de los valores de caudal



Nota: Ficha de recolección de datos.

Finalmente, en la caracterización de los valores de caudal simulados y observados se requirió de una comparativa visual con la cual dar una validez a la estimación hecha por el modelo Lutz Scholz con ello finalmente se determinan los valores de caudal para cada periodo mensual.

➤ **Equilibrio de caudales**

Tabla 12

Ficha de equilibrio de caudales

DETERMINACIÓN DEL CAUDAL ECOLÓGICO												
CAUDAL ECOLÓGICO EN L/S												
p(%)	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
95%												
PROMEDIO												
MÍNIMO												

Nota: Ficha de recolección de datos.

Los valores determinados como confiables en la caracterización de los valores de caudal fueron sometidos a un análisis de ocurrencia por percentiles del cual se pudo determinar la ocurrencia de caudales al 95% con el cual según normativa de riego se plantea el caudal ecológico el cual debe mantenerse en el cauce analizado.

Tabla 13

Ficha de estimación de oferta en caudal

Resumen de la Generación de Descargas Medias Mensuales (l/s)												
	EN ER O	FEB RER O	MA RZ O	AB RIL	MA YO	JU NI O	JU LI O	AG OS TO	SEPTI EMBR E	OCT UBR E	NOVI EMB RE	DICI EMB RE
Cuenca												
Monzón												
Q												
Ecológico												
o(m3/s)												
Oferta												
(m3/s)												
Oferta												
(l/s)												

Nota: Ficha de recolección de datos.

Con la determinación del caudal ecológico y los valores de caudal promedio para la cuenca del río Monzón se pudo determinar los valores ofertados en caudal para cada uno de los meses que comprende el año hidrológico.

CAPITULO IV

RESULTADOS

4.1. PROCESAMIENTO DE DATOS

4.1.1. DELIMITACIÓN CUENCA

Tabla 14

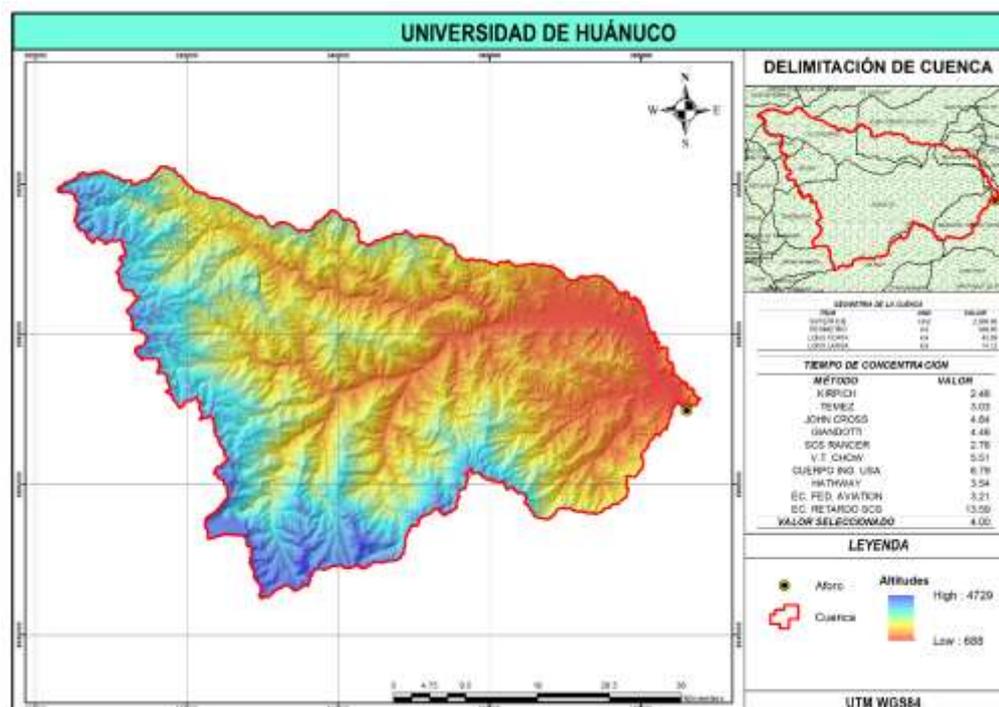
Aforo de cuenca Monzón

PUNTO DE AFORO		
NOMBRE	ESTE	NORTE
AFORO RÍO MOZÓN	386332.00	8970148.00

Nota: El punto de aforo seleccionado corresponde a el punto central del cauce del río Monzón a 1.31 km de la estación Puente Bella, dicho punto coordinado se encuentra en 386332 E y 8970148 S, el cual corresponde a la zona 18S del sistema de coordenado UTM WGS83.

Figura 15

Cuenca Monzón



Nota: Con la identificación del punto de aforo analizado se pudo determinar a partir de imágenes satelitales la conformación de la cuenca que se genera por el río Monzón, de la delimitación morfológica de la cuenca se pudo estimar que la cuenca se encuentra entre las alturas de 688 a 4729 msnm, la delimitación de la cuenca a partir de imágenes satelitales y estimado con la aplicación del software ArcGIS facilitaron la determinación de los parámetros geométricos de la cuenca.

Tabla 15

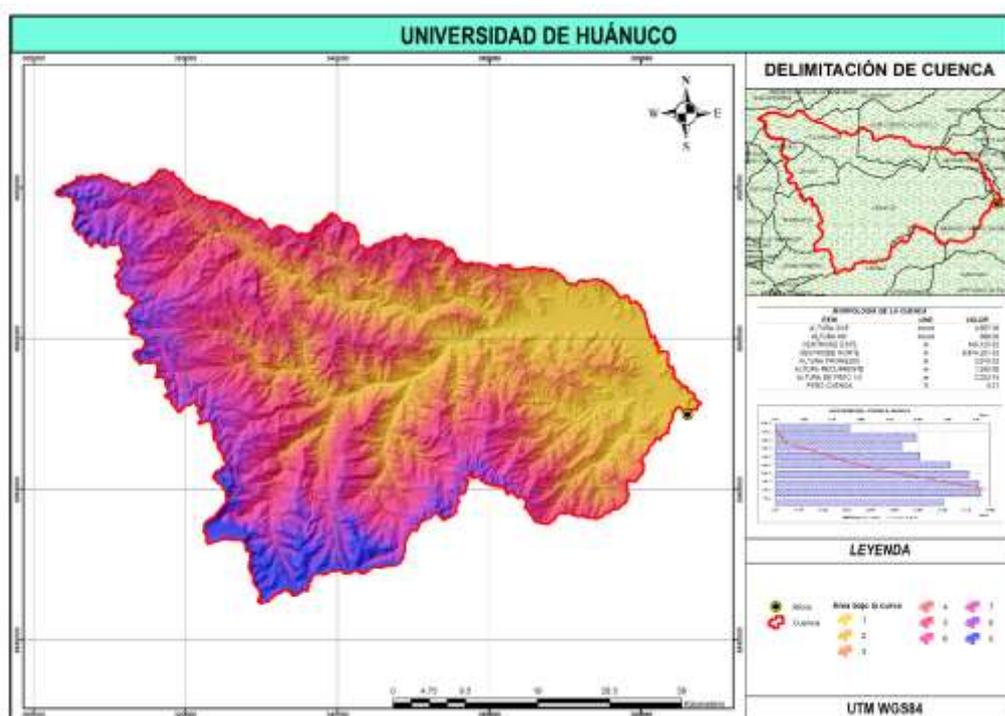
Geometría de la cuenca

GEOMETRÍA DE LA CUENCA		
ÍTEM	UND	VALOR
SUPERFICIE	km ²	2,566.96
PERÍMETRO	km	398.85
LONG CORTA	km	43.09
LONG LARGA	km	74.12

Nota: Para la cuenca del río Monzón se pudo estimar que el área comprende un total de 2,566.96 km², la longitud del perímetro de la cuenca es de 398.85 km, la longitud perpendicular al cauce principal es de alrededor 43.09 km y la longitud que corresponde a la distancia paralela al cauce principal es de 72.12 km.

Figura 16

Área bajo curvas de nivel



Nota: Para la delimitación de las áreas bajo la curva se tomaron en cuenta 9 rangos que comprende la altura máxima y mínima de la cuenca, conformando así la curva hipsométrica que caracteriza a la cuenca.

Tabla 16

Superficie entre curvas

SUPERFICIE ENTRE CURVAS							
LIM INF	LIM SUP	MEDIA	SUPERFICIE	SUPERFACUM	SUPERF SOBRE CURVA	%SUPERF	%SUPERF SOBRE CURVA
688.00	1,058.00	873.00	300.83	300.83	2,268.64	11.71	88.29
1,058.00	1,426.00	1,242.00	368.53	669.36	1,900.10	14.34	73.95
1,426.00	1,790.00	1,608.00	364.88	1,034.24	1,535.22	14.20	59.75
1,790.00	2,160.00	1,975.00	346.78	1,381.02	1,188.44	13.50	46.25
2,160.00	2,547.00	2,353.50	314.09	1,695.11	614.75	12.22	34.03
2,547.00	2,974.00	2,760.50	259.60	1,954.71	614.75	10.10	23.93
2,974.00	3,401.00	3,187.50	228.19	2,182.90	386.56	8.88	15.04
3,401.00	3,835.00	3,618.00	252.99	2,435.89	133.57	9.85	5.20
3,835.00	4,729.00	4,282.00	133.57	2,569.46	-	5.20	0.00

Nota: En la caracterización de la cuenca se tomaron en cuenta elaborar 9 rangos altitudinales en los cuales se encuentre la cuenca del río Monzón, de ello se pudo determinar que la altura más recurrente es la que se encuentra entre los límites 1,058 a 1,426 msnm con un 14.34% del área total de la cuenca.

Tabla 17

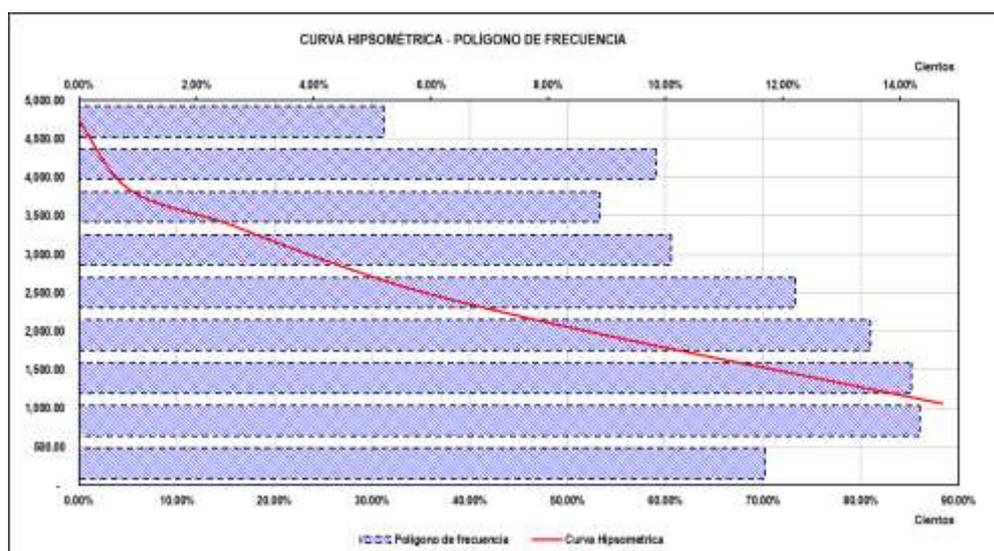
Morfología de la cuenca

MORFOLOGÍA DE LA CUENCA		
ÍTEM	UND	VALOR
ALTURA SUP	msnm	4,657.00
ALTURA INF	msnm	688.00
CENTROIDE ESTE	m	345,125.52
CENTROIDE NORTE	m	8,974,251.03
ALTURA PROMEDIO	m	2,910.32
ALTURA RECURRENTE	m	1,242.00
ALTURA DE FREC ½	m	2,203.74
PEND CUENCA	%	5.21

Nota: Las imágenes de elevación digital delimitadas con la divisoria de la cuenca lograron caracterizar la morfología de la cuenca obteniéndose así que la altura promedio de la cuenca es de 2,910.32 msnm, una altura recurrente de 1,242 msnm, una altura de frecuencia media de 2,203.74 y una pendiente promedio de la cuenca de 5.21%.

Tabla 18

Curva hipsométrica y polígono de frecuencias – Monzón



Nota: Con la caracterización de la curva hipsométrica se puede definir que la cuenca del río Monzón está en la fase de vejez que se caracteriza por poseer ríos con una capacidad sedimentaria alta, el polígono de frecuencia evidencia que los valores altitudinales de la cuenca se encuentran entre 2,500 a 1,000 msnm.

Figura 17

Pendiente de cuenca del río Monzón



Nota: Con la estimación de los valores altitudinales de la cuenca se pudo estimar el valor de pendiente porcentual promedio de la cuenca, dicha caracterización se elaboró a partir de la elaboración de rangos de pendiente que se encuentren entre 0% a 100%, en rangos con ancho equitativo de 10%, teniendo así un total de 10 clases o rangos de frecuencia.

Tabla 19

Clasificación de pendientes del río Monzón

CARACTERIZACIÓN DE PENDIENTE DE CUENCA				
RANGO DE PENDIENTE		MEDIA	REP	MEDIA*REP
MIN	MAX			
0	10	5	16,121,994.00	80,609,970.00
10	20	15	308,765.00	4,631,475.00
20	30	25	11,850.00	296,250.00
30	40	35	1,489.00	52,115.00
40	50	45	362.00	16,290.00
50	60	55	121.00	6,655.00
60	70	65	37.00	2,405.00
70	80	75	14.00	1,050.00
80	90	85	3.00	255.00
90	100	95	4.00	380.00
TOTAL			16,444,639.00	85,616,845.00
PENDIENTE DE CUENCA			5.21	

Nota: Se tuvieron en cuenta un total de 10 rangos con un ancho equitativo de 10%, con dicha clasificación se pudo determinar que la cuenca en promedio presenta una pendiente promedio de 5.21%.

Figura 18

Red hídrica de la cuenca del río Monzón



Nota: De la delimitación de la cuenca y con la determinación automatizada de las direcciones de flujo que se generan en la cuenca se pudo caracterizar que la cuenca presenta una red hídrica de 4° orden.

Tabla 20

Red hídrica

RED HÍDRICA DE LA CUENCA					
# ORDEN	CANT	LONG	REP	PENDIENTE	PRODUCTO
1	44.00	238.70	19,445.00	17.75	345,174.40
2	11.00	113.60	8,974.00	11.18	100,330.78
3	3.00	85.50	6,826.00	9.56	65,285.90
4	1.00	40.21	3,118.00	2.16	6,730.14
LONG TOTAL		478.01	38,363.00		517,521.22
PENDIENTE MEDIA				13.49	

Nota: Se identificó que la cuenca presenta una red de cuarto orden, la longitud del cauce principal es de aproximadamente 40.21 km, el cauce principal de la cuenca presenta una pendiente de 2.18% aproximadamente, cada uno de los cauces fue caracterizado hasta el punto de identificar sus pendientes promedio obteniendo así que la red hídrica completa presenta una pendiente promedio de 13.49%.

Figura 19

Cobertura vegetal de la cuenca



Nota: Las características de cobertura de suelo se identificaron a partir de la clasificación de cobertura que plantea el Ministerio del Ambiente para todo el país, con ello se logró identificar que la cuenca que forma el río Monzón comprende un total de 12 tipos de cobertura vegetal, entre las que se encuentran: Bofedal, Bosque de Montaña, Bosque de terraza baja, Matorral arbustivo altimontano, etc.

Tabla 21

Cobertura vegetal de la cuenca

CARACTERÍSTICAS DE COBERTURA		
TIPO DE COBERTURA	ÁREA	%
Áreas de no bosque amazónico	635.20	24.72%
Bofedal	1.31	0.05%
Bosque de montaña	0.06	0.00%
Bosque de montaña altimontano	250.38	9.74%
Bosque de montaña basimontano	628.75	24.47%
Bosque de montaña montano	702.73	27.35%
Bosque de terraza baja	1.98	0.08%
Lagunas, lagos y cochas	2.34	0.09%
Matorral arbustivo altimontano	10.36	0.40%
Pajonal andino	318.03	12.38%
Río	17.00	0.66%
Vegetación de isla	1.34	0.05%

Nota: Con la caracterización de la cobertura vegetal en la cuenca se pudo determinar que la cobertura predominante o que ocupa un mayor porcentaje de la superficie de la cuenca es Bosque de montaña montano con una superficie de 702.73 km² lo cual representa un 27.35 km², dentro de la caracterización de la cobertura vegetal el Ministerio del ambiente tomó por conveniente caracterizar a los ríos que conforman la cuenca, con el cual se verifica que la determinación de los cauces coinciden con las caracterizaciones hechas por el MINAM.

Figura 20

Uso del suelo de la cuenca Monzón



Nota: Al igual que la cobertura vegetal, el MINAM en su base de datos geoespacial proporciona la caracterización a partir del uso de suelo de todo el territorio nacional, siendo así e interceptando con los límites de la cuenca se pudo identificar que la cuenca del río Monzón cuenta con 5 clasificaciones de uso de suelo.

Tabla 22

Clasificación de uso de suelo

CARACTERÍSTICAS DE USO DE SUELO		
TIPO DE COBERTURA	ÁREA	%
Bosque húmedo de montañas	1681.210198	65.43%
Cultivos agropecuarios/vegetación secundaria	544.415621	21.19%
Lagos y Lagunas	1.657998	0.06%
Matorrales/Cultivos agropecuarios	0.035155	0.00%
Pajonal de puna	342.156581	13.32%

Nota: Se identificó de la caracterización del uso de suelo que el que predomina en la cuenca del río Monzón es la de bosque húmedo de montañas con un área de 1,681.21 km² el cual corresponde a un porcentaje de 65.43% del área de toda la cuenca, adicionalmente a ello se pudo identificar que los cultivos agropecuarios se encuentran en los márgenes del cauce del río Monzón.

Figura 21

Rangos de número de curva



Nota: El MINAM en su base de datos geospaciales brinda también información cartográfica del número de curva que comprende a todos los suelos del Perú, esta capa sirvió como medida referencial para la estimación de la precipitación efectiva aplicando la metodología Lutz Scholz, dentro de la cuenca se pudo identificar que la cuenca se encuentra dentro de 4 rangos de estimación de número de curva (NC).

Tabla 23*Estimación del Número de Curva*

NÚMERO DE CURVA			
LIM INF	LIM SUP	PROMEDIO	ÁREA
39	55	47.00	1,677.01
66	74	70.00	576.11
74	81	77.50	170.38
81	90	85.50	145.98
NÚMERO DE CURVA			56.37

Nota: Con la identificación de los 4 rangos que caracterizan a la cuenca del río Monzón de cada uno de ellos se estimaron los valores promedio con lo cual a partir de la extensión en área que ocupan dentro de la cuenca se aplicó una ponderación estimándose así que el valor del CN de la cuenca es de aproximadamente 56.37.

Tabla 24*Características de la cuenca*

COEFICIENTES DE CARACTERIZACIÓN				
PARÁMETRO	SIMB	UND	VALOR	CARACTERÍSTICA
FACTOR DE FORMA	F	Adim	1.59	FORMA ALARGADA
ÍNDICE DE COMPACIDAD	K	Adim	2.20	FORMA REDONDA
REC EQUIV (LADO MAYOR)	L	km	185.59	-
REC EQUIV (LADO MENOR)	I	km	13.83	-
DENSIDAD DE DRENAJE	Dd	u/ km ²	0.19	MAYOR ÁREA SIN DRENAJE
ÍNDICE DE PENDIENTE	Ip	Adim	0.22	PENDIENTE MODERADA

Nota: Con la caracterización geomorfológica que se realizó para la cuenca del río Monzón se pudo determinar que, presenta un índice de forma de 1.59 el cual caracteriza a la cuenca como alargada, el valor del índice de compacidad se determinó en 2.20 caracterizando a la cuenca como redonda, en la aplicación del rectángulo equivalente se tuvo las dimensiones de 185 km y 13.83 km para el lado mayor y menor respectivamente, la densidad de drenaje de la cuenca se estimó en 0.19 u/ km² generando así una gran área sin un drenaje adecuado y un índice de pendiente de 0.22 caracterizando a la cuenca con una pendiente moderada.

Tabla 25*Estimación del tiempo de concentración*

TIEMPO DE CONCENTRACIÓN	
MÉTODO	VALOR
KIRPICH	2.46
TEMEZ	3.03
JOHN CROSS	4.84

GIANDOTTI	4.46
SCS RANCER	2.78
V.T. CHOW	5.51
CUERPO ING. USA	6.79
HATHWAY	3.54
EC. FED. AVIATION	3.21
EC. RETARDO SCS	13.59
VALOR SELECCIONADO	4.00

Nota: Una característica importante para la estimación de caudales es la del tiempo de concentración de la cuenca, en la cuenca del río Monzón se estimaron los tiempos de concentración a partir de 10 metodologías diferentes de las cuales se tomó por adecuado caracterizar a la cuenca con un tiempo de concentración de 4 horas, debido a que es un valor promedio de los resultados obtenidos.

4.1.2. PRECIPITACIÓN Y EVAPOTRANSPIRACIÓN

Tabla 26

Identificación de las estaciones cercanas

ESTACIONES CERCANAS AL ÁREA DE INFLUENCIA									
N	NOMBR	UBICACIÓN						PERIODO DE REGISTRO	
		REGIÓ	PROVINCIA	DISTRITO	ESTE	NORTE	COTA	INFERIOR	SUPERIOR
1	HUÁNUCO	HUÁNUCO	HUÁNUCO	AMARILIS	363,13 3.60	8,899,6 35.60	1,919 .00	1947	2014
2	CANCHÁN	HUÁNUCO	HUÁNUCO	HUÁNUCO	356,42 5.50	8,903,0 44.50	1,986 .00	1988	2014
3	TINGO MARÍA	HUÁNUCO	LEONCIO PRADO	RUPA RUPA JOSÉ	390,12 1.00	8,970,7 01.20	657.0 0	1940	2015
4	TULUMAYO	HUÁNUCO	LEONCIO PRADO	CRESPITO CASTILLO	389,08 8.50	8,988,7 34.40	612.0 0	1965	2014
PERIODO DE ANÁLISIS								1988	2013
CANTIDAD DE AÑOS								26	

Nota: Con la identificación de la cuenca a nivel geográfico se pudo determinar que la cuenca presenta 4 estaciones pluviométricas cercanas, las cuales son la estación Huánuco, Canchán, Tingo María y Tulumayo, cada una con diferentes periodos de registro histórico, de la caracterización de todos los datos se determinó que el periodo de análisis con el que todos cuentan con registro de datos es entre 1988 a 2013 lo cual comprende 26 años para la estimación de caudales.

Tabla 27

Identificación de cantidad de datos faltantes

CANTIDAD DE DATOS FALTANTES					
N°	NOMBRE	CANT TOTAL	CANT REGISTRADA	CANT FALTANTE	% FALTANTE
1	HUÁNUCO	312	301	11	3.53%
2	CANCHÁN	312	279	33	10.58%
3	TINGO MARÍA	312	311	1	0.32%
4	TULUMAYO	312	219	93	29.81%

Nota: Debido a que no todas las estaciones contaban con datos registrados en completo para las precipitaciones se optó por ejecutar un análisis de porcentajes de datos faltantes del cual se determinó que la estación Tulumayo en el periodo 1988 a 2013 tiene aproximadamente un 30% de datos faltantes siendo descartada para la interpolación areal para el centroide de la cuenca.

Tabla 28

Registro de lluvias – Tulumayo

REGISTRO DE LLUVIAS DE LA ESTACIÓN TULUMAYO																	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	MÍ	PR	MÁ	SUMA
		EN	FE	MA	AB	MA	JU	JU	AG	SE	OC	NO	DI	N	O	X	TORIA
		E	B	R	R	Y	N	L	O	T	T	V	C		M		
1	19 88	27 7.8 0	36. 9	33 8.8 0	31. 5	24 3.0 0	16. 9	11 3.5 0	36. 60					36. 60	20 1.9 4	33 8.8 0	1009.7 0
2	19 89													0.0 0	-	0.0 0	0.00
3	19 90													0.0 0	-	0.0 0	0.00
4	19 91													0.0 0	-	0.0 0	0.00
5	19 92													0.0 0	-	0.0 0	0.00
6	19 93													0.0 0	-	0.0 0	0.00
7	19 94	31 3.3 0	31 5.2 0	31 .81	23 8.5 0									23 8.5 0	28 9.0 0	31 5.2 0	867.00
8	19 95													0.0 0	-	0.0 0	0.00
9	19 96		22 7.8 2	29 5.9 0	28 3.6 1	2 7.4	16 6.9 0	16. 3	64. 83	15. 1	29 6.9 1	39. 41	29 4.7 1	64. 83	23 2.9 5	29 6.9 1	1630.6 8
1	19 97	4 6.3 2	4 7.6 3	35 7.8 6	37 2.2 4	19 6.8 1	22 3.5 2	48. 31	14 .4	18 1.8 1	16 1.6 3	39. 1	39 4.7 2	48. 31	24 2.1 1	39 4.7 2	1936.9 0
1	19 98	47 4.2 2	42 9.1 3	42 1.9 1	33 6.1 3	19 2.4 0	15 1.1 0	39. 60	13 6.2 1	13 1.5 3	15 1.4 1	16 2.6 0	23 2.4 1	39. 60	23 8.2 2	47 4.2 2	2858.6 5
1	19 99	61 5.0 0	39 6.9 0	43 8.5 0	96. 20	22 9.9 1	12 7.2 2	63. 70	31. 60	13 6.3 0	1 4.3	18 1.9 0	21 .3	31. 60	23 1.7 2	61 5.0 0	2317.2 3

1 20 3 00	31. 4	34 2.2	51 3.1	22 1.3	11 8.9	27 6.9	11 9.3	13 7.6	72. 61	13 7.7	94. 60	3.3	72. 61	20 3.4	51 3.1	2034.2 1
1 20 4 01	37. 3	28. 2	23 5.5	9 .7	32 7.1	95. 00	27 7.1	71. 70	13 5.9	19 8.8	37 7.7	44. 2	71. 70	21 4.8	37 7.7	1718.8 1
1 20 5 02	37 2.8	45 4.1	29 5.1	25 1.8	23 9.7	77. 80	28 6.7	13 6.7	61. 70	18 7.1	36. 6		61. 70	23 6.3	45 4.1	2363.5 6
1 20 6 03	27 7.0	39 3.7	3 9.7	42 2.1	13 8.1	22 8.6	74. 30	18 .9	22 8.1	18 9.3	26 8.6	44. 8	74. 30	24 6.6	42 2.1	2219.8 0
1 20 7 04	31 7.2	16 9.7	31 6.6	11 3.6	14 .5	97. 80	39 .6	72. 00	12 4.6	19 1.7	46 5.2	23 9.6	72. 00	21 0.8	46 5.2	2108.0 1
1 20 8 05	26 6.5	32 2.8	38 4.7	17 5.3	69. 60	27 2.3	18. 80	65. 20	16 2.3	26 7.6	14 1.1	38. 4	18. 80	19 5.1	38 4.7	2146.2 0
1 20 9 06	25. 7	43 1.3	24 7.9	15 7.9	15 1.0	23 4.5	77. 80	16 9.0	1 9.7	26 6.3	41 8.7	49 1.4	77. 80	26 4.5	49 1.4	2645.8 0
2 20 0 07	4.2	18 3.6	22 2.4	22 1.2	19 2.5	38. 00	12 4.3	59. 50	55. 20	25 2.1	24 9.6	45 8.3	38. 00	18 6.9	45 8.3	2056.7 0
2 20 1 08	21 4.8	26 8.4	31 7.3	2 2.2	11 7.5	14 3.9	26 9.3	69. 60	11 8.4	24 2.5	11 2.9	28 1.2	69. 60	19 5.9	31 7.3	2155.8 0
2 20 2 09	32. 00	4 7.5	27 7.2	2 6.4	35 7.2	16 8.7	14 8.5	12 5.9	12 3.5	13 6.1		53 3.1	32. 00	21 1.3	53 3.1	1902.2 1
2 20 3 10	19 1.7	55 7.9	25 7.3	24. 00	1.4	48. 30	12 2.1	3.5	31. 52	19. 1	28 2.4	26 4.2	24. 00	19 7.7	55 7.9	1779.4 2
2 20 4 11	38 9.7	51 3.5	21. 1	17 4.5	13 1.7	11 4.4	15 8.5	31. 10	19 4.6	24 5.5	19 2.3	29 4.7	31. 10	22 1.8	51 3.5	2440.5 0
2 20 5 12	36 5.8	43 7.3	25 7.9	28 7.3	15 3.0	21 1.5		57. 20		16 8.4	32 1.3	27 2.5	57. 20	25 3.2	43 7.3	2532.2 0
2 20 6 13	27 8.5								12 3.2	33 2.2	27 4.9	21 4.8	12 3.2	24 4.7	33 2.2	1223.6 0
MÍN	32. 00	16 9.7	22 2.4	24. 00	69. 60	38. 00	18. 80	31. 10	31. 52	13 6.1	94. 60	21 4.8				
PRO M	31 3.3	36 2.9	32 3.6	22 5.0	19 0.5	15 7.4	12 9.4	84. 32	12 5.4	21 4.0	25 3.1	33 0.9				
MÁX	61 5.0	55 7.9	51 3.1	42 2.1	35 7.2	27 6.9	28 6.7	16 9.0	22 8.1	33 2.2	46 5.2	53 3.1				

Nota: En la tabla se evidencia la falta de registro de lluvias entre los años 1989 a 1995, con lo cual se optó por desestimar a la estación Tulumayo en el análisis pluviométrico para la cuenca.

Tabla 29

Datos pluviométricos de la estación Canchan

REGISTRO DE LLUVIAS DE LA ESTACIÓN CANCHAN																		
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	MÍ	PR	MÁ	SUMA	
		EN	FE	MA	A	M	JU	JU	A	SE	O	N	DIC	N	OM	X	TORIA	
		E	B	R	B	AY	N	L	G	T	CT	O	V					
1	19	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	25.	15.	55.	0.	8.0	55.	96.01	
	88	0	0	0	0	0	0	0	0	0	80	10	11	00	0	11		
2	19	79.	61.	82.	22.	10.	8.3	9.6	0.0	15.	46.	23.	258	0.	51.	258	618.71	
	89	40	50	60	10	60	1	0	0	90	70	40	.60	00	56	.60		
3	19	64.	23.	13.	35.	34.	19.	0.2	2.7	10.	76.	82.	50.	0.	34.	82.	414.34	
	90	90	40	52	40	51	80	1	0	10	50	60	70	21	53	60		
4	19	15.	28.	0.0	18.	5.0	14.	0.0	0.0	19.	34.	32.	33.	0.	16.	34.	202.61	
	91	31	50	0	90	0	80	0	0	70	40	60	40	00	88	40		
5	19	19.	33.	49.	15.	3.0	8.1	0.0	33.	7.0	26.	0.0	0.0	0.	16.	49.	196.45	
	92	72	10	90	50	0	0	0	91	0	22	0	0	00	37	90		
6	19	0.0	56.	101	42.	39.	5.2	1.0	2.1	33.	46.	90.	86.	0.	42.	101	505.42	
	93	0	21	.30	50	80	0	0	0	30	60	61	80	00	12	.30		
7	19	71.	64.	0.0	50.	16.	1.3	1.2	0.0	0.0	47.	25.	0.0	0.	23.	71.	279.60	
	94	40	90	0	30	70	0	0	0	0	90	90	0	00	30	40		
8	19	58.	60.	67.	24.	0.0	2.8	0.0	0.0	14.	16.	21.	47.	0.	26.	67.	313.00	
	95	60	80	40	00	0	0	0	0	90	10	00	40	00	08	40		
9	19	51.	31.	42.	74.	13.	0.0	1.6	1.5	7.3	18.	50.	27.	0.	26.	74.	318.80	
	96	10	00	50	10	40	0	0	0	0	40	70	20	00	57	10		
1	19	88.	50.	30.	17.	12.	10.	0.0	15.	8.9	29.	27.	55.	0.	28.	88.	346.00	
	0	97	70	10	10	30	50	0	80	0	20	70	60	00	83	70		
1	19	94.	67.	63.	10.	3.3	1.2	0.0	0.5	11.	16.	64.	50.	0.	32.	94.	384.00	
	1	98	70	20	60	70	0	0	0	10	30	50	90	00	00	70		
1	19	83.	94.	136	20.	8.5	4.4	5.2	1.5	23.	16.	44.	75.	1.	42.	136	514.70	
	2	99	00	20	.30	90	0	0	0	60	50	90	70	50	89	.30		
1	20	79.	81.	132	14.	4.6	17.	9.0	22.	12.	26.	31.	83.	4.	42.	132	514.80	
	3	00	30	70	.90	20	0	60	0	10	40	40	00	60	60	.90		
1	20	115	43.	94.	38.	11.	3.0	14.	5.1	12.	52.	87.	70.	3.	45.	115	549.10	
	4	01	.40	50	80	20	40	0	20	0	70	80	60	40	00	76	.40	
1	20	18.	58.	103	46.	20.	1.7	24.	7.1	12.	65.	35.	39.	1.	36.	103	432.60	
	5	02	70	40	.80	50	00	0	50	0	10	30	30	20	70	05	.80	
1	20	50.	42.	86.	31.	13.	0.0	0.0	9.7	20.	43.	62.	88.	0.	37.	88.	448.30	
	6	03	10	40	20	70	00	0	0	60	80	60	20	00	36	20		
1	20	29.	60.	89.	18.	31.	11.	8.6	17.	19.	51.	22.	87.	8.	37.	89.	449.10	
	7	04	60	70	90	20	70	40	0	80	70	70	10	70	60	43	90	
1	20	77.	69.	105	14.	1.0	0.0	6.6	20.	11.	47.	28.	147	0.	44.	147	529.50	
	8	05	60	90	.00	10	0	0	40	00	30	80	.80	00	13	.80		
1	20	122	57.	99.	33.	5.7	10.	1.0	1.4	17.	82.	69.	88.	1.	49.	122	590.10	
	9	06	.50	90	60	80	0	30	0	00	90	10	90	00	18	.50		
2	20	45.	4.4	64.	22.	20.	0.0	4.6	3.0	5.8	67.	49.	67.	0.	29.	67.	353.30	
	0	07	00	0	00	60	10	0	0	0	30	40	10	00	44	30		
2	20	74.	94.	78.	48.	5.8	1.9	2.1	3.6	32.	37.	43.	73.	1.	41.	94.	495.80	
	1	08	00	40	60	20	0	0	0	00	70	80	70	90	32	40		
2	20	111	96.	90.	71.	5.8	16.	12.	1.6	10.	41.	50.	95.	1.	50.	111	601.90	
	2	09	.00	90	30	00	0	10	20	0	10	00	10	80	60	16	.00	
2	20	26.	116	84.	29.	8.1	0.0	2.4	5.3	20.	39.	69.	65.	0.	38.	116	467.90	
	3	10	40	.60	00	90	0	0	0	70	10	60	80	00	99	.60		
2	20	80.	65.	107	31.	25.	0.0	2.4	3.5	9.3	88.	48.	113	0.	47.	113	575.70	
	4	11	50	90	.40	40	20	0	0	0	80	10	.20	00	98	.20		

2	20	78.	83.	27.	58.	10.	3.4	6.3	4.8	4.0	66.	84.	159	3.	48.	159	587.90
5	12	80	70	90	90	30	0	0	0	0	30	50	.00	40	99	.00	
2	20	64.	98.	127	49.	5.7	27.	13.	27.	4.6	41.	56.	76.	4.	49.	127	593.10
6	13	20	80	.70	60	0	10	40	60	0	70	00	70	60	43	.70	
MÍN		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	16.	0.0	0.0				
		0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	0	0				
PRO		61.	59.	72.	32.	12.	6.5	4.8	7.3	13.	44.	46.	76.				
M		54	47	28	30	14	0	5	5	22	34	81	87				
MÁX		122	116	136	74.	39.	27.	24.	33.	33.	88.	90.	258				
		.50	.60	.30	10	80	10	50	91	30	80	61	.60				

Nota: Se pudo identificar de la estación Chanchan con respecto a los registros de lluvia una cantidad faltante, estos valores fueron interpolados a partir de las distancias con las que se encuentra con respecto a las estaciones Huánuco y Tingo María aplicando un promedio armónico, con lo cual se logra una estimación más precisa de los datos de lluvia.

Tabla 30

Datos pluviométricos de la estación Canchán completos

REGISTRO DE LLUVIAS DE LA ESTACIÓN																	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	MÍ	PR	MÁ	SUMA
		EN	FE	MA	A	M	JU	JU	A	SE	O	N	DIC	N	OM	X	TORIA
		E	B	R	B	AY	N	L	G	T	CT	O	V				
1	19	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.0	25.	15.	55.	0.	8.1	55.	98.02
	88	0	0	0	0	0	0	0	0	1	80	10	11	00	7	11	
2	19	79.	61.	82.	22.	10.	8.3	9.6	0.0	15.	46.	23.	258	0.	51.	258	618.71
	89	40	50	60	10	60	1	0	0	90	70	40	.60	00	56	.60	
3	19	64.	23.	13.	35.	34.	19.	0.2	2.7	10.	76.	82.	50.	0.	34.	82.	414.34
	90	90	40	52	40	51	80	1	0	10	50	60	70	21	53	60	
4	19	15.	28.	0.0	18.	5.0	14.	0.0	0.0	19.	34.	32.	33.	0.	16.	34.	202.61
	91	31	50	0	90	0	80	0	0	70	40	60	40	00	88	40	
5	19	19.	33.	49.	15.	3.0	8.1	0.7	33.	7.0	26.	3.9	5.1	0.	17.	49.	206.28
	92	72	10	90	50	0	0	0	91	0	22	9	4	70	19	90	
6	19	4.5	56.	101	42.	39.	5.2	1.0	2.1	33.	46.	90.	86.	1.	42.	101	509.98
	93	6	21	.30	50	80	0	0	0	30	60	61	80	00	50	.30	
7	19	71.	64.	2.4	50.	16.	1.3	1.2	0.5	2.3	47.	25.	8.0	0.	24.	71.	292.93
	94	40	90	9	30	70	0	0	3	1	90	90	0	53	41	40	
8	19	58.	60.	67.	24.	1.3	2.8	0.0	0.0	14.	16.	21.	47.	0.	26.	67.	314.34
	95	60	80	40	00	4	0	0	0	90	10	00	40	00	19	40	
9	19	51.	31.	42.	74.	13.	1.5	1.6	1.5	7.3	18.	50.	27.	1.	26.	74.	320.30
	96	10	00	50	10	40	0	0	0	0	40	70	20	50	69	10	
1	19	88.	50.	30.	17.	12.	10.	0.0	15.	8.9	29.	27.	55.	0.	28.	88.	346.00
0	97	70	10	10	10	30	50	0	80	0	20	70	60	00	83	70	
1	19	94.	67.	63.	10.	3.3	1.2	0.0	0.5	11.	16.	64.	50.	0.	32.	94.	384.00
1	98	70	20	60	70	0	0	0	0	10	30	50	90	00	00	70	
1	19	83.	94.	136	20.	8.5	4.4	5.2	1.5	23.	16.	44.	75.	1.	42.	136	514.70
2	99	00	20	.30	90	0	0	0	0	60	50	90	70	50	89	.30	
1	20	79.	81.	132	14.	4.6	17.	9.0	22.	12.	26.	31.	83.	4.	42.	132	514.80
3	00	30	70	.90	20	0	60	0	10	40	40	00	60	60	90	.90	
1	20	115	43.	94.	38.	11.	3.0	14.	5.1	12.	52.	87.	70.	3.	45.	115	549.10
4	01	.40	50	80	20	40	0	20	0	70	80	60	40	00	76	.40	
1	20	18.	58.	103	46.	20.	1.7	24.	7.1	12.	65.	35.	39.	1.	36.	103	432.60
5	02	70	40	.80	50	00	0	50	0	10	30	30	20	70	05	.80	
1	20	50.	42.	86.	31.	13.	0.0	0.0	9.7	20.	43.	62.	88.	0.	37.	88.	448.30
6	03	10	40	20	70	00	0	0	0	60	80	60	20	00	36	20	

1	20	29.	60.	89.	18.	31.	11.	8.6	17.	19.	51.	22.	87.	8.	37.	89.	449.10
7	04	60	70	90	20	70	40	0	80	70	70	10	70	60	43	90	
1	20	77.	69.	105	14.	1.0	0.0	6.6	20.	11.	47.	28.	147	0.	44.	147	529.50
8	05	60	90	.00	10	0	0	0	40	00	30	80	.80	00	13	.80	
1	20	122	57.	99.	33.	5.7	10.	1.0	1.4	17.	82.	69.	88.	1.	49.	122	590.10
9	06	.50	90	60	80	0	30	0	0	00	90	10	90	00	18	.50	
2	20	45.	4.4	64.	22.	20.	0.0	4.6	3.0	5.8	67.	49.	67.	0.	29.	67.	353.30
0	07	00	0	00	60	10	0	0	0	0	30	40	10	00	44	30	
2	20	74.	94.	78.	48.	5.8	1.9	2.1	3.6	32.	37.	43.	73.	1.	41.	94.	495.80
1	08	00	40	60	20	0	0	0	0	00	70	80	70	90	32	40	
2	20	111	96.	90.	71.	5.8	16.	12.	1.6	10.	41.	50.	95.	1.	50.	111	601.90
2	09	.00	90	30	00	0	10	20	0	10	00	10	80	60	16	.00	
2	20	26.	116	84.	29.	8.1	0.0	2.4	5.3	20.	39.	69.	65.	0.	38.	116	467.90
3	10	40	.60	00	90	0	0	0	0	70	10	60	80	00	99	.60	
2	20	80.	65.	107	31.	25.	0.0	2.4	3.5	9.3	88.	48.	113	0.	47.	113	575.70
4	11	50	90	.40	40	20	0	0	0	0	80	10	.20	00	98	.20	
2	20	78.	83.	27.	58.	10.	3.4	6.3	4.8	4.0	66.	84.	159	3.	48.	159	587.90
5	12	80	70	90	90	30	0	0	0	0	30	50	.00	40	99	.00	
2	20	64.	98.	127	49.	5.7	27.	13.	27.	4.6	41.	56.	76.	4.	49.	127	593.10
6	13	20	80	.70	60	0	10	40	60	0	70	00	70	60	43	.70	
MÍN	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.0	16.	3.9	5.1				
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	10	9	4				
PRO	61.	59.	72.	32.	12.	6.5	4.8	7.3	13.	44.	46.	77.					
M	71	47	38	30	19	5	8	7	39	34	96	37					
MÁX	122	116	136	74.	39.	27.	24.	33.	33.	88.	90.	258					
	.50	.60	.30	10	80	10	50	91	30	80	61	.60					

Nota: Los valores faltantes fueron reemplazados por los estimados a partir del promedio armónico, con lo cual por ejemplo para setiembre de 1988 se determinó un valor de precipitación acumulada de 2.01 mm debido a que los valores de precipitación en las estaciones de Tingo María y Huánuco se presenta una acumulación de precipitación mínima para el mes de setiembre de 1988.

Tabla 31

Registro de temperaturas máximas estación Canchan

REGISTRO DE TEMPERATURA MÁXIMA DE LA ESTACIÓN CANCHAN																	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	MÍ	PR	M	SUMAT	
	EN	FE	M	AB	M	JU	JU	AG	SE	OC	NO	DI	N	OM	ÁX	ORIA	
	E	B	AR	R	AY	N	L	O	T	T	V	C					
1	19	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	26.	26.	27.	27.	0.0	8.9	27.	107.07	
	88	0	0	0	0	0	0	0	50	12	37	08	0	2	37		
2	19	24.	24.	24.	25.	26.	25.	25.	25.	25.	27.	30.	24.	25.	30.	310.48	
	89	42	48	82	15	15	07	64	72	75	50	07	69	42	87	69	
3	19	25.	27.	27.	26.	26.	24.	25.	25.	25.	25.	24.	24.	25.	27.	310.32	
	90	53	79	17	69	01	27	30	46	91	96	41	81	27	86	79	
4	19	26.	26.	25.	25.	25.	26.	26.	25.	25.	26.	26.	27.	25.	26.	27.	314.61
	91	52	39	01	66	87	23	41	92	88	02	81	88	01	22	88	
5	19	27.	26.	26.	27.	27.	24.	24.	25.	26.	26.						
	92	70	17	14	00	77	83	94	33	47	35						
6	19		26.	24.	25.	26.	26.	25.	25.	25.	25.	24.					
	93	-	06	58	99	02	64	68	44	76	73	07	50				
7	19	25.	25.		26.	27.	26.	25.			26.	26.					
	94	12	00	-	18	57	71	74	-	-	51	28					
8	19	26.	26.	25.	27.		26.	26.	27.	26.	27.	27.					
	95	78	81	30	11	-	50	88	54	99	07	75	06				

9	19	24.	25.	26.	25.	26.	27.	25.	26.	26.	26.	26.	26.	24.	26.	27.	313.19
	96	85	89	28	47	17	02	85	17	62	39	00	48	85	10	02	
1	19	26.	26.	26.	26.	26.	26.	26.	24.	26.	27.	27.	27.	24.	26.	27.	319.77
	0	97	33	17	74	53	12	61	86	85	90	57	65	43	85	65	
1	19	27.	26.	26.	27.	28.	26.	26.	26.	26.	27.	27.	27.	26.	27.	28.	325.10
	1	98	07	82	68	93	31	19	23	58	97	57	46	29	19	09	
1	19	25.	24.	24.	25.	25.	26.	25.	26.	26.	26.	27.	26.	24.	25.	27.	311.63
	2	99	02	76	11	53	82	41	37	14	74	98	91	85	11	97	
1	20	25.	25.	24.	25.	26.	25.	25.	25.	27.	27.	28.	26.	24.	26.	28.	312.65
	3	00	58	09	17	15	74	51	17	66	30	25	49	55	17	05	
1	20	24.	25.	24.	26.	27.	25.	25.	25.	26.	27.	26.	27.	24.	26.	27.	314.88
	4	01	73	55	84	79	05	97	30	96	96	71	79	23	73	24	
1	20	28.	26.	25.	26.	26.	26.	24.	26.	26.	27.	26.	26.	24.	26.	28.	316.47
	5	02	33	04	92	17	11	11	81	18	77	26	10	68	81	37	
1	20	27.	27.	25.	26.	26.	26.	26.	26.	27.	28.	27.	25.	25.	26.	28.	321.73
	6	03	85	28	90	62	18	72	49	30	00	32	44	63	63	81	
1	20	26.	26.	27.	28.	27.	25.	24.	24.	25.	26.	28.	27.	24.	26.	28.	318.40
	7	04	91	43	51	55	32	24	92	09	35	41	46	21	09	53	
1	20	27.	26.	25.	27.	28.	27.	26.	26.	26.	26.	28.	26.	25.	27.	28.	324.01
	8	05	32	91	45	45	32	45	67	85	46	72	36	06	45	00	
1	20	25.	26.	25.	26.	26.	25.	26.	26.	27.	27.	26.	26.	25.	26.	27.	317.06
	9	06	41	41	60	53	61	29	59	57	57	83	29	36	29	42	
2	20	27.	27.	25.	26.	26.	26.	25.	27.	27.	27.	27.	26.	25.	26.	27.	323.25
	0	07	42	94	74	63	73	74	92	20	18	73	43	59	74	94	
2	20	25.	26.	25.	26.	26.	26.	25.	26.	27.	28.	28.	27.	25.	26.	28.	321.50
	1	08	54	17	68	92	54	49	71	87	35	01	59	61	54	79	
2	20	26.	25.	25.	26.	27.	26.	25.	27.	27.	28.	27.	26.	25.	26.	28.	320.07
	2	09	06	69	97	39	05	49	59	15	53	20	95	00	59	67	
2	20	-	-	-	-	-	27.	27.	27.	28.	27.	27.	25.	-	-	-	-
	3	10	-	-	-	-	46	44	99	19	49	17	99	-	-	-	-
2	20	25.	24.	24.	25.	26.	26.	25.	28.	27.	26.	27.	25.	24.	26.	28.	314.28
	4	11	63	41	94	93	66	53	94	01	45	17	33	30	41	19	
2	20	26.	25.	26.	26.	27.	26.	27.	27.	27.	27.	26.	25.	25.	26.	27.	320.73
	5	12	19	23	76	77	60	86	03	54	46	50	79	01	01	73	
2	20	26.	26.	25.	27.	27.	26.	25.	26.	27.	27.	27.	26.	25.	26.	27.	321.76
	6	13	73	23	83	72	43	04	57	20	85	56	66	95	57	81	
MÍN	-	-	-	-	-	-	0.0	0.0	-	-	25.	-	-	-	-	-	
PRO	-	-	-	-	-	-	25.	24.	-	-	27.	-	-	-	-	-	
M	-	-	-	-	-	-	21	92	-	-	00	-	-	-	-	-	
MÁX	-	-	-	-	-	-	27.	27.	-	-	28.	-	-	-	-	-	
							46	44	-	-	32	-	-	-	-	-	

Nota: Al igual que los registros de pluviometría los registros de temperatura máxima y mínima no tienen los valores en su totalidad completos, con ello se determinaron los valores de temperaturas faltantes con la misma metodología del promedio armónico aplicado en los registros de lluvia completando así los valores de temperatura máxima y mínima.

Tabla 32

Registro de temperaturas máximas completas – Canchan

REGISTRO DE TEMPERATURA MÁXIMA DE LA ESTACIÓN CANCHAN																	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	MÍ	PR	M	SUMAT	
	EN	FE	M	AB	M	JU	JU	AG	SE	OC	NO	DI	N	OM	ÁX	ORIA	
	E	B	AR	R	AY	N	L	O	T	T	V	C					
1	19	25.	26.	24.	26.	26.	26.	25.	26.	26.	26.	27.	24.	26.	27.	314.69	
	88	13	07	63	54	79	22	92	32	50	12	37	08	63	22	37	
2	19	24.	24.	24.	25.	26.	25.	25.	25.	25.	25.	27.	30.	24.	25.	30.	
	89	42	48	82	15	15	07	64	72	75	50	07	69	42	87	69	
3	19	25.	27.	27.	26.	26.	24.	25.	25.	25.	25.	24.	24.	25.	27.	310.32	
	90	53	79	17	69	01	27	30	46	91	96	41	81	27	86	79	
4	19	26.	26.	25.	25.	25.	26.	26.	25.	25.	26.	26.	27.	25.	26.	27.	
	91	52	39	01	66	87	23	41	92	88	02	81	88	01	22	88	
5	19	27.	26.	26.	27.	27.	24.	24.	25.	26.	26.	27.	26.	24.	26.	27.	
	92	70	17	14	00	77	83	94	33	47	35	19	63	83	38	77	
6	19	25.	26.	24.	25.	26.	26.	25.	25.	25.	25.	24.	24.	25.	26.	306.60	
	93	13	06	58	99	02	64	68	44	76	73	07	50	50	55	64	
7	19	25.	25.	24.	26.	27.	26.	25.	26.	26.	26.	26.	24.	26.	27.	313.54	
	94	12	00	63	18	57	71	74	32	84	51	28	63	63	13	57	
8	19	26.	26.	25.	27.	26.	26.	26.	27.	26.	27.	27.	25.	26.	27.	322.59	
	95	78	81	30	11	79	50	88	54	99	07	75	06	30	88	75	
9	19	24.	25.	26.	25.	26.	27.	25.	26.	26.	26.	26.	24.	26.	27.	313.19	
	96	85	89	28	47	17	02	85	17	62	39	00	48	85	10	02	
10	19	26.	26.	26.	26.	26.	26.	24.	26.	27.	27.	27.	24.	26.	27.	319.77	
	97	33	17	74	53	12	61	86	85	90	57	65	43	85	65	65	
11	19	27.	26.	26.	27.	28.	26.	26.	26.	27.	27.	27.	26.	27.	28.	325.10	
	98	07	82	68	93	31	19	23	58	97	57	46	29	19	09	31	
12	19	25.	24.	24.	25.	25.	26.	25.	26.	26.	26.	27.	26.	24.	25.	27.	
	99	02	76	11	53	82	41	37	14	74	98	91	85	11	97	91	
13	20	25.	25.	24.	25.	26.	25.	25.	25.	27.	27.	28.	26.	24.	26.	312.65	
	00	58	09	17	15	74	51	17	66	30	25	49	55	17	05	49	
14	20	24.	25.	24.	26.	27.	25.	25.	25.	26.	27.	26.	27.	24.	26.	27.	
	01	73	55	84	79	05	97	30	96	96	71	79	23	73	24	71	
15	20	28.	26.	25.	26.	26.	24.	26.	26.	27.	26.	26.	24.	26.	28.	316.47	
	02	33	04	92	17	11	81	18	77	26	10	68	81	37	33		
16	20	27.	27.	25.	26.	26.	26.	26.	27.	28.	27.	25.	25.	26.	28.	321.73	
	03	85	28	90	62	18	72	49	30	00	32	44	63	63	81	32	
17	20	26.	26.	27.	28.	27.	25.	24.	24.	25.	26.	28.	27.	24.	26.	28.	
	04	91	43	51	55	32	24	92	09	35	41	46	21	09	53	55	
18	20	27.	26.	25.	27.	28.	27.	26.	26.	26.	26.	28.	26.	25.	27.	28.	
	05	32	91	45	45	32	45	67	85	46	72	36	06	45	00	36	
19	20	25.	26.	25.	26.	26.	25.	26.	26.	27.	27.	26.	26.	25.	26.	27.	
	06	41	41	60	53	61	29	59	57	57	83	29	36	29	42	83	
20	20	27.	27.	25.	26.	26.	26.	25.	27.	27.	27.	27.	26.	25.	26.	27.	
	07	42	94	74	63	73	74	92	20	18	73	43	59	74	94	94	
21	20	25.	26.	25.	26.	26.	26.	25.	26.	27.	28.	28.	27.	25.	26.	28.	
	08	54	17	68	92	54	49	71	87	35	01	59	61	54	79	59	
22	20	26.	25.	25.	26.	27.	26.	25.	27.	27.	28.	27.	26.	25.	26.	28.	
	09	06	69	97	39	05	49	59	15	53	20	95	00	59	67	20	
23	20	25.	26.	24.	26.	26.	27.	27.	27.	28.	27.	27.	25.	24.	26.	28.	
	10	13	07	63	54	79	46	44	99	19	49	17	99	63	74	19	
24	20	25.	24.	24.	25.	26.	26.	25.	28.	27.	26.	27.	25.	24.	26.	28.	
	11	63	41	94	93	66	53	94	01	45	17	33	30	41	19	01	
25	20	26.	25.	26.	26.	27.	26.	27.	27.	27.	27.	26.	25.	25.	26.	27.	
	12	19	23	76	77	60	86	03	54	46	50	79	01	01	73	60	

2	20	26.	26.	25.	27.	27.	26.	25.	26.	27.	27.	27.	26.	25.	26.	27.	321.76
6	13	73	23	83	72	43	04	57	20	85	56	66	95	57	81	85	
MÍN		24.	24.	24.	25.	25.	24.	24.	24.	25.	25.	25.	24.				
		42	41	11	15	82	27	81	09	35	50	07	50				
PRO		26.	26.	25.	26.	26.	26.	25.	26.	26.	27.	27.	26.				
M		09	07	58	54	79	22	92	32	84	00	19	63				
MÁX		28.	27.	27.	28.	28.	27.	27.	28.	28.	28.	28.	30.				
		33	94	51	55	32	46	44	01	19	32	59	69				

Nota: Con los valores de temperatura máxima de las estaciones Tingo María y Huánuco se lograron estimar por ejemplo el valor de temperatura máxima para el mes de mayo de 1995 con lo cual se determinó en 26.79°C.

El proceso de completar los datos faltantes se repitió para las estaciones Huánuco y Tingo María en los periodos que no se cuente con un registro claro del parámetro que se requiera caracterizar, todas las tablas con los valores completados fueron adjuntados en los anexos de la investigación. Con todos los registros completos para las estaciones de Huánuco, Canchán y Tingo María se procedió a trasladar los valores de precipitación y temperatura al centroide identificado de la cuenca del río Monzón, con lo cual se obtuvieron los siguientes resultados:

Tabla 33

Registro de datos de precipitación en el centroide de la cuenca

REGISTRO DE LLUVIAS DE LA ESTACIÓN CENTROIDE																	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	MÍ	PR	MÁ	SUMA
		EN	FE	MA	AB	MA	JU	JU	AG	SE	OC	NO	DI	N	O	X	TORIA
		E	B	R	R	Y	N	L	O	T	T	V	C		M		
1	19 88	32 7.7 6	22 9.0 7	19 6.8 5	14 2.2 3	15 3.0 7	27. 42	47. 17	8.4 3	0.1 3	12 1	11 2	18 7	19 43	8. 5.2 6	14 7.7 6	32 1743.1 3
2	19 89	21 2.7 6	28 4.8 9	28 3.4 2	31 0.5 6	54. 56	52. 23	86. 28	68. 28	10 5	15 8	14 0	16 5	52 3	16 0.5 6	31 0.5 6	1926.7 7
3	19 90	38 4.8 8	15 0.9 5	13 0.8 1	14 2.2 9	15 3.6 5	10 6.5 4	14 8.1 6	48. 99	68. 79	24 5	22 3	26 6	48 9	17 2.2 0	38 4.8 8	2066.4 1
4	19 91	30 3.4 5	15 9.7 4	22 7.8 2	19 5.3 6	73. 25	10 9.8 2	35. 39	21. 73	61. 39	18 9	24 6	22 6	21 3	15 3.3 4	30 3.4 5	1840.0 6
5	19 92	18 9.4 8	24 8.9 8	25 2.9 9	25 3.9 0	17 4.8 8	16 6.7 1	41. 03	21 4.6 7	17 5.4 8	29 0.5 3	24 2.2 8	30 6.4 9	41 .0 3	21 3.1 2	30 6.4 9	2557.4 2
6	19 93	27 1.9 1	14 6.2 9	20 3.3 7	16 9.0 1	15 0.8 9	49. 39	11 7.8 8	13 4.4 8	20 8.0 9	14 9.2 8	33 8.1 7	35 2.3 7	49 .3 9	19 0.9 3	35 2.3 7	2291.1 1
7	19 94	41 7.8 5	31 0.5 2	15 4.4 2	19 5.0 2	10 3.0 6	39. 04	94. 61	31. 34	14 2.4 9	19 7.3 3	17 1.5 8	47 8.6 4	31 .3 4	19 4.6 6	47 8.6 4	2335.9 1
8	19 95	23 5.8 5	20 9.8 7	33 5.3 5	10 6.4 4	79. 38	42. 82	88. 20	41. 82	89. 95	23 2.8 8	19 1.7 7	30 3.1 3	41 .8 2	16 3.1 2	33 5.3 5	1957.4 5

9	19	31	23	16	28	16	88.	26.	72.	12	16	18	11	26	16	31	1935.7
	96	5.9	5.4	8.0	2.3	1.5	08	65	74	8.1	2.5	2.3	1.7	.6	1.3	5.9	2
		7	5	7	5	1				8	3	9	8	5	1	7	
1	19	25	16	18	13	18	10	87.	57.	14	13	22	44	57	17	44	2109.5
	0	8.7	1.6	2.3	2.6	3.0	2.3	50	91	1.8	1.9	1.0	8.4	.9	5.8	8.4	9
		5	6	7	6	9	8			5	4	3	5	1	0	5	
1	19	23	20	31	26	17	90.	33.	55.	96.	13	26	18	33	17	31	2053.1
	1	1.2	9.5	6.7	2.2	2.5	78	98	40	80	6.4	6.9	0.5	.9	1.0	6.7	3
		3	2	0	0	7				6	3	7	8	9	0		
1	19	36	31	36	13	19	11	11	39.	79.	50.	22	23	39	18	36	2221.5
	2	1.6	8.5	5.5	4.0	2.0	0.1	6.0	32	07	31	2.6	1.9	.3	5.1	5.5	1
		3	4	4	9	9	9	3		9	9	9	9	2	3	4	
1	20	26	27	34	11	11	18	11	43.	10	10	12	24	43	16	34	2020.2
	3	8.4	7.6	8.1	1.2	87.	8.8	2.4	82	3.7	6.3	6.0	5.5	.8	8.3	8.1	7
		8	7	4	0	94	4	6		3	9	4	5	2	6	4	
1	20	28	19	37	11	12	11	11	27.	10	13	29	20	27	17	37	2069.3
	4	9.2	7.1	9.8	8.9	9.8	75.	2.0	11	7.9	5.5	6.0	0.1	.1	2.4	9.8	6
		5	7	3	8	2	46	7		4	3	3	8	1	5	3	
1	20	18	36	27	19	24	86.	11	85.	83.	18	30	29	83	20	36	2423.8
	5	5.2	3.6	3.4	9.0	7.0	81	8	73	25	7.4	3.6	1.1	.2	1.9	3.6	6
		8	9	1	7	2					3	3	5	5	9	9	
1	20	15	27	23	18	20	13	57.	14	13	16	21	38	57	19	38	2300.5
	6	7.9	9.8	1.2	8.4	4.2	1.5	63	7.6	1.8	9.9	9.8	0.3	.6	1.7	0.3	1
		8	6	3	5	7	5		3	7	1	0	4	3	1	4	
1	20	18	19	27	11	11	93.	51.	48.	11	18	28	22	48	15	28	1913.3
	7	6.4	1.8	7.3	1.9	93.	51.	8.7	24	9.1	6.0	1.7	6.5	.2	9.4	1.7	8
		9	8	7	8	63	56	4		6	1	4	8	4	5	4	
1	20	16	20	35	73.	86.	10	33.	53.	12	16	13	38	33	15	38	1890.0
	8	4.9	5.7	8.0	07	17	7.9	98	99	1.0	9.9	1.9	3.2	.9	7.5	3.2	3
		5	4	4			2			6	6	1	5	8	0	5	
1	20	20	32	26	17	59.	74.	41.	68.	12	25	30	36	41	18	36	2269.2
	9	7.7	6.8	9.1	2.9	01	02	40	40	2.3	3.0	8.1	6.2	.4	9.1	6.2	3
		2	0	1	2					7	8	9	2	0	0	2	
2	20	31	15	29	18	11	7.5	99.	56.	18	17	31	7.	16	31	1969.4	
	0	9.7	0.2	5.8	4.0	3.7	1	88	19	0.7	8.6	2.4	51	4.1	9.7	9	
		9	4	7	3	8				9	8	2	2	2	9		
2	20	26	34	20	13	71.	62.	12	32.	10	20	93.	23	32	15	34	1901.9
	1	9.1	6.7	8.7	1.1	19	58	1	95	8.6	8.6	24	9.3	.9	8.5	6.7	7
		8	7	7	6					3	8		1	5	0	7	
2	20	31	26	21	19	19	10	99.	87.	10.	95.	24	31	10	17	31	2143.7
	2	5.1	6.4	1.7	0.0	7.9	0.3	76	47	54	71	9.6	8.9	.5	8.6	8.9	2
		1	1	6	7	1	8					4	6	4	4	6	
2	20	18	38	24	16	11	62.	75.	34.	61.	11	29	20	34	16	38	1935.2
	3	3.8	3.9	7.0	1.3	3.0	04	05	37	95	7.6	3.0	1.9	.3	1.2	3.9	8
		7	1	5	9	1				9	1	3	7	7	1		
2	20	29	33	37	23	12	73.	64.	39.	16	13	23	23	39	19	37	2320.7
	4	6.3	9.7	3.6	4.1	3.5	90	91	59	7.5	2.2	8.8	6.3	.5	3.3	3.6	3
		5	6	2	4	0				8	0	2	6	9	9	2	
2	20	24	28	27	23	74.	88.	33.	23.	55.	25	30	30	23	17	30	2089.0
	5	9.9	6.7	9.1	3.2	45	74	33	32	29	0.7	9.5	4.5	.3	4.0	4.5	6
		1	0	2	8					5	9	7	2	9	7		
2	20	27	30	28	26	11	10	63.	15	11	30	18	27	63	20	30	2443.0
	6	3.6	8.4	0.4	3.2	9.5	7.3	93	6	3	1.7	2.3	4.5	.9	3.5	8.4	4
		4	4	8	1	9	1			6	3	6	7	2	3	4	
MÍN		15	14	13	73.	54.	7.5	26.	8.4	10.	50.	93.	11	1.7			
		8	9	1	07	56	1	65	3	54	31	24	8				

PRO M	26	25	26	18	12	84.	80.	65.	10	17	22	27
	4.6	3.4	3.5	0.7	9.7	77	88	30	7.5	4.8	0.9	8.4
	0	8	2	3	4				8	9	7	6
MÁX	41	38	37	31	24	18	14	21	20	30	33	47
	7.8	3.9	9.8	0.5	7.0	8.8	8.1	4.6	8.0	1.7	8.1	8.6
	5	1	3	6	2	4	6	7	9	6	7	4

Nota: Los valores de precipitación estimados para la cuenca del río Monzón se estimaron a partir de las tres estaciones cercanas, con este registro se pudo identificar que la precipitación máxima acumulada mensual es de 157.98 el cual corresponde al mes de enero.

Figura 22

Análisis de valores dudosos anuales promedio



Nota: Del total de los 26 años analizados y del valor del factor Kn de 2.502, se pudo determinar que el límite superior es de 223.43 mm y el valor del límite inferior se pudo estimar en 136.41 mm con lo cual se pudo caracterizar que los valores promedio de caudal acumulado mensual se encuentra con una consistencia adecuada y no se identificaron datos anómalos.

Tabla 34

Temperaturas máximas en el centroide de la cuenca

REGISTRO DE TEMPERATURA MÁXIMA DE LA ESTACIÓN CENTROIDE																
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	MÍ	PR	M	SUMAT
	EN	FE	M	AB	M	JU	JU	AG	SE	OC	NO	DI	N	OM	ÁX	ORIA
	E	B	AR	R	AY	N	L	O	T	T	V	C				
1	19	27.	28.	27.	28.	28.	27.	27.	28.	28.	28.	27.	27.	28.	28.	337.20
	88	60	80	69	09	41	67	41	87	52	38	28	50	41	10	87
2	19	26.	26.	26.	27.	27.	26.	27.	27.	28.	27.	28.	29.	26.	27.	29.
	89	45	39	63	21	52	89	18	94	19	52	64	41	39	50	41
3	19	27.	28.	28.	28.	27.	26.	27.	28.	28.	27.	27.	27.	26.	27.	28.
	90	12	47	41	56	72	97	02	26	22	72	00	13	97	72	56
4	19	27.	27.	26.	28.	28.	28.	27.	27.	27.	27.	27.	28.	26.	27.	28.
	91	48	80	72	29	54	15	32	53	86	34	70	66	72	78	66
5	19	28.	27.	27.	28.	29.	27.	27.	27.	28.	27.	28.	27.	27.	27.	29.
	92	54	14	98	33	03	51	33	65	23	98	19	82	14	98	03
6	19	27.	27.	26.	28.	28.	28.	27.	27.	28.	27.	27.	27.	26.	27.	28.
	93	55	64	77	19	31	22	87	89	25	87	47	27	77	78	31
7	19	27.	27.	27.	27.	28.	27.	27.	28.	28.	27.	28.	27.	28.	28.	28.
	94	35	18	71	97	94	61	37	34	78	71	83	32	18	01	94
8	19	28.	28.	27.	29.	28.	28.	28.	29.	29.	28.	28.	28.	27.	28.	29.
	95	32	17	24	00	62	25	36	07	19	67	80	45	24	51	19

9	19	26.	27.	27.	27.	28.	28.	27.	28.	28.	28.	28.	27.	26.	27.	28.	335.15
	96	69	41	86	59	09	31	78	12	89	47	15	79	69	93	89	
1	19	27.	27.	28.	28.	28.	27.	28.	27.	29.	29.	28.	28.	27.	28.	29.	339.00
0	97	00	35	02	61	01	95	63	62	08	46	72	56	00	25	46	
1	19	28.	28.	28.	29.	29.	28.	28.	29.	29.	29.	28.	28.	28.	28.	29.	347.11
1	98	97	93	89	45	44	12	56	15	15	34	71	42	12	93	45	
1	19	26.	26.	26.	27.	27.	27.	27.	27.	28.	29.	29.	28.	26.	27.	29.	333.32
2	99	65	81	34	69	51	81	41	92	64	04	33	17	34	78	33	
1	20	27.	26.	26.	27.	28.	27.	27.	28.	28.	29.	29.	28.	26.	27.	29.	334.14
3	00	22	72	27	27	45	55	04	28	71	00	47	15	27	85	47	
1	20	26.	27.	27.	28.	28.	27.	27.	28.	29.	29.	28.	28.	26.	28.	29.	338.15
4	01	82	48	11	83	51	80	83	26	03	43	18	87	82	18	43	
1	20	29.	27.	27.	28.	28.	27.	27.	28.	28.	28.	27.	28.	27.	28.	29.	338.72
5	02	05	48	92	45	36	98	09	54	70	93	96	26	09	23	05	
1	20	28.	28.	28.	28.	28.	28.	28.	28.	28.	30.	29.	27.	27.	28.	30.	342.75
6	03	88	39	00	43	36	42	13	11	86	00	34	83	83	56	00	
1	20	28.	27.	29.	29.	28.	27.	27.	26.	27.	28.	28.	28.	26.	28.	29.	337.91
7	04	92	88	09	38	64	24	06	51	62	54	71	32	51	16	38	
1	20	29.	29.	27.	29.	29.	28.	28.	29.	28.	28.	29.	27.	27.	28.	29.	345.68
8	05	21	05	66	03	39	79	21	26	94	75	77	61	61	81	77	
1	20	27.	28.	27.	28.	28.	27.	28.	28.	29.	29.	28.	27.	27.	28.	29.	340.54
9	06	66	03	61	79	36	78	86	89	49	32	07	67	61	38	49	
2	20	28.	28.	27.	28.	28.	28.	28.	28.	29.	29.	29.	28.	27.	28.	29.	343.24
0	07	33	46	69	73	62	84	07	76	34	09	05	26	69	60	34	
1	20	27.	27.	27.	28.	28.	28.	28.	28.	28.	29.	29.	28.	27.	28.	29.	339.09
1	08	47	23	09	37	13	05	00	98	93	08	58	18	09	26	58	
2	20	27.	27.	27.	28.	28.	28.	28.	29.	28.	29.	29.	27.	27.	28.	29.	339.89
2	09	48	45	68	19	76	12	03	17	54	85	17	45	45	32	85	
2	20	27.	28.	28.	29.	29.	28.	28.	29.	30.	29.	29.	27.	27.	28.	30.	347.45
3	10	93	27	95	19	06	99	81	78	11	44	01	91	91	95	11	
2	20	27.	26.	27.	28.	28.	28.	28.	29.	29.	28.	29.	27.	26.	28.	29.	338.10
4	11	08	20	23	57	60	38	52	51	16	09	19	57	20	18	51	
2	20	28.	26.	28.	28.	29.	28.	28.	29.	29.	29.	29.	27.	26.	28.	29.	343.88
5	12	39	73	78	58	19	71	65	38	42	40	22	43	73	66	42	
2	20	29.	27.	27.	29.	28.	27.	27.	28.	29.	29.	28.	28.	27.	28.	29.	343.75
6	13	42	72	68	37	72	96	90	63	88	07	65	76	68	65	88	
MÍN		26.	26.	26.	27.	27.	26.	27.	26.	27.	27.	27.	27.				
		45	20	27	21	51	89	02	51	62	34	00	13				
PRO		27.	27.	27.	28.	28.	28.	27.	28.	28.	28.	28.	28.				
M		83	66	65	47	51	00	86	48	83	79	62	07				
MÁX		29.	29.	29.	29.	29.	28.	28.	29.	30.	30.	29.	29.				
		42	05	09	45	44	99	86	78	11	00	77	41				

Nota: Los valores de temperatura máxima se interpolaron para el centroide de la cuenca, con ello se pudo determinar los valores máximos de temperatura siendo que del registro histórico se tiene una temperatura máxima de 30°C correspondiente al mes de octubre.

Tabla 35

Cálculo de la evapotranspiración por Thornthwaite

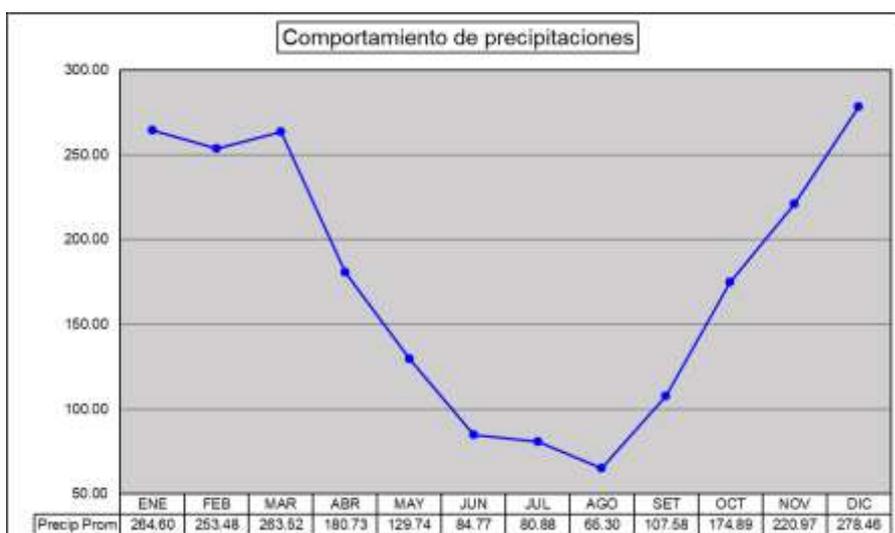
REGISTRO DE EVAPOTRANSPIRACIÓN M-THORNTHWAITE DE LA ESTACIÓN CENTROIDE																	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	MÍ	PR	M	SUMAT	
	EN	FE	M	AB	M	J	J	AG	SE	OC	NO	DI	N	OM	ÁX	ORIA	
	E	B	AR	R	AY	U	U	O	T	T	V	C					
1	19	11.	11.	10.	10.	10.	7.	7.	9.6	10.	11.	11.	10.	7.	10.	11.	122.34
	88	55	20	97	41	40	93	46	4	01	28	04	46	46	19	55	

2	19	10.	9.1	10.	10.	9.8	8.	7.	9.5	10.	11.	12.	16.	7.	10.	16.	125.83
	89	32	9	31	29	4	24	76	4	51	11	22	49	76	49	49	
3	19	10.	11.	11.	11.	10.	8.	8.	9.3	10.	11.	9.9	10.	8.	10.	11.	123.29
	90	45	16	95	29	01	64	25	1	37	30	7	58	25	27	95	
4	19	11.	10.	10.	11.	10.	9.	7.	8.1	9.4	10.	11.	13.	7.	10.	13.	125.00
	91	91	78	80	35	81	37	23	6	1	41	53	24	23	42	24	
5	19	12.	9.3	11.	10.	11.	8.	7.	8.8	10.	10.	10.	11.	7.	10.	12.	123.20
	92	17	5	33	80	31	88	91	8	24	09	56	70	91	27	17	
6	19	11.	10.	10.	10.	10.	9.	9.	9.0	10.	11.	11.	10.	9.	10.	11.	123.17
	93	17	18	20	93	70	02	03	4	37	16	19	17	02	26	19	
7	19	11.	9.9	11.	10.	10.	7.	7.	8.7	10.	11.	10.	12.	7.	10.	12.	123.43
	94	27	5	06	67	87	96	82	5	20	25	88	74	82	29	74	
8	19	10.	9.7	9.6	10.	9.3	8.	8.	9.2	10.	10.	11.	11.	8.	10.	11.	120.67
	95	94	7	1	82	0	36	47	6	09	86	67	52	36	06	67	
9	19	11.	10.	11.	10.	10.	9.	7.	9.6	10.	11.	9.8	11.	7.	10.	11.	123.56
	96	05	37	88	66	43	20	80	3	00	20	3	50	80	30	88	
10	19	9.4	8.9	10.	10.	9.4	8.	8.	8.5	10.	12.	12.	12.	8.	10.	12.	121.31
	97	6	6	58	01	8	24	27	0	48	57	05	69	24	11	69	
11	19	12.	11.	11.	11.	9.5	7.	7.	8.9	8.8	10.	10.	9.8	7.	9.9	12.	119.49
	98	21	09	90	57	7	58	39	6	7	46	05	4	39	6	21	
12	19	10.	9.3	9.5	9.9	9.6	8.	8.	9.0	10.	12.	13.	12.	8.	10.	13.	123.56
	99	33	0	5	2	3	98	39	6	80	10	14	34	39	30	14	
13	20	10.	8.8	9.4	9.7	10.	8.	7.	9.5	10.	11.	13.	11.	7.	10.	13.	122.57
	00	39	3	8	6	49	72	90	2	69	72	19	87	90	21	19	
14	20	9.7	9.2	9.8	10.	10.	7.	8.	8.3	10.	12.	11.	12.	7.	10.	12.	121.47
	01	2	4	4	29	27	99	76	9	35	66	38	59	99	12	66	
15	20	11.	9.3	10.	10.	9.9	8.	8.	8.9	9.8	11.	10.	11.	8.	10.	11.	120.56
	02	88	9	50	54	2	09	16	4	1	17	37	78	09	05	88	
16	20	11.	9.9	10.	9.7	9.3	8.	7.	8.7	9.3	12.	11.	10.	7.	10.	12.	120.20
	03	82	9	13	3	3	12	65	4	7	77	90	64	65	02	77	
17	20	12.	9.6	12.	11.	10.	7.	8.	6.9	8.4	11.	11.	12.	6.	10.	12.	121.86
	04	20	9	28	09	25	60	01	7	0	38	89	10	97	15	28	
18	20	11.	10.	10.	10.	10.	8.	7.	8.6	9.4	10.	11.	10.	7.	9.9	11.	119.30
	05	74	76	09	61	45	42	21	7	0	27	62	05	21	4	74	
19	20	10.	9.9	10.	10.	8.7	8.	8.	9.6	10.	12.	10.	11.	8.	10.	12.	120.41
	06	45	5	22	33	7	22	13	8	44	27	71	24	13	03	27	
20	20	11.	10.	9.9	10.	10.	8.	8.	8.7	9.6	10.	11.	10.	8.	9.9	11.	119.49
	07	35	06	7	12	04	25	11	3	8	82	42	93	11	6	42	
21	20	10.	9.1	9.4	10.	9.4	8.	8.	10.	9.7	11.	12.	11.	8.	10.	12.	120.96
	08	66	9	3	03	9	16	15	16	8	69	74	49	15	08	74	
22	20	10.	9.0	9.9	9.7	9.9	8.	8.	10.	9.1	12.	11.	10.	8.	9.9	12.	119.92
	09	23	9	3	8	5	24	35	13	1	39	88	83	24	9	39	
23	20	10.	9.6	11.	10.	10.	8.	8.	9.0	10.	10.	10.	9.6	8.	9.8	11.	118.15
	10	37	7	29	49	15	60	05	4	11	47	22	9	05	5	29	
24	20	9.9	7.9	9.9	10.	10.	8.	9.	10.	10.	10.	12.	10.	7.	10.	12.	120.90
	11	5	8	0	10	43	90	02	09	46	95	29	83	98	08	29	
25	20	11.	8.3	10.	10.	10.	8.	7.	9.4	9.6	11.	11.	10.	7.	10.	11.	120.14
	12	05	6	78	16	30	59	91	5	5	65	97	28	91	01	97	
26	20	11.	9.0	10.	10.	9.7	8.	7.	8.8	10.	11.	10.	11.	7.	9.9	11.	119.34
	13	92	4	07	30	9	33	57	6	03	33	57	55	57	5	92	
MÍN	9.4	7.9	9.4	9.7	8.7	7.	7.	6.9	8.4	10.	9.8	9.6					
	6	8	3	3	7	58	21	7	0	09	3	9					
PRO	11.	9.7	10.	10.	10.	8.	8.	9.0	9.9	11.	11.	11.					
M	02	1	54	46	08	41	03	8	5	36	40	51					
MÁX	12.	11.	12.	11.	11.	9.	9.	10.	10.	12.	13.	16.					
	21	20	28	57	31	37	03	16	80	77	19	49					

Nota: Aplicando la metodología de Thornthwaite quien aplica el valor de la temperatura promedio de la cuenca se pudo estimar que el mayor valor de la evapotranspiración de 16.40 el cual corresponde para el mes de diciembre.

Figura 23

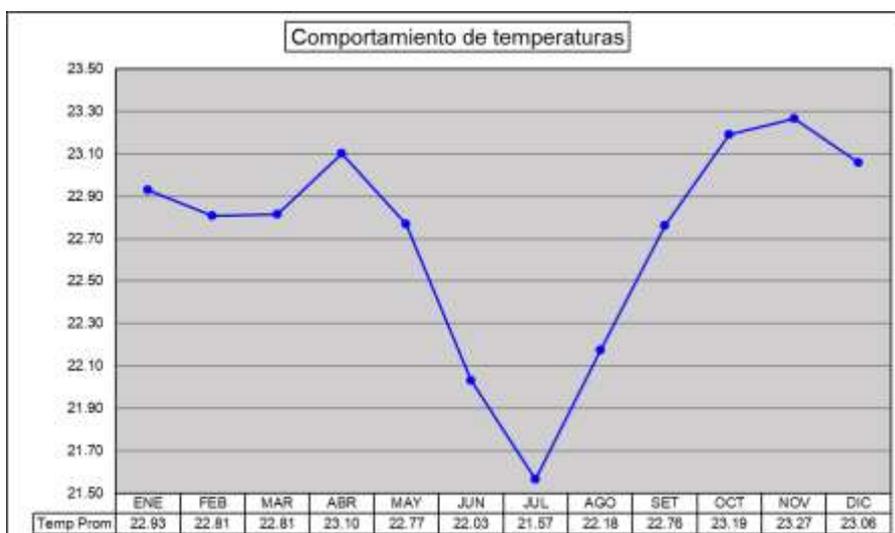
Comportamientos mensuales de precipitación:



Nota: De la caracterización de los valores promedio de precipitación por meses evidenciando que las precipitaciones altas comprenden los meses de octubre a abril dando así una caracterización para el aprovechamiento de los caudales.

Figura 24

Comportamiento de temperaturas



Nota: De la caracterización de valores de temperatura promedio se pudo identificar que entre los meses de mayo a setiembre se registra la baja de temperaturas el cual se relaciona directamente con la generación de precipitaciones a partir de la evaporación causada por los incrementos de temperatura, evidenciado así una relación entre las temperaturas y precipitación como se muestra en las figuras.

4.1.3. MÉTODO GR2M PARA CAUDALES

El modelo planteado por el CEMAGREF, se pudo determinar a partir de la hoja de cálculo elaborada por la institución, el modelo GR2M utiliza información de precipitación, evapotranspiración y caudales observados en el punto de aforo, con lo cual se pudo determinar los siguientes resultados para la cuenca del río Monzón:

Tabla 36

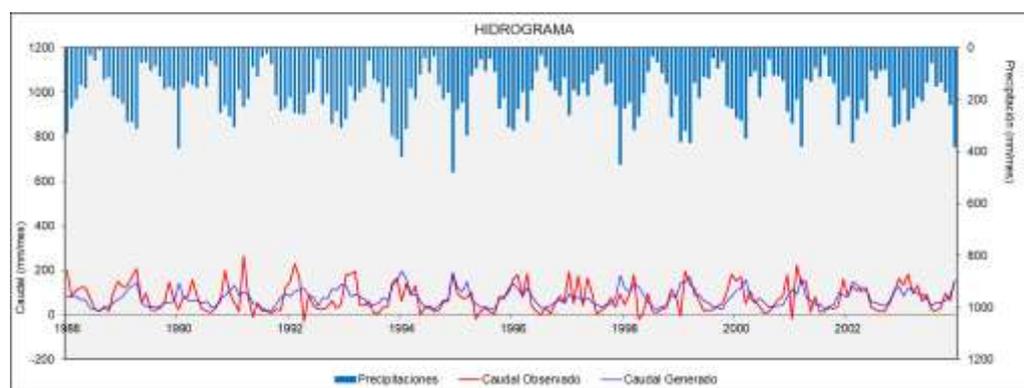
Parámetros del modelo GR2M

Nombre de la cuenca	Cuenca Monzón	
Superficie de la cuenca (km²)		2566.96
Parámetros del modelo	Transf.	Réels
x1: Res. salida (mm)	7.22	1359.86
x2: Parámetro de intercambio (mm)	0.57	0.57
Valores iniciales		
Nivel de llenado inicial S0 (máx.: x1 mm)		679.93
Nivel de llenado inicial R0 (máx.: 60 mm)		30
Periodo		
Duración del período de puesta en marcha (meses)		12
Duración del período de prueba (meses)		179
Fecha de salida		01/1989
Fecha final		12/2003
Precipitación media observada (mm/mes)		177.3
Promedio de FTE observados (mm/mes)		10.2
Caudales promedio observados (mm/mes)		78.8
Promedio de las raíces de los caudales observados		8.2
Promedio de los flujos logarítmicos observados		4.0
Criterios de eficacia (%)		
Nash(Q)		36.5
Nash(VQ)		41.3
Nash(ln(Q))		36.4
Bilan		99.5

Nota: Para la estimación de caudales por el modelo GR2M se requiere del valor de la cuenca a fin de poder estimar los caudales, el modelo se basa en la estimación de los parámetros X1 y X2 de ajuste con lo cual se generen los valores de caudal simulado con un valor aceptable de Nash, en el modelo se tiene en consideración un periodo de puesta en marcha del modelo de 12 meses el cual comprende desde el enero de 1988 a diciembre del mismo año, la duración del periodo de prueba se estimó en el periodo que comprende desde enero de 1989 a diciembre del 2003, en la caracterización de la estimación de caudales por este modelo se pudo estimar que el valor de Nash es de 36.5 el cual se clasifica como Satisfactorio en el ajuste.

Figura 25

Gráfica de caudales y precipitaciones por el modelo GR2M



Nota: De la gráfica se puede ver que el ajuste si bien no es del más preciso con los caudales observados estos se encuentran en un nivel satisfactorio, como se puede ver en la figura en el periodo de 1994 a 1995 el ajuste de caudales es casi perfecto sin embargo para los otros periodos temporales el ajuste no es muy preciso.

Tabla 37

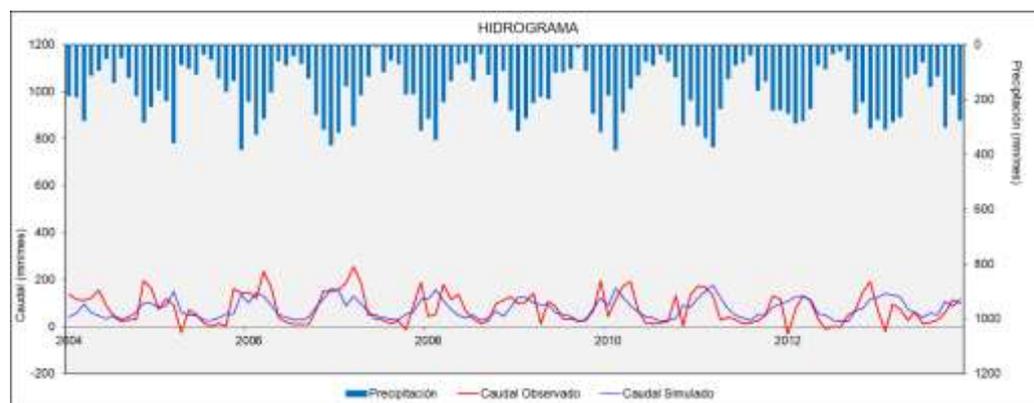
Parámetros de del modelo validado GR2M

Nombre de la cuenca	Cuenca Monzón	
Superficie de la cuenca (km²)	2566.96	
Parámetros del modelo	Transf.	Réels
x1: Res. salida (mm)	7.22	1359.86
x2: Parámetro de intercambio (mm)	0.57	0.57
Valores iniciales		
Nivel de llenado inicial S0 (máx.: x1 mm)	679.93	
Nivel de llenado inicial R0 (máx.: 60 mm)	30	
Periodo		
Duración del período de puesta en marcha (meses)	0	
Duración del período de prueba (meses)	119	
Fecha de salida	01/2004	
Fecha final	12/2013	
Precipitación media observada (mm/mes)	173.1	
Promedio de FTE observados (mm/mes)	10.0	
Caudales promedio observados (mm/mes)	83.6	
Promedio de las raíces de los caudales observados	8.4	
Promedio de los flujos logarítmicos observados	4.1	
Criterios de eficacia (%)		
Nash(Q)	36.5	
Nash(VQ)	42.2	
Nash(ln(Q))	37.2	
Bilan	91.4	

Nota: En el periodo de validación no hay necesidad de colocar un periodo de puesta en marcha y se toma directamente los 119 meses para el periodo de prueba, estos meses comprende el periodo entre enero del 2004 a diciembre del 2013 con lo cual se completa la serie de datos obtenidos en la caracterización de la precipitación, con dichos valores se pudo identificar un valor de Nash de 36.5 estando en un rango aceptable de ajuste.

Figura 26

Gráfica de caudales y precipitaciones por el modelo GR2M validado



Nota: En el periodo de validación se puede observar que el ajuste es mejor que el que se pudo observar en la serie inicial con lo cual se pudo determinar que el modelo es válido en la ejecución de la obtención de caudales promedio.

Tabla 38

Valores de Caudal simulado por el modelo GR2M

REGISTRO DE CAUDALES POR GR2M DEL CENTROIDE																	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	MÍ	PR	MÁ	SUMA	
	EN	FE	MA	AB	MA	JU	JU	A	SE	OC	NO	DI	N	OM	X	TORIA	
	E	B	R	R	Y	N	L	G	T	T	V	C					
1	19 88	80. 31	85. 74	83. 78	67. 86	67. 64	32 .1	27 .5	16 .8	32 .0	36. 12	57. 65	70. 59	16 .8	54. 85	85. 74	658.24
2	19 89	84. 10	11 6.7	12 7.5	14 3.3	53. 91	38 .7	39 .8	33 .3	39 .1	53. 31	56. 38	61. 47	33 .3	70. 65	14 3.3	847.76
3	19 90	14 3.1	82. 11	66. 68	64. 73	66. 39	52 .4	60 .3	34 .8	32 .1	77. 54	87. 79	10 9.0	32 .1	73. 10	14 3.1	877.20
4	19 91	13 3.1	86. 21	10 1.8	92. 22	50. 49	50 .7	29 .9	20 .7	23 .2	49. 46	80. 04	91. 36	20 .7	67. 45	13 3.1	809.41
5	19 92	84. 17	10 5.4	11 3.2	11 6.8	89. 01	80 .6	39 .5	78 .0	75 .7	11 6.9	11 1.4	13 7.2	39 .5	95. 69	13 7.2	1148.23
6	19 93	12 9.9	82. 61	92. 69	80. 92	71. 69	39 .1	47 .7	52 .9	76 .4	66. 05	13 0.3	15 7.6	39 .1	85. 69	15 7.6	1028.24

7	19	19	15	92.	94.	60.	35	40	25	43	65.	67.	18	25	88.	19	1064.6
	94	6.2	9.0	20	02	55	.0	.0	.0	.5	69	82	5.4	.0	72	6.2	4
		9	1				2	2	0	4			9	0		9	
8	19	12	10	14	71.	50.	33	36	25	31	69.	74.	11	25	73.	14	886.04
	95	1.4	5.1	9.7	30	18	.1	.8	.7	.1	19	04	8.0	.7	84	9.7	7
		9	6	7			3	0	7	1			8	7		7	
9	19	13	11	87.	12	84.	54	30	32	43	56.	68.	52.	30	74.	13	888.11
	96	9.2	5.7	42	2.3	83	.4	.4	.4	.7	63	33	41	.4	01	9.2	5
		5	5		6		5	8	2	9			8	8		5	
1	19	94.	75.	79.	64.	76.	54	44	33	48	50.	78.	17	33	72.	17	875.61
	97	71	72	74	43	33	.0	.4	.1	.5	36	06	6.0	.1	97	6.0	7
							5	3	2	7			7	2		7	
1	19	11	10	14	12	91.	57	33	30	35	46.	89.	78.	30	79.	14	952.95
	98	8.0	3.6	0.7	6.7	60	.5	.5	.0	.7	28	89	94	.0	41	0.7	8
		7	5	8	9		7	1	8	8				8		8	
1	19	14	14	17	85.	91.	62	56	32	34	26.	64.	84.	26	83.	17	1006.1
	99	5.8	8.8	3.0	63	73	.4	.6	.7	.1	25	09	68	.2	85	3.0	9
		9	7	8			6	0	8	2				5		8	
1	20	10	12	15	74.	53.	76	56	33	40	41.	46.	83.	33	74.	15	894.96
	3	8.6	2.7	7.3	34	62	.1	.9	.8	.5	41	12	19	.8	58	7.3	5
		8	2	5			9	5	8	0				8		5	
1	20	11	16	76.	67.	46	48	27	37	46.	99.	87.	27	75.	16	907.63	
	4	4.9	94.	2.2	76	05	.0	.7	.0	.3	34	44	64	.0	64	2.2	6
		9	01	6			0	7	0	6				0		6	
1	20	83.	14	13	10	11	59	57	45	39	64.	11	12	39	90.	14	1087.1
	5	20	9.7	1.7	2.2	4.0	.5	.4	.1	.6	47	4	7	.6	60	9.7	6
			4	7	2	5	4	1	1	3				3		4	
1	20	83.	12	10	92.	94.	69	41	57	55	66.	85.	15	41	86.	15	1032.8
	6	03	0.2	9.7	94	65	.5	.8	.6	.9	36	86	4.2	.8	07	4.2	8
			3	2			2	7	0	4			6	7		6	
1	20	42.	58.	96.	58.	47.	32	48	30	40	62.	10	99.	30	60.	10	720.26
	7	04	88	19	84	90	.6	.1	.2	.9	07	2.8	22	.2	02	2.8	1
							6	9	9	6		1		9		1	
1	20	79.	89.	14	59.	48.	48	28	26	38	55.	52.	13	26	67.	14	814.56
	8	05	84	77	9.8	76	.8	.8	.4	.3	32	14	7.2	.4	88	9.8	7
				7	20		1	3	5	6			2	5		7	
1	20	10	14	13	92.	48.	41	28	29	39	80.	11	15	28	84.	15	1013.8
	9	06	0.8	3.2	0.1	42	.2	.9	.1	.7	59	9.6	9.8	.9	49	9.8	9
			6	3	4		5	0	9	1		1	7	0		7	
2	20	15	88.	13	95.	64.	28	39	29	28	53.	64.	11	28	74.	15	893.45
	0	07	3.7	50	0.6	99	.5	.1	.7	.9	88	30	5.9	.5	45	3.7	1
			1	1	24		0	0	7	3			3	0		1	
2	20	11	15	10	74.	47.	37	48	27	37	66.	44.	83.	27	70.	15	851.43
	1	08	9.3	5.5	9.6	60	.1	.7	.3	.0	32	96	03	.3	95	5.5	9
			7	9	4		6	3	2	8			2	2		9	
2	20	12	12	10	92.	92.	58	50	43	22	31.	74.	12	22	78.	12	937.65
	2	09	5.3	2.5	4.0	68	.9	.7	.0	.1	56	50	0.1	.1	14	5.3	5
			5	1	3		4	2	1	1			7	1		5	
2	20	89.	16	12	87.	63.	41	37	25	25	35.	90.	84.	25	72.	16	867.31
	3	10	2.0	4.1	51	33	.6	.5	.2	.5	97	33	85	.2	28	2.0	5
			5	6			1	5	6	7				6		5	
2	20	12	15	17	12	75.	49	38	27	51	51.	84.	96.	27	87.	17	1049.7
	4	11	2.0	2.2	6.3	4.2	.3	.4	.3	.9	16	33	81	.3	48	6.3	2
			7	4	4	6	6	8	3	6			3	3		4	
2	20	10	12	13	11	56.	48	29	20	22	67.	77.	11	20	76.	13	923.24
	5	12	8.3	7.8	0.7	4.5	.2	.5	.9	.1	34	77	9.5	.9	94	0.7	5
			5	1	5	6	4	6	8	5			5	8		5	

2	20	12	14	13	12	73.	58	40	57	50	10	85.	11	40	93.	14	1118.1
6	13	3.0	1.2	5.3	8.1	50	.8	.7	.9	.4	7.8	27	5.8	.7	18	1.2	9
		3	8	1	0		0	2	8	5	8		7	2		8	
MÍN		42.	58.	66.	58.	47.	28	27	16	22	26.	44.	52.				
		88	19	68	90	25	.5	.5	.8	.1	25	96	41				
							0	7	1	1							
PRO		11	11	12	92.	69.	49	41	34	40	59.	81.	11				
M		2.5	5.1	1.4	47	27	.5	.6	.5	.2	40	01	1.8				
		3	9	4			1	4	0	4			4				
MÁX		19	16	17	14	11	80	60	78	76	11	13	18				
		6.2	2.0	6.3	3.3	4.0	.6	.3	.0	.4	6.9	0.3	5.4				
		9	5	4	7	5	5	3	2	2	5	9	9				

Nota: Los valores de caudal obtenidos por el modelo GR2M no requiere de un análisis de valores anómalos ya que estos se encuentran con un coeficiente de Nash satisfactorio con un valor de 36.5, dichos valores serán sometidos a una comparación con los caudales estimado por el otro método.

4.1.4. MÉTODO LUTZ SCHOLZ

Esta metodología requiere de la caracterización de la precipitación efectiva y la determinas de valores de ajuste tanto de gasto y de abastecimiento de caudales, los resultados obtenidos se muestran a continuación:

Tabla 39

Valores de PP mensual acumulada

MES	PP(mm)
SEP	107.58
OCT	174.89
NOV	220.97
DIC	278.46
ENE	264.60
FEB	253.48
MAR	263.52
ABR	180.73
MAY	129.74
JUN	84.77
JUL	80.88
AGO	65.30
TOTAL	2104.9

Nota: Estos valores fueron determinados a partir de los promedios de precipitación estimados para el centroide de la cuenca, dichos valores se organizan a partir de la caracterización de un año hidrológico el cual comienza en septiembre y culmina en agosto, para la cuenca del río Monzón se tiene un valor de precipitación anual de 2104.9 mm en promedio en un año hidrológico.

Tabla 40

Caracterización del coeficiente de escorrentía

T = Temperatura media anual (°C)	22.71
L = Coeficiente de Temperatura	1452.98
P = Precipitación Total anual (mm/año)	2104.9
D = Déficit de escurrimiento (mm/año)	1215.54
C = Coeficiente de escurrimiento (mm/año)	0.423

Nota: Para la cuenca se estimó a partir del método de L. Turc el valor del coeficiente de escorrentía, para el cual se determinó que la cuenca presenta una temperatura anual promedio de 22.71°C con ello se pudo determinar preliminarmente que el valor del escurrimiento es de 0.423.

Tabla 41

Coeficientes de curvas a partir de valores de escurrimiento

COEF	I	II	III	
a0	-0.018	-0.021	-0.028	Límite superior para la Precipitación Efectiva: Curva I : PE = P - 120.6 para P > 177.8 mm/mes Curva II : PE = P - 86.4 para P > 152.4 mm/mes Curva III: PE = P - 59.7 para P > 127.0 mm/mes
a1	-0.0185	0.1358	0.2756	
a2	0.001105	-0.0023	-0.004103	
a3	-0.00001204	4.3E-05	0.00005534	
a4	0.000000144	-9E-08	0.000000124	
a5	-2.85E-10	-9E-11	-1.42E-09	
C	0.15	0.3	0.45	

Nota: Los coeficientes de las curvas se determinaron a partir de los valores de escurrimiento con lo cual se puede identificar que esta cuenca preliminarmente trabajará con los coeficientes de las curvas II y III ya que estos caracterizan a los coeficientes de escorrentía de 0.3 y 0.45 respectivamente, para el cual se sabe que la cuenca presenta un valor preliminar de escorrentía de 0.423.

Tabla 42

Porcentajes de abastecimiento

Región	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Total
Cusco	0	5	35	40	20	0	100
Huancavelica	10	0	35	30	20	5	100
Junín	10	0	25	30	30	5	100
Cajamarca	25	-5	0	20	25	35	100
Huánuco	10	0	25	30	30	5	100

Nota: Inicialmente se tomaron los valores para la cuenca de interés valores similares a lo establecido a la región Junín por la cercanía y características similares de suelo en algunas zonas, esto en el proceso se corrigió a fin de ajustar el modelo de estimación.

Tabla 43

Estimación de caudales para un promedio anual

ME S	PRECIPITACIÓN MENSUAL					CONTRIBUCIÓN DE LA RETENCIÓN				CAUDALES	
	N°	P	Efectiva			Gasto	Abastecimiento			mm/m es	m3/s
	días del mes	Total mm/ mes	PE II mm/ mes	PE III mm/ mes	PE mm/ mes	bi	Gi	ai	Ai		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
ENE	30	264.6	178.2 0	204.9 0	151.5			0.3	54.462	97.1	96.14 7
FEB	28	253.5	167.0 8	193.7 8	140.4			0.3	54.462	86.0	91.22 0
MAR	31	263.5	177.1 2	203.8 2	150.5			0.0 5	9.077	141.3 911	135.5 08
ABR	30	180.7	94.33	121.0 3	67.7	0.90800 636	37.99 4			105.6 8	104.6 56
MAY	31	129.7	45.48	70.04	21.0	0.824	34.49 9			55.46 119	53.15 4
JUN	30	84.8	16.50	27.75	5.3	0.749	31.32 5			36.60 399	36.25 0
JUL	31	80.9	14.84	25.09	4.6	0.680	28.44 4			33.04 934	31.67 4
AGO	31	65.3	9.44	16.45	2.4	0.617	25.82 7			28.27 598	27.10 0
SEP	30	107.6	28.98	47.19	10.8	0.560	23.45 1			34.25 3	33.92 2
OCT	31	174.9	88.49	115.1 9	61.8			0.1	18.154	43.7	41.86 6
NOV	30	221.0	134.5 7	161.2 7	107.9			0	0	107.9 2	106.8 77
DIC	31	278.5	192.0 6	218.7 6	165.4			0.2 5	45.385	120.0 219	115.0 28
AÑO		2104. 9	1147. 1	1405. 3	889.4	4.339	181.5 4	1.0 0	181.5	889.4	72.78 3
Coefficiente C:		0.423	1.998	-0.998	1						

Nota: Con la identificación de los valores de gasto y abastecimiento se determinaron los valores de caudales a partir de las precipitaciones medias mensuales obtenidas de las series muestrales del registro histórico de precipitaciones acumuladas, como se tiene un valor de escorrentía de 0.423 se determinó que el cálculo de los caudales se harán a partir de las curvas II y III con las cuales se pudo determinar que el valor de caudal crítico se da con un valor de 135.508 m3/s el cual corresponde para el mes de marzo.

Tabla 44

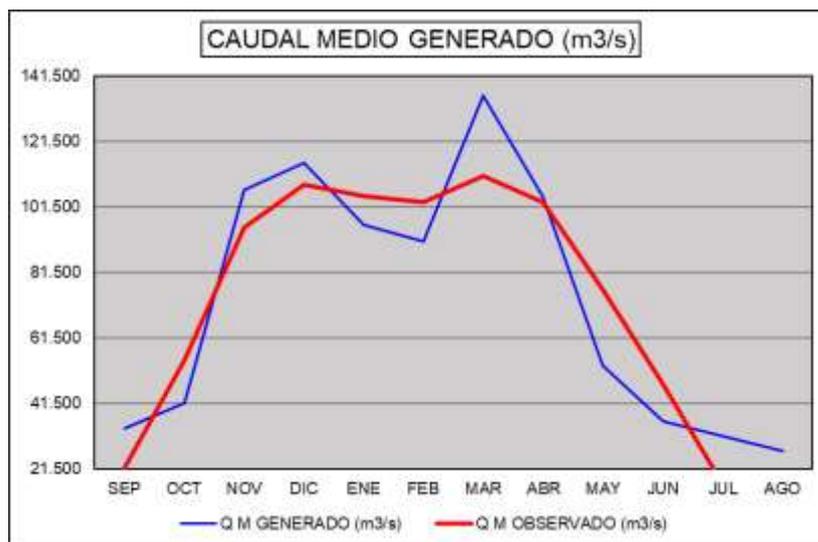
Valores de caudal observado y generado

MES	Q M GENERADO (m ³ /s)	Q M OBSERVADO (m ³ /s)
SEP	33.922	22.118
OCT	41.866	54.884
NOV	106.877	95.256
DIC	115.028	108.554
ENE	96.147	104.879
FEB	91.220	103.022
MAR	135.508	111.084
ABR	104.656	103.029
MAY	53.154	76.351
JUN	36.250	47.427
JUL	31.674	16.706
AGO	27.100	14.926

Nota: Los valores estimados por la metodología Lutz Scholz fue comprado con los valores observados en la estación denominada Puente Bella para el cual se tomó el valor promedio de estimación.

Figura 27

Comparación entre caudal generado y caudal observado



Nota: Con los caudales observados y simulados se generó la gráfica inicial para iniciar el proceso de periodo extendido y calibración, como se puede evidenciar si bien los valores no son exactamente iguales se puede ver que requiere de un reajuste.

Tabla 45

Precipitaciones estimadas con regresión múltiple

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEPT	OCT	NOV	DIC	TOTAL
PROM	97.1	86.0	141.4	105.7	55.5	36.6	33.0	28.3	34.3	43.7	107.9	120.0	889
1988	138.1	101.6	83.3	58.6	62.5	40.0	38.1	32.8	42.2	41.0	71.6	80.9	791
1989	79.8	111.9	120.1	130.6	55.8	46.1	39.6	44.6	45.2	61.1	56.5	58.5	850
1990	155.5	88.3	60.6	60.4	68.7	54.5	59.8	38.7	30.9	88.1	89.8	95.8	891
1991	118.8	62.2	76.7	73.3	51.2	44.6	34.0	30.9	27.6	59.5	85.6	101.5	766
1992	83.3	100.3	107.9	103.9	76.5	42.4	43.4	72.2	61.5	99.6	105.3	119.7	1040
1993	112.6	68.2	74.2	76.1	71.9	42.1	36.0	52.3	75.1	49.5	128.1	148.8	935
1994	180.0	143.1	80.0	76.7	56.5	35.3	40.9	35.1	44.0	74.6	72.4	189.8	1028
1995	110.2	91.8	129.8	61.7	43.7	27.2	27.8	34.0	30.4	74.3	68.2	116.7	816
1996	127.0	113.1	77.1	108.2	73.5	47.0	19.4	27.5	41.6	62.5	70.9	42.1	810
1997	85.5	61.6	72.4	57.0	79.9	46.3	49.9	39.7	51.4	61.3	85.6	183.0	874
1998	118.9	97.5	116.5	101.9	74.5	48.1	26.3	22.6	43.2	59.9	103.0	82.5	895
1999	149.1	133.0	150.3	83.1	77.7	62.9	57.2	41.4	41.3	23.5	66.1	78.9	964
2000	101.9	110.0	148.2	61.9	56.4	78.1	49.7	33.4	51.5	47.4	53.7	97.4	890
2001	122.4	94.6	147.2	69.8	51.9	33.5	49.6	41.5	42.8	57.2	114.3	87.1	912
2002	69.0	155.5	125.3	83.9	97.8	55.7	54.3	30.1	32.7	72.5	120.2	131.8	1029
2003	75.0	106.8	98.2	77.2	74.3	57.8	44.6	53.6	57.3	68.3	103.5	150.1	967
2004	97.2	81.9	103.7	56.6	36.8	34.0	48.0	36.9	48.2	72.4	116.7	109.4	842
2005	75.7	79.3	145.9	70.7	49.7	46.1	39.0	36.8	45.9	72.9	57.8	148.5	868
2006	94.5	132.7	120.6	77.6	44.7	38.5	35.2	36.4	44.0	97.6	133.1	169.1	1024
2007	146.2	85.9	129.8	86.6	61.6	34.4	48.8	38.9	28.9	63.3	75.9	119.8	920
2008	116.1	148.8	89.8	63.7	41.7	26.9	49.5	35.8	45.7	80.6	53.7	92.6	845
2009	127.0	117.8	87.0	76.7	85.7	47.1	35.9	29.2	38.2	45.1	90.4	131.9	912
2010	89.6	159.0	109.4	66.6	47.4	40.9	27.0	27.8	37.3	36.6	107.5	84.1	833
2011	113.9	145.2	160.7	112.6	57.1	41.8	35.6	22.1	46.5	52.6	85.9	96.5	971
2012	106.3	128.1	118.4	98.9	49.0	35.2	32.1	39.7	32.1	92.5	88.0	119.6	940
2013	119.3	126.0	119.4	113.0	55.4	46.1	30.4	53.0	41.0	108.8	87.5	112.3	1012

MEDIA	111.48	108.52	110.89	81.96	61.38	44.93	40.19	37.60	42.99	65.42	88.86	113.64	907.9
DESV EST	26.99	28.1	28.3	20.4	15.0	11.8	10.2	10.7	10.5	20.5	23.1	35.5	77.6
MIN	69.0	61.6	60.6	56.6	36.8	26.9	19.4	0.0	0.0	23.5	53.7	42.1	765.9
MAX	180.0	159.0	160.7	130.6	97.8	78.1	59.8	72.2	75.1	108.8	133.1	189.8	1039.9

Nota: Los valores de precipitación efectiva fueron ajustados de acuerdo con los coeficientes de regresión múltiple estimados para los valores de caudal observado y simulado, los valores ajustados posteriormente fueron aplicados en la estimación de caudales en un periodo extendido con lo cual se obtuvieron los valores medios.

Tabla 46

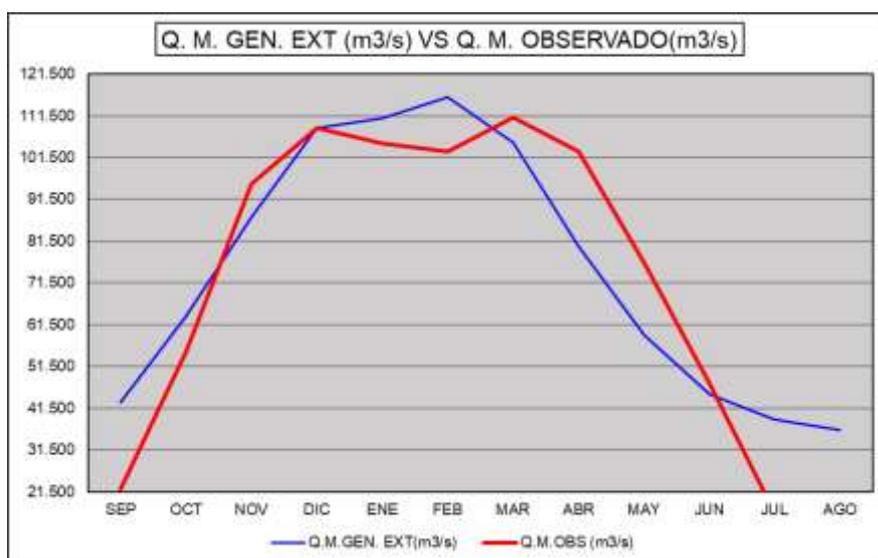
Estimación de caudales en periodo extendido

MES	Q.M.GEN. EXT(m3/s)	Q.M.OBS (m3/s)
SEP	42.903	22.118
OCT	63.497	54.884
NOV	87.278	95.256
DIC	108.680	108.554
ENE	110.954	104.879
FEB	116.071	103.022
MAR	105.152	111.084
ABR	80.262	103.029
MAY	59.043	76.351
JUN	44.816	47.427
JUL	38.782	16.706
AGO	36.376	14.926

Nota: Se pudo determinar que para un periodo extendido los valores generados se ajustan de manera más uniforme a los valores de caudal observado, sin embargo, el reajuste no es el más preciso en comparación con los valores leídos en la estación Puente Bella.

Figura 28

Caudales en periodo extendido vs caudales observados



Nota: Como se puede evidenciar y en comparación con los valores estimados a partir de los valores promedio de precipitación acumulada se evidencia el mejor ajuste de los valores de caudal para la cuenca del río Monzón.

Tabla 47

Estimación de valores de gasto y abastecimiento

M E S	N° Dia s	PRECIPITACIÓN MENSUAL				CONTRIB. RETENCIÓN				CAUDALES GENERAD OS		CAUDALES OBSERVAD OS		
		P	Efec tiva			Gas to		Abastecimi ento		mm/m es	m3/ s	mm/m es	m3/ s	
		Tota I	PE II	PE III	PE	bi	Gi	ai	Ai					
		mm/ mes	mm/ mes	mm/ mes	mm/ mes	%	mm/m es	%	mm/m es	mm/m es	m3/ s	mm/m es	m3/ s	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
S E P	30	107. 6	28.9 8	47.1 9	9.6	7.0 1	12.719 52223				22.3	22. 118	22.3	22. 118
O C T	31	174. 9	88.4 9	115. 19	60.1			1.5 58	2.8290 15252		57.3	54. 884	57.3	54. 884
N O V	30	221. 0	134. 57	161. 27	106. 2			5.5 04	9.9919 36572		96.185 53505	95. 256	96.185 53505	95. 256
D I C	31	278. 5	192. 06	218. 76	163. 7			27. 76	50.398 45634		113.27	108 .55 4	113.27	108 .55 4
E N E	30	264. 6	178. 20	204. 90	149. 8			24. 18	43.902 86951		105.90 17373	104 .87 9	105.90 17373	104 .87 9
F E B	28	253. 5	167. 08	193. 78	138. 7			22. 91	41.597 38233		97.091 77881	103 .02 2	97.091 77881	103 .02 2

MAR	31	263.5	177.12	203.82	148.7			18.079	32.81984989	115.906311	111.084	115.906311	111.084
ABR	30	180.7	94.33	121.03	65.9	20.980	38.093			104.0340249	103.029	104.0340249	103.029
MAY	31	129.7	45.48	70.04	19.4	33.220	60.305			79.665	76.351	79.665	76.351
JUN	30	84.8	16.50	27.75	4.5	23.88	43.34470897			47.9	47.427	47.9	47.427
JUL	31	80.9	14.84	25.09	3.9	7.43	13.49402707			17.43	16.706	17.43	16.706
AGO	31	65.3	9.44	16.45	2.0	7.48	13.5824213			15.57424924	14.926	15.57424924	14.926
AÑO		2104.9	1147.1	1405.3	872.5	100.000	181.5395099	100.000	181.5	872.5	858.235	872.5	858.235
COEF		0.415	2.063	-1.063	1								

Nota: Como en el modelo se utilizaron los valores de gasto y abastecimiento ajustados para la región Junín se requiere realizar un ajuste para la región de análisis, esta estimación se determinó a partir de la ejecución a la inversa en la estimación de caudales. Los valores de coloración verde son los valores estimados a partir del reajuste para la determinación de los caudales observados.

Tabla 48

Coefficientes de abastecimiento y gasto en Huánuco

ABASTECIMIENTO %		GASTO %	
MES	%	MES	%
oct	2	abr	21
nov	6	may	33
dic	28	jun	24
ene	24	jul	7
feb	23	ago	7
mar	18	sep	7
SUMA	100	SUMA	100

Nota: Los valores para el ajuste del gasto y abastecimiento se pudieron determinar que los porcentajes de abastecimiento para la zona de Monzón son de 2, 6, 28, 24, 23 y 18% para los meses de oct, nov, dic, ene, feb y mar respectivamente.

Tabla 49

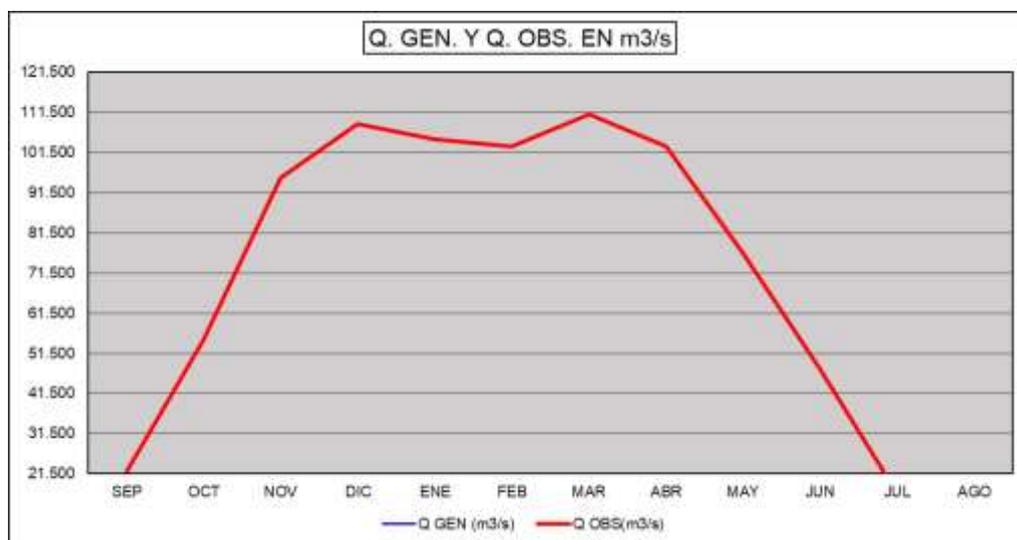
Estimación de caudales con los valores ajustados

M E S	PRECIPITACIÓN MENSUAL					CONTRIBUCIÓN DE LA RETENCIÓN				CAUDALES		CAUDALES	
	N°	P	Efec tiva			Gas to	Abastecim iento			mm/m es	m3/ s	mm/m es	m3/ s
	días del mes	Tota I mm/ mes	PE II mm/ mes	PE III mm/ mes	PE mm/ mes	bi	Gi	ai	Ai				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
S E P	30	107. 6	28.9 8	47.1 9	9.6	7.01	12.72 5954			22.3	22.1 24	22.3	22.1 18
O C T	31	174. 9	88.4 9	115. 19	60.1			1.5 58	2.828 3932	57.3	54.8 84	57.3	54.8 84
N O V	30	221. 0	134. 57	161. 27	106. 2			5.5 04	9.991 9616	96.185 51002	95.2 56	96.185 53505	95.2 56
D I C	31	278. 5	192. 06	218. 76	163. 7			27. 76	50.39 91348	113.27	108. 553	113.27	108. 554
E N E	30	264. 6	178. 20	204. 90	149. 8			24. 18	43.90 36336	105.90 09732	104. 878	105.90 17373	104. 879
F E B	28	253. 5	167. 08	193. 78	138. 7			22. 91	41.59 80756	97.091 08553	103. 021	97.091 77881	103. 022
M A R	31	263. 5	177. 12	203. 82	148. 7			18. 07	32.82 06166	115.90 55443	111. 083	115.90 6311	111. 084
A B R	30	180. 7	94.3 3	121. 03	65.9	20.9 80	38.08 7			104.02 77751	103. 023	104.03 40249	103. 029
M A Y	31	129. 7	45.4 8	70.0 4	19.4	33.2 20	60.30 8			79.667	76.3 53	79.665	76.3 51
J U N	30	84.8	16.5 0	27.7 5	4.5	23.8 8	43.35 1752			47.9	47.4 34	47.9	47.4 27
J U L	31	80.9	14.8 4	25.0 9	3.9	7.43	13.48 8422			17.43	16.7 00	17.43	16.7 06
A G O	31	65.3	9.44	16.4 5	2.0	7.48	13.57 9192			15.571 01994	14.9 23	15.574 24924	14.9 26
AÑO		210 4.9	114 7.1	140 5.3	872. 5	100. 000	181.5 4	10 0.0	181.5	872.5	858. 233	872.5	858. 235
COEF		0.41 5	2.06 3	- 1.06 3	1								

Nota: Se estimaron los valores de caudal con los parámetros de gasto y abastecimiento ajustados para la cuenca del río Monzón, con ello se pudo determinar que los valores de caudal simulado y observado son iguales y que ya los parámetros están ajustados.

Figura 29

Caudales observados y generados ajustados



Nota: Con la estimación de los caudales generados y observados se puede verificar en la figura que las curvas se superponen con lo cual se demuestra el ajuste de los caudales estimados.

Tabla 50

Valores de caudal validado y ajustado

REGISTRO DE CAUDALES POR LUTZ SCHOLZ DEL CENTROIDE																	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	MÍ	PR	MÁ	SUMA	
	EN	FE	MA	AB	MA	JU	JU	A	SE	O	NO	DI	N	OM	X	TORIA	
	E	B	R	R	Y	N	L	G	T	CT	V	C					
1	19 88	131 .57	117 .97	93. 69	74. 73	63. 03	46 .7	35 .6	30 .2	39 .1	36 .8	56. 24	64. 16	30 .2	65. 84	131 .57	790.06
2	19 89	76. 98	110 .93	107 .35	119 .18	64. 99	46 .2	39 .2	37 .0	43 .8	45 .3	54. 86	59. 96	37 .0	67. 16	119 .18	805.88
3	19 90	127 .21	92. 26	65. 90	59. 97	57. 83	45 .8	47 .3	37 .0	33 .6	72 .2	75. 61	98. 04	33 .6	67. 75	127 .21	813.05
4	19 91	116 .69	95. 66	84. 68	81. 05	53. 08	47 .8	30 .1	28 .4	24 .6	42 .8	75. 84	85. 54	24 .6	63. 87	116 .69	766.46
5	19 92	78. 72	106 .19	103 .93	105 .88	80. 68	73 .4	42 .1	67 .2	67 .7	94 .2	101 .32	117 .06	42 .1	86. 55	117 .06	1038.6 6
6	19 93	122 .17	92. 29	84. 34	74. 87	65. 16	37 .4	37 .4	44 .5	64 .3	54 .7	106 .11	135 .12	37 .4	76. 54	135 .12	918.54

7	19	172	166	98.	86.	58.	40	35	28	41	60	72.	161	28	85.	172	1023.1
	94	.38	.93	58	73	03	.2	.8	.7	.3	.5	61	.17	.7	26	.38	2
							8	1	0	4	6			0			
8	19	135	116	129	83.	51.	39	33	27	32	64	74.	97.	27	73.	135	886.61
	95	.94	.09	.76	45	38	.4	.9	.8	.5	.3	44	35	.8	88	.94	
							7	8	9	1	5			9			
9	19	129	118	79.	104	78.	55	33	28	38	48	63.	50.	28	69.	129	829.98
	96	.80	.35	57	.69	82	.3	.4	.9	.7	.6	52	11	.9	16	.80	
							7	4	5	4	1			5			
1	19	80.	77.	73.	64.	66.	51	44	32	36	40	67.	146	32	65.	146	783.06
	0	97	88	51	33	71	.6	.8	.2	.9	.0	51	.94	.2	26	.94	
							5	1	9	1	8			9			
1	19	119	109	118	118	85.	63	43	34	39	46	78.	72.	34	77.	119	930.90
	1	98	.44	.51	.38	.87	.6	.1	.5	.8	.4	30	92	.5	58	.44	
							3	7	0	6	2			0			
1	19	117	136	147	91.	78.	59	50	34	31	26	55.	75.	26	75.	147	904.16
	2	99	.78	.12	.25	01	.5	.8	.6	.8	.2	02	64	.2	35	.25	
							4	1	7	6	6			6			
1	20	96.	114	131	90.	57.	69	55	36	34	31	44.	73.	31	69.	131	835.80
	3	00	.49	.97	53	39	.8	.1	.7	.9	.2	40	17	.2	65	.97	
							8	3	3	0	2			2			
1	20	102	98.	137	87.	66.	51	42	31	40	45	96.	81.	31	73.	137	882.21
	4	01	.24	81	.37	22	.7	.4	.8	.5	.1	69	60	.8	52	.37	
							0	8	0	5	3			0			
1	20	84.	137	121	101	103	65	45	33	33	55	100	108	33	82.	137	992.12
	5	02	93	.85	.59	.90	.4	.9	.5	.6	.3	.14	.20	.5	68	.85	
							1	5	6	3	8			6			
1	20	84.	112	96.	84.	79.	66	44	50	50	55	74.	129	44	77.	129	927.49
	6	03	27	.86	92	66	.0	.2	.3	.0	.4	26	.06	.2	29	.06	
							1	0	1	7	4			0			
1	20	102	101	110	74.	51.	37	42	31	38	54	89.	91.	31	68.	110	824.83
	7	04	.54	.37	.43	54	.1	.2	.9	.0	.1	43	25	.9	74	.43	
							9	0	8	6	9			8			
1	20	75.	79.	121	72.	48.	48	35	35	43	54	54.	118	35	65.	121	787.44
	8	05	19	62	.30	35	.5	.9	.4	.1	.8	34	.81	.4	62	.30	
							0	2	6	1	1			6			
1	20	107	141	120	96.	56.	41	31	29	35	71	107	138	29	81.	141	979.54
	9	06	.50	.27	.72	99	.6	.3	.7	.8	.5	.04	.83	.7	63	.27	
							7	7	6	8	4			6			
2	20	142	99.	111	91.	65.	52	38	31	31	52	68.	103	31	74.	142	890.03
	0	07	.83	16	.50	84	.0	.8	.5	.8	.6	52	.41	.5	17	.83	
							6	4	6	0	9			6			
2	20	105	145	104	71.	47.	38	38	28	37	57	43.	75.	28	66.	145	792.32
	1	08	.14	.51	.33	19	.3	.0	.1	.0	.4	76	88	.1	03	.51	
							3	3	8	4	5			8			
2	20	111	112	90.	77.	76.	57	43	36	26	28	70.	108	26	69.	112	838.28
	2	09	.76	.39	63	99	.0	.3	.0	.1	.0	06	.56	.1	86	.39	
							5	4	0	7	7			7			
2	20	90.	145	116	89.	63.	47	37	23	27	37	86.	79.	23	70.	145	842.94
	3	10	12	.35	.31	05	.5	.0	.3	.5	.5	83	05	.3	25	.35	
							7	2	5	1	9			5			
2	20	110	145	152	130	76.	57	38	32	48	45	77.	84.	32	83.	152	1000.8
	4	11	.77	.05	.35	98	.7	.7	.7	.5	.3	83	44	.7	40	.35	6
							8	1	6	3	8			6			
2	20	98.	127	119	112	64.	48	31	26	31	71	86.	107	26	77.	127	926.01
	5	12	96	.30	.86	56	.8	.6	.4	.1	.9	08	.12	.4	17	.30	
							4	0	4	9	9			4			

2	20	112	135	117	117	72.	55	41	50	44	95	83.	100	41	85.	135	1027.8
6	13	.36	.40	.87	.66	61	.3	.0	.7	.2	.8	88	.81	.0	65	.40	2
							1	5	8	5	3			5			
MÍN	75.	77.	65.	59.	47.	37	30	23	24	26	43.	50.					
	19	51	90	97	49	.1	.1	.3	.6	.2	76	11					
						9	5	5	0	6							
PRO	109	116	109	90.	66.	51	39	35	39	53	75.	98.					
M	.01	.78	.23	89	71	.7	.9	.0	.1	.4	56	62					
						3	9	1	2	4							
MÁX	172	166	152	130	103	73	55	67	67	95	107	161					
	.38	.93	.35	.27	.90	.4	.1	.2	.7	.8	.04	.17					
						7	3	1	8	3							

Nota: Con los valores ajustados se volvió a aplicar la regresión múltiple a fin de ajustar los valores de precipitación efectiva con lo cual se pudo determinar los valores de caudal para un periodo extendido que comprende todos los valores en la serie temporal que se tienen los valores de precipitación.

Tabla 51

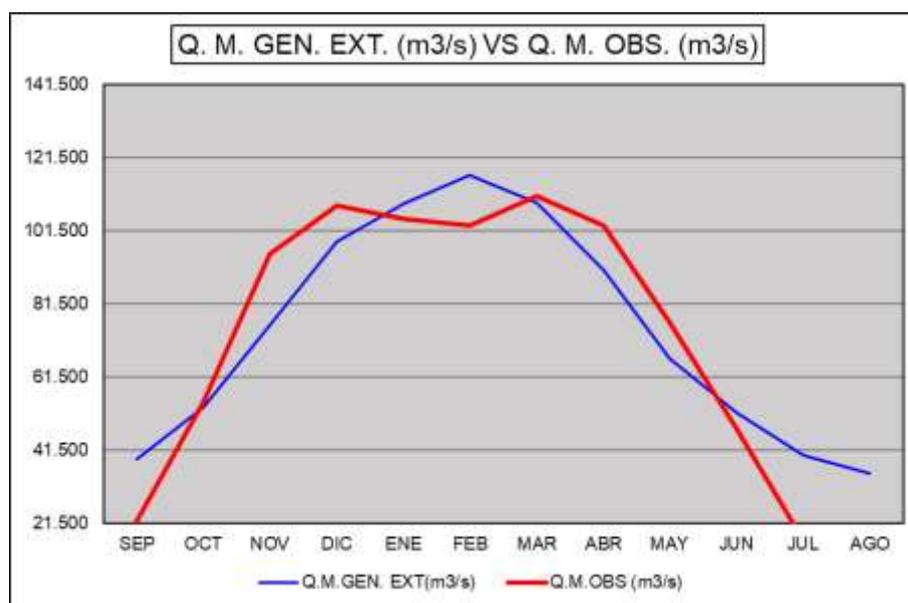
Caudales validados

MES	Q.M.GEN. EXT(m3/s)	Q.M.OBS (m3/s)
SEP	39.124	22.118
OCT	53.436	54.884
NOV	75.563	95.256
DIC	98.623	108.554
ENE	109.006	104.879
FEB	116.778	103.022
MAR	109.227	111.084
ABR	90.887	103.029
MAY	66.712	76.351
JUN	51.726	47.427
JUL	39.994	16.706
AGO	35.008	14.926

Nota: Se puede observar que los valores generados por periodo extendido no se ajustan de manera precisa al promedio de valores obtenidos.

Figura 30

Curvas de caudal



Nota: Con la estimación de caudales en periodo extendido se pudo determinar que la serie de caudales observados y generados se ajusta de mejor manera que al inicio del proceso, pero no de manera ajustada.

Tabla 52

Prueba t para muestras emparejadas

Prueba t para medias de dos muestras emparejadas		
	Q.M.GEN. EXT(m3/s)	Q.M.OBS (m3/s)
Media	73.84032675	71.51957389
Varianza	914.102817	1466.073119
Observaciones	12	12
Coefficiente de correlación de Pearson	0.944498009	
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	11	
Estadístico t	0.578100212	
P(T<=t) una cola	0.287420163	
Valor crítico de t (una cola)	1.795884819	
P(T<=t) dos colas	0.574840326	
Valor crítico de t (dos colas)	2.20098516	

Nota: Debido a que se requiere ver si ambos valores se parecen se somete a una prueba de valor para una cola es de 0.28 se puede decir que las series de datos se parecen y se genera una correlación.

4.1.5. COMPARACIÓN DE CAUDALES

Tabla 53

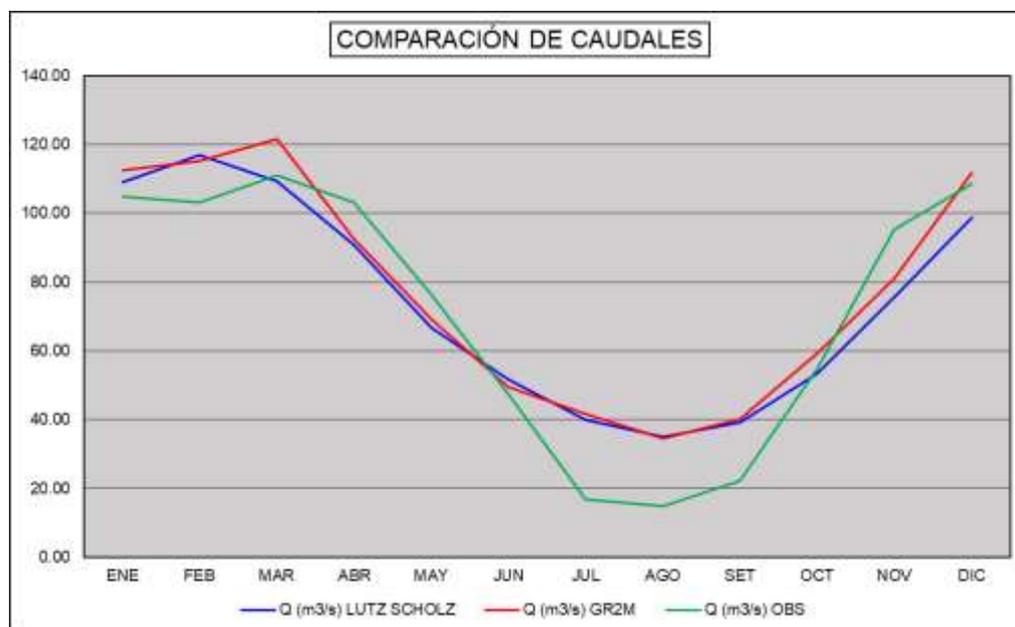
Resumen de caudales

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
Q (m3/s) LUTZ SCHOLZ	109.01	116.78	109.23	90.89	66.71	51.73	39.99	35.01	39.12	53.44	75.56	98.62
Q (m3/s) GR2M	112.53	115.19	121.44	92.47	69.27	49.51	41.64	34.50	40.24	59.40	81.01	111.84
Q (m3/s) OBS	104.88	103.02	111.08	103.03	76.35	47.43	16.71	14.93	22.12	54.88	95.26	108.55

Nota: Los valores promedios mensuales estimados por los diferentes métodos y observado en la estación Puente Bella se sometieron a una comparación.

Figura 31

Curva de comparación



Nota: De la estimación de caudales se pudo identificar que las curvas que corresponden a los caudales simulados tienen una similitud significativa, sin embargo, los valores de caudal observado no se ajustan de manera precisa en la figura.

Tabla 54

Estimación de ajuste de curvas

Prueba t para medias de dos muestras emparejadas		
	Q (m3/s) LUTZ SCHOLZ	Q (m3/s) OBS
Media	73.84032675	71.51957389
Varianza	914.102817	1466.073119
Observaciones	12	12
Coefficiente de correlación de Pearson	0.944498009	

Diferencia hipotética de las medias	0
Grados de libertad	11
Estadístico t	0.578100212
P(T<=t) una cola	0.287420163
Valor crítico de t (una cola)	1.795884819
P(T<=t) dos colas	0.574840326
Valor crítico de t (dos colas)	2.20098516

Prueba t para medias de dos muestras emparejadas

	Q (m3/s) GR2M	Q (m3/s) OBS
Media	77.41967027	71.51957389
Varianza	1063.281957	1466.073119
Observaciones	12	12
Coefficiente de correlación de Pearson	0.953601318	
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	11	
Estadístico t	1.679250888	
P(T<=t) una cola	0.060625022	
Valor crítico de t (una cola)	1.795884819	
P(T<=t) dos colas	0.121250043	
Valor crítico de t (dos colas)	2.20098516	

Nota: Con el valor de una cola se pudo estimar que la muestra de Lutz Scholz presenta un 0.28 y para el modelo GR2M se tiene un valor de 0.06, generando así que el valor que más se ajusta a los caudales observados es el modelo GR2M.

4.1.6. EQUILIBRIO DE CAUDALES

Tabla 55

Caudales con probabilidades de ocurrencia

CAUDALES CON DIFERENTES PROBABILIDADES DE OCURRENCIA EN m3/S													
m	P(%)	ENE	FEB	MAR	ABR	MA Y	JUN	JUL	AG O	SET	OCT	NOV	DIC
		155.3	159.1	173.2	128.6	95.3	76.3	57.5	58.7	75.7	108.2	120.0	176.4
1	4%	4	3	1	9	9	6	2	6	3	3	3	4
		146.4	155.8	163.0	126.8	92.2	70.0	56.9	57.6	57.4	82.69	113.5	161.1
2	8%	9	5	9	9	6	3	8	3	6		5	2
		143.4	152.6	157.9	124.5	91.7	63.2	56.6	53.4	52.4	77.89	111.5	157.9
3	12%	2	3	2	5	6	7	4	5	2		9	4
		139.8	150.1	151.0	122.6	91.6	59.9	51.6	46.3	50.6	70.48	104.1	154.7
4	15%	4	3	2	6	2	9	3	1	8		3	9
		134.2	149.0	149.7	117.8	89.5	59.0	49.1	43.4	48.9	67.69	100.0	140.5
5	19%	8	4	9	7	1	6	5	2	3		8	3
		130.7	144.5	142.8	115.0	85.7	58.8	48.7	36.7	44.9	66.58	92.43	137.2
6	23%	0	3	5	8	9	3	4	2	0			3
		126.6	141.8	136.7	105.5	78.6	57.9	48.3	34.1	43.6	66.33	90.01	129.7
7	27%	0	0	8	4	2	0	4	4	1			3

8	31%	123.7	131.9	132.8	97.39	75.6	55.4	47.8	33.5	41.7	66.14	88.43	122.2
		5	5	6		7	1	7	2	6			6
9	35%	122.4	124.4	131.1	94.44	74.1	54.1	45.5	33.2	40.6	65.81	86.53	119.7
		0	8	0		5	9	7	0	6			7
10	38%	121.7	122.5	130.6	93.36	72.3	53.0	42.8	32.9	40.0	64.94	85.49	118.6
		1	9	7		9	6	5	1	1			5
11	42%	120.2	121.1	130.3	92.79	69.3	51.4	41.2	32.5	39.6	63.09	84.72	116.8
		7	9	4		5	9	1	7	7			4
12	46%	118.6	118.3	128.7	92.54	67.3	50.0	40.3	31.2	39.3	59.14	82.02	115.9
		7	3	2		2	2	4	7	4			0
13	50%	116.5	116.2	125.8	92.32	66.7	49.0	39.9	30.1	38.7	55.97	79.05	112.4
		3	2	3		2	9	2	9	3			8
14	54%	112.0	110.9	119.1	90.04	65.7	48.5	39.7	29.9	37.9	54.65	77.93	104.5
		8	9	1		4	5	1	4	0			3
15	58%	108.5	105.3	111.7	86.71	64.2	47.2	39.3	29.5	37.2	53.64	76.39	98.20
		4	3	4		9	9	8	2	4			
16	62%	105.4	104.5	109.6	83.82	62.2	44.3	38.8	28.4	36.5	52.48	74.32	94.71
		7	8	9		6	1	6	7	8			
17	65%	98.73	100.3	107.7	79.48	59.0	41.4	38.1	27.3	35.2	50.88	72.06	90.07
		2	0			4	8	6	3	1			
18	69%	93.00	92.70	103.3	76.10	55.4	40.6	37.3	27.2	33.5	50.08	68.17	86.78
		6				9	1	2	2	3			
19	73%	87.81	89.43	100.5	74.53	53.8	39.0	35.9	26.8	32.1	48.62	66.88	84.80
		0				3	5	2	5	3			
20	77%	84.15	87.97	95.88	73.64	52.8	38.3	32.8	26.3	31.8	46.33	64.26	84.34
						9	7	1	0	0			
21	81%	84.07	86.12	92.60	70.64	50.4	36.7	30.3	25.6	30.6	45.34	62.86	83.16
						3	4	8	7	9			
22	85%	83.84	85.26	91.46	67.38	49.9	34.7	29.9	25.2	28.4	40.60	57.46	82.40
						6	3	0	2	1			
23	88%	82.87	82.55	87.00	64.70	48.6	33.0	29.4	24.5	25.2	36.11	55.89	77.98
						8	8	8	3	9			
24	92%	80.27	81.62	83.47	64.03	48.0	32.6	28.9	20.9	23.1	35.63	51.67	69.89
						8	2	0	6	2			
25	96%	78.42	75.05	79.24	59.19	47.6	32.0	28.7	20.5	22.1	31.35	46.08	61.13
						1	1	8	9	5			
26	100%	42.88	58.19	66.68	58.90	47.2	28.5	27.5	16.8	22.1	26.25	44.96	52.41
						5	0	7	1	1			

Nota: A partir de la verificación de que los caudales que mejor se ajustan a lo observado son los del modelo GR2M, estos fueron llevados a un análisis de equilibrio de caudales con la finalidad de estimar los valores de caudal que pueden ser sometidos a un proceso de irrigación dentro de la cuenca del río Monzón, para ello se elaboró una tabla de ocurrencias con valores porcentuales probabilísticos a fin de intensificar los valores al 95% de ocurrencia.

Tabla 56

Estimación del caudal ecológico

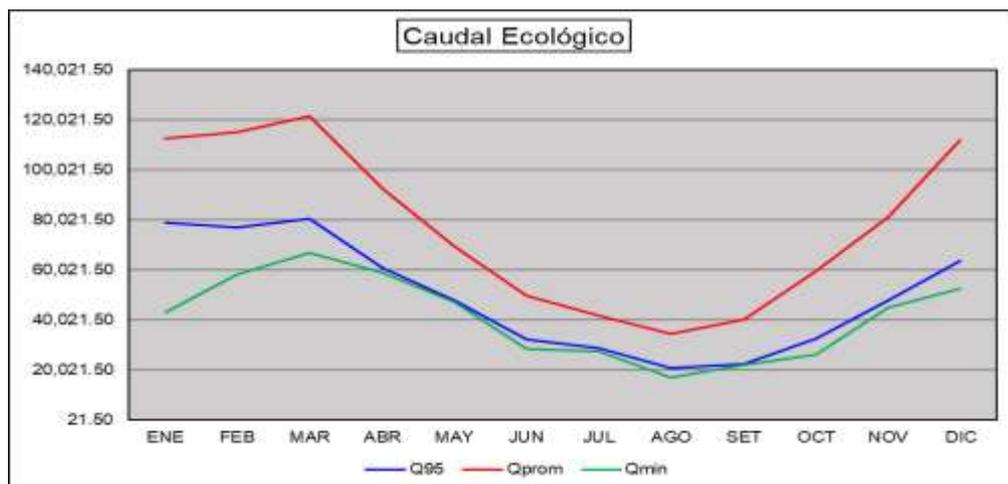
DETERMINACIÓN DEL CAUDAL ECOLÓGICO												
CAUDAL ECOLÓGICO EN L/S												
p(%)	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
95%	78,97 4.91	77,02 1.02	80,50 9.66	60,6 39.3 2	47,7 49.7 6	32,1 93.2 9	28,8 16.3 4	20,7 00.1 4	22,4 39.1 0	32,6 37.6 3	47,7 56.5 2	63,75 5.39

PRO	1125	1151	1214	9246	6926	4950	4163	3450	4024	5940	8101	1118
MEDIO	34.70	86.86	43.16	6.88	5.34	6.48	8.50	0.87	0.04	3.90	4.22	35.09
MÍNIMO	4287	5818	6667	5889	4724	2849	2757	1681	2211	2625	4496	5240
	9.31	9.65	6.71	8.62	9.95	6.39	0.68	4.31	2.73	4.49	3.66	6.32

Nota: Con la determinación de los caudales con una ocurrencia del 95% se pudo determinar que los caudales ecológicos por ejemplos para el mes de marzo son de 80,509.66 l/s, dando así los valores de caudal ecológico para cada uno de los meses que comprende el año.

Figura 32

Límites de caudal



Nota: Con la determinación del caudal ecológico se procedió a elaborar la verificación de los valores ya que el caudal ecológico se debe encontrar dentro de los límites del caudal máximo y mínimo.

Tabla 57

Estimación de la disponibilidad hídrica

Resumen de la Generación de Descargas Medias Mensuales (l/s)												
	EN ER O	FEB RER O	MA RZ O	AB RIL	MA YO	JU NIO	JU LIO	AG OST O	SEPTI EMBR E	OCT UBR E	NOVI EMBR E	DICIE MBR E
Cuenca Monzón	85.98	88.70	98.19	74.08	53.36	38.71	34.36	26.58	31.97	47.47	65.57	84.57
Q Ecológico (m3/s)	78.97	77.02	80.51	60.64	47.75	32.19	28.82	20.70	22.44	32.64	47.76	63.76
Oferta (m3/s)	7.00	11.68	17.68	13.45	5.61	6.51	5.55	5.88	9.53	14.84	17.81	20.81
Oferta (l/s)	7004.79	11679.37	17683.10	13445.38	5612.70	6514.28	5548.60	5875.50	9528.96	14836.04	17809.33	20814.87

Nota: Con la determinación de los valores de caudal ecológico se puede determinar en definitiva el valor de la disponibilidad hídrica dentro de la cuenca del río Monzón para riego, de cual se supo que la mayor disponibilidad hídrica se da en el mes de diciembre con un valor de 20.81 m3/s, mientras que la mínima disponibilidad hídrica para la cuenca se da en el mes de julio con un 5.55 m3/s de caudal de aprovechamiento.

4.2. CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS Y PRUEBA DE HIPÓTESIS

H: Los modelos hidrológicos GR2M y Lutz Scholz determinan los caudales medios mensuales en la subcuenca del río monzón, con fines de irrigación en la localidad de camote, Huánuco 2024. Leoncio Prado, Huánuco.

De los modelos aplicados tanto como el GR2M y Lutz Scholz se pudo determinar que el modelo que mejor se ajusta para la estimación de caudales es el del GR2M, a partir del siguiente análisis:

Tabla 58

Estimación de ajuste de curvas

Prueba t para medias de dos muestras emparejadas		
	Q (m3/s) LUTZ SCHOLZ	Q (m3/s) OBS
Media	73.84032675	71.51957389
Varianza	914.102817	1466.073119
Observaciones	12	12
Coefficiente de correlación de Pearson	0.944498009	
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	11	
Estadístico t	0.578100212	
P(T<=t) una cola	0.287420163	
Valor crítico de t (una cola)	1.795884819	
P(T<=t) dos colas	0.574840326	
Valor crítico de t (dos colas)	2.20098516	
Prueba t para medias de dos muestras emparejadas		
	Q (m3/s) GR2M	Q (m3/s) OBS
Media	77.41967027	71.51957389
Varianza	1063.281957	1466.073119
Observaciones	12	12
Coefficiente de correlación de Pearson	0.953601318	
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	11	
Estadístico t	1.679250888	
P(T<=t) una cola	0.060625022	
Valor crítico de t (una cola)	1.795884819	
P(T<=t) dos colas	0.121250043	

Nota: Con el análisis planteado a partir de la prueba t aplicado en muestras emparejadas se pudo determinar que el parámetro $P(T \leq t)$ una cola es de 0.28 y 0.06 para los modelos Lutz Scholz y GR2M respectivamente asegurando así que el modelo GR2M se ajusta de mejor manera a los caudales observados.

Tabla 59

Estimación de la disponibilidad hídrica

Resumen de la Generación de Descargas Medias Mensuales (l/s)												
	EN ER O	FEB RER O	MA RZ O	AB RIL	MA YO	JU NIO	JU LIO	AG OST O	SEPTI EMBR E	OCT UBR E	NOVI EMBR E	DICIE MBR E
Cuenca Monzón	85.98	88.70	98.19	74.08	53.36	38.71	34.36	26.58	31.97	47.47	65.57	84.57
Q Ecológico (m3/s)	78.97	77.02	80.51	60.64	47.75	32.19	28.82	20.70	22.44	32.64	47.76	63.76
Oferta (m3/s)	7.00	11.68	17.68	13.45	5.61	6.51	5.55	5.88	9.53	14.84	17.81	20.81
Oferta (l/s)	7004.79	11679.37	17683.10	13445.38	5612.70	6514.28	5548.60	5875.50	9528.96	14836.04	17809.33	20814.87

Nota: Con la estimación de los caudales promedio anuales se pudo determinar el valor del caudal ecológico y por una diferencia aritmética se estimaron los valores de caudal ofertado para irrigación de la cuenca que forma el río Monzón.

Con los resultados evidenciados en las tablas precedente se puede afirmar que la hipótesis es verdadera ya que con la estimación de la confiabilidad de los valores de caudal simulados se puede evidenciar que ambos modelos se ajustan a los valores observados a partir de los valores simulados se puede determinar cuál es la cantidad de caudal disponible para la irrigación de las zonas cercanas.

CAPITULO V

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Para Cruz (2018) en el proceso comparativo de los modelos de Lutz Scholz, GR2M y Témez, pudo determinar a partir de la caracterización de la cuenca del río Callazas que el modelo GR2M se ajustó mejor al comportamiento del tanque, con un valor de 0.86, seguido por el modelo de Lutz-Scholz con 0.776 y el modelo de Témez con 0.52. Concluyeron que el modelo GR2M fue el más adecuado para simular el proceso de transformación de lluvia en escorrentía en la cuenca del río Callazas. Para la presente investigación solo se tomó en cuenta los modelos GR2M y Lutz Scholz, con lo cual se pudo determinar a partir de un ajuste de prueba T para 2 variables relacionadas que el modelo que mejor se ajusta en la estimación de caudales generados es el modelo GR2M pero por una diferencia mínima en comparación por lo obtenido por Cruz, este resultado se puede deber al periodo de análisis que para la presente investigación fue desde 1988 al 2013 mientras que para la estimación de Cruz se pudo evidenciar un mayor periodo de análisis siendo por ello las variaciones en los valores de ajuste estimados pero confirmado la teoría que el modelo GR2M presenta un mejor ajuste a caudales generados.

Según Zapana (2019), a partir de la aplicación de los modelos GR2M, HBV y SAC-SMA, presentados en el software RS Minerve se pudo calcular que para la estimación de caudales para el río Ramis los valores de caudal se ajustan de mejor manera aplicando el modelo de estimación denominado SAC-SMA, esto determinando así los siguientes coeficientes de ajuste para la cuenca, Nash (0.79, 0.79), Nash-ln (0.82, 0.87), Coeficiente de Pearson (0.89, 0.89) y RRMSE (0.59, 0.58), dichos valores caracterizaron al modelo SAC-SMA como el más óptimo de determinación en caudales generados, para la presente investigación el modelo GR2M presenta aproximadamente un valor de Nash de 0.36 si bien la diferencia es evidente entre los modelos aplicados esto se debe íntegramente a que los valores de caudal observado no han sido bien ajustados para la cuenca del río Monzón, sin embargo las demandas de información que requiere el modelo SAC-SMA son muy superiores a los que

requiere el modelo GR2M siendo que este modelo es más fácil de aplicar en cuencas con información de caracterización de suelo pobre y presentando aun así ajustes adecuados para lo planteado en la cuenca del río Monzón.

CONCLUSIONES

Se pudo determinar que para la metodología GR2M los valores de caudal medio son de 112.53, 115.19, 121.44, 92.47, 69.27, 49.51, 41.64, 34.50, 40.24, 59.40, 81.01, 111.84 m³/s para los meses de enero a diciembre respectivamente, mientras que los valores máximos de caudal mensual son de 196.29, 162.05, 176.34, 143.37, 114.05, 80.65, 60.33, 78.02, 76.42, 116.95, 130.39 y 185.49 m³/s para los meses de enero a diciembre respectivamente, con los valores de caudales máximos se pueden ocasionar inundaciones en las zonas marginales al río Monzón con lo cual se hace necesario un análisis de riesgo en la zona por parte de las autoridades.

De la caracterización geomorfológica de la cuenca que conforma el río Monzón se pudo determinar que: el valor del área de la cuenca es de 2,566.96 km², un perímetro de la divisoria de 398.85 km, con una altura promedio de 2,910.32 msnm, un valor de pendiente de cuenca de 5.21%, con un número de curva estimado de 56.37 para la superficie de la cuenca, un factor de forma de 1.59 que evidencia la forma alargada de la cuenca, índice de compacidad de 2.20 el cual caracteriza la redondez de la cuenca, una densidad de drenaje de 0.19 caracterizando que gran parte de la superficie no cuenta con un drenaje adecuado y un índice de pendiente de 0.22 caracterizado a la cuenca del río Monzón con una pendiente moderada.

De la investigación se pudo determinar que las variables meteorológicas como temperatura promedio que presenta la cuenca es de 21.35°C, y que entre los meses de mayo a setiembre se registra la baja de temperaturas, para la variable precipitación de la cuenca es variable siendo que para los meses de octubre a abril se registran precipitaciones altas dentro de la cuenca.

En la comparación de los modelos GR2M y Lutz Scholz a partir de la prueba de t para medidas de dos muestras emparejadas en el cual se obtuvo que el modelo GR2M obtuvo un valor de 0.06 mientras que el modelo Lutz Scholz obtuvo un valor de 0.28 generando así que el mejor ajuste lo presenta el modelo GR2M para estimación de caudales en periodo extendido.

RECOMENDACIONES

La magnitud de los caudales máximos plantea la posibilidad de eventos extremos que podrían resultar en inundaciones significativas. Ante esta situación, se recomienda que las autoridades competentes realicen un exhaustivo análisis de riesgo en la zona afectada. Este análisis permitirá implementar medidas preventivas y estrategias de gestión del riesgo que contribuyan a mitigar posibles impactos adversos, protegiendo así a las comunidades y propiedades en las áreas vulnerables. La evaluación de riesgos puede proporcionar una base sólida para el desarrollo de políticas y acciones específicas destinadas a garantizar la seguridad y resiliencia de la población frente a eventos hidrológicos extremos.

Considerando estos hallazgos, se recomienda que las autoridades pertinentes utilicen esta información para orientar la planificación y gestión de recursos hídricos en la cuenca. Es crucial diseñar estrategias adaptativas y medidas de conservación que tomen en cuenta la forma, la pendiente y la densidad de drenaje para garantizar una gestión sostenible y resiliente de este importante recurso hídrico. Además, se sugiere la implementación de programas de monitoreo continuo para evaluar cambios en la geomorfología de la cuenca a lo largo del tiempo y adaptar las estrategias de gestión en consecuencia.

En cuanto a la variable de precipitación, se destaca la variabilidad estacional. Durante los meses de octubre a abril, se registran precipitaciones altas en la cuenca, indicando una temporada más lluviosa. Este patrón puede tener implicaciones significativas para la gestión del agua y la planificación de recursos en la región.

Es esencial que esta conclusión se tome en consideración en futuras investigaciones y en la toma de decisiones relacionadas con la gestión de recursos hídricos. Asimismo, se aconseja realizar análisis adicionales y validar periódicamente el rendimiento del modelo en condiciones cambiantes para garantizar su aplicabilidad continua en el contexto específico de la cuenca del río en cuestión.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aparicio, F. (1992). *Fundamentos de hidrología y superficie*. México D.F.: LIMUSA.
- Asensio, S., & Gisbert, J. (1999). *Sistema de coordenadas geográficas*. Valencia: Universidad Politécnica de Valencia.
- Bernardo Morales, V. K., & Velazquez Palomino, J. E. (2021). *Análisis integral de riesgos para la mitigación*. Lima: Universidad Ricardo Palma.
- Cabrera, J. (2012). *Modelos agregados: GR2M*. Lima: UNI.
- CELEO. (11 de Marzo de 2018). *SCRIBD*. Obtenido de <https://es.scribd.com/document/373509996/Hietograma-o-Histograma>
- Chow, V. T. (1994). *Hidrología aplicada*. Bogotá: McGraw-Hill Interamericana.
- Cruz Adrianzén, E. J., & Romero Callo, J. A. (2018). *Análisis comparativo de los modelos lluvia-escorrentía: GR2M, Temez y Lutz Scholz aplicados en la subcuenca del río Callazas*. Lima: Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas.
- Cuevas, A. (2021). *La atmósfera, sus capas y propiedades*. Hidalgo: Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo.
- Felipe del Ángel, J. E. (2015, abril 21). *Secretaría de educación pública - México*. Recuperado de <https://es2.slideshare.net/3duardoJose/3-escorrimento-e-infiltración>.
- Hernández, N. (2019). *Aplicación de modelos hidrológicos para la estimación de caudales mensuales en la sub-cuenca del río Bigote*. Piura: Universidad de Piura.
- Instituto PCE Ibérica. (2017, abril 1). *Instituto PCE Ibérica*. Recuperado de <https://www.pce-iberica.es/medidor-detalles-tecnicos/que-estacion-meteorologica.htm>.
- Linsley, P. (1975). *Hidrología para ingenieros*. Bogotá: McGraw-Hill.
- Loayza, R. (2023). *Modelamiento geoespacial de llanura de inundación del río Monzón, tramo puente Monzón aguas arriba 1+000 km, centro poblado Bella Alta, distrito Mariano Dámaso Beraun – provincia de Leoncio Prado*. Tingo María: Universidad Nacional Agraria de la Selva. Recuperado de

http://ftp.regionhuanuco.gob.pe/regulations/2017/002o/002o010002032017_1495030507.pdf.

- Lohmar, F. (1984). *World geodetic system 1984 — geodetic reference system of GPS orbits*. Berlín: Springer.
- Ordoñez, j. (2011). *Cartilla técnica: Aguas subterráneas y acuíferos*. Lima: Sociedad geográfica de Lima.
- Plan MERISS. (1980). *Generación de caudales mensuales en la sierra peruana - MERISS II*. Cusco: Plan MERISS.
- Quichimbo, M. (2019). *Estudio comparativo de los modelos NAM y DBM aplicado a pronóstico de caudales*. Cuenca: Universidad de Cuenca.
- Quintero, D. (2016). *Una breve historia de la atmósfera terrestre*. Canarias: AEMET.
- Rocha Felices, A. (marzo de 2007). Problemática de las inundaciones y huaicos en el Perú. *Instituto para la Mitigación de los efectos del Fenómeno de El Niño*. IMEFEN, 12.
- Salvatierra Seguel, C. (2018). *Determinación de la incertidumbre en la aplicación del modelo de simulación hidrológica GR4J en cuencas pluviales no controladas en Chile*. Santiago: Universidad de Chile.
- Tarazona Roldán, H. G. (2016). *Modelamiento hidrológico del río Ica con fines de prevención de inundaciones*. Lima: Universidad Nacional Agraria La Molina.
- Villón, M. (2011). *Hidrología*. Lima: Villón.
- Zapana Arpasi, J. (2019). *Estimación de caudales mediante la aplicación de modelos hidrológicos semidistribuidos con la plataforma RS Minerve en la cuenca del río Ramis*. Puno: Universidad Nacional del Altiplano.

COMO CITAR ESTE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

Velasquez Borja, J. (2024). *Modelos hidrológicos para la determinación de caudales medios mensuales en la subcuenca del río Monzón, con fines de irrigación en la localidad de Camote, Huánuco 2024* [Tesis de pregrado, Universidad de Huánuco]. Repositorio Institucional UDH. <http://...>

ANEXOS

ANEXOS 1

MATRIZ DE CONSISTENCIA

Matriz de Consistencia

FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS
	Objetivo General	Hipótesis General	Técnica
Problema General ¿De qué manera podríamos determinar los caudales medios mensuales en la subcuenca del Río Monzón, para fines de irrigación en la localidad de Camote, Huánuco 2024?	Determinar los caudales medios mensuales en la subcuenca del Río Monzón a través de los modelos hidrológicos con fines de irrigación en la localidad de Camote, Huánuco 2024.	Los modelos hidrológicos determinarán los caudales medios mensuales en la subcuenca del río de monzón, con fines de irrigación en la localidad de camote, Huánuco 2024.	Análisis de datos hidrometeorológicos Instrumentos ArcGIS Excel con registro de las Estaciones Meteorológicas
Problemas Específicos ¿Cómo podemos estimar las características geomorfológicas y su comportamiento de la subcuenca del Río Monzón, con fines de irrigación en la localidad de Camote, Huánuco 2024. ¿Cuáles son los valores de caudales medios mensuales estimados por la metodología GR2M en la sub cuenca del Río Monzón y el área de la localidad de Camote - Huánuco. ¿Cuáles son los valores de caudales medios mensuales estimados por la metodología Lutz Scholz en la subcuenca del Río Monzón y el área de la localidad de Camote - Huánuco.	Objetivos Específicos Estimar las características geomorfológicas y su comportamiento de la subcuenca del Río Monzón, con fines de irrigación en la localidad de Camote, Huánuco 2024. Registrar los valores de caudales medios mensuales en la subcuenca del Río Monzón y el área de la localidad de Camote a través de la metodología GR2M. Recopilar los valores de caudales medios mensuales estimados por la metodología Lutz Scholz en la subcuenca del Río Monzón y el área de la localidad de camote - Huánuco.		

DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN	POBLACIÓN Y MUESTRA	VARIABLES
<p>Tipo de Investigación: Cuantitativa.</p> <p>Alcance de Investigación: Descriptivo.</p> <p>Diseño: Descriptivo no experimental</p>	<p>Población: Algunas de las estaciones cercanas encontradas en la zona son: Tingo María, Puente Bella, Huánuco, Canchan y Tulumayo</p> <p>Muestra: La selección de esta muestra se centra en la evaluación de las variables hidrológicas y climáticas en esta área geográfica específica, se utilizaron las estaciones Tingo María, Puente Bella, Huánuco y Canchan, los cuales nos permitieron realizar un análisis detallado de la relación entre estas variables en el contexto de la modelación hidrológica de la cuenca</p>	<p>Variable Independiente GR2M y Lutz Scholz.</p> <p>Variable Dependiente Caudales Medios Mensuales y Máximos.</p>

Registro de lluvia – Estación Huánuco

REGISTRO DE LLUVIAS DE LA ESTACIÓN HUÁNUCO

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	MÍN	PROM	MÁX	SUMATORIA
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC				
1 1988	88.90	83.80	34.90	42.70	6.50	0.00	6.20	1.90	9.70	14.50	22.40	23.20	0.00	27.89	88.90	334.70
2 1989	56.80	43.80	98.20	20.80	14.80	11.50	0.00	2.50	12.00	67.90	41.30	59.10	0.00	35.73	98.20	428.70
3 1990	45.80	13.50	34.70	52.20	32.60	15.10	1.50	7.10	10.90	86.80	77.00	59.20	1.50	36.37	86.80	436.40
4 1991	25.70	44.30	93.40	29.10	3.00	10.10	4.80	0.00	8.20	32.30	40.20	39.60	0.00	27.56	93.40	330.70
5 1992	43.10	85.60	66.20	20.60	0.00	14.40	0.00	36.00	4.00	97.40	37.40	21.60	0.00	35.53	97.40	426.30
6 1993	17.50	40.90	74.30	25.90	16.80	12.30	5.90	6.30	8.00	16.60	94.10	48.50	5.90	30.59	94.10	367.10
7 1994	77.23	57.50	41.30	57.60	23.40	0.00	0.00	0.00	32.70	64.40	20.40	41.00	0.00	34.63	77.23	415.53
8 1995	38.70	50.40	50.30	26.00	3.60	1.40	1.20	0.40	7.22	23.20	48.80	59.00	0.40	25.85	59.00	310.22
9 1996	59.50	33.10	41.70	69.30	23.00	0.01	0.10	5.30	2.30	23.60	57.80	15.70	0.01	27.62	69.30	331.41
10 1997	54.60	41.60	26.50	15.10	9.60	2.20	0.00	9.60	7.60	29.80	41.50	47.30	0.00	23.78	54.60	285.40
11 1998	93.50	63.00	66.90	3.10	2.80	2.10	0.00	2.80	3.80	29.30	64.50	34.00	0.00	30.48	93.50	365.80
12 1999	81.70	88.50	109.30	22.30	18.44	15.10	8.60	0.61	57.60	20.84	33.81	58.20	0.61	42.92	109.30	515.00
13 2000	68.24	89.61	125.32	30.33	10.14	16.01	3.62	17.11	11.92	9.51	61.00	77.24	3.62	43.34	125.32	520.05
14 2001	45.22	36.22	85.20	46.23	10.46	3.33	8.46	10.21	7.40	36.90	72.70	55.81	3.33	34.85	85.20	418.14
15 2002	29.50	56.41	83.10	56.50	18.23	2.92	12.81	4.11	8.42	109.80	40.84	20.30	2.92	36.91	109.80	442.94
16 2003	44.72	26.91	70.50	24.63	14.31	0.31	0.11	9.45	12.61	17.11	77.31	83.14	0.11	31.76	83.14	381.11
17 2004	33.62	31.72	56.93	31.25	24.80	5.13	5.60	16.70	16.22	28.65	34.84	104.62	5.13	32.51	104.62	390.08
18 2005	32.62	45.00	92.71	12.21	1.40	0.01	2.02	8.60	5.82	51.52	26.32	106.95	0.01	32.10	106.95	385.18
19 2006	81.92	48.41	112.71	38.61	2.00	6.22	3.50	2.92	11.42	46.00	66.71	89.11	2.00	42.46	112.71	509.53
20 2007	33.93	6.92	83.10	35.83	7.83	1.90	6.72	3.92	4.40	59.22	40.61	70.30	1.90	29.56	83.10	354.68
21 2008	29.83	90.80	91.34	36.31	3.62	5.50	0.12	2.00	33.40	38.01	50.92	68.13	0.12	37.50	91.34	449.98
22 2009	67.25	72.52	87.91	57.20	13.70	10.31	11.90	4.40	11.01	44.64	40.22	59.62	4.40	40.06	87.91	480.68
23 2010	21.80	85.90	88.63	19.00	3.41	2.61	4.91	7.20	13.65	26.70	55.17	81.93	2.61	34.24	88.63	410.91
24 2011	74.31	64.03	141.62	43.92	21.10	1.83	1.91	3.70	22.63	67.70	56.60	132.31	1.83	52.64	141.62	631.66
25 2012	78.60	55.70	30.11	75.92	13.71	3.83	7.80	3.41	4.90	75.02	94.50	154.71	3.41	49.85	154.71	598.21
26 2013	36.21	90.01	92.03	33.60	5.70	10.70	12.50	22.10	6.60	37.80	71.30	76.10	5.70	41.22	92.03	494.65
MÍN	17.50	6.92	26.50	3.10	0.00	0.00	0.00	0.00	2.30	9.51	20.40	15.70				
PROM	52.34	55.62	76.11	35.62	11.73	5.95	4.24	7.24	12.86	44.43	52.63	64.87				
MÁX	93.50	90.80	141.62	75.92	32.60	16.01	12.81	36.00	57.60	109.80	94.50	154.71				

Registro de Temperatura máxima – Estación Huánuco

REGISTRO DE TEMPERATURA MÁXIMA DE LA ESTACIÓN HUÁNUCO

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	MÍN	PROM	MÁX	SUMATORIA
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC				
1 1988	25.76	26.82	26.19	26.23	26.68	26.30	26.19	27.47	26.33	26.64	26.29	26.03	25.76	26.41	27.47	316.93
2 1989	23.89	23.60	23.56	24.38	25.08	24.58	24.83	26.27	26.41	25.21	26.76	26.92	23.56	25.13	26.92	301.50
3 1990	24.70	26.32	26.23	26.70	26.09	24.55	24.88	25.66	25.87	25.05	22.95	24.88	22.95	25.32	26.70	303.87
4 1991	25.38	25.12	24.39	26.67	26.93	26.24	25.26	24.80	24.85	23.98	25.06	25.91	23.98	25.38	26.93	304.60
5 1992	24.95	24.11	24.69	25.87	27.48	25.64	26.93	26.47	26.78	25.39	26.54	26.10	24.11	25.91	27.48	310.95
6 1993	25.81	25.80	25.63	26.68	26.92	26.29	26.05	26.52	26.86	26.78	26.63	26.11	25.63	26.34	26.92	316.08
7 1994	25.81	25.76	26.16	26.41	27.15	26.10	25.78	26.61	27.06	26.76	26.44	27.12	25.76	26.43	27.15	317.17
8 1995	26.71	27.21	25.33	27.82	27.10	26.34	26.72	27.03	26.87	27.01	27.03	26.84	25.33	26.83	27.82	322.01
9 1996	24.73	26.10	26.22	25.98	26.26	26.72	25.82	26.13	27.02	26.80	26.43	25.99	24.73	26.18	27.02	314.20
10 1997	25.45	25.77	26.47	26.98	26.24	26.55	26.87	25.56	27.51	27.86	27.25	26.80	25.45	26.61	27.86	319.31
11 1998	26.98	27.52	27.35	28.46	28.07	26.33	26.85	27.72	27.29	27.57	26.67	26.81	26.33	27.30	28.46	327.62
12 1999	24.74	24.71	23.89	25.82	25.88	26.32	25.25	25.47	26.15	26.62	27.67	26.16	23.89	25.72	27.67	308.68
13 2000	25.08	24.26	24.09	24.93	26.90	25.42	25.19	25.94	26.58	26.76	27.27	25.83	24.09	25.69	27.27	308.25
14 2001	24.88	26.01	25.26	26.79	27.17	26.63	26.22	26.82	27.19	27.68	26.49	26.63	24.88	26.48	27.68	317.77
15 2002	27.66	26.03	26.22	27.06	27.13	26.63	25.21	26.55	26.77	26.74	25.76	26.91	25.21	26.56	27.66	318.68
16 2003	27.09	26.67	26.18	27.22	27.09	27.13	26.70	26.28	26.85	28.11	27.58	25.63	25.63	26.88	28.11	322.53
17 2004	27.15	26.66	27.42	28.08	27.11	25.70	25.32	24.86	25.95	26.43	26.57	25.92	24.86	26.43	28.08	317.18

18	2005	27.48	27.54	25.74	27.84	28.01	26.99	26.48	27.32	27.38	27.24	27.95	25.51	25.51	27.12	28.01	325.48
19	2006	25.63	26.15	25.35	26.45	26.55	26.42	27.21	27.28	27.96	27.98	25.80	25.52	25.35	26.52	27.98	318.29
20	2007	26.22	26.67	25.54	27.32	27.59	26.99	25.65	26.56	27.47	27.34	27.26	26.16	25.54	26.73	27.59	320.77
21	2008	25.60	25.62	24.56	26.24	26.58	26.78	26.19	27.27	26.78	26.93	27.28	26.26	24.56	26.34	27.28	316.10
22	2009	25.02	25.18	25.54	26.06	27.05	26.61	25.90	27.30	27.87	28.16	27.85	25.91	25.02	26.54	28.16	318.42
23	2010	26.19	26.36	27.59	28.04	28.14	27.29	27.12	27.38	27.61	27.41	27.08	25.63	25.63	27.15	28.14	325.83
24	2011	25.19	24.15	25.07	26.34	27.23	26.81	26.46	27.18	26.88	25.84	27.02	25.36	24.15	26.13	27.23	313.52
25	2012	26.04	25.12	26.44	25.94	26.63	26.54	26.65	26.47	26.38	27.02	26.45	25.02	25.02	26.22	27.02	314.69
26	2013	27.02	25.50	25.25	27.27	26.98	25.53	25.64	26.72	27.72	27.03	26.31	26.65	25.25	26.47	27.72	317.61
MÍN		23.89	23.60	23.56	24.38	25.08	24.55	24.83	24.80	24.85	23.98	22.95	24.88				
PROM		25.81	25.80	25.63	26.68	26.92	26.29	26.05	26.52	26.86	26.78	26.63	26.10				
MÁX		27.66	27.54	27.59	28.46	28.14	27.29	27.21	27.72	27.96	28.16	27.95	27.12				

Registro de Temperatura mínima – Estación Huánuco

REGISTRO DE TEMPERATURA MÍNIMA DE LA ESTACIÓN HUÁNUCO

		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	MÍN	PROM	MÁX	SUMATORIA
		ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC				
1	1988	15.50	14.83	14.89	14.11	13.31	10.29	10.12	11.56	12.89	13.99	13.91	13.72	10.12	13.26	15.50	159.14
2	1989	13.09	13.91	13.88	13.07	11.85	11.33	8.38	11.13	12.10	13.10	12.47	12.93	8.38	12.27	13.91	147.24
3	1990	13.58	13.77	13.98	13.85	12.91	12.95	11.22	10.82	12.78	13.93	13.38	13.86	10.82	13.09	13.98	157.03
4	1991	14.00	13.81	14.07	13.90	12.46	11.72	7.55	9.15	11.12	12.34	13.46	13.36	7.55	12.25	14.07	146.95
5	1992	13.35	13.20	13.53	13.28	13.27	12.85	11.89	13.02	14.09	11.46	11.01	14.78	11.01	12.98	14.78	155.73
6	1993	15.08	15.02	14.94	14.43	13.57	12.36	11.27	12.24	13.50	14.65	14.93	7.35	7.35	13.28	15.08	159.34
7	1994	15.08	14.72	14.62	14.16	12.88	11.25	10.39	10.73	12.47	13.70	14.81	15.43	10.39	13.35	15.43	160.26
8	1995	14.84	14.96	14.65	14.47	12.25	11.73	11.65	11.55	13.27	14.08	15.38	14.72	11.55	13.63	15.38	163.53
9	1996	14.72	14.14	14.55	14.48	12.94	11.50	9.18	11.95	12.63	14.90	13.98	14.58	9.18	13.30	14.90	159.54
10	1997	14.96	15.09	15.00	13.62	14.00	12.11	10.98	13.09	14.52	15.88	16.15	16.52	10.98	14.33	16.52	171.93
11	1998	16.28	16.39	16.69	16.30	12.76	12.18	10.53	13.02	13.50	15.02	15.21	14.67	10.53	14.38	16.69	172.56
12	1999	14.94	14.73	14.66	14.24	13.22	12.53	10.95	10.60	12.67	13.98	15.13	15.07	10.60	13.56	15.13	162.72
13	2000	14.72	14.58	14.43	13.95	13.28	12.44	11.08	12.14	13.44	13.98	15.15	14.55	11.08	13.65	15.15	163.74
14	2001	14.84	14.65	14.39	12.86	13.44	11.64	12.71	10.94	13.55	15.13	15.59	15.31	10.94	13.76	15.59	165.07
15	2002	15.42	15.38	14.76	14.59	13.67	12.47	13.51	12.65	14.21	14.97	15.35	16.20	12.47	14.43	16.20	173.20
16	2003	16.10	15.77	15.44	15.11	14.28	12.94	11.66	13.34	13.48	15.59	15.39	15.24	11.66	14.53	16.10	174.34
17	2004	15.15	15.22	15.55	14.63	13.89	12.00	12.72	11.75	12.99	15.46	15.90	15.60	11.75	14.24	15.90	170.86
18	2005	15.52	16.07	15.63	15.15	14.30	12.64	10.54	11.79	14.55	15.35	15.68	15.40	10.54	14.38	16.07	172.61
19	2006	15.28	15.60	15.46	14.80	12.75	13.53	11.05	14.05	14.43	15.88	15.49	16.04	11.05	14.53	16.04	174.39
20	2007	16.02	15.91	15.65	15.21	14.94	12.24	12.71	12.75	14.29	14.95	15.85	15.39	12.24	14.66	16.02	175.92
21	2008	15.55	15.38	14.54	14.53	14.32	12.46	12.77	14.14	14.18	15.61	15.89	15.76	12.46	14.59	15.89	175.13
22	2009	15.54	15.37	15.06	15.10	14.39	13.21	12.69	14.19	14.50	15.64	16.33	16.28	12.69	14.86	16.33	178.29
23	2010	16.19	16.32	16.39	15.81	15.12	13.53	12.15	12.59	14.20	14.93	15.11	15.21	12.15	14.80	16.39	177.55
24	2011	15.15	14.85	14.95	14.31	14.46	12.92	12.31	12.97	14.55	15.34	15.60	15.08	12.31	14.37	15.60	172.49
25	2012	15.33	15.09	14.88	14.78	14.05	12.46	10.82	12.65	13.41	15.22	15.79	15.30	10.82	14.15	15.79	169.80
26	2013	15.84	15.76	15.70	14.54	14.41	14.03	12.18	13.35	13.57	15.93	15.28	15.94	12.18	14.71	15.94	176.52
MÍN		13.09	13.20	13.53	12.86	11.85	10.29	7.55	9.15	11.12	11.46	11.01	7.35				
PROM		15.08	15.02	14.94	14.43	13.57	12.36	11.27	12.24	13.50	14.65	14.93	14.78				
MÁX		16.28	16.39	16.69	16.30	15.12	14.03	13.51	14.19	14.55	15.93	16.33	16.52				

Registro de Lluvia – Estación Tingo María

REGISTRO DE LLUVIAS DE LA ESTACIÓN TINGO MARÍA

		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	MÍN	PROM	MÁX	SUMATORIA
		ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC				
1	1988	539.30	369.40	330.30	232.60	264.00	47.70	79.90	14.00	204.80	178.80	309.70	307.00	14.00	239.79	539.30	2877.50
2	1989	319.20	456.20	426.50	524.30	85.60	83.60	146.30	117.90	176.50	232.40	234.80	156.50	83.60	246.65	524.30	2959.80
3	1990	628.10	248.70	210.20	215.50	242.40	172.30	257.10	81.70	111.90	372.20	325.50	414.70	81.70	273.36	628.10	3280.30
4	1991	512.90	251.30	363.90	322.30	124.40	181.70	59.90	37.80	96.20	292.20	391.00	372.80	37.80	250.53	512.90	3006.40
5	1992	306.90	390.40	397.50	428.40	303.00	281.80	71.10	347.60	301.10	461.30	406.90	523.60	71.10	351.63	523.60	4219.60
6	1993	465.10	218.20	288.20	268.30	241.00	79.60	202.60	230.90	346.10	235.60	520.00	562.00	79.60	304.80	562.00	3657.60

7	1994	672.00	494.70	253.30	299.50	164.60	67.40	164.10	54.30	235.60	302.10	281.20	815.20	54.30	317.00	815.20	3804.00
8	1995	373.80	323.70	539.40	166.70	136.30	72.90	153.00	72.60	148.10	390.70	308.40	488.20	72.60	264.48	539.40	3173.80
9	1996	508.90	385.90	261.20	438.00	267.70	152.61	45.70	124.10	219.30	267.30	277.30	178.30	45.70	260.53	508.90	3126.31
10	1997	396.30	247.10	296.20	218.80	310.30	173.20	152.20	91.20	240.60	207.70	359.20	741.80	91.20	286.22	741.80	3434.60
11	1998	332.60	316.20	502.70	450.80	297.90	156.70	59.10	95.20	162.70	220.80	416.60	282.30	59.10	274.47	502.70	3293.60
12	1999	568.10	486.40	544.40	217.30	324.40	184.70	196.80	67.60	108.30	73.80	358.00	353.62	67.60	290.29	568.10	3483.42
13	2000	412.20	419.83	509.91	177.33	147.65	316.01	190.83	61.61	171.42	171.38	185.92	367.50	61.61	260.97	509.91	3131.59
14	2001	442.11	313.32	593.90	175.93	217.71	128.92	186.42	41.61	180.20	202.21	455.30	301.20	41.61	269.90	593.90	3238.83
15	2002	304.71	590.11	406.00	308.41	415.50	149.31	190.10	144.91	137.14	262.31	500.11	484.00	137.14	324.38	590.11	3892.61
16	2003	239.61	460.81	343.90	306.81	345.24	228.71	100.20	249.70	216.91	272.41	330.93	598.10	100.20	307.78	598.10	3693.33
17	2004	301.11	298.92	427.41	176.80	141.81	83.42	236.00	71.12	193.91	293.31	469.31	323.40	71.12	251.38	469.31	3016.52
18	2005	245.12	314.81	549.40	117.32	149.00	187.71	55.82	82.91	204.23	259.20	209.01	571.50	55.82	245.50	571.50	2946.03
19	2006	284.80	528.91	389.90	274.12	99.71	122.54	70.40	117.42	202.21	391.70	485.80	571.20	70.40	294.89	571.20	3538.71
20	2007	526.80	257.20	460.70	298.81	187.30	12.40	169.60	95.20	118.50	267.50	277.31	492.70	12.40	263.67	526.80	3164.02
21	2008	428.81	534.62	300.60	196.62	120.30	106.20	224.40	55.20	164.80	335.00	127.32	363.70	55.20	246.46	534.62	2957.57
22	2009	481.20	400.20	302.40	282.90	337.21	164.70	164.60	150.00	10.55	134.90	400.60	496.50	10.55	277.15	496.50	3325.76
23	2010	301.90	592.20	366.01	262.40	192.20	107.01	127.90	55.20	94.90	180.10	463.20	297.00	55.20	253.34	592.20	3040.02
24	2011	458.10	542.90	558.60	379.70	197.61	127.90	111.30	66.21	280.00	171.60	376.90	320.80	66.21	299.30	558.60	3591.62
25	2012	376.50	446.50	464.11	356.32	120.70	151.70	52.80	37.50	92.90	384.11	298.61	413.70	37.50	266.29	464.11	3195.45
26	2013	438.20	466.50	405.80	426.70	203.80	172.30	101.60	249.30	193.90	495.40	270.50	421.00	101.60	320.42	495.40	3845.00
MÍN		239.61	218.20	210.20	117.32	85.60	12.40	45.70	14.00	10.55	73.80	127.32	156.50				
PROM		417.86	398.27	403.56	289.33	216.82	142.81	137.30	108.18	177.41	271.39	347.67	431.47				
MÁX		672.00	592.20	593.90	524.30	415.50	316.01	257.10	347.60	346.10	495.40	520.00	815.20				

Registro de Temperatura máxima – Estación Tingo María

REGISTRO DE TEMPERATURA MÁXIMA DE LA ESTACIÓN TINGO MARÍA

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	MÍN	PROM	MÁX	SUMATORIA	
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC					
1	1988	29.21	30.56	29.40	29.34	29.64	28.71	28.43	30.35	30.08	29.87	29.32	28.17	28.17	29.42	30.56	353.07
2	1989	28.14	28.11	28.40	29.00	28.90	28.41	28.60	29.38	29.76	29.12	29.91	29.77	28.11	28.96	29.91	347.48
3	1990	28.59	29.48	29.66	29.94	28.96	28.88	28.44	30.26	29.94	29.34	29.03	28.83	28.44	29.28	30.26	351.34
4	1991	28.58	29.28	28.20	29.88	30.15	29.56	28.40	29.11	29.68	29.02	28.96	29.91	28.20	29.23	30.15	350.74
5	1992	30.12	28.57	29.84	29.70	30.06	29.21	28.41	28.97	29.42	29.51	29.15	28.88	28.41	29.32	30.12	351.83
6	1993	29.10	28.89	28.03	29.58	29.69	29.52	29.35	29.32	29.72	29.09	28.71	28.76	28.03	29.15	29.72	349.78
7	1994	28.76	28.54	29.45	29.22	30.10	28.49	28.56	29.73	30.13	30.25	28.92	29.40	28.49	29.30	30.25	351.54
8	1995	29.48	29.04	28.67	30.15	29.87	29.61	29.51	30.38	30.86	29.87	29.83	29.55	28.67	29.73	30.86	356.82
9	1996	28.09	28.46	29.05	28.98	29.48	29.36	29.22	29.58	30.43	29.86	29.59	28.94	28.09	29.25	30.43	351.04
10	1997	27.80	28.35	29.06	29.99	29.36	28.96	29.94	29.43	30.48	30.75	29.64	29.62	27.80	29.45	30.75	353.38
11	1998	30.41	30.24	30.29	30.39	30.35	29.50	30.06	30.65	30.65	30.64	29.91	29.42	29.42	30.21	30.65	362.51
12	1999	27.96	28.34	28.07	29.18	28.74	28.88	28.97	29.46	30.24	30.69	30.46	29.39	27.96	29.20	30.69	350.38
13	2000	28.61	28.21	27.85	28.91	29.67	29.10	28.42	30.12	30.00	30.46	30.62	29.58	27.85	29.30	30.62	351.56
14	2001	28.31	28.74	28.65	30.35	29.55	28.93	29.38	29.66	30.47	30.72	29.31	30.29	28.31	29.53	30.72	354.36
15	2002	29.81	28.55	29.30	29.82	29.67	29.19	28.64	30.15	30.12	30.35	29.46	29.35	28.55	29.53	30.35	354.40
16	2003	29.90	29.42	29.46	29.56	29.65	29.54	29.27	29.46	30.29	31.32	30.69	29.46	29.27	29.84	31.32	358.02
17	2004	30.32	28.86	30.28	30.16	29.70	28.56	28.50	28.04	29.09	30.11	29.55	29.59	28.04	29.40	30.32	352.76
18	2005	30.55	30.42	29.20	30.07	30.29	29.93	29.42	30.88	30.45	30.08	30.95	28.95	28.95	30.10	30.95	361.20
19	2006	29.25	29.32	29.18	30.49	29.67	29.22	30.32	30.37	30.77	30.37	29.57	28.93	28.93	29.79	30.77	357.47
20	2007	29.41	29.28	29.20	30.05	29.73	30.30	29.76	30.14	30.83	30.23	30.31	29.64	29.20	29.91	30.83	358.88
21	2008	28.87	28.20	28.52	29.68	29.28	29.11	29.53	30.40	30.29	30.25	30.76	29.07	28.20	29.50	30.76	353.96
22	2009	28.88	28.93	29.08	29.63	30.02	29.29	29.74	30.61	29.18	31.08	30.11	28.55	28.55	29.59	31.08	355.12
23	2010	29.63	29.80	31.12	30.62	30.28	30.18	29.93	31.32	31.74	30.91	30.41	29.45	29.45	30.45	31.74	365.38
24	2011	28.31	27.61	28.87	30.38	29.84	29.65	30.25	30.92	30.62	29.62	30.68	29.24	27.61	29.66	30.92	355.98
25	2012	30.07	27.87	30.38	30.21	30.70	30.19	29.98	31.12	31.24	30.96	31.13	29.23	27.87	30.26	31.24	363.08
26	2013	31.31	29.07	29.25	30.74	29.84	29.56	29.59	30.25	31.42	30.36	29.85	30.20	29.07	30.12	31.42	361.45
MÍN		27.80	27.61	27.85	28.91	28.74	28.41	28.40	28.04	29.09	29.02	28.71	28.17				
PROM		29.21	28.93	29.17	29.85	29.74	29.30	29.25	30.00	30.30	30.19	29.88	29.31				
MÁX		31.31	30.56	31.12	30.74	30.70	30.30	30.32	31.32	31.74	31.32	31.13	30.29				

Registro de Temperatura mínima – Estación Tingo María

REGISTRO DE TEMPERATURA MÍNIMA DE LA ESTACIÓN TINGO MARÍA

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	MÍN	PROM	MÁX	SUMATORIA
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC				
1 1988	20.89	20.55	20.43	20.41	20.29	18.86	17.83	19.08	19.45	20.37	20.31	19.99	17.83	19.87	20.89	238.46
2 1989	19.77	19.72	19.84	20.37	19.55	18.88	18.15	19.12	19.77	20.00	20.43	20.94	18.15	19.71	20.94	236.54
3 1990	20.20	20.70	20.52	20.79	20.22	19.90	19.06	19.16	19.80	20.27	19.37	19.37	19.06	19.95	20.79	239.36
4 1991	20.39	20.23	20.19	20.27	20.36	19.78	16.97	17.70	18.48	19.16	20.04	20.31	16.97	19.49	20.39	233.89
5 1992	20.28	19.69	20.18	20.07	20.02	19.14	17.60	18.10	19.02	18.98	19.48	19.76	17.60	19.36	20.28	232.33
6 1993	19.35	19.61	19.55	19.78	19.75	18.77	18.57	18.21	19.05	19.59	20.04	20.24	18.21	19.38	20.24	232.52
7 1994	19.97	20.11	19.85	20.25	19.62	17.98	17.87	17.59	18.85	19.51	19.66	20.38	17.59	19.30	20.38	231.66
8 1995	20.10	20.07	19.98	20.46	19.42	19.33	18.91	19.24	19.42	20.19	20.63	20.44	18.91	19.85	20.63	238.18
9 1996	20.31	20.31	20.61	19.98	19.69	18.89	17.38	18.54	17.97	18.13	16.93	19.20	16.93	19.00	20.61	227.95
10 1997	19.28	19.51	20.05	20.22	19.68	19.31	18.60	18.89	19.77	20.59	20.86	20.94	18.60	19.81	20.94	237.69
11 1998	21.35	21.40	21.28	21.25	19.80	18.98	18.35	18.92	18.57	19.31	19.50	19.08	18.35	19.82	21.40	237.81
12 1999	19.44	19.32	19.18	19.04	19.24	18.76	18.58	19.01	19.93	19.72	20.22	19.91	18.58	19.36	20.22	232.36
13 2000	19.59	19.46	20.17	20.50	20.35	19.67	19.00	19.32	20.20	20.05	21.09	20.61	19.00	20.00	21.09	240.01
14 2001	20.03	20.00	20.30	20.51	20.59	19.26	19.60	18.93	19.82	20.80	20.65	20.75	18.93	20.10	20.80	241.25
15 2002	20.32	20.40	20.55	21.16	20.81	19.74	19.65	19.35	19.70	20.08	20.12	20.73	19.35	20.22	21.16	242.63
16 2003	20.80	20.50	20.06	20.07	19.72	19.12	18.79	19.63	19.73	21.11	21.16	20.74	18.79	20.12	21.16	241.44
17 2004	21.00	20.26	21.07	20.72	20.35	19.50	19.63	18.52	19.21	20.54	21.01	21.29	18.52	20.26	21.29	243.10
18 2005	21.23	21.31	21.02	21.18	20.89	19.86	18.74	19.35	19.68	19.75	20.44	20.30	18.74	20.31	21.31	243.74
19 2006	20.47	20.57	20.49	20.43	19.29	19.61	18.62	19.40	19.62	20.79	20.70	20.96	18.62	20.08	20.96	240.95
20 2007	21.06	20.78	20.48	20.58	20.68	19.75	19.50	19.39	19.44	20.18	20.91	20.66	19.39	20.28	21.06	243.41
21 2008	20.76	20.46	20.25	20.69	19.93	19.42	19.08	20.04	19.43	20.24	21.17	20.62	19.08	20.17	21.17	242.09
22 2009	20.65	20.51	20.56	20.61	20.40	19.83	19.92	20.26	19.09	20.85	20.88	20.92	19.09	20.37	20.92	244.49
23 2010	21.07	21.06	21.18	21.23	21.07	20.38	19.61	19.43	19.79	19.99	20.26	20.17	19.43	20.44	21.23	245.23
24 2011	20.12	19.66	20.28	20.04	20.42	20.07	19.78	19.53	19.76	20.65	21.23	20.88	19.53	20.20	21.23	242.42
25 2012	20.95	20.49	20.41	20.73	20.39	19.85	18.91	19.49	19.41	20.51	21.13	20.63	18.91	20.24	21.13	242.89
26 2013	21.02	20.60	21.12	20.66	20.76	20.22	19.33	19.92	20.24	20.76	20.94	21.05	19.33	20.55	21.12	246.62
MÍN	19.28	19.32	19.18	19.04	19.24	17.98	16.97	17.59	17.97	18.13	16.93	19.08				
PROM	20.40	20.28	20.37	20.46	20.13	19.42	18.77	19.08	19.43	20.08	20.35	20.42				
MÁX	21.35	21.40	21.28	21.25	21.07	20.38	19.92	20.26	20.24	21.11	21.23	21.29				

Análisis de datos anómalos en el centroide

ÍNDICES ESTADÍSTICOS

CANTIDAD DE DATOS	26	26
SUMA	4560.68	58.2922975
MÍNIMO	145.26	2.162148649
MÁXIMO	213.12	2.328620482
MEDIA	175.41	2.242011442
VAR	306.3747981	0.001833333
DESV ESTAND	17.5035653	0.042817439
COEF VARIA	0.099786181	0.019097779
COEF SESGO	0.434634007	0.268557404
DETERMINACIÓN	ANALIZAR DATOS MÁXIMOS Y MÍNIMOS	

PARÁMETROS DE AJUSTE

CANTIDAD DE DATOS	26
VALOR Kn	2.502
LÍMITE SUPERIOR	223.4295829
LÍMITE INFERIOR	136.4213083

Estimación de caudales por modelo GR2M

S1	P1	S2	S	P2	P3	R1	F	R2	R	Caudal Simulado
810.06	56.36	799.89	751.99	47.90	104.26	134.26	-57.76	76.51	33.63	42.88
874.80	69.07	866.37	802.43	63.94	133.01	166.64	-71.68	94.96	36.77	58.19
961.83	117.97	950.63	861.92	88.71	206.68	243.45	-104.72	138.72	41.88	96.84
925.45	48.45	915.52	837.75	77.77	126.22	168.10	-72.31	95.79	36.89	58.90
893.40	37.98	884.38	815.57	68.81	106.79	143.68	-61.81	81.88	34.63	47.25
847.83	19.29	841.32	783.78	57.54	76.84	111.46	-47.95	63.51	30.85	32.66
871.00	51.52	864.04	800.71	63.33	114.85	145.70	-62.68	83.02	34.83	48.19
831.57	17.38	825.66	771.90	53.76	71.14	105.97	-45.59	60.39	30.10	30.29
848.66	42.41	841.45	783.88	57.57	99.98	130.08	-55.96	74.12	33.16	40.96
898.34	71.55	888.30	818.40	69.90	141.45	174.61	-75.11	99.50	37.43	62.07
976.17	123.97	965.26	871.73	93.53	217.50	254.93	-109.66	145.27	42.46	102.81
991.32	106.99	980.14	881.55	98.59	205.58	248.04	-106.70	141.34	42.12	99.22
969.80	76.69	959.05	867.59	91.47	168.16	210.28	-90.45	119.82	39.98	79.84
978.08	95.25	968.19	873.67	94.51	189.76	229.74	-98.83	130.92	41.14	89.77
1050.04	181.68	1040.49	919.71	120.77	302.45	343.60	-147.80	195.79	45.93	149.87
957.93	34.85	948.27	860.32	87.94	122.79	168.72	-72.58	96.14	36.94	59.20
909.94	36.54	900.66	827.25	73.41	109.95	146.90	-63.19	83.71	34.95	48.76
891.97	43.20	884.57	815.71	68.86	112.06	147.01	-63.24	83.77	34.96	48.81
837.14	12.55	831.01	775.97	55.03	67.59	102.55	-44.11	58.43	29.60	28.83
811.56	18.40	804.31	755.44	48.87	67.28	96.88	-41.68	55.21	28.75	26.45
834.99	41.50	827.01	772.93	54.08	95.58	124.34	-53.49	70.85	32.49	38.36
879.84	63.06	870.87	805.74	65.13	128.20	160.68	-69.12	91.56	36.25	55.32
886.44	51.20	876.26	809.68	66.59	117.79	154.04	-66.26	87.77	35.64	52.14
1016.84	176.09	1007.45	899.15	108.30	284.39	320.03	-137.67	182.36	45.15	137.22
1004.59	102.28	994.87	891.11	103.76	206.04	251.19	-108.05	143.14	42.28	100.86
1049.58	168.33	1040.16	919.52	120.65	288.97	331.25	-142.49	188.76	45.53	143.23
1046.88	141.74	1037.22	917.71	119.50	261.25	306.78	-131.97	174.81	44.67	130.14
1004.01	86.62	994.40	890.81	103.59	190.22	234.89	-101.04	133.85	41.43	92.42
923.54	26.27	915.70	837.87	77.82	104.10	145.53	-62.60	82.93	34.81	48.11
882.26	29.63	875.07	808.80	66.26	95.89	130.71	-56.23	74.48	33.23	41.25
835.07	15.13	828.17	773.81	54.35	69.48	102.71	-44.18	58.53	29.63	28.90
818.74	23.47	810.62	760.33	50.29	73.76	103.39	-44.47	58.91	29.73	29.19
840.21	42.49	831.32	776.21	55.11	97.60	127.32	-54.77	72.55	32.84	39.71
928.86	100.43	917.86	839.39	78.47	178.90	211.75	-91.09	120.66	40.07	80.59
1004.27	143.30	994.31	890.75	103.56	246.87	286.94	-123.43	163.51	43.89	119.61
1064.92	192.05	1054.23	928.04	126.20	318.25	362.14	-155.78	206.36	46.48	159.87
1072.97	174.86	1062.14	932.76	129.38	304.24	350.72	-150.87	199.85	46.15	153.71
1006.43	76.57	997.07	892.52	104.55	181.12	227.26	-97.76	129.50	41.00	88.50
1037.90	150.50	1028.50	912.34	116.16	266.66	307.66	-132.35	175.31	44.70	130.61
1004.60	91.78	995.19	891.31	103.87	195.65	240.35	-103.39	136.96	41.72	95.24
952.70	52.39	943.58	857.14	86.44	138.83	180.55	-77.67	102.89	37.90	64.99
861.65	3.00	854.52	793.66	60.86	63.86	101.76	-43.77	57.98	29.49	28.50
856.71	36.84	849.72	790.08	59.64	96.48	125.96	-54.19	71.78	32.68	39.10
826.41	19.86	819.04	766.83	52.21	72.07	104.76	-45.06	59.69	29.92	29.77
813.39	23.76	805.29	756.20	49.09	72.85	102.77	-44.21	58.56	29.64	28.93
871.85	65.14	862.45	799.54	62.91	128.04	157.68	-67.83	89.85	35.98	53.88
907.49	70.73	897.36	824.90	72.46	143.19	179.16	-77.07	102.09	37.79	64.30
995.58	141.74	985.46	885.02	100.44	242.18	279.97	-120.43	159.54	43.60	115.93
1020.91	133.29	1010.93	901.35	109.58	242.87	286.47	-123.23	163.24	43.87	119.37
1064.65	183.47	1055.90	929.04	126.86	310.34	354.21	-152.37	201.84	46.25	155.59
1029.09	108.72	1020.23	907.20	113.03	221.75	268.00	-115.29	152.72	43.08	109.64
975.38	62.97	966.17	872.34	93.84	156.81	199.88	-85.98	113.90	39.30	74.60

912.84	30.69	904.40	829.91	74.49	105.18	144.48	-62.15	82.33	34.71	47.62
868.08	24.41	861.00	798.47	62.53	86.94	121.65	-52.33	69.32	32.16	37.16
878.60	49.37	871.49	806.19	65.30	114.67	146.84	-63.16	83.67	34.94	48.73
827.25	11.89	818.68	766.55	52.13	64.01	98.96	-42.57	56.39	29.07	27.32
837.32	37.85	829.01	774.45	54.56	92.41	121.48	-52.26	69.22	32.14	37.08
903.19	79.94	892.85	821.67	71.18	151.12	183.26	-78.83	104.43	38.11	66.32
878.42	36.48	867.32	803.13	64.19	100.67	138.78	-59.70	79.08	34.12	44.96
942.99	99.45	932.61	849.63	82.98	182.44	216.55	-93.15	123.40	40.37	83.03
1014.86	149.88	1005.31	897.79	107.52	257.40	297.77	-128.09	169.68	44.33	125.35
1029.38	134.82	1020.84	907.58	113.26	248.08	292.41	-125.78	166.62	44.11	122.51
1013.19	106.15	1003.92	896.90	107.02	213.17	257.28	-110.68	146.61	42.58	104.03
994.65	92.33	985.59	885.10	100.48	192.82	235.39	-101.26	134.13	41.46	92.68
988.63	94.38	979.44	881.09	98.35	192.73	234.18	-100.74	133.45	41.39	92.06
936.58	44.89	929.15	847.24	81.91	126.81	168.20	-72.35	95.84	36.90	58.94
905.50	41.49	898.10	825.43	72.67	114.16	151.06	-64.98	86.08	35.36	50.72
878.53	34.38	869.69	804.87	64.82	99.20	134.55	-57.88	76.67	33.66	43.01
811.69	3.72	804.07	755.25	48.82	52.55	86.20	-37.08	49.12	27.01	22.11
818.85	32.11	808.46	758.66	49.80	81.91	108.92	-46.85	62.07	30.51	31.56
913.05	95.24	902.49	828.55	73.94	169.18	199.69	-85.90	113.79	39.29	74.50
1001.26	146.25	991.20	888.74	102.46	248.71	287.99	-123.88	164.11	43.94	120.17
984.99	87.63	975.42	878.45	96.97	184.60	228.53	-98.31	130.23	41.08	89.15
1063.52	198.85	1054.32	928.09	126.23	325.08	366.15	-157.51	208.65	46.60	162.05
1044.37	130.77	1033.71	915.56	118.15	248.92	295.52	-127.12	168.40	44.24	124.16
996.91	80.04	987.19	886.15	101.05	181.09	225.33	-96.93	128.40	40.89	87.51
947.69	51.46	938.50	853.67	84.83	136.29	177.18	-76.22	100.96	37.63	63.33
890.19	25.52	882.64	814.31	68.33	93.85	131.48	-56.56	74.92	33.32	41.61
860.86	28.50	853.91	793.21	60.70	89.20	122.52	-52.70	69.81	32.27	37.55
815.55	12.03	807.97	758.28	49.69	61.72	93.98	-40.43	53.56	28.30	25.26
799.89	20.35	791.52	745.43	46.09	66.44	94.74	-40.75	53.98	28.42	25.57
823.84	39.28	815.02	763.73	51.29	90.57	118.98	-51.18	67.80	31.83	35.97
940.24	116.51	931.02	848.53	82.49	198.99	230.83	-99.29	131.53	41.20	90.33
960.63	89.83	951.79	862.70	89.09	178.92	220.12	-94.69	125.43	40.59	84.85
1016.15	142.91	1006.85	898.77	108.08	250.99	291.58	-125.43	166.15	44.08	122.07
1060.12	178.40	1052.54	927.02	125.52	303.92	348.01	-149.70	198.31	46.06	152.24
1091.98	208.65	1082.48	944.71	137.77	346.42	392.49	-168.84	223.65	47.31	176.34
1051.96	126.89	1042.40	920.88	121.52	248.41	295.71	-127.21	168.51	44.25	124.26
983.71	60.67	974.10	877.58	96.52	157.19	201.43	-86.65	114.78	39.40	75.38
919.20	32.28	911.25	834.75	76.50	108.78	148.18	-63.74	84.44	35.08	49.36
874.02	25.64	866.17	802.29	63.89	89.53	124.60	-53.60	71.00	32.52	38.48
827.65	14.22	819.13	766.90	52.23	66.46	98.98	-42.58	56.40	29.07	27.33
873.26	61.23	864.16	800.80	63.36	124.59	153.66	-66.10	87.56	35.60	51.96
882.24	50.76	872.67	807.05	65.62	116.38	151.98	-65.38	86.60	35.44	51.16
945.86	100.01	934.75	851.10	83.65	183.66	219.11	-94.25	124.85	40.53	84.33
979.60	107.86	969.63	874.63	95.00	202.86	243.38	-104.69	138.69	41.88	96.81
1004.37	120.18	994.10	890.61	103.49	223.66	265.54	-114.23	151.32	42.96	108.35
1032.63	144.68	1024.77	910.03	114.74	259.42	302.39	-130.08	172.31	44.50	127.81
1043.89	145.26	1033.70	915.56	118.15	263.41	307.92	-132.46	175.46	44.71	130.75
1028.89	119.95	1019.35	906.65	112.70	232.65	277.36	-119.31	158.05	43.49	114.56
946.51	34.59	937.18	852.77	84.41	119.00	162.49	-69.90	92.59	36.41	56.19
904.43	37.09	896.82	824.51	72.31	109.39	145.80	-62.72	83.08	34.84	48.24
845.28	12.57	838.52	781.66	56.85	69.42	104.26	-44.85	59.41	29.85	29.56
797.13	7.86	789.32	743.69	45.62	53.48	83.33	-35.85	47.49	26.51	20.98
781.58	17.40	773.71	731.31	42.39	59.79	86.30	-37.12	49.18	27.03	22.15
891.81	90.25	881.57	813.54	68.03	158.29	185.31	-79.71	105.60	38.26	67.34

935.86	87.26	925.09	844.43	80.66	167.92	206.18	-88.69	117.49	39.72	77.77
1006.34	142.66	996.77	892.33	104.44	247.10	286.82	-123.38	163.44	43.89	119.55
1028.35	137.62	1017.17	905.28	111.89	249.51	293.40	-126.21	167.19	44.15	123.03
1052.31	161.41	1043.75	921.70	122.05	283.46	327.61	-140.93	186.68	45.41	141.28
1053.10	149.08	1043.56	921.59	121.97	271.05	316.46	-136.13	180.33	45.02	135.31
1046.03	138.76	1036.30	917.15	119.15	257.91	302.93	-130.31	172.62	44.52	128.10
978.54	58.20	969.54	874.57	94.97	153.17	197.69	-85.04	112.65	39.15	73.50
934.34	47.54	926.84	845.64	81.20	128.74	167.89	-72.22	95.67	36.87	58.80
883.70	25.86	877.07	810.27	66.81	92.67	129.54	-55.73	73.82	33.10	40.72
902.92	61.31	895.08	823.27	71.81	133.12	166.22	-71.50	94.72	36.73	57.98
891.75	45.35	882.93	814.52	68.41	113.76	150.49	-64.74	85.75	35.30	50.45
982.88	133.39	972.45	876.50	95.96	229.35	264.65	-113.84	150.81	42.92	107.88
974.08	84.78	964.39	871.15	93.24	178.02	220.94	-95.04	125.90	40.63	85.27
1012.78	132.90	1002.00	895.68	106.32	239.22	279.85	-120.38	159.47	43.60	115.87

Criterios de estimación de caudal GR2M

Cálculo del criterio														Pobs	ETPobs
Qobs	VQobs	ln(Qobs+M/40)	Qcal	VQcal	ln(Qcal+M/40)	Delta(Q)	Delta(VQ) ²	Delta(ln(Q+M/40)) ²	Delta2(Q) ²	Delta2(VQ) ²	Delta2(ln(Q+M/40)) ²	Pobs	ETPobs		
137.940	11.745	4.942	42.879	6.548	3.806	9036.618	27.004	1.290	2949.049	11.307	0.753	186.495	12.200		
115.300	10.738	4.766	58.190	7.628	4.099	3261.634	9.670	0.444	1002.677	5.549	0.478	191.881	9.685		
110.324	10.504	4.722	96.839	9.841	4.594	181.868	0.439	0.016	712.311	4.500	0.420	277.369	12.284		
121.828	11.038	4.820	58.899	7.675	4.111	3960.079	11.310	0.503	1458.667	7.051	0.555	111.981	11.090		
155.232	12.459	5.058	47.250	6.874	3.899	11660.202	31.196	1.345	5126.142	16.623	0.968	93.629	10.247		
86.839	9.319	4.488	32.661	5.715	3.548	2935.318	12.987	0.883	10.265	0.877	0.171	51.556	7.600		
43.100	6.565	3.811	48.195	6.942	3.918	25.956	0.142	0.011	1643.107	3.302	0.069	138.737	8.007		
22.242	4.716	3.192	30.290	5.504	3.478	64.762	0.620	0.082	3769.079	13.439	0.779	48.235	6.969		
28.899	5.376	3.434	40.965	6.400	3.762	145.584	1.050	0.108	2996.090	9.038	0.410	119.162	8.405		
32.014	5.658	3.529	62.067	7.878	4.161	903.228	4.929	0.399	2664.793	7.421	0.297	186.011	11.384		
196.017	14.001	5.289	102.805	10.139	4.653	8688.352	14.910	0.404	12629.564	31.567	1.475	281.744	11.885		
163.099	12.771	5.107	99.221	9.961	4.618	4080.369	7.896	0.239	6314.494	19.262	1.067	226.578	12.102		
72.904	8.538	4.317	79.841	8.935	4.406	48.130	0.158	0.008	115.164	0.024	0.059	164.947	11.743		
118.072	10.866	4.789	89.772	9.475	4.520	800.907	1.936	0.072	1185.898	6.170	0.511	205.740	10.761		
90.799	9.529	4.531	149.867	12.242	5.024	3488.952	7.361	0.242	51.322	1.315	0.209	358.041	10.089		
												73.066	10.614		
71.434	8.452	4.298	48.758	6.983	3.929	514.208	2.158	0.136	148.868	0.005	0.050	86.166	10.448		
52.595	7.252	4.002	48.810	6.986	3.930	14.326	0.071	0.005	963.492	1.277	0.005	107.918	8.420		
17.166	4.143	2.958	28.831	5.369	3.431	136.066	1.504	0.224	4418.162	17.969	1.246	33.985	7.209		
1.046	1.023	1.143	26.454	5.143	3.351	645.572	16.979	4.876	6820.961	54.160	8.591	53.987	8.671		
15.323	3.914	2.857	38.363	6.194	3.700	530.831	5.195	0.710	4666.536	19.960	1.481	121.058	9.403		
0.177	0.421	0.819	55.315	7.437	4.050	3040.196	49.233	10.441	6965.272	63.383	10.598	169.964	10.269		
160.945	12.686	5.094	52.136	7.221	3.993	11839.323	29.876	1.212	5976.734	18.526	1.040	131.910	11.619		
141.509	11.896	4.967	137.216	11.714	4.937	18.436	0.033	0.001	3349.393	12.345	0.797	383.250	10.049		
147.071	12.127	5.005	100.858	10.043	4.634	2135.589	4.345	0.137	4024.065	14.026	0.866	207.722	10.451		
119.467	10.930	4.800	143.229	11.968	4.979	564.661	1.077	0.032	1283.893	6.492	0.527	326.798	9.952		
234.470	15.312	5.466	130.142	11.408	4.885	10884.217	15.244	0.338	22751.089	48.028	1.937	269.109	10.221		
165.457	12.863	5.121	92.418	9.613	4.549	5334.760	10.560	0.328	6694.855	20.078	1.096	172.921	10.334		
39.614	6.294	3.731	48.114	6.936	3.916	72.239	0.413	0.034	1937.855	4.360	0.118	59.010	8.766		
20.093	4.483	3.099	41.250	6.423	3.769	447.600	3.764	0.449	4037.584	15.207	0.951	74.015	8.221		
9.269	3.045	2.430	28.901	5.376	3.434	385.419	5.436	1.007	5530.329	28.490	2.704	41.397	8.134		
9.711	3.116	2.468	29.187	5.403	3.443	379.331	5.227	0.950	5464.813	27.730	2.579	68.404	9.678		
9.525	3.086	2.452	39.712	6.302	3.733	911.248	10.339	1.640	5492.318	28.046	2.631	122.367	10.439		
72.521	8.516	4.312	80.586	8.977	4.415	65.051	0.213	0.011	123.530	0.018	0.057	253.080	12.270		
151.994	12.329	5.038	119.614	10.937	4.802	1048.496	1.937	0.056	4672.917	15.574	0.928	308.189	10.712		
149.042	12.208	5.018	159.874	12.644	5.087	117.330	0.190	0.005	4278.066	14.639	0.891	366.221	11.236		

158.56 4	12.59 2	5.079	153.70 7	12.39 8	5.049	23.591	0.038	0.001	5614.29 7	17.725	1.010	319.78 6	11.345
183.51 2	13.54 7	5.224	88.499	9.407	4.506	9027.42 1	17.133	0.514	9975.32 8	26.672	1.321	150.23 9	10.060
255.12 8	15.97 3	5.550	130.61 4	11.42 9	4.888	15503.7 29	20.649	0.438	29409.5 96	57.617	2.177	295.87 3	9.972
186.86 4	13.67 0	5.242	95.237	9.759	4.578	8395.35 6	15.295	0.440	10656.0 64	27.959	1.362	184.03 2	10.124
49.503	7.036	3.943	64.987	8.061	4.206	239.754	1.052	0.069	1165.02 9	1.813	0.017	113.78 0	10.042
50.362	7.097	3.960	28.496	5.338	3.421	478.108	3.092	0.291	1107.10 6	1.653	0.013	7.507	8.250
26.031	5.102	3.337	39.097	6.253	3.718	170.716	1.324	0.146	3318.22 0	10.759	0.544	99.883	8.113
13.234	3.638	2.730	29.770	5.456	3.461	273.420	3.306	0.536	4956.28 8	22.508	1.809	56.190	8.730
22.532	4.747	3.204	28.926	5.378	3.435	40.883	0.399	0.053	3733.60 1	13.216	0.758	70.313	9.684
91.006	9.540	4.534	64.303	8.019	4.196	713.023	2.313	0.114	54.321	1.340	0.211	180.78 7	10.820
187.78 0	13.70 3	5.246	115.93 4	10.76 7	4.771	5161.88 2	8.620	0.226	10846.1 39	28.314	1.374	178.67 6	11.424
41.935	6.476	3.785	119.36 7	10.92 6	4.800	5995.67 3	19.801	1.030	1738.92 2	3.635	0.084	312.42 0	10.928
54.035	7.351	4.028	155.59 0	12.47 4	5.061	10313.4 94	26.242	1.067	876.170	1.064	0.002	269.18 3	10.662
180.64 5	13.44 0	5.208	109.64 1	10.47 1	4.716	5041.56 4	8.818	0.242	9410.82 6	25.586	1.285	346.77 0	9.192
116.08 9	10.77 4	4.772	74.602	8.637	4.340	1721.18 5	4.568	0.187	1053.24 2	5.723	0.487	208.76 9	9.428
136.82 4	11.69 7	4.934	47.624	6.901	3.906	7956.50 8	23.003	1.056	2829.00 0	10.989	0.739	131.15 9	10.032
67.876	8.239	4.248	37.156	6.096	3.670	943.691	4.593	0.334	248.369	0.021	0.030	71.193	9.485
32.978	5.743	3.557	48.729	6.981	3.928	248.107	1.533	0.138	2566.17 9	6.967	0.267	62.580	8.161
14.559	3.816	2.812	27.320	5.227	3.381	162.857	1.992	0.324	4771.59 8	20.854	1.593	129.50 8	8.147
23.077	4.804	3.226	37.081	6.089	3.668	196.124	1.653	0.196	3667.31 9	12.804	0.720	32.947	10.157
98.106	9.905	4.607	66.324	8.144	4.226	1010.10 8	3.101	0.146	209.394	2.319	0.284	108.62 7	9.781
111.82 6	10.57 5	4.735	44.964	6.705	3.851	4470.56 7	14.971	0.782	794.714	4.808	0.437	208.68 3	11.693
125.66 9	11.21 0	4.850	83.028	9.112	4.444	1818.25 2	4.403	0.165	1766.80 0	7.998	0.602	93.235	12.740
97.211	9.860	4.598	125.35 3	11.19 6	4.848	791.949	1.786	0.062	184.300	2.183	0.274	239.31 4	11.485
104.48 6	10.22 2	4.669	122.50 9	11.06 8	4.825	324.819	0.717	0.024	164.300	2.183	0.274	315.11 5	10.235
141.44 9	11.89 3	4.967	104.03 3	10.20 0	4.665	1399.92 1	2.868	0.091	434.771	3.385	0.353	266.41 3	9.087
12.846	3.584	2.704	92.678	9.627	4.551	6373.06 0	36.515	3.414	3342.38 9	12.328	0.796	211.76 2	9.932
106.25 7	10.30 8	4.685	92.056	9.595	4.545	201.675	0.509	0.020	5011.08 6	23.021	1.878	190.07 4	9.783
84.887	9.213	4.466	58.944	7.677	4.111	673.037	2.359	0.125	511.742	3.709	0.373	197.90 5	9.945
32.931	5.739	3.556	50.724	7.122	3.967	316.606	1.914	0.169	1.566	0.691	0.153	100.37 8	8.239
33.285	5.769	3.566	43.012	6.558	3.809	94.615	0.623	0.059	2570.91 8	6.989	0.269	99.757	8.353
24.714	4.971	3.289	22.113	4.702	3.187	6.767	0.072	0.010	2535.12 5	6.827	0.258	87.475	10.129
26.019	5.101	3.336	31.559	5.618	3.516	30.695	0.267	0.032	3471.71 8	11.634	0.617	10.541	9.114
69.084	8.312	4.265	74.502	8.631	4.339	29.354	0.102	0.005	3319.68 0	10.767	0.545	95.709	12.391
195.35 6	13.97 7	5.285	120.17 0	10.96 2	4.806	5652.90 6	9.089	0.230	211.727	0.005	0.036	249.63 8	11.882
41.948	6.477	3.785	89.150	9.442	4.514	2228.02 9	8.792	0.531	12481.4 57	31.302	1.467	318.95 8	10.834
114.81 6	10.71 5	4.761	162.04 6	12.73 0	5.101	2230.75 2	4.058	0.115	1737.80 2	3.631	0.084	183.87 1	10.374
172.87 6	13.14 8	5.165	124.15 9	11.14 3	4.838	2373.35 1	4.022	0.106	972.213	5.443	0.472	383.91 0	9.671
189.66 9	13.77 2	5.256	87.507	9.355	4.495	10437.1 21	19.515	0.579	7963.84 2	22.715	1.189	247.05 3	11.290
69.691	8.348	4.274	63.329	7.958	4.181	40.465	0.152	0.009	11243.2 36	29.051	1.397	161.39 5	10.486
16.417	4.052	2.918	41.605	6.450	3.777	634.440	5.752	0.738	194.456	0.001	0.040	113.00 7	10.146
12.298	3.507	2.666	37.547	6.128	3.680	637.500	6.868	1.027	4518.27 2	18.752	1.337	62.041	8.595
16.176	4.022	2.905	25.258	5.026	3.309	82.492	1.008	0.163	5089.03 7	23.769	1.982	75.051	8.054
23.324	4.829	3.235	25.568	5.056	3.320	5.035	0.052	0.007	4550.80 2	19.012	1.367	34.367	9.042
130.56 6	11.42 7	4.888	35.970	5.997	3.639	8948.47 2	29.475	1.559	3637.45 6	12.621	0.704	61.954	10.105
3.665	1.914	1.750	90.328	9.504	4.526	7510.48 0	57.604	7.707	2202.51 2	9.268	0.662	117.69 2	10.474
133.92 7	11.57 3	4.913	84.847	9.211	4.465	2408.88 5	5.576	0.200	6395.28 1	41.832	5.402	293.01 0	10.216
172.69 5	13.14 1	5.164	122.06 9	11.04 8	4.822	2563.01 6	4.380	0.117	2529.28 0	10.180	0.703	201.93 3	9.692
166.92 1	12.92 0	5.130	152.24 2	12.33 9	5.039	215.473	0.338	0.008	7931.71 0	22.650	1.186	296.35 3	9.951
132.50 4	11.51 1	4.902	176.34 4	13.27 9	5.184	1921.90 5	3.127	0.079	6936.51 4	20.590	1.114	339.76 0	7.983
26.894	5.186	3.367	124.26 2	11.14 7	4.839	9480.48 5	35.538	2.168	2388.17 5	9.790	0.685	373.61 8	9.896
41.534	6.445	3.776	75.381	8.682	4.350	1145.56 9	5.006	0.330	3219.59 7	10.216	0.501	234.13 6	10.100
30.463	5.519	3.483	49.362	7.026	3.941	357.197	2.270	0.210	1772.47 8	3.754	0.089	123.50 3	10.430
									2827.33 3	8.196	0.350	73.896	8.902

11.697	3.420	2.624	38.483	6.203	3.703	717.477	7.747	1.165	5175.10 0	24.622	2.104	64.910	9.016
15.519	3.939	2.868	27.328	5.228	3.382	139.459	1.660	0.263	4639.81 6	19.738	1.454	39.592	10.091
25.834	5.083	3.330	51.956	7.208	3.990	682.375	4.517	0.436	3341.01 0	10.886	0.555	167.58 4	10.463
49.840	7.060	3.950	51.160	7.153	3.975	1.743	0.009	0.001	1142.13 9	1.749	0.015	132.19 8	10.947
130.99 7	11.44 5	4.891	84.328	9.183	4.459	2177.96 6	5.118	0.186	2243.13 8	9.383	0.667	238.82 4	12.287
114.74 6	10.71 2	4.761	96.805	9.839	4.594	321.857	0.762	0.028	967.865	5.428	0.471	236.35 9	10.835
												249.91 1	11.046
75.547	8.692	4.352	127.80 6	11.30 5	4.867	2731.02 6	6.830	0.265	65.423	0.096	0.077	286.69 9	8.357
130.80 9	11.43 7	4.890	130.74 9	11.43 5	4.889	0.004	0.000	0.000	2225.39 5	9.333	0.665	279.12 2	10.783
111.10 8	10.54 1	4.729	114.55 9	10.70 3	4.759	11.906	0.026	0.001	754.769	4.660	0.429	233.28 1	10.157
32.231	5.677	3.536	56.186	7.496	4.065	573.851	3.307	0.280	2642.41 7	7.317	0.290	74.450	10.302
												88.745	8.588
0.239	0.489	0.846	29.558	5.437	3.455	859.608	24.482	6.806	6954.94 7	62.305	10.423	33.332	7.908
												23.323	9.453
48.207	6.943	3.918	22.151	4.706	3.188	678.954	5.003	0.533	1255.14 2	2.071	0.024	55.289	9.646
67.935	8.242	4.249	67.336	8.206	4.240	0.359	0.001	0.000	246.498	0.020	0.030	250.75 0	11.651
147.37 3	12.14 0	5.007	77.773	8.819	4.380	4844.17 5	11.028	0.393	4062.47 2	14.119	0.870	209.58 7	11.967
190.38 3	13.79 8	5.260	119.55 1	10.93 4	4.801	5017.26 1	8.203	0.211	11395.1 64	29.331	1.406	304.57 5	10.279
67.240	8.200	4.239	123.03 2	11.09 2	4.829	3112.80 4	8.364	0.349	268.814	0.033	0.027	273.64 0	11.917
												308.44 3	9.038
94.827	9.738	4.574	135.30 8	11.63 2	4.923	1638.69 0	3.588	0.122	125.261	1.838	0.250	280.47 5	10.067
72.851	8.535	4.317	128.09 8	11.31 8	4.869	3052.13 2	7.743	0.305	116.290	0.023	0.059	263.21 1	10.296
27.812	5.274	3.398	73.503	8.573	4.325	2087.66 8	10.888	0.860	3116.25 2	9.663	0.457	119.59 0	9.787
62.274	7.891	4.165	58.796	7.668	4.109	12.094	0.050	0.003	456.315	0.241	0.008	107.30 9	8.332
11.795	3.434	2.631	40.720	6.381	3.757	836.674	8.684	1.268	5161.07 9	24.481	2.084	63.928	7.571
19.779	4.447	3.085	57.984	7.615	4.096	1459.69 0	10.033	1.021	4077.68 7	15.483	0.979	153.96 2	8.857
29.858	5.464	3.464	50.453	7.103	3.962	424.153	2.686	0.248	2891.96 8	8.514	0.372	113.82 9	10.035
61.584	7.848	4.154	107.88 4	10.38 7	4.700	2143.68 9	6.447	0.299	486.256	0.286	0.006	301.76 0	11.327
114.22 1	10.68 7	4.756	85.265	9.234	4.470	838.436	2.113	0.082	935.472	5.314	0.465	182.36 7	10.568
100.77 4	10.03 9	4.633	115.87 2	10.76 4	4.770	227.937	0.527	0.019	293.737	2.744	0.313	274.52 2	11.550

ANEXOS 1
PANEL FOTOGRÁFICO

ESTACION CLIMATOLOGICA – HUANUCO

Estación climatológica Huánuco



Centro de monitoreo y control – huánuco



Panel informativo – Huánuco.



Equipos metereológicos .



Equipos metereológicos



Equipos metereológicos .



Equipos metereológicos .



Tomando coordenadas de la estación metereológicas.



Captura de Coordenadas con gps en la estación climatológica de Huánuco.



Vista Panorámica.



ESTACION CLIMATOLOGICA – CARPISH

Estación Climatológica – Carpsih



Vista panorámica con los equipos metereológicos



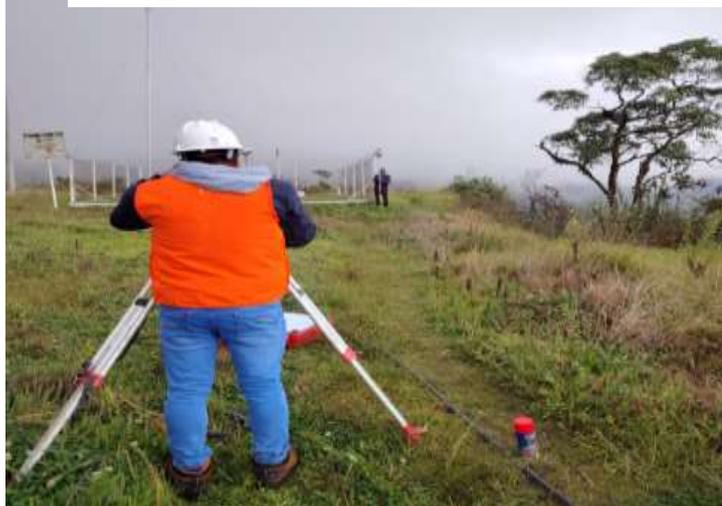
Captura de coordenadas con el gps en la estación climatológica de carpish.



Levantamiento topográfico



Levantamiento topográfico



Equipos metereológicos en la estación climatológico de carpish.



PUENTE MONZON BELLA

Puente Monzón Bella – Tingo María.



Medidor de caudal en puente Monzón Bella.

