

UNIVERSIDAD DE HUANUCO
FACULTAD DE INGENIERIA
PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERIA CIVIL



TESIS

“Generación de flujos de promedio mensuales a partir de datos climáticos en la subcuenca del río Monzón mediante el uso de modelos y métodos hidrológicos, Huánuco - 2024”

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

AUTOR: Santamaria Rosas, Daniel David

ASESOR: Huamán Cuespán, Carlos Esteban

HUÁNUCO – PERÚ

2024

U

D

H



UDH
UNIVERSIDAD DE HUANCAYO
<http://www.udh.edu.pe>

TIPO DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN:

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

LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN: Hidráulica**AÑO DE LA LÍNEA DE INVESTIGACIÓN** (2020)**CAMPO DE CONOCIMIENTO OCDE:****Área:** Ingeniería, Tecnología**Sub área:** Ingeniería civil**Disciplina:** Ingeniería civil**DATOS DEL PROGRAMA:**

Nombre del Grado/Título a recibir: Título

Profesional de Ingeniero Civil

Código del Programa: P07

Tipo de Financiamiento:

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

DATOS DEL AUTOR:

Documento Nacional de Identidad (DNI): 73052713

DATOS DEL ASESOR:

Documento Nacional de Identidad (DNI): 42289817

Grado/Título: Doctor en ciencias ambientales y desarrollo sostenible

Código ORCID: 0000-0002-9668-6670

DATOS DE LOS JURADOS:

Nº	APELLIDOS Y NOMBRES	GRADO	DNI	Código ORCID
1	Arteaga Espinoza, Ingrid Delia Dignarda	Máster en dirección de proyectos	73645168	0009-0001-0745-5433
2	Taboada Trujillo, William Paolo	Doctor en medio ambiente y desarrollo sostenible	40847625	0000-0002-4594-1491
3	Trujillo Ariza, Yelen Lisseth	Maestro en medio ambiente y desarrollo sostenible, mención en gestión ambiental	70502371	0000-0002-5650-3745

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

En la ciudad de Huánuco, siendo las 17:45 horas del día **viernes 13 de diciembre 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:

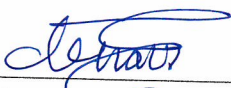
- | | |
|--|------------|
| ❖ MG. INGRID DELIA DIGNARDA ARTEAGA ESPINOZA | PRESIDENTE |
| ❖ MG. WILLIAM PAOLO TABOADA TRUJILLO | SECRETARIO |
| ❖ MG. YELEN LISSETH TRUJILLO ARIZA | VOCAL |

Nombrados mediante la RESOLUCIÓN No 2735-2024-D-FI-UDH, para evaluar la Tesis intitulada: **"GENERACIÓN DE FLUJOS DE PROMEDIO MENSUALES APARTIR DE DATOS CLIMÁTICOS EN LA SUBCUENCA DEL RÍO MONZÓN MEDIANTE EL USO DE MODELOS Y MÉTODOS HIDROLÓGICOS, HUÁNUCO -2024"**, presentado por el (la) Bachiller. **Bach. Daniel David SANTAMARIA ROSAS**, 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 **11** y cualitativo de **SUFICIENTE** (Art. 47).

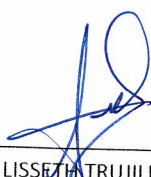
Siendo las **06:40 p.m.** horas del día **13 del mes de diciembre** del año 2024, los miembros del Jurado Calificador firman la presente Acta en señal de conformidad.



MG. INGRID DELIA DIGNARDA ARTEAGA ESPINOZA
DNI: 73645168
ORCID: 0009-0001-0745-5433
PRESIDENTE



MG. WILLIAM PAOLO TABOADA TRUJILLO
DNI: 40847625
ORCID: 0000-0002-4594-1491
SECRETARIO (A)



MG. YELEN LISSETH TRUJILLO ARIZA
DNI: 70502371
ORCID: 0000-0002-5650-3745
VOCAL



UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO

CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD

El comité de integridad científica, realizó la revisión del trabajo de investigación del estudiante: DANIEL DAVID SANTAMARIA ROSAS, de la investigación titulada "Generación de flujos de promedio mensuales a partir de datos climáticos en la subcuenca del río Monzón mediante el uso de modelos y métodos hidrológicos, Huánuco - 2024", con asesor(a) CARLOS ESTEBAN HUAMAN CUESPAN, designado(a) mediante documento: RESOLUCIÓN N° 0090-2024-D-FI-UDH del P. A. de INGENIERÍA CIVIL.

Puede constar que la misma tiene un índice de similitud del 23 % 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, 13 de noviembre 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

3. SANTAMARIA ROSAS DANIEL DAVID.docx

INFORME DE ORIGINALIDAD

23%	23%	4%	10%
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	hdl.handle.net	9%
	Fuente de Internet	
2	repositorio.udh.edu.pe	4%
	Fuente de Internet	
3	oa.upm.es	1%
	Fuente de Internet	
4	repositorio.urp.edu.pe	1%
	Fuente de Internet	
5	repositorio.espe.edu.ec	1%
	Fuente de Internet	



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 padres, cuyos sacrificios y enseñanzas han sido el faro que ha guiado mi camino. Su amor incondicional y apoyo inquebrantable me han dado la fortaleza y el valor para perseguir mis sueños y superar cada desafío.

A mi familia, por ser mis compañeros de vida y mis amigos más cercanos. Sus palabras de ánimo y su confianza en mí han sido una fuente constante de motivación.

A mis amigos, por su compañía y por hacer de este viaje académico una experiencia inolvidable. Sus risas, consejos y apoyo han sido esenciales para llegar hasta aquí.

A mis profesores y mentores, por compartir su conocimiento y sabiduría, y por inspirarme a siempre buscar la excelencia. Sus enseñanzas han dejado una huella imborrable en mi vida académica y profesional.

Finalmente, a todos aquellos que, de alguna manera, han contribuido a mi formación y crecimiento personal y académico. Esta tesis es el resultado de la suma de todos esos esfuerzos y apoyos.

AGRADECIMIENTO

Quiero expresar mi más profundo agradecimiento a todas las personas que hicieron posible la realización de esta tesis.

En primer lugar, agradezco a mis padres por su amor incondicional, sacrificio y apoyo constante a lo largo de mi vida. Sus enseñanzas y valores me han guiado en cada paso de este camino académico.

A mis amigos, por su apoyo, comprensión y por hacer de esta experiencia algo memorable. Sus risas y compañía me han ayudado a mantener el equilibrio y la perspectiva durante los momentos de mayor esfuerzo.

A mis profesores y mentores, quienes, con su sabiduría y dedicación, han enriquecido mi formación académica. En especial, agradezco a mi asesor de tesis, por su orientación, paciencia y valiosos consejos que fueron fundamentales para la realización de este trabajo.

Finalmente, agradezco a mi universidad por brindarme la oportunidad de desarrollar mis habilidades y conocimientos en un entorno académico de excelencia. Esta tesis es el fruto de muchos años de esfuerzo y dedicación, y no hubiera sido posible sin el apoyo de todas estas personas y organizaciones.

ÍNDICE

DEDICATORIA	II
AGRADECIMIENTO	III
ÍNDICE	IV
ÍNDICE DE TABLAS	VI
ÍNDICE DE FIGURAS	VII
RESUMEN	IX
ABSTRACT	X
INTRODUCCIÓN	XI
CAPÍTULO I	12
PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	12
1.1 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA	12
1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	13
1.2.1 PROBLEMA GENERAL	13
1.2.2 PROBLEMAS ESPECÍFICOS	13
1.3 OBJETIVO GENERAL	13
1.4 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	13
1.5 JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN	14
1.5.1 JUSTIFICACIÓN PRÁCTICA	14
1.5.2 JUSTIFICACIÓN TEÓRICA	15
1.5.3 JUSTIFICACIÓN METODOLÓGICA	15
1.6 LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN	16
1.7 VIABILIDAD DE LA INVESTIGACIÓN	17
CAPÍTULO II	19
MARCO TEÓRICO	19
2.1 ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN	19
2.1.1 ANTECEDENTES INTERNACIONALES	19
2.1.2 ANTECEDENTES NACIONALES	21
2.1.3 ANTECEDENTES LOCALES	23
2.2 BASES TEÓRICAS	24
2.2.1 CUENCA HIDROGRÁFICA	24
2.3 DEFINICIONES CONCEPTUALES	34
2.4 HIPÓTESIS	35

2.4.1 HIPÓTESIS GENERAL	35
2.4.2 HIPÓTESIS ESPECÍFICAS.....	35
2.5 VARIABLES.....	35
2.5.1 VARIABLE DEPENDIENTE	35
2.5.2 VARIABLE INDEPENDIENTE.....	36
2.6. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES	37
CAPÍTULO III.....	38
METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN	38
3.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN	38
3.1.1 ENFOQUE.....	38
3.1.2 ALCANCE O NIVEL	38
3.1.3 DISEÑO.....	38
3.2 POBLACIÓN Y MUESTRA.....	39
3.2.1 POBLACIÓN	39
3.2.2 MUESTRA.....	39
3.3 TÉCNICAS E INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS	40
3.3.1 PARA LA RECOLECCIÓN DE DATOS.....	40
3.3.2 PARA LA PRESENTACIÓN DE DATOS.....	40
3.3.3 PARA EL ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS DATOS.....	41
CAPÍTULO IV.....	44
RESULTADOS.....	44
4.1 PROCESAMIENTO DE DATOS.....	44
4.2 CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS.....	60
CAPÍTULO V.....	63
DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	63
CONCLUSIONES	65
RECOMENDACIONES.....	66
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	67
ANEXOS	70

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	Formas geométricas en base al índice de gravelius	28
Tabla 2	Rangos del factor de forma.....	28
Tabla 3	Sistema de variables-dimensiones e indicadores.	37
Tabla 4	Ficha de recolección de datos de precipitación	40
Tabla 5	Ficha de caracterización de parámetros	41
Tabla 6	Ficha de intensidades	42
Tabla 7	Valores geométricos	44
Tabla 8	Características altitudinales de la cuenca Monzón	45
Tabla 9	Carracterización hidrica de la cuenca	47
Tabla 10	Estimación del número de cruva.....	47
Tabla 11	Caracterización de la cobertura vegetal.....	48
Tabla 12	Determinación de los parámetros de la cuenca	49
Tabla 13	Identificación de estaciones meteorológicas.....	49
Tabla 14	Registro de lluvias – Estación Tingo María.....	50
Tabla 15	Registro completo – Estación Tingo María	51
Tabla 16	Priueba de bondad.....	55
Tabla 17	Precipitación en diferentes periodos de retorno.....	55
Tabla 18	Determinación de IDF	56
Tabla 19	Resumen de valores de caudal de diseño	60
Tabla 20	Resumen de valores de caudal de diseño	62
Tabla 21	Matriz de Consistencia.....	71
Tabla 22	Clasificación de alturas	73
Tabla 23	Red hídrica.....	74
Tabla 24	Pendiente de la cuenca.....	74
Tabla 25	Registro de preciítaciones – Estación Tingo María.....	74
Tabla 26	Intensidades PR 10 años	81
Tabla 27	Intensidad PR 25 años.....	82
Tabla 28	Intensidades PR 50 años	82
Tabla 29	Intensidades PR 100 años	83

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1	Cuenca hidrográfica	24
Figura 2	Esquema que muestra las regiones de la cuenca hidrográfica..	26
Figura 3	Componentes de la cuenca	27
Figura 4	Influencia de la red hidrológica en las descargas por media de la configuración.....	28
Figura 5	Diagrama para el procesamiento de datos	30
Figura 6	Valores críticos según Smirnov-kolmogorov	33
Figura 7	Ficha de gráfica tipo.....	41
Figura 8	Modelo cartográfico para presentación de información.....	43
Figura 9	Modelo de la cuenca del río Monzón	44
Figura 10	Reclasificación altitudinal	45
Figura 11	Pendiente de la cuenca.....	46
Figura 12	Red hídrica de la cuenca	46
Figura 13	Rangos de número de curva de la cuenca.....	47
Figura 14	Identificación de la cobertura vegetal.....	48
Figura 15	Análisis de año hidrológico	53
Figura 16	Análisis de doble masa	54
Figura 17	Datos de precipitación máxima	54
Figura 18	Curva IDF.....	56
Figura 19	Hietograma de diseño PR 10 años	57
Figura 20	Hietograma de diseño PR 25 años	57
Figura 21	Hietograma de diseño PR 50 años	58
Figura 22	Hietograma de diseño PR 100 años	58
Figura 23	Determinación de caudal para PR 10 años.....	59
Figura 24	Determinación de caudal para PR 25 años.....	59
Figura 25	Determinación de caudal para PR 50 años.....	59
Figura 26	Determinación de caudal para PR 100 años.....	60
Figura 27	Datos de precipitación máxima	61
Figura 28	Curva IDF.....	61
Figura 29	Imagen Satelital	73
Figura 30	Distribución Normal.....	78
Figura 31	Distribución Log-Normal 2P	78

Figura 32	Distribución Gamma 2P	79
Figura 33	Distribución Gamma 3P	79
Figura 34	Distribución Log-Pearson T-III	80
Figura 35	Distribución de Gumbel.....	80
Figura 36	Distribución Log-Gumbel.....	81

RESUMEN

En la investigación se tuvo como objetivo general calcular los flujos de promedio mensuales basados en datos climáticos para la subcuenca del río Monzón, utilizando modelos y métodos hidrológicos. Se implementaron dos enfoques metodológicos distintos: el diseño documental y el diseño de campo. Los objetivos en base al objetivo general incluyeron: definir y determinar los aspectos geomorfológicos de la subcuenca, utilizando el extremo del río Monzón como punto de referencia; identificar las fuentes de información pluviométrica y procesar los datos climatológicos necesarios para el cálculo de caudales máximos; y recopilar y procesar la información cartográfica de la subcuenca. El estudio tuvo como resultado los caudales para la cuenca del río Monzón fueron de 595.10 m³/s, 838.00 m³/s, 1060.10 m³/s, y 1317.60 m³/s, para los periodos de retorno de 10, 25, 50, y 100 años, respectivamente. En relación con los aspectos geomorfológicos, se estableció que el factor de forma de la cuenca era de 0.52, el índice de compacidad alcanzó un valor de 2.15, el lado mayor del rectángulo equivalente era de 180.69 km, y el lado menor, 14.34 km. Además, la densidad de drenaje característica fue calculada en 0.19, y el índice de pendiente en 0.22. Para la estimación de los caudales máximos, se utilizaron registros pluviométricos de la estación Tingo María, obtenidos de la base de datos del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú. Además, se desarrolló un modelo cartográfico utilizando modelos de elevación digital provenientes de servidores satelitales internacionales, logrando identificar que la mejor resolución se obtenía con curvas de nivel cada 50 metros. Este estudio proporcionó una comprensión integral del comportamiento hidrológico de la subcuenca del río Monzón, contribuyendo significativamente al conocimiento de los recursos hídricos en la región de Huánuco.

Palabras clave: Flujos mensuales, datos climáticos, río Monzón, modelos hidrológicos, aspectos geomorfológicos, caudales máximos, modelo cartográfico.

ABSTRACT

The general objective of the research was to calculate the average monthly flows based on climatic data for the Monzón River sub-basin, using hydrological models and methods. Two different methodological approaches were implemented: the documentary design and the field design. The objectives based on the general objective included: to define and determine the geomorphological aspects of the sub-basin, using the end of the Monzón River as a reference point; to identify the sources of pluviometric information and process the climatological data necessary for the calculation of maximum flows; and to collect and process the cartographic information of the sub-basin. The study resulted in flows for the Monzón River basin of 595.10 m³/s, 838.00 m³/s, 1060.10 m³/s, and 1317.60 m³/s, for the return periods of 10, 25, 50, and 100 years, respectively. Regarding the geomorphological aspects, it was established that the shape factor of the basin was 0.52, the compactness index reached a value of 2.15, the longest side of the equivalent rectangle was 180.69 km, and the shortest side, 14.34 km. In addition, the characteristic drainage density was calculated at 0.19, and the slope index at 0.22. To estimate the maximum flows, rainfall records from the Tingo María station were used, obtained from the database of the National Meteorological and Hydrological Service of Peru. In addition, a cartographic model was developed using digital elevation models from international satellite servers, managing to identify that the best resolution was obtained with contour lines every 50 meters. This study provided a comprehensive understanding of the hydrological behavior of the Monzón River sub-basin, contributing significantly to the knowledge of water resources in the Huánuco region.

Keywords: Monthly flows, climatic data, Monzón River, hydrological models, geomorphological aspects, maximum flows, cartographic model.

INTRODUCCIÓN

El análisis de flujos de agua en cuencas hidrográficas fue esencial para la gestión y planificación de los recursos hídricos, especialmente en regiones con características geomorfológicas complejas y variabilidad climática significativa. Esta investigación se centró en la subcuenca del río Monzón, ubicada en la región de Huánuco, con el objetivo de calcular los flujos de promedio mensuales utilizando datos climáticos y aplicar modelos y métodos hidrológicos avanzados. Se abordaron tres aspectos fundamentales: la definición y determinación de los aspectos geomorfológicos de la subcuenca, la identificación y el procesamiento de las fuentes de información pluviométrica para el cálculo de caudales máximos, y la recopilación y el análisis de la información cartográfica relevante. Al comprender estos factores, se mejoró la precisión en la estimación de flujos y se apoyó la toma de decisiones en la gestión de los recursos hídricos de la región. A partir de ello, la investigación se estructuró de la siguiente forma:

Capítulo 1: Este capítulo abordó el contexto del problema, formulando tanto el problema general como los específicos, y estableció los objetivos generales y específicos.

Capítulo 2: Se revisaron los antecedentes de investigaciones previas a nivel internacional y nacional.

Capítulo 3: Este capítulo detalló el enfoque metodológico del estudio, el tipo y diseño de investigación, y describió la población y muestra. También se explicaron las técnicas e instrumentos para la recolección, presentación y análisis de datos.

Capítulo 4: Se presentó el procesamiento de los datos, que incluyó la delimitación de la cuenca, la determinación de variables hidrológicas, el análisis de la demanda y la evaluación del balance hídrico. Además, se realizó la contrastación y prueba de hipótesis.

Capítulo 5: Se interpretaron y discutieron los resultados obtenidos en el capítulo anterior, comparándolos con la literatura existente y evaluando el cumplimiento de las hipótesis formuladas.

CAPÍTULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

La generación de caudales medios mensuales a partir de información climática en una cuenca presenta un desafío fundamental en la comprensión y gestión de recursos hídricos. Este proceso implica la necesidad de desarrollar métodos y modelos precisos que puedan traducir las variables climáticas relevantes, como la precipitación y la temperatura, en estimaciones confiables de los flujos de agua a lo largo del tiempo.

El problema radica en la complejidad de la relación entre las condiciones climáticas y la dinámica hidrológica de la cuenca. Factores como la topografía, la vegetación, la capacidad de retención del suelo y otros elementos geomorfológicos influyen en la manera en que la precipitación se convierte en escorrentía y afecta los caudales de los ríos. La necesidad de generar caudales medios mensuales a partir de esta información climática implica superar la variabilidad espacial y temporal de estos factores para obtener resultados precisos y aplicables.

La falta de métodos estandarizados o enfoques universalmente aceptados para esta tarea agrava el problema. La variabilidad climática, los cambios estacionales y las características específicas de cada cuenca hacen que la generación de caudales medios mensuales sea un proceso desafiante que requiere enfoques adaptativos y sensibles al contexto local.

Estos eventos, que impactan en la calidad de vida, la paz y el bienestar de la población, se perciben en toda la extensión de la subcuenca del río Monzón. La falta de equipos e infraestructura para registrar estas lluvias excepcionales en el área de la subcuenca del río Monzón impide obtener datos precisos en el lugar. Esto resulta en la pérdida de información valiosa, lo que a su vez limita nuestra comprensión de cómo se distribuyen las lluvias en toda la subcuenca y dificulta la contribución a estudios de Ordenamiento Territorial. A pesar de esto, existen métodos básicos para extrapolar información de lugares que sí cuentan con registros a aquellos que carecen de ellos, como se ha demostrado en varias tesis realizadas en otras regiones del país (INDECI, 2018).

Por lo tanto, abordar este problema implica no solo desarrollar modelos predictivos robustos que capturen la complejidad hidro climática de la cuenca, sino también considerar la disponibilidad y calidad de los datos climáticos, así como la validación de los resultados obtenidos. La generación precisa de caudales medios mensuales no solo es esencial para entender la hidrología de la cuenca, sino también para respaldar la toma de decisiones informadas en gestión de recursos hídricos, planificación del uso del suelo y preparación para eventos climáticos extremos.

1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

1.2.1 PROBLEMA GENERAL

¿Cómo se pueden calcular los flujos promedio mensuales utilizando información climática específica en la subcuenca del Río Monzón mediante el uso de modelos y métodos hidrológicos?

1.2.2 PROBLEMAS ESPECÍFICOS

- ¿Cómo se pueden definir y determinar los aspectos geomorfológicos, tomando como punto de referencia el extremo de la subcuenca del río Monzón como emisor?
- ¿Cuáles son las fuentes identificadas para la información pluviométrica y cómo se procesa la información climatológica para calcular los caudales máximos en la subcuenca del río Monzón?
- ¿De qué manera se lleva a cabo la recopilación y procesamiento de la información cartográfica de la subcuenca del río Monzón?

1.3 OBJETIVO GENERAL

Calcular los flujos de promedio mensuales a partir de datos climáticos en la subcuenca del Río Monzón mediante el uso de modelos y métodos hidrológicos.

1.4 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Definir y determinar los aspectos geomorfológicos, utilizando como punto de referencia el extremo de la subcuenca del río Monzón como emisor.
- Identificar las fuentes de información pluviométrica y procesar la información climatológica para el cálculo de caudales máximos en la subcuenca del río Monzón.

- Recopilar y procesar la información cartográfica de la subcuenca del río Monzón.

1.5 JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

1.5.1 JUSTIFICACIÓN PRÁCTICA

1. Gestión de recursos hídricos

- Optimización de Infraestructuras: Comprender la generación de caudales medios mensuales es esencial para el diseño y gestión de infraestructuras hídricas, como embalses y sistemas de riego. Esto aseguró un uso eficiente de los recursos disponibles y la adaptación a cambios en los patrones climáticos.

2. Planificación del uso del suelo

- Mitigación de Riesgos: Conocer los caudales medios mensuales contribuyó a una planificación del uso del suelo más efectiva, permitiendo identificar áreas propensas a inundaciones o sequías. Esto fue crucial para mitigar riesgos asociados con eventos climáticos extremos.

3. Agricultura sostenible

- Programación de Cultivos: La generación precisa de caudales medios mensuales facilita la programación de cultivos, permitiendo a los agricultores ajustar sus prácticas a las variaciones estacionales en el suministro de agua, mejorando así la productividad y sostenibilidad agrícola.

4. Adaptación al cambio climático

- Resiliencia ante Variabilidad Climática: En el contexto del cambio climático, entender cómo las variables climáticas afectan los caudales medios mensuales fue esencial para desarrollar estrategias de adaptación, fortaleciendo la resiliencia de las comunidades frente a eventos climáticos extremos.

5. Gestión de cuencas

- Conservación de Ecosistemas: La generación precisa de caudales medios mensuales contribuyó a la gestión sostenible de cuencas, garantizando la conservación de ecosistemas acuáticos y la biodiversidad asociada.

6. Toma de decisiones informadas

- **Fundamentación en Datos Fidedignos:** Los resultados obtenidos de la generación de caudales medios mensuales respaldaron la toma de decisiones informada en políticas públicas, planificación territorial y desarrollo económico, al proporcionar datos hidrológicos precisos y confiables.

7. Prevención de desastres naturales

- **Alerta Temprana:** Una comprensión detallada de los caudales medios mensuales contribuyó a sistemas de alerta temprana, permitiendo a las autoridades anticiparse a posibles inundaciones o sequías y tomar medidas preventivas para proteger a las comunidades.

En resumen, la investigación sobre la generación de caudales medios mensuales a partir de información climática no solo fue académicamente relevante, sino que también tuvo aplicaciones prácticas significativas en la gestión sostenible de recursos hídricos, la planificación del uso del suelo y la adaptación a los desafíos planteados por el cambio climático. Los beneficios prácticos derivados de esta investigación tuvieron un impacto directo en el bienestar de las comunidades y en la preservación de los ecosistemas acuáticos.

1.5.2 JUSTIFICACIÓN TEÓRICA

La justificación teórica de la investigación en generación de caudales medios mensuales a partir de información climática radicó en la necesidad de avanzar en la comprensión teórica de la interacción climatología-hidrología y aplicar ese conocimiento para mejorar la gestión sostenible de los recursos hídricos en un contexto de cambio ambiental.

1.5.3 JUSTIFICACIÓN METODOLÓGICA

La generación de caudales medios mensuales a partir de información climática en una cuenca requirió una sólida justificación metodológica para garantizar la validez, confiabilidad y aplicabilidad de los resultados. A continuación, se presentan razones clave desde una perspectiva metodológica:

1. Selección y evaluación de métodos

- La justificación metodológica radica en la necesidad de seleccionar y evaluar cuidadosamente los métodos utilizados para la generación de caudales medios mensuales. La investigación abordó preguntas específicas sobre la idoneidad, precisión y aplicabilidad de diversos enfoques, como modelos hidrológicos, métodos estadísticos o combinaciones de ambos.

2. Integración de datos climáticos e hidrológicos

- La investigación metodológica debe explicar cómo se integrarán de manera coherente y robusta los datos climáticos con los datos hidrológicos para la generación de caudales medios mensuales. Esto implicó definir protocolos claros para la adquisición, limpieza y procesamiento de datos, así como la consideración de la escala temporal y espacial adecuada.

En resumen, la justificación metodológica aseguró que la investigación en generación de caudales medios mensuales aborde de manera rigurosa los aspectos prácticos y técnicos, garantizando que los métodos utilizados sean apropiados, validados y capaces de proporcionar resultados confiables para la comprensión de la relación entre variables climáticas y flujos hídricos.

1.6 LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN

La investigación de generación de caudales medios mensuales a partir de información climática en una cuenca pudo enfrentar diversas limitaciones que no influyeron en la interpretación de los resultados y en la aplicabilidad de las conclusiones. Algunas limitaciones comunes fueron:

1. Calidad de los datos climáticos: La precisión de los resultados dependió significativamente de la calidad de los datos climáticos disponibles. Limitaciones en la cobertura, la resolución temporal y la exactitud de los datos climáticos pueden afectar la fiabilidad de la generación de caudales.

2. Complejidad de la hidrología de la cuenca: La variabilidad espacial y temporal de los procesos hidrológicos dentro de la cuenca fue difícil de capturar completamente. Las limitaciones en la comprensión de la

complejidad hidrogeológica y geomorfológica pueden afectar la precisión de los modelos utilizados.

3. Datos hidrológicos insuficientes: La falta de datos hidrológicos históricos completos no limitaron la capacidad para calibrar y validar modelos de manera efectiva, especialmente en regiones donde la disponibilidad de datos es escasa.

4. Limitaciones en la infraestructura de monitoreo: La falta de estaciones hidrométricas y de monitoreo climático en áreas clave de la cuenca no limitaron la capacidad para realizar evaluaciones exhaustivas, especialmente en regiones remotas o de difícil acceso.

5. Incertidumbre en las proyecciones climáticas: Las proyecciones climáticas futuras llevan consigo incertidumbres inherentes. Limitaciones en la precisión de los modelos climáticos utilizados para generar escenarios futuros no afectaron la confiabilidad de las predicciones de caudales a largo plazo.

6. Cambio en las condiciones hidrológicas: Las limitaciones también pueden surgir si las condiciones hidrológicas cambian durante el período de estudio, lo que no afectó la extrapolación de los resultados a largo plazo.

Es fundamental reconocer estas limitaciones al interpretar los resultados de la investigación y comunicar claramente las áreas de incertidumbre. Además, la investigación debe ser vista como un paso hacia la mejora continua, con la capacidad de adaptar enfoques y modelos a medida que se obtenga más información y se aborden las limitaciones identificadas.

1.7 VIABILIDAD DE LA INVESTIGACIÓN

Viabilidad operativa: La viabilidad operativa de una investigación de generación de caudales medios mensuales a partir de información climática en una cuenca dependió de varios factores clave. Aquí se destacan algunos aspectos importantes para evaluar la viabilidad operativa de este tipo de investigación:

1. Disponibilidad de datos

2. Tecnología y recursos humanos: La viabilidad operativa dependió de la disponibilidad de tecnología y recursos humanos capacitados para llevar a cabo la investigación. El acceso a herramientas avanzadas, como modelos

hidrológicos y sistemas de información geográfica, puede mejorar la eficiencia y la calidad de los resultados.

3. Condiciones de acceso al área de estudio: la accesibilidad al área de estudio fue crucial para la viabilidad operativa. Las condiciones geográficas y climáticas, así como la disponibilidad de recursos logísticos, pueden influir en la facilidad con la que se pueden realizar las mediciones y la recolección de datos.

Evaluar cuidadosamente estos aspectos proporcionó una perspectiva integral sobre la viabilidad operativa de la investigación y permitirá tomar decisiones informadas sobre la factibilidad y la ejecución del proyecto.

Viabilidad técnica: La viabilidad técnica de la investigación de generación de caudales medios mensuales dependió de la disponibilidad de datos, la capacidad para aplicar tecnologías avanzadas, el conocimiento local, los recursos financieros y la colaboración. Una evaluación exhaustiva de estos factores fue esencial para garantizar el éxito de la investigación.

Viabilidad económica-social: La viabilidad económica-social de una investigación de generación de caudales medios mensuales a partir de información climática en una cuenca pudo evaluarse considerando varios aspectos que dependieron de cómo sus resultados se traduzcan en beneficios tangibles para la sociedad, la economía local y la gestión sostenible de los recursos hídricos.

4. Beneficios para la Gestión de Recursos Hídricos: La investigación contribuyó a una mejor comprensión de los caudales medios mensuales, tuvo un impacto positivo en la gestión de recursos hídricos. Esto podría llevar a prácticas más efectivas de distribución de agua, prevención de inundaciones y manejo sostenible de los recursos hídricos.

5. Reducción de Riesgos Hidrológicos: La generación precisa de caudales medios mensuales permitió una planificación más efectiva para eventos climáticos extremos, la investigación puede contribuir a la reducción de riesgos hidrológicos. Esto, a su vez, pudo tener beneficios económicos y sociales al minimizar daños a la propiedad y asegurar la seguridad de las comunidades.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

2.1.1 ANTECEDENTES INTERNACIONALES

Para Garijo (2020), en su investigación titulada *“Impacto del Cambio climático sobre los eventos extremos de precipitación e inundaciones para el diseño de infraestructuras hidráulicas”* en la universidad de Valencia, tuvo como objetivo el estudio del cambio climático como pueda afectar a las inundaciones en el paso del tiempo, por ello Garijo analizo el cambio climático como impacta en los extremos hidrológicos como en los caudales y en la precipitación.

Para ello hicieron uso de las proyecciones climáticas que se encuentran disponibles en la región de España que emplea técnicas diferentes como estadística y dinámica por ello empleo 38 proyecciones climáticas para el desarrollo de su estudio, la metodología propuesta por el tesista pues el análisis del ajuste estadístico para las proyecciones climáticas.

Fue observado en un periodo de control la cual por medio de una serie de datos estadísticos que ayuden a identificar los posibles riesgos de los modelos climáticos y con una precipitación real en su comportamiento después de dicha metodología el tesista obtuvo las siguientes conclusiones: se ha desarrollado una metodología para cuantificar los cambios en los caudales punta de avenida esperables.

La metodología propuesta se puede extender fácilmente al estudio local de cualquier otra cuenca en el territorio nacional. Se han utilizado todos los datos de proyecciones climáticas disponibles en España, consistentes en dos fuentes de información: AEMET y CORDEX.

Se ha analizado la adecuación estadística de la variable precipitación a los datos observados en el periodo de control, ya que es la primera variable que afecta al diseño de infraestructuras hidráulicas, bien directa o indirectamente. Se han utilizado diversos estadísticos, con el objetivo de caracterizar la distribución total de las series de precipitación, tanto las series diarias completas como las de máximos

anuales. Todos los modelos climáticos, independientemente del tipo de regionalización utilizada, ofrecen errores en la simulación de la precipitación tanto para valores medios como para valores máximos o estacionales. Sin embargo, la magnitud y dispersión espacial de los errores en cada estadístico dependen de la fuente de datos considerada.

Para Chamorro (2020), en su trabajo de investigación denominada *“Incidencia Del Cambio Climático En La Determinación Del Caudal Ecológico En La Cuenca Del Río Coca”*

Tiene como objetivo genera un modelo de gestión hídrica que permita evaluar la sequía en la cuenca del río Tepalcatepec y de la misma forma recuperar información que ayude a prever y mitigar la sequía en un futuro para dicha cuenca, la metodología que emplea es desarrollar el proyecto mediante análisis, recopilación de datos y validación de las mismas. Para que después mediante una modelación matemática y pueda así generar un modelo que pueda permitir cuales son los fallos del sistema y las condiciones por la cual se presentaría una sequía operacional. Obteniendo las siguientes conclusiones: A pesar de que los expertos en cambio climático aseguran un aumento de temperatura de hasta 2°C para el año 2050, en la cuenca del Río Coca se estimó un descenso de la temperatura de hasta 2°C

La precipitación y la temperatura de la cuenca tienen una relación inversamente proporcional, mientras que la precipitación y los caudales tienen una relación directamente proporcional, esto indica que los factores climatológicos están relacionados estrechamente entre sí. Se determinaron tendencias ascendentes en la precipitación y los caudales, mientras que la tendencia de la temperatura es descendente.

El caudal ecológico para el año 2050 se estimó en 32.31 m³/s. Mientras que para el año 2070 el caudal ecológico se estimó en 34.25 m³/s. Este aumento del caudal ecológico representa el 20% del que se tiene actualmente.

2.1.2 ANTECEDENTES NACIONALES

Según Pedraza (2023) en su tesis denominada "*Modelación Hidrológica De La Cuenca De La Laguna De Singrinacocha, Distrito De Marcapata, Provincia De Quispicanchis, Departamento De Cusco*", se abordó la tarea de determinar la modelación hidrológica de la cuenca de Singrinacocha.

Por ello se utilizó los datos obtenidos hidrometeoro lógicos de las estaciones cercanas del SENAMHI, para luego emplear un análisis de consistencias y completar los datos faltantes, la metodología también toma en cuenta el uso de los datos climatológicos para la precipitación como también los aforos y altitudes.

Después se siguió con la aplicación y validación de los modelos para la generación de los caudales y así conseguir un mejor ajuste para luego usar el modelo de Lutz Scholz. Tuvo como objetivo general la determinación de los caudales medios de la cuenca de la laguna de Singrinacocha mediante los modelos hidrológicos usando datos climáticos.

Después de realizar dicha metodología ya mencionada se obtuvieron las siguientes conclusiones: Se logró aplicar los modelos de Lutz Scholz y GR2M para la modelación hidrológica de la cuenca de la laguna Singrinacocha permitiendo generar caudales medios mensuales.

Singrinacocha vendría a ser un relieve muy empinado punto que se desestima al obtener una pendiente media de 40.739%, clasificándola como una pendiente fuertemente escarpada. La temperatura de la cuenca ha llegado a ser muy fría y de moderadamente lluviosa, siendo la temperatura a -20.68° y la precipitación de 892.32 mm.

Para Alegría y Pérez (2019) en su tesis para obtener el grado de ingeniero civil en la universidad Ricardo Palma, denominada "*Análisis Hidráulico- Estructural para las pantallas de infiltración*", esta investigación se basa y tiene como objetivo principal la evaluación hidráulico-estructural de 36 pantallas de infiltración ubicadas a lo largo del cauce del río Rímac.

Para el desarrollo del estudio se tuvo que emplear un levantamiento topográfico en la que se pudiese calcular las características de la cuenca y las medidas de la pantalla, se tuvo que tomar datos de las estaciones cercanas que se ubicaron en dicho río con el fin de obtener los máximos caudales empleando el uso de la información climática.

Se obtuvieron las siguientes conclusiones: Se analizó el comportamiento hidráulico – estructural de las pantallas de infiltración, considerando los empujes máximos a los que estaban expuestas las pantallas debido a los máximos caudales registrados en el Fenómeno del Niño Costero 2017; y se evidenció que la parte superior de las pantallas fueron las que sufrieron mayores desplazamientos.

Tras el análisis hidráulico-estructural realizado con el programa, se pudo observar que el diseño original de las pantallas de infiltración, no soportaron los caudales máximos que se registraron en el río Rímac el año 2017, debido al Fenómeno del Niño Costero.

El enfoque hidráulico que es el antecedente que se empleara para esta investigación tomando como base el estudio hidráulico realizado.

Para Ortiz (2020), en su trabajo de investigación titulada “Análisis Del Clima Para La Predicción De Grados De Desempeño Empleando El Método Uperpave En La Carretera”, donde realizó un análisis del clima para una predicción de los grados de desempeño con el método superpave en la carretera tramo chinchata – Huancavelica.

Ortiz tuvo como objetivo general analizar las temperaturas máximas para la predicción de grados de desempeño en la carretera, teniendo una metodología que propuso fue de tomar como datos las temperaturas máximas y mínimas en un periodo de 20 años y los resultados que se obtuvieron con varios tipos de PG, también el uso correcto de varias estaciones meteorológicas que puedan ayudar con este estudio.

Luego se obtuvo las siguientes conclusiones: De acuerdo a los resultados, a mayor temperatura el PG varía considerablemente, de igual manera con la disminución de temperatura. Según el mapa de grados de desempeño elaborado, por la Universidad Sao Paulo, en el

distrito de Pilpichaca donde se encuentra la estación Huachos, se obtiene un PG 52 – 10 a comparación del obtenido con la data de SENAMHI PG 58 – 16, esto concluye que los datos obtenidos por la data nacional son más conservadores y pueden tener un mejor comportamiento a la deflexión.

2.1.3 ANTECEDENTES LOCALES

Según Teodoro (2022), su investigación titulada “Comparación De Caudales Medios Mensuales Aplicando El Método Lutz Scholz Y Una Estación Hidrométrica, En La Microcuenca Del Río Higuera, Huánuco 2017 – 2018”, que tiene como objetivo analizar por el método de Lutz Scholz y una estación hidrométrica los caudales medios y realizar un estudio de similitud.

Para lo cual realizo y empleo un método numérico con el método de Lutz Scholz este estudio sirve como antecedente ya que el estudio se basa también en una comparación de un método con la estación, al realizar dicha comparación no ayuda como fuente principal, diferenciándolo en el empleo del método ya que Teodoro usa un método de Lutz Scholz y esta tesis es con el método de Temez.

Al final las conclusiones que saco Teodoro fueron las siguientes: Se verificó que los caudales promedio mensuales obtenidos utilizando el modelo Lutz Scholz y los enfoques aritméticos, de isoyetas y de Thiessen para calcular la precipitación en la microcuenca, así como los caudales provenientes de una estación hidrométrica en la microcuenca del río Higuera en Huánuco, coinciden.

Esta comparación fue realizada a través de la prueba post hoc de Tukey, con niveles de significancia de 0.89, 0.99 y 0.95, superiores al valor establecido de 0.05 como umbral de decisión.

En consecuencia, con un nivel de confianza del 95% respaldado por evidencia probabilística, se concluye que los cálculos de los caudales promedio mensuales obtenidos mediante el modelo Lutz Scholz y los métodos aritméticos, de isoyetas y de Thiessen pueden ser empleados en microcuencas donde no se disponga de una estación hidrométrica, ya que los datos resultantes serán consistentes.

2.2 BASES TEÓRICAS

2.2.1 CUENCA HIDROGRÁFICA

Según la percepción hidrológica, la cuenca hidrográfica se define como un área geográfico natural o unidad territorial que se delimita por la divisoria topográficamente, esta capta las precipitaciones y procede con el drenado del agua previamente obtenida de la escorrentía hasta uno común que se le llama como río primario. (Vasquez, 2016, pág. 26)

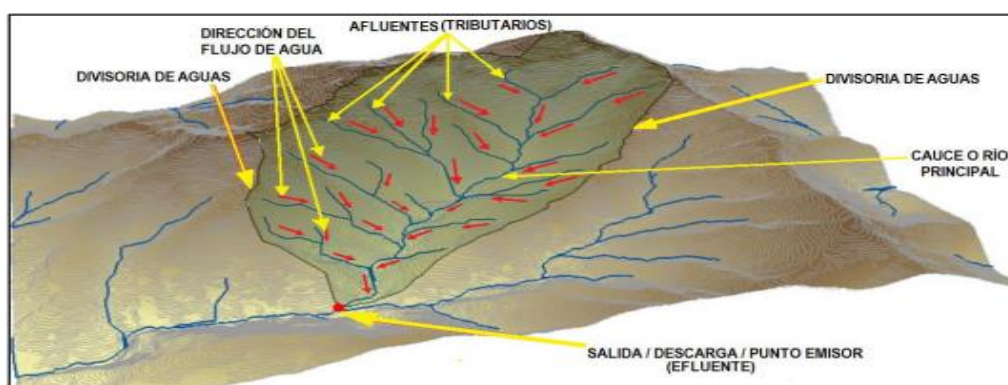
Otra conceptualización señala que una cuenca hidrográfica es un sistema complejo y abierto, donde se desarrolla el ciclo hidrológico, y cuyos elementos naturales, sociales, ambientales, económicos, políticos e institucionales son variables en el tiempo, interactuando estrechamente.

No obstante, los efectos resultantes de las interacciones entre los diversos componentes generan algo que va más allá de la simple suma de sus partes, de manera análoga a cómo ocurre en el cuerpo humano, también considerado como un sistema complejo.

Por otro lado, se destaca que una cuenca hidrográfica es un sistema abierto a flujos, influencias y líneas de acción que cruzan sus límites; es decir, puede recibir y contribuir, ya que constituye solo una pequeña parte de la superficie terrestre. Además, es crucial tener presente que no existe ningún punto en la tierra que no forme parte de una cuenca hidrográfica (Vasquez, 2016, pág. 27).

Figura 1

Cuenca hidrográfica



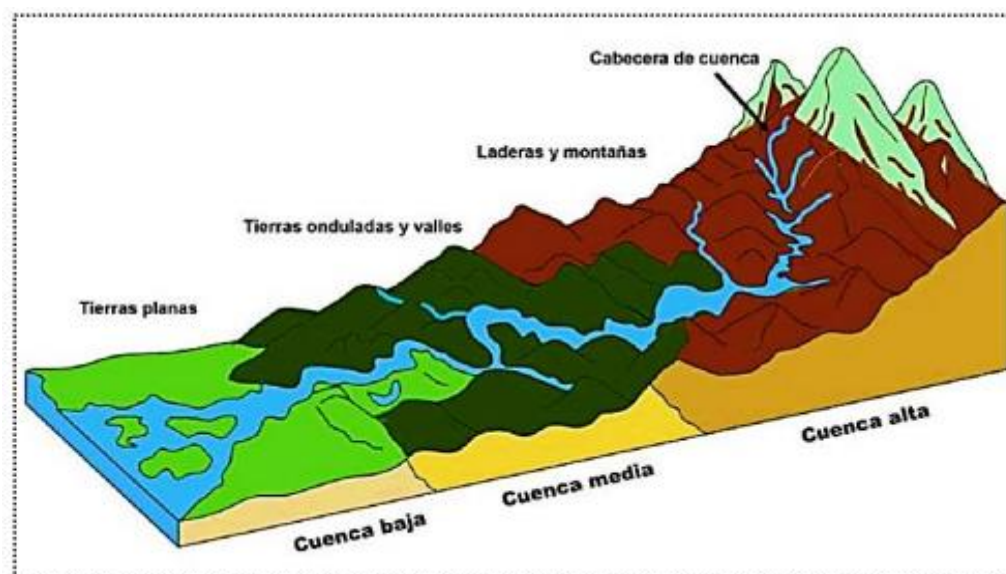
Fuente. Microcuenca hidrográfica.

Partes de la Cuenca Hidrográfica

- Regiones elevadas: Estas áreas comprenden altitudes que superan los 3,000 metros sobre el nivel del mar, alcanzando, en algunos casos, altitudes de hasta 6,500 msnm. En estas regiones se acumula la mayor cantidad de agua, ya sea en forma de nevados o a través de precipitaciones intensas y abundantes, siendo común la formación de nevados.
- La topografía de estas zonas es extremadamente accidentada y escarpada, lo que contribuye a un alto potencial erosivo. La precipitación anual promedio varía entre 800 y 1,600 mm, y al mismo tiempo, estas áreas albergan un significativo potencial de recursos mineros.
- Regiones intermedias: Estas áreas abarcan altitudes situadas entre los 800 y 3000 msnm. Las precipitaciones promedio registradas en estas zonas oscilan entre 100 y 800 mm/año. En estas áreas se encuentran los valles interandinos, que se distinguen por tener un clima benigno y diversificado. La función principal de estas secciones de la cuenca está directamente vinculada al flujo del agua.
- Regiones bajas: Se extienden desde el nivel del mar hasta los 800 msnm. La precipitación promedio en esta zona es muy limitada, con valores inferiores a 100 mm/año, y la pendiente es igualmente reducida. En este contexto se encuentran los extensos valles costeros, que albergan una activa actividad agropecuaria, así como medianas y grandes ciudades consumidoras (Vasquez, 2016).

Figura 2

Esquema que muestra las regiones de la cuenca hidrográfica



Fuente. Regiones de cuencas hidrográficas

Definición de los parámetros geomorfológicos de la cuenca hidrográfica

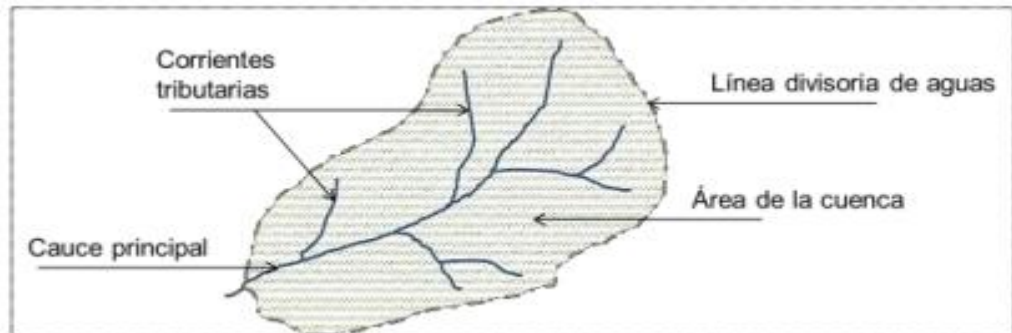
El ciclo hidrológico, en el cual una cuenca hidrográfica desempeña un papel esencial en el análisis de la respuesta ante la precipitación, involucra diversos procesos que modifican el flujo de salida. Estos procesos están influenciados por la geomorfología de la cuenca, siendo la climatología el factor más significativo, así como por el tipo y uso del suelo, la cobertura vegetal y el nivel de urbanización. A continuación, se presentan las características geomorfológicas de una cuenca más estudiadas (Cordova, 2015).

- Área de la cuenca: Es la superficie del terreno en la cual las aguas procedentes de las precipitaciones convergen hacia un único punto de evacuación a través de cauces secundarios o quebradas que se conectan a un curso de agua principal. Las aguas de las precipitaciones, lagunas o glaciares que no han sido absorbidas por el suelo se conocen como escorrentía directa y se mueven desde los puntos más elevados hacia los de menor elevación debido a la acción de la gravedad. Por otro lado, las aguas que han sido absorbidas por el suelo se denominan escorrentía subterránea (flujo base) y fluyen por el subsuelo de manera similar. Este parámetro es

ampliamente utilizado en el análisis de la escorrentía en una cuenca (Cordova, 2015).

Figura 3

Componentes de la cuenca



Fuente. Cuenca hidrográfica

- Longitud del cauce principal: Es la medida de la distancia a lo largo del curso principal, desde el punto de salida hasta un punto específico en la línea divisoria de aguas que represente la máxima distancia. (Ortiz, 2016)
- Coeficiente de compacidad: Establece la proporción entre el perímetro de la cuenca y el perímetro de una circunferencia cuya área es equivalente a la superficie de la cuenca respectiva. Este índice refleja la forma de la superficie de la cuenca según su contorno y su impacto en los flujos de agua y el hidrograma que se genera como respuesta a una precipitación. (Llano & F.& Mintegui Aguirre, 1987)

Se expresa mediante de la siguiente ecuación:

$$Kc = \frac{P}{2\sqrt{\pi A}} = 0.28 \frac{P}{\sqrt{A}}$$

Dado que la geometría de la cuenca influye en las características de la escorrentía directa o en la geometría del hidrograma de flujos de salida, resulta apropiado definir categorías geométricas para las cuencas según sus comportamientos de respuesta. En este contexto, el criterio de clasificación basado en los rangos del índice de Gravelius se presenta como una opción valiosa con el objetivo de lograr este propósito.

Tabla 1

Formas geométricas en base al índice de gravelius

Formas de sistemas hidrológicos con base en el coeficiente de Gravelius		
Clase de geometría	Rango de Clase	Forma de cuenca
Kc1	$1 < k \leq 1.25$	Oval redonda
Kc2	$1.25 < k \leq 1.50$	Oval oblonga
Kc3	$1.50 < k \leq 1.75$	Oblonga alargada

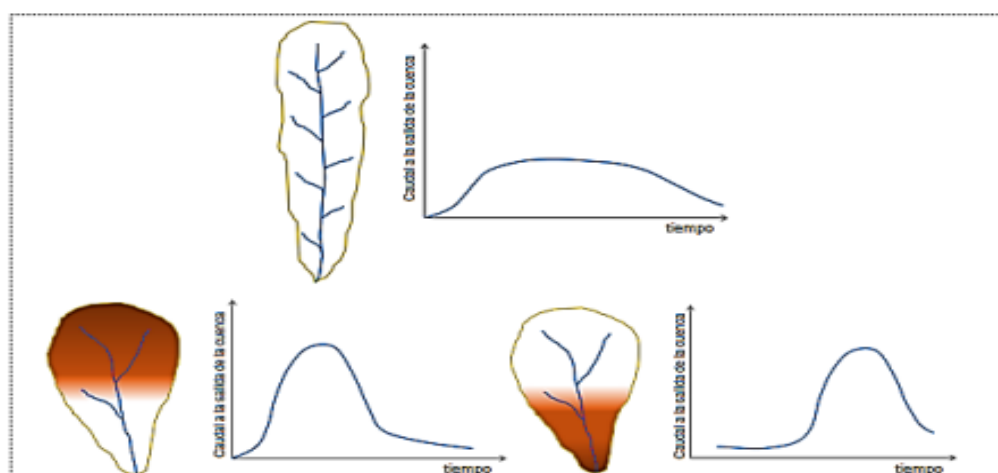
Fuente. Índice de Gravelius

- Factor de forma: Es un parámetro que indica la elongación de una cuenca y se calcula como la proporción entre el área de la cuenca y su longitud. Esta relación está definida mediante la siguiente expresión (Cordova, 2015).

$$Ff = \frac{A}{L^2}$$

Figura 4

Influencia de la red hidrológica en las descargas por media de la configuración



Fuente. Red hidrológica

Tabla 2

Rangos del factor de forma

Factor de Forma (valores aproximados)	Forma de la cuenca
< 0.22	Muy alargada
0.22 a 0.30	Alargada
0.30 a 0.37	Ligeramente alargada
0.37 a 0.45	Ni alargada ni ensanchada
0.445 a 0.60	Ligeramente ensanchada
0.60 a 0.80	Ensanchada
0.80 a 1.20	Muy ensanchada
>1.20	Rodeando el desagüe

Fuente. Rangos de forma de la cuenca

Tratamiento de datos hidrometeorológicos

Una de las áreas que a menudo se pasa por alto en el análisis de series hidrológicas es el manejo de los datos históricos obtenidos mediante mediciones directas, lecturas o conteos.

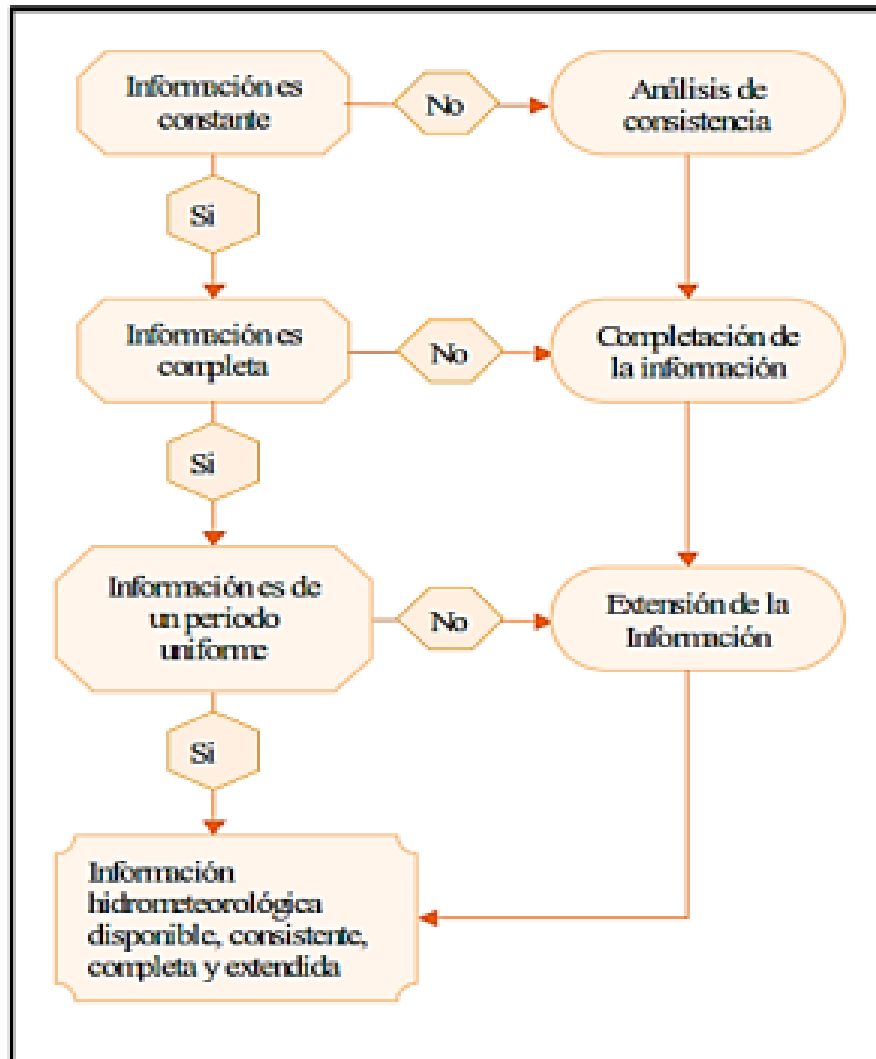
En este contexto, el tratamiento implica ajustar los datos históricos a una condición homogénea, abordando la corrección de posibles errores sistemáticos, la completitud y extensión de los mismos, así como la reducción de los datos a condiciones naturales.

Dado que muchas cuencas y condiciones están en constante cambio, los datos históricos pueden ser válidos solo para una condición específica y no para otra. Por lo tanto, la confiabilidad de la hidrología como disciplina científica depende en gran medida de la disponibilidad de datos suficientes en términos de cantidad y calidad para validar las teorías relacionadas con el fenómeno natural.

El procedimiento utilizado para el tratamiento de datos hidrometeorológicos se esquematiza en la Figura N° 8 y se denomina fase preliminar dentro del contexto general de un estudio. Esta fase consta principalmente de tres actividades fundamentales: (1) análisis de consistencia de la información, (2) completación de los datos faltantes y (3) extensión de los registros. Al obtener información consistente, completa y extendida, concluye la fase preliminar, permitiendo determinar los parámetros deseados de los datos y avanzar hacia la fase aplicativa. En esta tesis, la fase aplicativa implica la aplicación del modelo "Precipitación - Descarga" desarrollado por el experto Lutz Scholz (Aliaga, 1985).

Figura 5

Diagrama para el procesamiento de datos



Fuente. Diagrama de procesamiento

Análisis de Consistencia

La falta de homogeneidad e inconsistencia en las secuencias hidrológicas constituye un aspecto fundamental en la hidrología contemporánea, especialmente en lo que respecta a la gestión, desarrollo y control de recursos hídricos. La ausencia de identificación y eliminación de la no homogeneidad en el conjunto histórico de datos puede introducir errores significativos en todos los análisis futuros, resultando en resultados altamente sesgados (Huaman, 2016, pág. 6).

El análisis de la información hidrometeorológica se centra en las componentes determinísticas transitorias de la serie, como los saltos y las tendencias. Se examina la repercusión de cada una de estas

componentes en los dos primeros parámetros estadísticos: la media y la desviación estándar (Huaman, 2016).

En el contexto del análisis de consistencia de los datos existentes en el país, la longitud del registro (N) y el nivel de informalidad, influenciado por limitaciones económicas en la recopilación y manipulación de la información fuente, son dos de los elementos más críticos a considerar. Por esta razón, es preferible abordar la situación desde una perspectiva de duda en lugar de una aceptación directa o fácil (Huaman, 2016).

Precipitación

La precipitación se refiere a la caída de agua en forma líquida (lluvia) o sólida (nieve y granizo) hacia la superficie terrestre. Constituye una parte crucial del ciclo hidrológico y desempeña un papel fundamental en la provisión de agua dulce en el planeta. Este fenómeno se origina en las nubes cuando alcanzan un nivel de saturación, momento en el cual se forman gotas de agua en aumento o fragmentos de hielo que caen hacia la tierra debido a la gravedad. Además, existe la posibilidad de inducir la precipitación sembrando nubes mediante la dispersión de un polvo fino o una sustancia química apropiada (como el nitrato de plata) en la nube, lo que genera gotas de agua y aumenta la probabilidad de precipitación. (Garcia, 2020)

Escurrimiento Superficial

Se describe como el agua que proviene de la precipitación, fluye sobre o bajo la superficie terrestre y llega a una corriente para finalmente ser descargada hasta la salida de la cuenca (estación de aforo). En un esquema simplificado de la superficie terrestre, cuando la precipitación alcanza la superficie, su comportamiento se caracteriza de la siguiente manera: una fracción se filtra en el suelo, otra parte tiende a escurrir sobre la superficie terrestre, y una pequeña proporción se pierde. (Villón, 2016)

Cuando el vapor de agua en la atmósfera se enfría a temperaturas más bajas, se condensa en nubes y precipita sobre las cuencas continentales. Una porción del agua resultante fluye directamente sobre

la superficie del suelo (escorrentía directa), dirigiéndose hacia la red hidrográfica y eventualmente desembocando en el mar en un período de viaje relativamente breve. Otra parte de la precipitación se infiltra, convirtiéndose en humedad del suelo en forma de agua capilar (retención de capacidad), mientras que otra fluye gravitacionalmente percolando a través de las capas del suelo (agua gravitacional), pudiendo alcanzar el acuífero como agua de recarga y contribuir al aumento de las aguas subterráneas. (Ortiz, 2016)

Modelo Determinístico de Lutz Scholz

Este modelo hidrológico es de naturaleza combinada, ya que incorpora una estructura determinística para calcular los caudales mensuales correspondientes al año promedio (Modelo de Balance Hídrico - Determinístico). Además, incluye una estructura estocástica para la generación de series prolongadas de caudal. Dada la falta de registros de caudal en la región montañosa del Perú, el modelo fue desarrollado teniendo en cuenta parámetros físicos y meteorológicos de las cuencas, los cuales pueden obtenerse mediante mediciones cartográficas y de campo.

El propósito inicial de este modelo era pronosticar caudales a escala mensual, siendo inicialmente utilizado en estudios de proyectos de riego. Posteriormente, su aplicación se amplió para abarcar estudios hidrológicos con diversos objetivos, como abastecimiento de agua, generación de energía hidroeléctrica, entre otros. Los resultados obtenidos al aplicar el modelo a las cuencas de la región montañosa del Perú han demostrado una correspondencia satisfactoria en comparación con los valores medidos.

Prueba de Bondad de Ajuste

La evaluación de bondad de ajuste implica verificar, tanto gráfica como estadísticamente, si la frecuencia empírica de la serie examinada se adapta a una función de probabilidades teórica preseleccionada, utilizando los parámetros estimados a partir de los valores de la muestra (Villodas, 2008).

Prueba de Smirnov – kolmogorov

La prueba de Smirnov-Kolmogorov implica la comparación de las discrepancias entre la probabilidad empírica de los datos de la muestra y la probabilidad teórica. Esto se realiza tomando el valor máximo del módulo de la diferencia entre el valor observado y el valor de la recta teórica del modelo.

- Primero calcular la probabilidad empírica o experimenta de los datos usando la fórmula de Weibull:

$$P(x) = \frac{M}{N + 1}$$

- Segundo calcular la probabilidad teórica

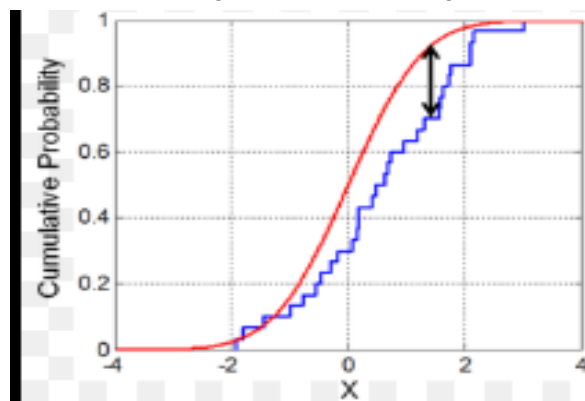
Para ello se tiene que usar el procedimiento de los modelos teóricos y usar la ecuación formulada o las tablas elaboradas para dicho fin.

Si en caso se desea hacer un procedimiento gráfico se usa un papel probabilístico especial en la cual se puede representar como una línea recta y en ella se puede trazar como 2 puntos, pero si se requiere verificar si es una recta se puede realizar 3 puntos.

- Tercero calcular las diferencias y encontrar la máxima diferencia para que después se pueda calcular el valor crítico del estadístico de acuerdo como se muestra en la siguiente imagen.

Figura 6

Valores críticos según Smirnov-kolmogorov



Fuente. Valores críticos

Aforos

La evaluación de la velocidad en una corriente, la descripción geométrica de la sección donde se realiza la medición y el registro de los niveles del agua son fundamentales para calcular el volumen que fluye

a través del cauce en una unidad de tiempo. Este procedimiento de cuantificación se denomina aforo y se puede llevar a cabo tanto en ríos como en canales. (Breña, 2006)

Método de flotadores

Una manera bastante sencilla de calcular la velocidad en un pequeño flujo de agua consiste en colocar objetos flotantes en la superficie. Se establece la distancia que recorrerá el objeto flotante, se libera en el punto aguas arriba, y luego se registra el tiempo que tarda en llegar al punto aguas abajo. (Breña, 2006)

$$\bar{V} = 0.85 V_{medida}$$

2.3 DEFINICIONES CONCEPTUALES

- **Abastecimiento de la retención:** Se refiere al volumen de agua que la cuenca retiene durante los meses lluviosos bajo un régimen específico de almacenamiento. Al comparar cuencas adyacentes en relación con la cantidad de agua que se retiene, se evidencia que el suministro durante la temporada de lluvias tiende a ser bastante uniforme para cuencas ubicadas en la misma región climática (Scholz, 1980).
- **Área de la cuenca:** Es la superficie del terreno en la cual las aguas procedentes de las precipitaciones convergen hacia un único punto de evacuación a través de cauces secundarios o quebradas que se conectan a un curso de agua principal (Cordova, 2015).
- **Factor de forma:** Es un parámetro que indica la elongación de una cuenca y se calcula como la proporción entre el área de la cuenca y su longitud. Esta relación está definida mediante la siguiente expresión (Cordova, 2015).
- **Forma de la cuenca:** Para reconocer las características de forma, se utilizan diversos parámetros relacionados con la proporción entre el área, el perímetro o la longitud del cauce de agua más extenso, que se define como la distancia desde el punto de salida o desembocadura de la cuenca hasta el punto más alejado río arriba (Ortiz, 2016).
- **Longitud del cauce principal:** Es la medida de la distancia a lo largo del curso principal, desde el punto de salida hasta un punto específico en la línea divisoria de aguas que represente la máxima distancia (Ortiz, 2016).

- **Perímetro de la cuenca:** Es la extensión de la línea que representa la división de aguas y delinea la frontera del área de la cuenca. Al comparar cuencas con áreas similares, este parámetro resulta útil para distinguir la forma de la cuenca, es decir, si tiene una forma alargada o redondeada (Cordova, 2015).

2.4 HIPÓTESIS

2.4.1 HIPÓTESIS GENERAL

H0= Mediante el uso de modelos y métodos hidrológicos, NO se puede calcular los flujos de promedio mensuales a partir de datos climáticos en la subcuenca del Río Monzón.

Ha= Mediante el uso de modelos y métodos hidrológicos, se puede calcular los flujos de promedio mensuales a partir de datos climáticos en la subcuenca del Río Monzón.

2.4.2 HIPÓTESIS ESPECÍFICAS

- La caracterización geomorfológica de la subcuenca del río Monzón permitirá identificar patrones significativos que influyen en la generación de caudales, lo que facilita la estimación precisa de los caudales máximos.
- El procesamiento adecuado de los datos pluviométricos y climatológicos disponibles será suficiente para calcular de manera precisa los caudales máximos de la subcuenca del río Monzón.
- La recopilación y análisis detallado de la información cartográfica de la subcuenca del río Monzón proporcionará una base sólida para la modelación hidrológica y la identificación de zonas críticas de escurrimiento dentro de la cuenca.

2.5 VARIABLES

2.5.1 VARIABLE DEPENDIENTE

Cálculo de flujos de promedio mensuales a partir de datos climáticos en la subcuenca del Río Monzón.

Indicadores:

- Cantidad y calidad de los datos climáticos utilizados.
- Precisión y confiabilidad de los flujos promedio mensuales calculados.

- Grado de concordancia entre los resultados obtenidos y los datos hidrométricos de la subcuenca. Y Niveles de incertidumbre asociados con los cálculos

2.5.2 VARIABLE INDEPENDIENTE

Uso de modelos y métodos hidrológicos.

Indicadores:

- Métodos hidrológicos empleados.
- Modelos hidrológicos empleados.
- Técnicas específicas utilizadas en el proceso de cálculo.

2.6. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

Tabla 3

Sistema de variables-dimensiones e indicadores

VARIABLE	DIMENSIÓN	INDICADOR	TIPO DE VARIABLE	ESCALA DE MEDICIÓN
V. Dependiente Cálculo de flujos de promedio mensuales a partir de datos climáticos en la subcuenca del Río Monzón.	• Análisis • Similitud • Significancia	• Cantidad y calidad de los datos climáticos utilizados. • Precisión y confiabilidad de los flujos promedio mensuales calculados. • Grado de concordancia entre los resultados obtenidos y los datos hidrométricos de la subcuenca. Y Niveles de incertidumbre asociados con los cálculos	Cuantitativa.	Discreta
V. Independiente Uso de modelos y métodos hidrológicos.	• Metodología • Datos • Evaluación	• Métodos hidrológicos empleados. • Modelos hidrológicos empleados. Técnicas específicas utilizadas en el proceso de cálculo	Cuantitativa.	Discreta.

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN

3.1.1 ENFOQUE

Este estudio se centró en los resultados de la caracterización hidráulica, particularmente en lo que respecta a los parámetros mínimos, la recopilación de datos y su posterior análisis. Según Hernández (2014), este tipo de enfoque se clasificó como una investigación de carácter cuantitativo.

La investigación se enfocó en el análisis de los componentes que se evaluaron por su orientación cuantitativa, ya que se concentraron datos medidos y expresados en términos numéricos en el análisis de componentes. La metodología utilizada para llevar a cabo este análisis se basó en el uso de modelos y métodos hidrológicos para calcular los flujos de promedio mensuales a partir de datos climáticos, aplicada en el contexto de la microcuenca del río Monzón.

3.1.2 ALCANCE O NIVEL

De acuerdo con Hernández y Mendoza (2018), el enfoque de investigación descriptiva abordó de manera secuencial dos variables complejas con indicadores cuantitativos, sin buscar específicamente establecer una relación entre ambas variables. Por esa razón, esta investigación fue descriptiva, ya que las variables se abordaron secuencialmente; primero, mediante los datos climáticos, se procedió a calcular los flujos de promedio mensuales utilizando métodos o modelos hidrológicos.

3.1.3 DISEÑO

Para analizar los cambios, sus causas y sus efectos, se emplearon enfoques de investigación no experimental o longitudinales no empíricos, los cuales involucraron la recopilación de datos en diferentes momentos o períodos, tal como indicaron Hernández y Mendoza (2018). En el marco de esta investigación, se implementaron dos enfoques metodológicos distintos: el diseño documental y el diseño de campo. Esto implicó recurrir tanto a información previamente existente en

fuentes literarias (datos secundarios) como a datos recolectados directamente de fuentes primarias para lograr los objetivos específicos del estudio. Es relevante señalar que la intención principal de este trabajo no fue establecer relaciones causales entre variables ni manipular o controlar variables con el fin de determinar efectos sobre otras; este no fue el enfoque central de la investigación.

3.2 POBLACIÓN Y MUESTRA

3.2.1 POBLACIÓN

La población abarca todos los casos que cumplen con diversas series de especificaciones. Además, esta población constituye un conjunto que puede ser tanto finito como infinito, compuesto por elementos que comparten características comunes y que necesitan ser evaluados, Hernandez (2014).

Así pues, la población objeto de estudio incluyó todas las cuencas, subcuencas y microcuencas que no contaban con información pluviométrica y se encontraban dentro de los límites geográficos de la provincia de Leoncio Prado.

3.2.2 MUESTRA

De acuerdo con Tamayo (2004), una muestra se concibió como una porción de la población seleccionada específicamente para la recopilación de datos, la cual podía ser claramente definida o delimitada de antemano. Era fundamental que esta muestra fuera representativa de la población en su totalidad. La meta del investigador era que los resultados obtenidos en la muestra fueran extrapolables a la población completa.

Bajo esta conceptualización, se dedujo que, en este estudio, la muestra se empleó para identificar propiedades específicas de la población. En este sentido, la muestra consistió en los datos obtenidos de la población situada en la subcuenca del río Monzón, particularmente en la sección correspondiente al puente Monzón.

3.3 TÉCNICAS E INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS

3.3.1 PARA LA RECOLECCIÓN DE DATOS

En este estudio, se utilizaron técnicas de observación y análisis de contenido como parte de las estrategias empleadas. Estas estrategias se centraron en examinar y evaluar recursos y datos con el fin de recopilar la información fundamental necesaria para iniciar la investigación.

Entre las técnicas aplicadas se incluyó el uso de cartografía digital, la recopilación de registros de precipitación diaria y la implementación climática.

Tabla 4

Ficha de recolección de datos de precipitación

REGISTRO PLUVIOMÉTRICO DE LA ESTACIÓN TINGO MARÍA												
REGISTRO OBTENIDO DEL SERVICIO NACIONAL DE METEOROLOGÍA E												
HIDROLOGÍA												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9			VALOR
PERIODO ANUAL	EN E	FE B	MA R	AB R	MA Y	JU N	JU L	AG O	SE T	PROM EDIO	MÁ XIMO	LOGA RÍTMICO
1989												
1990												
1991												
1992												
....												
2013												
PROMEDIO												
MÁXIMO												
VALOR												
LOGARÍTMICO												

Para la recolección de la información de la precipitación se aplicó la ficha de recolección con la finalidad de poder determinar los valores de precipitación según el registro histórico del SENAMHI.

3.3.2 PARA LA PRESENTACIÓN DE DATOS

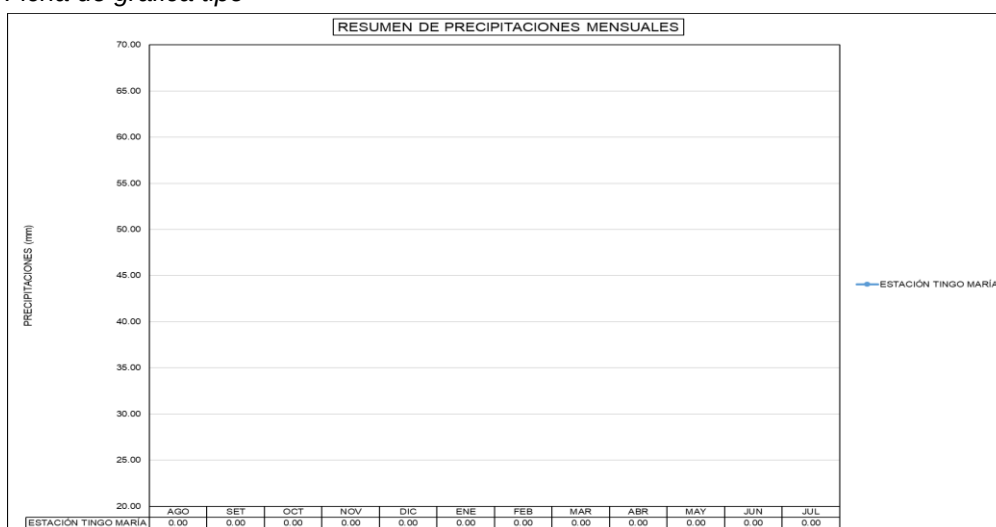
Los instrumentos que se utilizaron son:

- **Cuadros y hojas de tablas estadísticas:** Considere que la instrumentación fue elaborada por el mismo tesista que la ha elaborado recientemente en base a las necesidades de este estudio.

Tabla 5*Ficha de caracterización de parámetros*

GEOMETRÍA DE LA CUENCA		
PARÁMETRO	UNIDAD	VALOR
TRANSVERSAL	km	
LONGITUDINAL	km	
LONG DIVISORIA	km	
SUPERFICIE	km ²	
ESTE	m	
NORTE	m	
ELEVACIÓN	msnm	

Para la presentación de la información geomorfológica de la cuenca se aplicaron las fichas de identificación de parámetros con la cual se lograron determinar las caracterizaciones numéricas de la cuenca obtenidas en el software ArcGIS.

Figura 7*Ficha de gráfica tipo*

Cada valor numérico determinado para la cuenca del río Monzón fue analizado desde el punto de vista de la visualización para la validación de la información vertida en las tablas.

3.3.3 PARA EL ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS DATOS

- **Procesamiento de datos:** En una fase inicial, llevamos a cabo la caracterización morfométrica de la cuenca en estudio, incluyendo aquellas que cuentan con una estación, con el propósito de identificar similitudes hidráulicas que brinden información relevante.

Se determinaron las cuencas que comparten similitudes hidráulicas con la cuenca de interés. Respecto a la recopilación de datos de precipitación, se aprovecharán las estaciones cercanas situadas en la subcuenca de Monzón. Para el procesamiento de los datos mediante fórmulas empíricas, se utilizarán hojas de cálculo en el software Microsoft Excel, siguiendo el formato propio de esta aplicación. En estas hojas se ingresarán las fórmulas correspondientes para cada fase del proceso.

Tabla 6

Ficha de intensidades

INTENSIDAD - DURACIÓN - FRECUENCIA													
PERIODO	DURACIÓN (min)												
T	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	
2													
5													
10													
25													
50													
100													
105													
500													
1000													
10000													

Para el procesamiento de la información de intensidades se aplicó la ficha de estimación de intensidades con la cual se formó la curva IDF en cada uno de los periodos de retorno analizados.

- **Análisis de datos:** Con los datos recopilados, aplicamos la prueba de ajuste de Smirnov Kolmogorov para realizar análisis estadísticos mediante varias distribuciones, tales como la normal, log-normal de 2 indicadores, log-Pearson tipo III o Gumbel. El propósito era determinar cuál de estas distribuciones se adaptaba mejor a los datos hidrológicos con el fin de obtener información relevante. Posteriormente, desarrollamos la curva IDF utilizando el método de bloques al tresbolillo. Luego, aplicamos el método racional modificado para estimar el caudal máximo en relación con distintos periodos de retorno. La implementación de este último método

requiere datos relacionados con las características morfológicas, la precipitación máxima diaria, el factor de reducción, la precipitación máxima corregida y el umbral de caudal. Finalmente, es necesario calcular el promedio de las curvas según el uso del suelo.

Figura 8

Modelo cartográfico para presentación de información



Con la obtención de la información hidrológica se procedió a elaborar la información interpretativa visual de manera cartográfica con el esquema precedente a fin de poder interpretar mejor los resultados obtenidos

CAPÍTULO IV

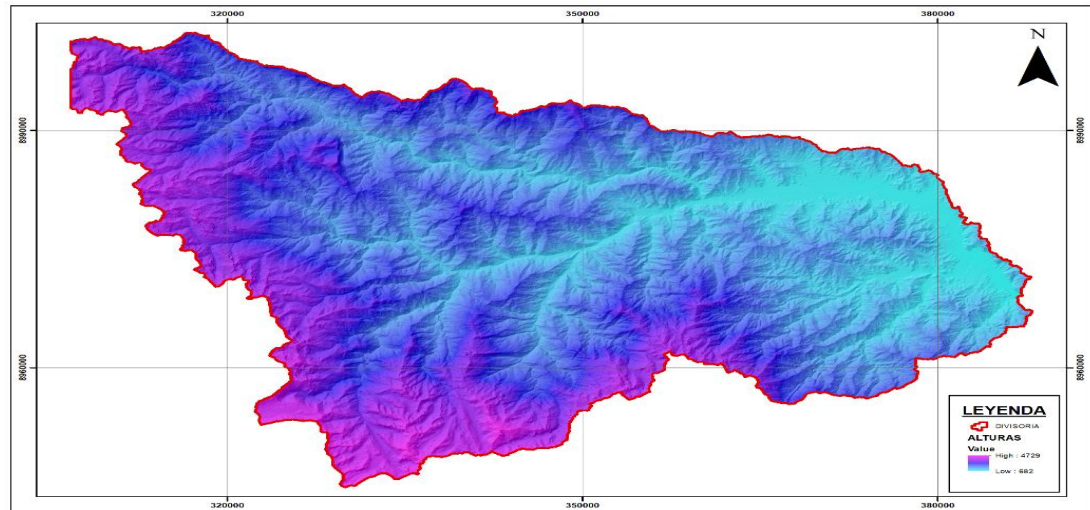
RESULTADOS

4.1 PROCESAMIENTO DE DATOS

Inicialmente en el proceso de caracterización hidrológica se identificó el modelo de la cuenca del río Monzón:

Figura 9

Modelo de la cuenca del río Monzón



Nota. la figura 9 nuestro el modelo de la cuenca del río Monzón

En la identificación de los límites de la cuenca del río Monzón en el punto de aforo identificado se logró obtener un modelo de elevación digital de la cuenca en toda su extensión, con la cual se lograron determinar las características geométricas y morfológicas de la cuenca.

Tabla 7

Valores geométricos

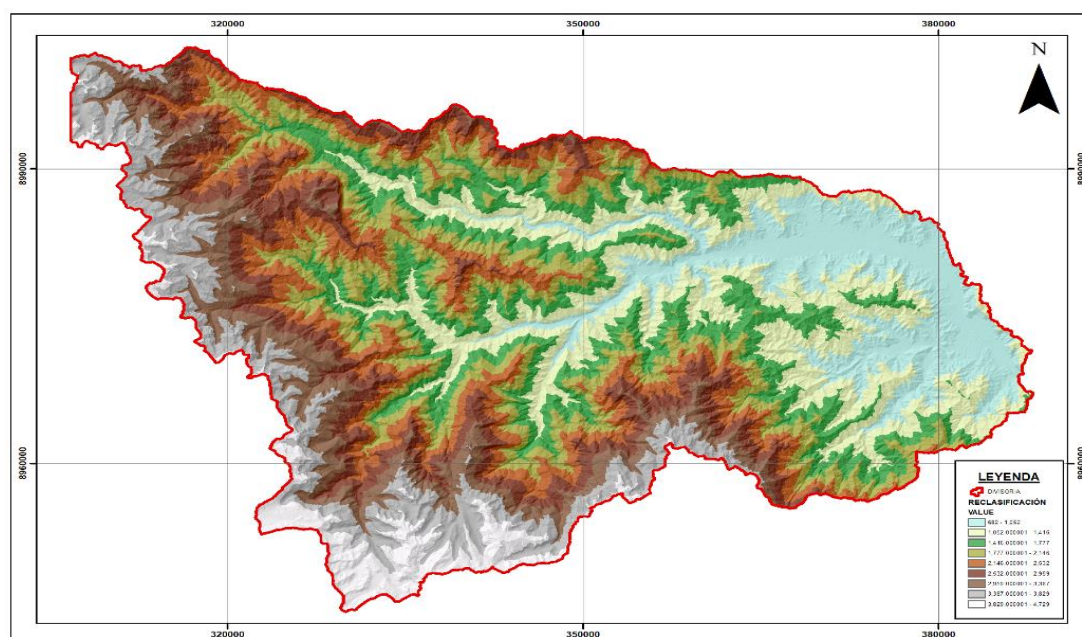
GEOMETRÍA DE LA CUENCA		
PARÁMETRO	UNIDAD	VALOR
TRANSVERSAL	km	43.40
LONGITUDINAL	km	83.22
LONG DIVISORIA	km	390.05
SUPERFICIE	km ²	2,590.97
ESTE	m	346,499.53
NORTE	m	874,128.45
ELEVACIÓN	msnm	2,896.79

Nota. Con el modelo GIS de la cuenca se pudo determinar que el ancho de la cuenca en promedio se estima en 43.40 km, el largo de la cuenca se determinó en 83.22 km, el perímetro de la cuenca es de 390.05 km, el área de la cuenca se estimó en 2,590.97 km² y las

coordenadas del centroide de la cuenca se identificó en 346,499.53 E, 874,128.45 N y 2,896.79 msnm.

Figura 10

Reclasificación altitudinal



Nota. Para el modelo de elevación digital de la cuenca se planteó una reclasificación altitudinal en un total de 9 rangos los cuales se componen de: 682 a 1052, 1052 a 1416, 1416 a 1777, 1777 a 2146, 2146 a 2532, 2532 a 2959, 2959 a 3387, 3387 a 3829 y de 3829 a 4729 msnm.

Tabla 8

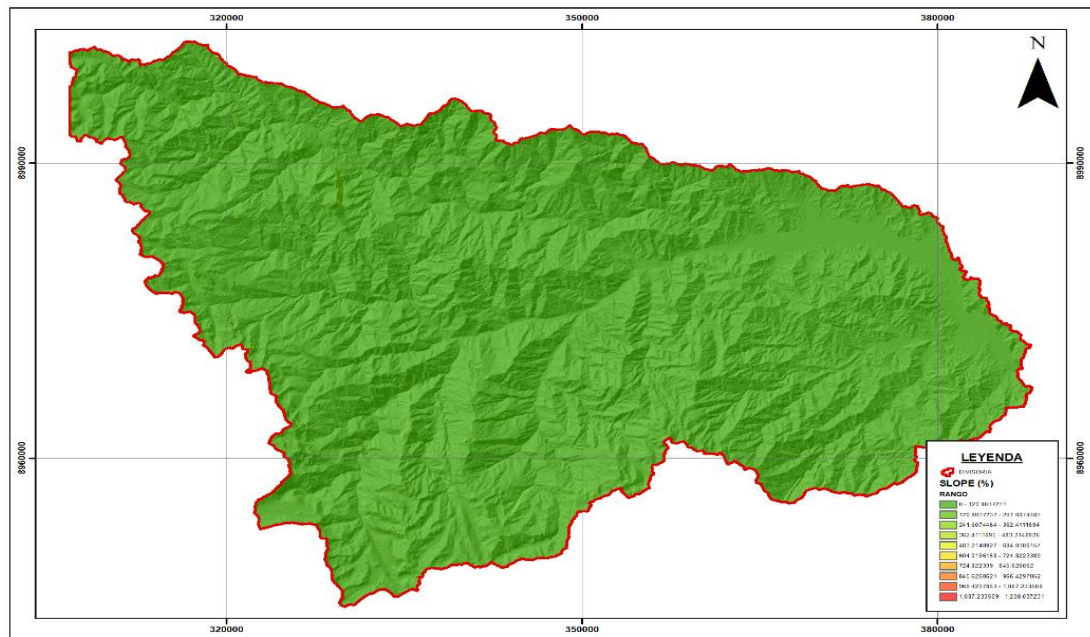
Características altitudinales de la cuenca Monzón

CARACTERÍSTICAS ALTITUDINALES		
PARÁMETRO	UNIDAD	VALOR
ALTURA MÁX	msnm	4,657.00
ALTURA MÍN	msnm	682.00
ALTURA MEDIA	msnm	2,896.79
ALTURA RECURRENTE	msnm	1,234.00
FRECUENCIA MEDIA DE ALTURA	msnm	2,179.02
PEND	%	5.20

Nota. Con la reclasificación altitudinal de la cuenca se logró determinar que la altura máxima en la cuenca es de 4,657 msnm, el valor de la altura mínima 682 msnm, la altura promedio de la cuenca es de 2,896.79 msnm, la altura recurrente de la cuenca es de 1,234 msnm, el valor de la frecuencia media altitudinal es de 2,279.02 msnm.

Figura 11

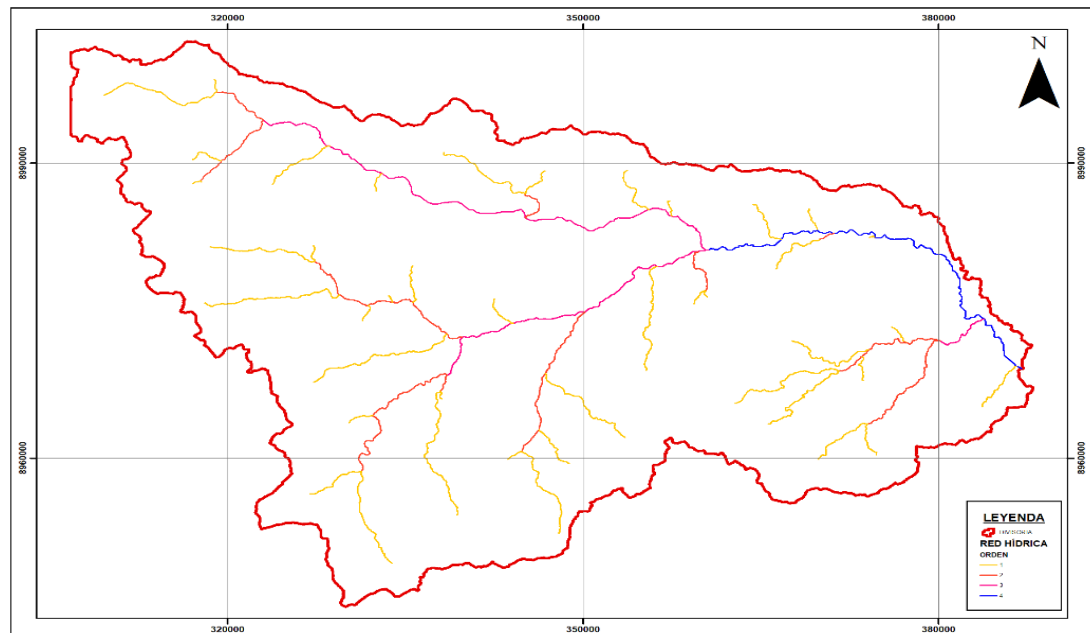
Pendiente de la cuenca



Nota. Del modelo de elevación digital de la cuenca se pudo identificar las variaciones altitudinales en los diferentes puntos llegando a obtener los valores de pendientes porcentuales en 10 rangos del 10% de ancho de clase, con ello como se puede visualizar en la figura se identificó que la cuenca se encuentra en una pendiente predominante que va desde el 0% al 10%, con ello se estimó que la pendiente de la cuenca es en promedio de 5.20%.

Figura 12

Red hídrica de la cuenca



Nota. Los valores de pendiente y el modelo de elevación digital de la cuenca caracterizaron a los flujos que se forman en su superficie dando así las facilidades para la identificación de los cauces de los ríos y el orden en el cual se caracterizan, de la figura se pudo identificar que la cuenca presenta un orden 4 en su composición de las redes hídricas.

Tabla 9

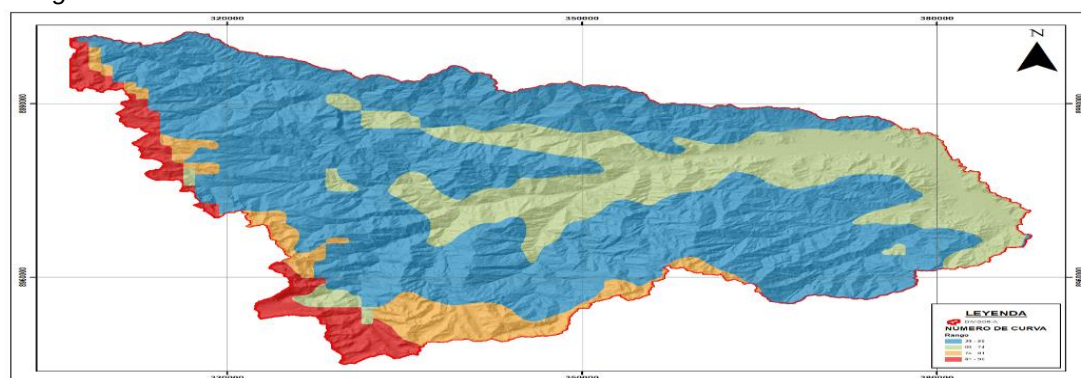
Carracterización hidrica de la cuenca

PARÁMETROS DE RED HÍDRICA		
PARÁMETRO	UNIDAD	VALOR
LONG RÍO PRINC	km	42.56
# ORDEN DE CAUCES	ADIM	4.00
LONG TOTAL DE CAUCES	km	481.46
PENDIENTE PROM	%	13.36

Nota. Con la identificación cartográfica de los cauces formados en la cuenca se pudo determinar que la cuenca presenta una longitud de río principal de 42.56 km el cual corresponde al río Monzón hasta el punto considerado como su aforo, el orden de los cauces identificados es de 4, la longitud total de todos los cauces que conforman la cuenca es de 481.46 km y la pendiente promedio de los cauces identificados es de 13.96 %.

Figura 13

Rangos de número de curva de la cuenca



Nota. Con la identificación de los límites de la cuenca del río Monzón se pudo determinar los valores de número de curva que caracterizan a los suelos que comprende la cuenca de la cual se identificaron un total de 04 rangos con las cuales se estimó un valor promedio del número de curva.

Tabla 10

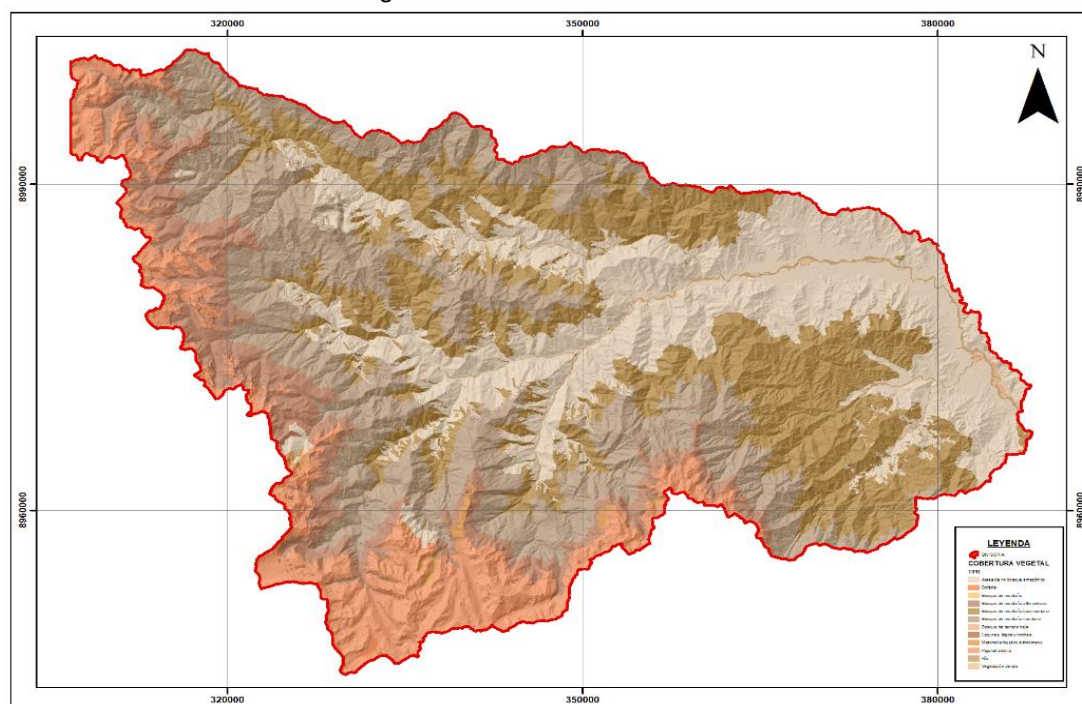
Estimación del número de curva

ESTIMACIÓN DEL NÚMERO DE CURVA PROMEDIO				
RANGO		PROMEDIO	ÁREA (km2)	P*A
INF	SUP			
39	55	47.00	1,684.92	79,191.09
66	74	70.00	606.63	42,464.42
74	81	77.50	170.26	13,195.37
81	90	85.50	131.61	11,252.84
PROMEDIO DE NC				56.34

Nota. Con la determinación de las áreas que caracterizan cada uno de los rangos del número de curva de la cuenca se puede determinar que la cuenca en gran parte se encuentra en un rango entre 39 a 55 con respecto a su número de curva, de ello y con la estimación de los valores de la superficie se pudo determinar que la cuenca del río Monzón en promedio presenta un valor de número de curva de 56.34.

Figura 14

Identificación de la cobertura vegetal



Nota. Con los límites de la cuenca identificados se pudo determinar que para el suelo de la cuenca se identificaron un total de 12 tipos de suelos, a partir de ello se pudo determinar que visualmente el suelo de tipo bosque predomina en la zona de la cuenca del río Monzón.

Tabla 11

Caracterización de la cobertura vegetal

COBERTURA VEGETAL DE LA CUENCA		
TIPO	ÁREA (km ²)	% DE ÁREA
Áreas de bosque amazónico	660.84	25.48%
Bofedal	1.31	0.05%
Bosque de montaña	0.06	0.00%
Bosque de montaña altimontano	250.38	9.65%
Bosque de montaña basimontano	640.23	24.69%
Bosque de montaña montano	703.78	27.14%
Bosque de terraza baja	2.07	0.08%
Lagunas, lagos y cochas	2.20	0.08%
Matorral arbustivo altimontano	10.36	0.40%
Pajonal andino	303.45	11.70%
Río	17.37	0.67%
Vegetación de isla	1.38	0.05%

Nota. Con la información cartográfica del suelo se pudo determinar que las zonas de áreas de bosque amazónico presenta un total de 66.84 km² de superficie, el suelo tipo bofedal se encuentra en una superficie de 1.31 km², el suelo de tipo bosque de montaña en un área de

0.06 km², el suelo de tipo montaña altimontano presenta un área de 250.38 km², el suelo de características de bosque montaña basimontano un área de 640.23, el suelo de tipo bosque de montaña montano presenta un área de 7.03.78, el suelo de tipo bosque de terraza baja representa un área de 2.07 km², los cuerpos de agua presentan un área de 2.20 km², la zona de matorral arbustivo presenta un área de 10.36 km², el suelo de tipo pajonal andino se presenta en un área de 303.45 km², los ríos representan un área de 17.37 km² y vegetación de tipo isla presenta un área de 1.38 km².

Tabla 12

Determinación de los parámetros de la cuenca

PARÁMETROS FINALES DE LA CUENCA		
ÍTEM	UNIDAD	VALOR
FACTOR DE FORMA	ADIM	0.52
ÍNDICE DE COMPACIDAD	ADIM	2.15
LADO MAYOR RE	km	180.69
LADO MENOR RE	km	14.34
DENSIDAD DE DRENAJE	u/km ²	0.19
ÍNDICE DE PENDIENTE	ADIM	0.22

Nota. Con la determinación de las características de la cuenca se lograron determinar los parámetros que caracterizan a la cuenca del río Monzón, de la cual se pudo determinar que el factor de forma es de 0.52, el índice de compacidad es de 2.15, el lado mayor del rectángulo equivalente es de 180.69 km, el lado menor del rectángulo equivalente es de 14.34 km, la densidad de drenaje característica para la cuenca es de 0.19 y el índice de pendiente es de 0.22.

Posterior a la determinación de los valores numéricos característicos de la cuenca se procedió a determinar las características hidrológicas de la cuenca, para ello se identificaron las estaciones meteorológicas cercanas, de la cual se pudo determinar lo siguiente:

Tabla 13

Identificación de estaciones meteorológicas

ESTACIONES METEOROLÓGICAS				
NOMBRE	ENTIDAD	PERIODO		CANTIDAD DE AÑOS
		INF	SUP	
TINGO MARÍA	SENAMHI	1940	2015	76
PERIODO TOMADO EN CUENTA		1989	2013	25

Nota. Para la cuenca del río Monzón se identificó que la estación meteorológica más cercana a la cuenca es la estación de Tingo María, de la cual según el registro histórico de la cuenca se pudo identificar que se cuenta un registro desde el año 1940 al año 2015, sin embargo, por el tiempo del procesamiento de la información solo se tomó en cuenta 25 años de registro a partir de año 1989 al 2013 ya que los dos últimos años del registro no se cuenta con un registro completo en cada uno de los meses.

Tabla 14

Registro de llluvias – Estación Tingo María

REGISTRO PLUVIOMÉTRICO DE LA ESTACIÓN TINGO MARÍA															
REGISTRO OBTENIDO DEL SERVICIO NACIONAL DE METEOROLOGÍA E															
HIDROLOGÍA															
PERIO DO ANUAL	1 EN	2 FE	3 MA	4 AB	5 MA	6 JU	7 JU	8 A G O	9 SE	10 OC	11 N O V	12 DI	PRO MEDI O	MÁ XIM O	VALOR LOGAR ÍTMICO
1989	58. 40	94. 40	85. 00	84. 80	18. 70	35 .0 0	36 .8 0	52 .0 0	43. 00	58. 20	67 .0 0	34. 00	55.61	94.4 0	1.97
1990	76. 70	67. 00	41. 20	33. 00	70. 00	47 .2 0	60 .0 0	36 .5 0	30. 20	60. 50	52 .5 0	86. 30	55.09	86.3 0	1.94
1991	98. 40	21. 30	58. 40	67. 80	32. 40	33 .2 0	27 .9 0	16 .5 0	20. 50	42. 70	68 .8 0	72. 50	46.70	98.4 0	1.99
1992	49. 60	79. 30	55. 20	90. 00	77. 70	56 .8 0	20 .0 0	58 .0 0	56. 20	85. 00	98 .3 0	98. 00	68.68	98.3 0	1.99
1993	10 4.0 0	25. 00	27. 50	62. 00	43. 40	36 .3 0	48 .3 0	40 .5 0	55. 90	90. 50	80 .7 0	97. 40	59.29	104. 00	2.02
1994	13 3.0 0	84. 80	46. 50	94. 30	71. 30	34 .3 0	67 .4 0	21 .9 0	58. 10	82. 30	45 .7 0	14 9.2 0	74.07	149. 20	2.17
1995	82. 30	98. 40	83. 70	36. 20	36. 30	45 .3 0	44 .2 0	16 .9 0	44. 50	75. 30	51 .3 0	70. 70	57.09	98.4 0	1.99
1996	68. 70	75. 30	32. 20	76. 00	63. 90	50 .0 0	21 .0 0	30 .0 0	54. 50	53. 00	78 .0 0	44. 60	53.93	78.0 0	1.89
1997	55. 00	39. 70	60. 40	51. 00	50. 00	33 .7 0	51 .3 0	23 .7 0	76. 20	33. 60	68 .0 0	99. 80	53.53	99.8 0	2.00
1998	52. 50	87. 00	74. 50	63. 30	15 6.0 0	83 .0 0	16 .4 0	27 .5 0	36. 90	97. 10	72 .2 0	54. 80	68.43	156. 00	2.19
1999	57. 10	78. 30	82. 60	66. 30	11 6.5 0	52 .2 0	48 .0 0	22 .3 0	22. 70	26. 10	71 .8 0	94. 00	61.49	116. 50	2.07
2000	88. 50	64. 50	54. 60	24. 10	20. 90	60 .9 0	85 .6 0	20 .5 0	32. 80	53. 40	51 .7 0	65. 40	51.91	88.5 0	1.95
2001	95. 90	45. 80	71. 80	38. 70	67. 70	28 .3 0	43 .3 0	7. 40	88. 30	35. 50	79 .0 0	43. 90	53.80	95.9 0	1.98
2002	72. 20	78. 80	12 3.1 0	72. 70	64. 70	46 .9 0	40 .7 0	28 .9 0	61. 30	46. 00	65 .2 0	60. 40	63.41	123. 10	2.09
2003	33. 80	10 6.0 0	51. 70	54. 60	14 9.7 0	94 .6 0	23 .5 0	57 .1 0	58. 40	11 1.2 0	86 .0 0	10 3.3 0	77.49	149. 70	2.18
2004	64. 10	67. 80	80. 00	50. 00	38. 10	13 .8 0	79 .6 0	27 .5 0	33. 40	48. 50	68 .2 0	46. 10	51.43	80.0 0	1.90

2005	48.80	92.60	94.70	23.30	37.50	43.70	37.50	25.70	54.30	58.70	66.80	97.50	56.76	97.50	1.99
2006	54.80	108.00	53.00	80.50	41.90	20.50	42.00	30.60	68.10	68.90	96.00	64.50	60.73	108.00	2.03
2007	70.50	35.00	69.80	51.50	35.80	4.90	35.50	29.10	27.80	48.30	61.80	60.90	44.24	70.50	1.85
2008	69.50	88.60	65.50	31.70	34.90	26.50	35.00	14.50	24.60	95.80	28.80	32.90	45.69	95.80	1.98
2009	78.20	53.00	48.50	55.50	65.60	27.40	35.50	34.80	-99.90	34.40	41.80	56.70	35.96	78.20	1.89
2010	46.00	64.40	69.90	30.30	23.70	26.90	55.70	22.00	45.30	51.40	68.40	66.30	47.53	69.90	1.84
2011	105.00	66.30	85.30	64.00	44.00	37.60	21.70	26.00	79.60	47.20	60.50	38.80	56.33	105.00	2.02
2012	58.90	51.50	103.70	52.20	43.00	33.70	9.60	15.80	28.80	55.10	48.50	61.60	46.87	103.70	2.02
2013	98.00	104.50	65.30	115.00	32.40	59.70	18.80	37.80	12.10	69.20	44.20	53.00	68.24	121.00	2.08
PROMEDIO	72.80	71.09	67.36	58.75	57.44	41.30	40.21	28.94	44.90	61.12	64.85	70.10			
MÁXIMO	133.00	108.00	123.10	115.00	156.00	94.60	85.60	58.00	121.00	111.00	98.30	149.20			
VALOR LOGARÍTMICO	2.12	2.03	2.09	2.06	2.19	1.98	1.93	1.76	2.08	2.05	1.99	2.17			

Nota. En la investigación se logró procesar los registros pluviométricos de la cuenca para los 25 años tomados en cuenta, de toda la información procesada se pudo determinar que hay un dato faltante con una falta de registro el cual corresponde a setiembre del 2009, el valor tendrá que ser reemplazado por el valor promedio mensual del registro.

Tabla 15

Registro completo – Estación Tingo María

REGISTRO PLUVIOMÉTRICO DE LA ESTACIÓN TINGO MARÍA															
REGISTRO OBTENIDO DEL SERVICIO NACIONAL DE METEOROLOGÍA E HIDROLOGÍA															
PERIODO ANUAL	1 E	2 FEB	3 MAR	4 ABR	5 MAY	6 JUN	7 JUL	8 AGO	9 SEPT	10 OCT	11 NOV	12 DIC	PROMEDIO	MÁXIMO	VALOR LOGARÍTMICO
1989	58.40	94.40	85.00	84.80	18.70	35.00	36.80	52.00	43.00	58.20	67.00	34.00	55.61	94.40	1.97
1990	76.70	67.00	41.20	33.00	70.00	47.20	60.00	36.50	30.20	60.50	52.00	86.30	55.09	86.30	1.94

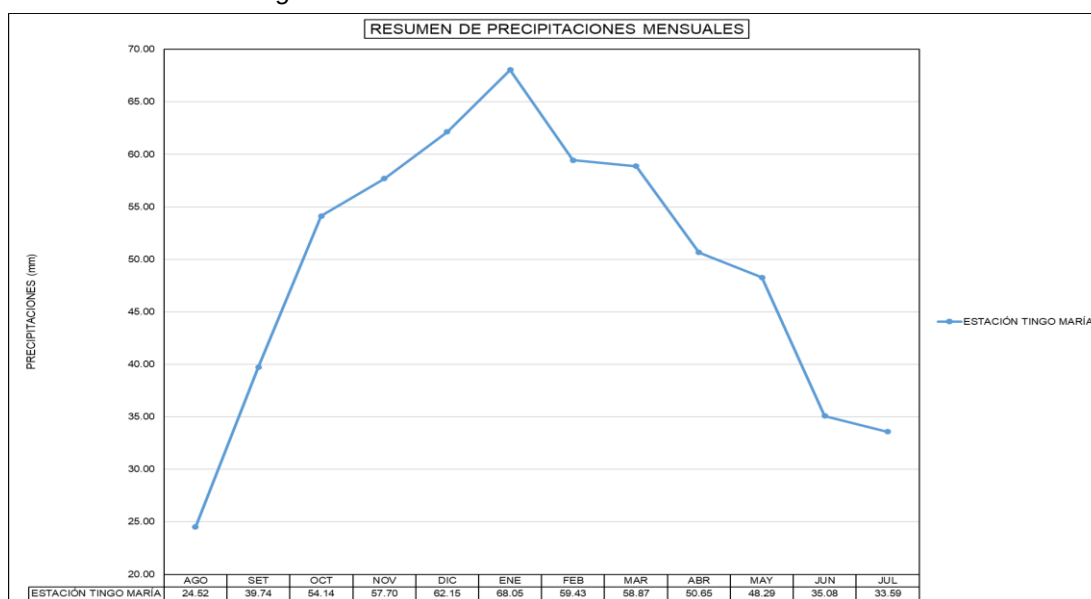
1991	98. 40	21. 30	58. 40	67. 80	32. 40	33 .2 0	27 .9 0	16 .5 0	20. 50	42 .7 0	68 .8 0	72. 50	46.70	98.4 0	1.99
1992	49. 60	79. 30	55. 20	90. 00	77. 70	56 .8 0	20 .0 0	58 .0 0	56. 20	85 .0 0	98 .3 0	98. 00	68.68	98.3 0	1.99
1993	10 4.0 0	25. 00	27. 50	62. 00	43. 40	36 .3 0	48 .3 0	40 .5 0	55. 90	90 .5 0	80 .7 0	97. 40	59.29	104. 00	2.02
1994	13 3.0 0	84. 80	46. 50	94. 30	71. 30	34 .3 0	67 .4 0	21 .9 0	58. 10	82 .3 0	45 .7 0	14 9.2 0	74.07	149. 20	2.17
1995	82. 30	98. 40	83. 70	36. 20	36. 30	45 .3 0	44 .2 0	16 .9 0	44. 50	75 .3 0	51 .3 0	70. 70	57.09	98.4 0	1.99
1996	68. 70	75. 30	32. 20	76. 00	63. 90	50 .0 0	21 .0 0	30 .0 0	11. 87	53 .0 0	78 .0 0	44. 60	50.38	78.0 0	1.89
1997	55. 00	39. 70	60. 40	51. 00	50. 00	33 .7 0	51 .3 0	23 .7 0	11. 87	33 .6 0	68 .0 0	99. 80	48.17	99.8 0	2.00
1998	52. 50	87. 00	74. 50	13. 83	15 6.0 0	83 .0 0	16 .4 0	27 .5 0	36. 90	97 .1 0	72 .2 0	54. 80	64.31	156. 00	2.19
1999	57. 10	78. 30	82. 60	66. 30	11 6.5 0	52 .2 0	48 .0 0	22 .3 0	22. 70	26 .1 0	71 .8 0	94. 00	61.49	116. 50	2.07
2000	88. 50	64. 50	54. 60	24. 10	20. 90	60 .9 0	85 .6 0	20 .5 0	32. 80	53 .4 0	51 .7 0	65. 40	51.91	88.5 0	1.95
2001	95. 90	45. 80	71. 80	38. 70	67. 70	28 .3 0	43 .3 0	7. 40	88. 30	35 .5 0	79 .0 0	43. 90	53.80	95.9 0	1.98
2002	72. 20	78. 80	12 3.1 0	72. 70	64. 70	46 .9 0	40 .7 0	28 .9 0	61. 30	46 .0 0	65 .2 0	60. 40	63.41	123. 10	2.09
2003	33. 80	20. 74	16. 78	13. 83	9.5 6	4. 29	4. 26	7. 59	11. 87	14 .6 8	14 .1 0	16. 01	13.96	33.8 0	1.53
2004	16. 37	20. 74	16. 78	13. 83	9.5 6	4. 29	4. 26	7. 59	11. 87	14 .6 8	14 .1 0	16. 01	12.51	20.7 4	1.32
2005	16. 37	20. 74	16. 78	13. 83	9.5 6	4. 29	4. 26	7. 59	11. 87	14 .6 8	14 .1 0	16. 01	12.51	20.7 4	1.32
2006	16. 37	20. 74	16. 78	13. 83	9.5 6	4. 29	4. 26	7. 59	11. 87	68 .9 0	96 .0 0	64. 50	27.89	96.0 0	1.98
2007	70. 50	35. 00	69. 80	51. 50	35. 80	4. 90	35 .5 0	29 .1 0	27. 80	48 .3 0	61 .8 0	60. 90	44.24	70.5 0	1.85
2008	69. 50	88. 60	65. 50	31. 70	34. 90	26 .5 0	35 .0 0	14 .5 0	24. 60	95 .8 0	28 .8 0	32. 90	45.69	95.8 0	1.98
2009	78. 20	53. 00	48. 50	55. 50	65. 60	27 .4 0	35 .5 0	34 .8 0	44. 90	34 .4 0	41 .8 0	56. 70	48.03	78.2 0	1.89

2010	46.00	64.40	69.90	30.30	23.70	26.90	55.70	22.00	45.30	51.40	68.40	66.30	47.53	69.90	1.84
2011	10.50	66.30	85.30	64.00	44.00	37.60	21.70	26.00	79.60	47.20	60.50	38.80	56.33	105.00	2.02
2012	58.90	51.50	103.70	52.20	43.00	33.70	9.60	15.80	28.80	55.10	48.50	61.60	46.87	103.70	2.02
2013	98.00	104.50	65.30	115.00	32.40	59.70	18.80	37.80	12.00	69.20	44.20	53.00	68.24	121.00	2.08
PROMEDIO	68.05	59.43	58.87	50.65	48.29	35.80	33.59	24.52	39.74	54.14	57.70	62.15			
MÁXIMO	13.00	10.45	12.31	11.50	15.60	83.00	85.60	58.00	12.00	97.10	98.30	14.92			
VALOR LOGARÍTMICO	2.12	2.02	2.09	2.06	2.19	1.92	1.93	1.76	2.08	1.99	1.99	2.17			

Nota. El valor de registro identificado como faltante fue reemplazado por el valor de la precipitación promedio para el mes, el valor tomado fue de 44.90 mm, con ello se asegura un adecuado reemplazo de la información faltante.

Figura 15

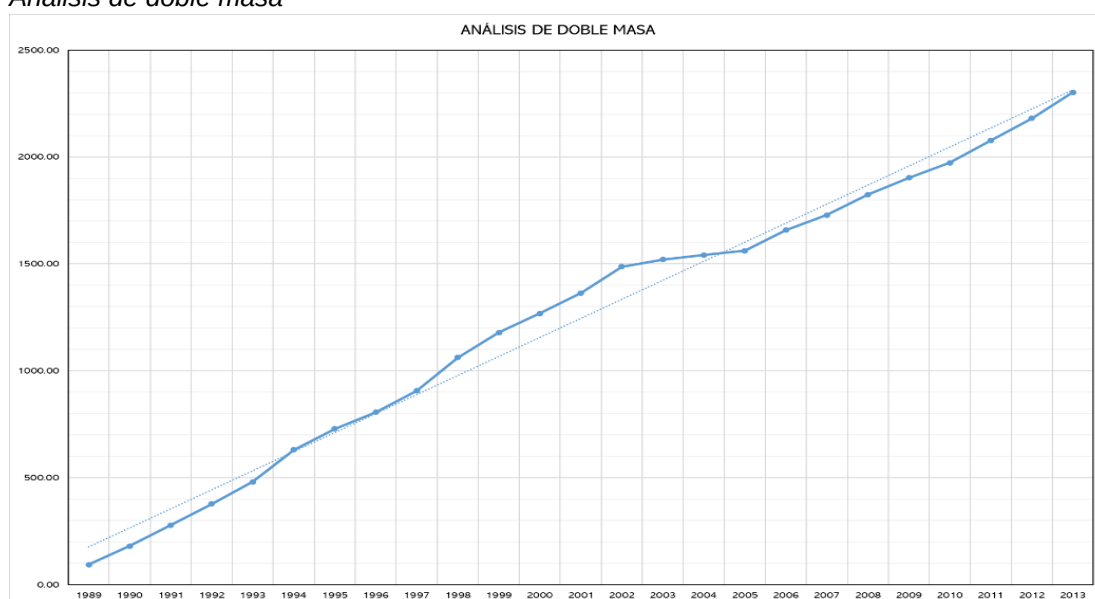
Análisis de año hidrológico



Nota. Con la identificación de los valores máximos y promedios de precipitación mensual se realizó un análisis visual del año hidrológico para la cuenca del río Monzón, de ello se pudo determinar que el registro concuerda con el comportamiento climatológico de la zona analizada ya que para los meses de diciembre a febrero las precipitaciones se incrementan de manera considerable en la zona de interés.

Figura 16

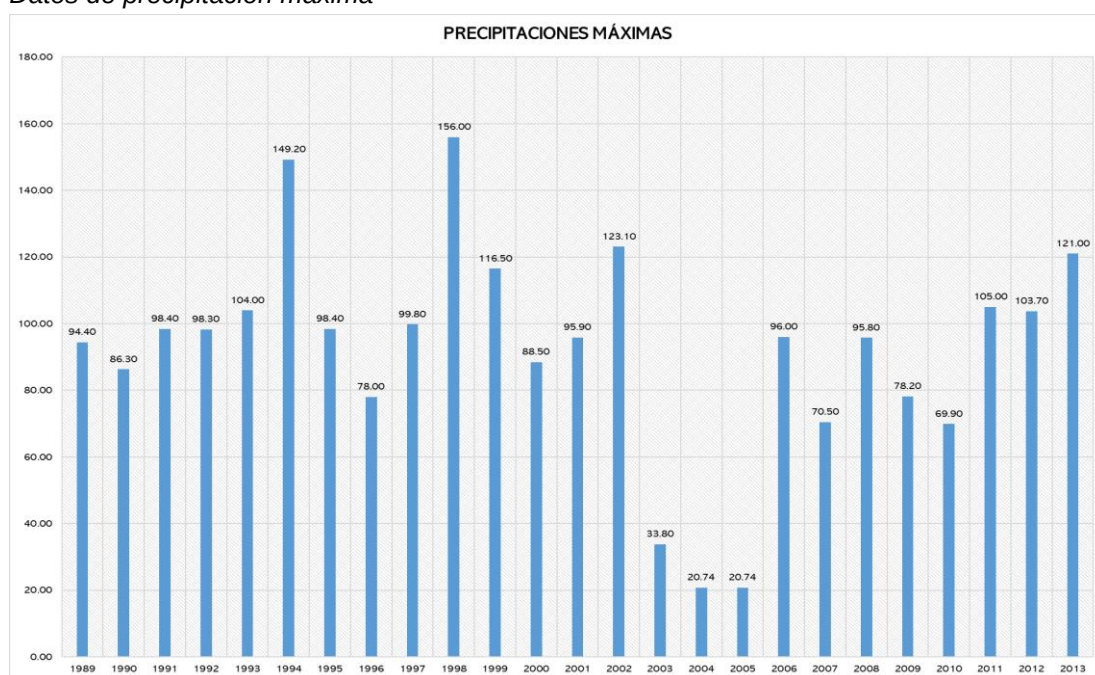
Análisis de doble masa



Nota. Para la estación de Tingo María se realizó el análisis de doble masa para válida la conformidad de los registros, del cual se pudo identificar que esta si bien no presenta un ajuste muy preciso sirve desde el punto de vista de la cercanía a la zona de interés y teniendo en cuenta las crecidas por los eventos del niño generados en la zona.

Figura 17

Datos de precipitación máxima



Nota. Con la identificación de los registros pluviométricos para la estación de Tingo María y con la validación estadística visual de los registros máximos se pudo identificar los valores de precipitación máxima, la cual fueron sometidas a una prueba de Kolmogorov Smirnov.

Tabla 16*Prueba de bondad*

PRUEBA DE KOLMOGOROV - SMIRNOV		
TIPO DE DISTRIBUCIÓN	VALOR TEÓRICO	VALOR TABULAR
NORMAL	0.1437	0.2720
LOG-NORMAL 2 PARÁMETROS	0.2153	0.2720
LOG-NORMAL 3 PARÁMETROS	-	-
GAMMA 2 PARÁMETROS	0.1951	0.2720
GAMMA 3 PARÁMETROS	-	-
LOGARITMO DE PEARSON TIPO 3	-	-
GUMBEL	0.2144	0.2720
LOGARITMO DE GUMBEL	0.2859	0.2720
DISTRIBUCIÓN SELECCIONADA	0.1437	NORMAL

Nota. Con la finalidad de determinar los valores de precipitación en diferentes periodos de retorno se planteó la elaboración de una prueba de ajuste de bondad de acuerdo con una serie de distribuciones adecuadas para este tipo de registros con la finalidad de obtener la distribución que mejor se ajuste a la serie muestral de datos, de ello se pudo identificar que el mejor ajuste a la información obtenida se encuentra con la distribución Normal con una variación de 0.1437 siendo el menor de todos los determinados.

Tabla 17*Precipitación en diferentes periodos de retorno*

PRECIPITACIONES PROYECTADAS			
AÑOS	PP (mm)	PROBABILIDAD DE NO EXCEDENCIA	PP AJUSTADA (1.13)
2	92.09 mm	0.50000	104.06 mm
5	119.45 mm	0.80000	134.98 mm
10	133.77 mm	0.90000	151.16 mm
25	149.04 mm	0.96000	168.42 mm
50	158.89 mm	0.98000	179.55 mm
100	167.76 mm	0.99000	189.57 mm
105	168.35 mm	0.99048	190.24 mm
500	185.70 mm	0.99800	209.84 mm
1000	192.60 mm	0.99900	217.64 mm
10000	213.04 mm	0.99990	240.74 mm

Nota. Con el modelo de distribución Normal identificado se calcularon los valores de precipitación para diferentes periodos de retorno con lo cual se aplicó un coeficiente de ajuste teniendo en cuenta un factor de riesgo adecuado para la estimación de las precipitaciones, de ello se determinaron los siguientes valores de precipitación: 104.06 mm, 134.98 mm, 151.16 mm, 168.42 mm, 179.55 mm, 189.57 mm, 190.24 mm, 209.84 mm, 217.64 mm y 240.74 mm para los periodos de retorno de 2 años, 5 años, 10 años, 25 años, 50 años, 100 años, 105 años, 500 años, 1000 años y 10000 años.

Tabla 18

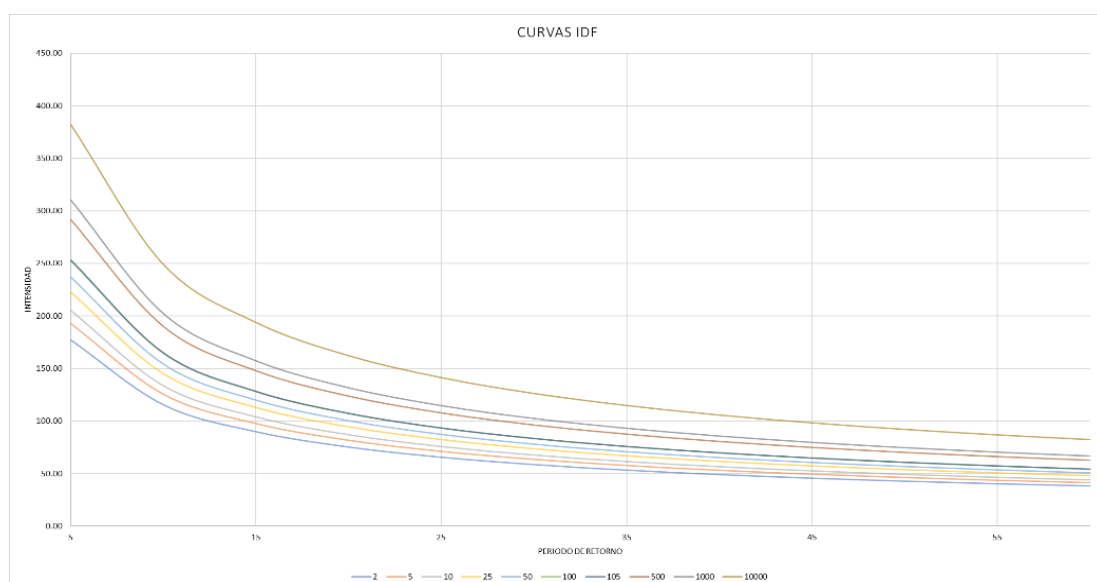
Determinación de IDF

INTENSIDAD - DURACIÓN - FRECUENCIA												
PERIODO	DURACIÓN (min)											
T	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60
2	177.37	115.52	89.90	75.24	65.54	58.55	53.23	49.01	45.56	42.69	40.24	38.13
5	192.63	125.46	97.63	81.72	71.18	63.59	57.81	53.22	49.48	46.36	43.71	41.42
10	205.04	133.55	103.92	86.98	75.77	67.69	61.53	56.65	52.67	49.35	46.52	44.08
25	222.69	145.04	112.86	94.46	82.29	73.51	66.82	61.53	57.20	53.59	50.52	47.88
50	237.03	154.38	120.14	100.55	87.59	78.25	71.13	65.49	60.89	57.05	53.78	50.96
100	252.30	164.33	127.88	107.03	93.23	83.29	75.71	69.71	64.81	60.72	57.25	54.25
105	253.42	165.05	128.44	107.50	93.64	83.65	76.05	70.02	65.10	60.99	57.50	54.48
500	291.67	189.97	147.83	123.73	107.77	96.28	87.52	80.58	74.92	70.19	66.18	62.71
1000	310.46	202.20	157.35	131.70	114.72	102.48	93.16	85.78	79.75	74.72	70.44	66.75
10000	382.01	248.81	193.62	162.05	141.16	126.10	114.64	105.55	98.13	91.94	86.68	82.13

Nota. Teniendo los valores de precipitación en diferentes periodos de retorno y mediante la metodología presentada por el MTC se determinaron los valores de la curva IDF con la cual se podrán estimar los valores de intensidad para diferentes periodos de retorno y en cualquiera frecuencia que se requiera para el diseño.

Figura 18

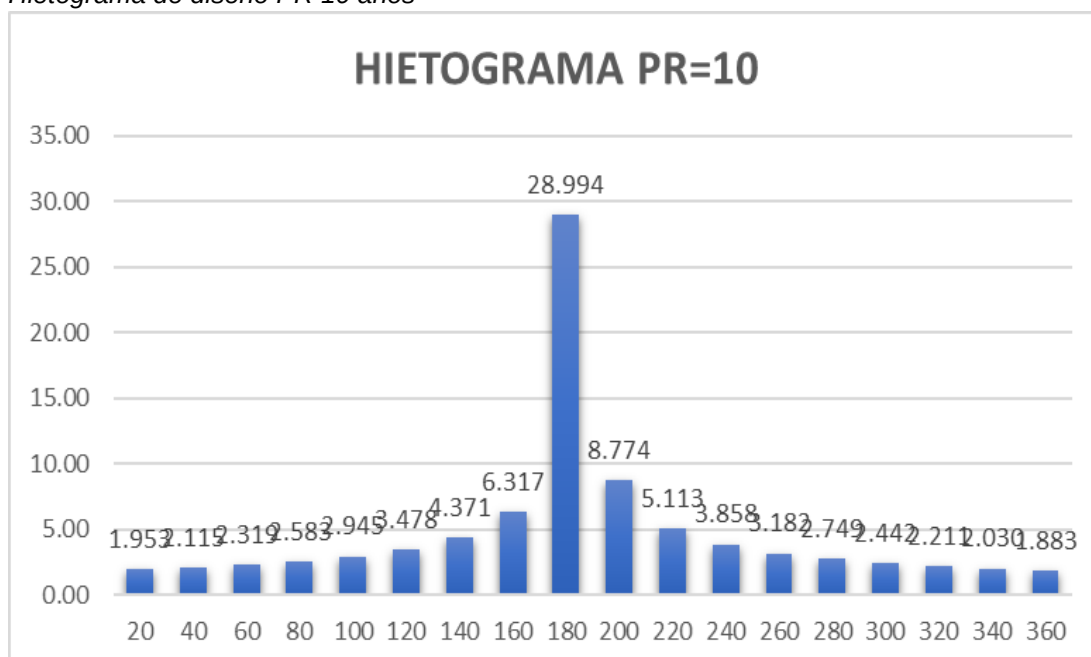
Curva IDF



Nota. Los valores de intensidad fueron representados en la curva que se muestra en la figura, con ello se interceptaron los valores de periodo de retorno con la tormenta de diseño que se caracterizó para la cuenca.

Figura 19

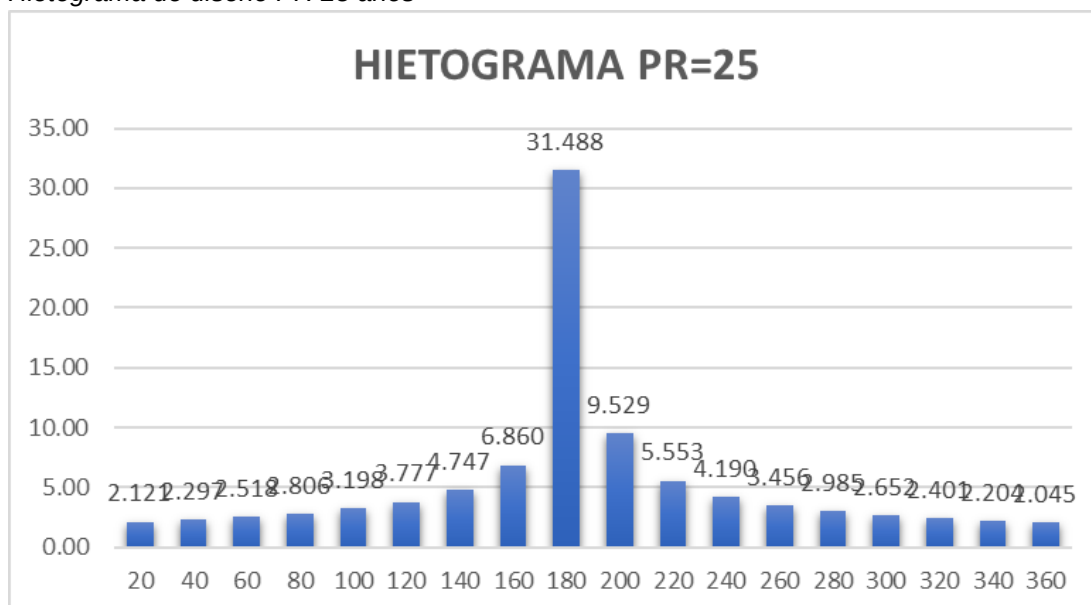
Hietograma de diseño PR 10 años



Nota. Para un periodo de retorno de 10 años con la metodología del método alterno se pudo determinar que la intensidad máxima es de 28.994 mm/h, dicho valor se da a los 180 min de tormenta teniendo en cuenta que la duración de la tormenta de diseño es de 360 min.

Figura 20

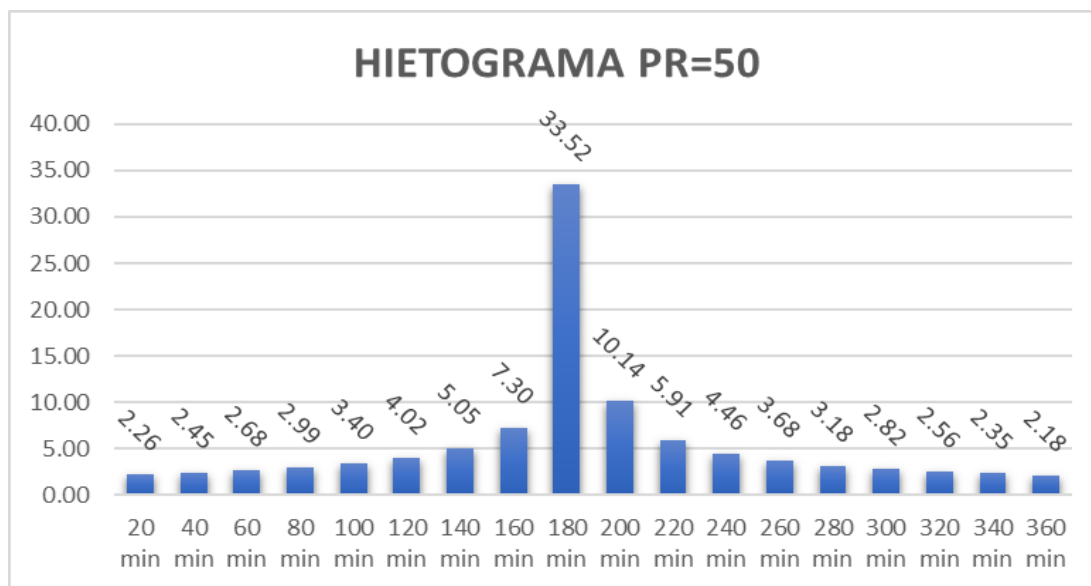
Hietograma de diseño PR 25 años



Nota. Para un periodo de retorno de 25 años con la metodología del método alterno se pudo determinar que la intensidad máxima es de 31.488 mm/h, dicho valor se da a los 180 min de tormenta teniendo en cuenta que la duración de la tormenta de diseño es de 360 min.

Figura 21

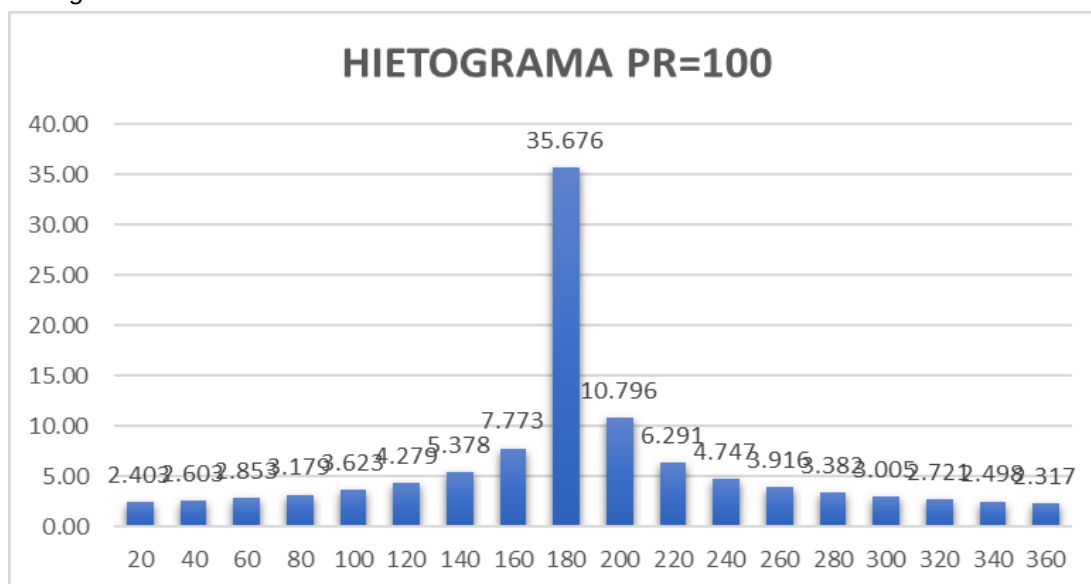
Hietograma de diseño PR 50 años



Nota. Para un periodo de retorno de 50 años con la metodología del método alterno se pudo determinar que la intensidad máxima es de 33.52 mm/h, dicho valor se da a los 180 min de tormenta teniendo en cuenta que la duración de la tormenta de diseño es de 360 min.

Figura 22

Hietograma de diseño PR 100 años

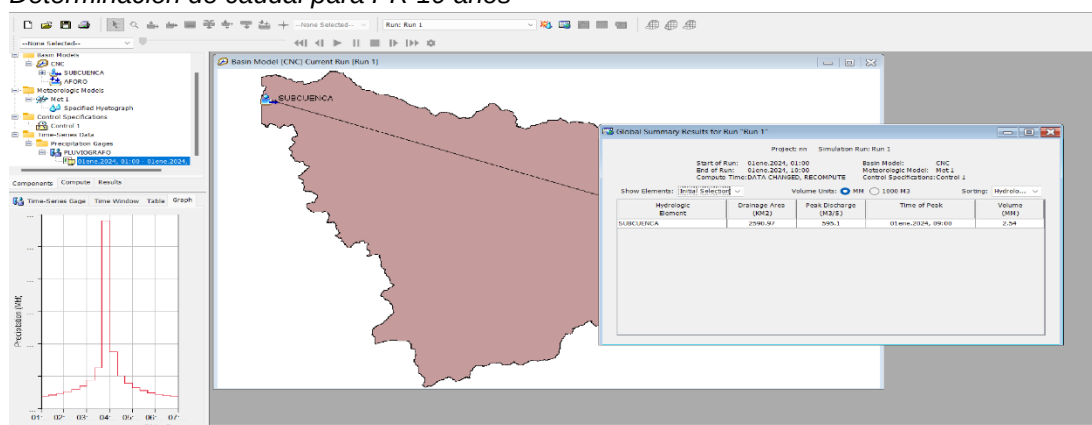


Nota. Para un periodo de retorno de 100 años con la metodología del método alterno se pudo determinar que la intensidad máxima es de 35.676 mm/h, dicho valor se da a los 180 min de tormenta teniendo en cuenta que la duración de la tormenta de diseño es de 360 min.

Con la determinación de los hietogramas de diseño en diferentes periodos de retorno, se procedió a elaborar el modelo de estimación de caudal mediante la metodología SCS Número de Curva, el proceso de modelamiento hidrológico se realizó en el software HEC-HMS.

Figura 23

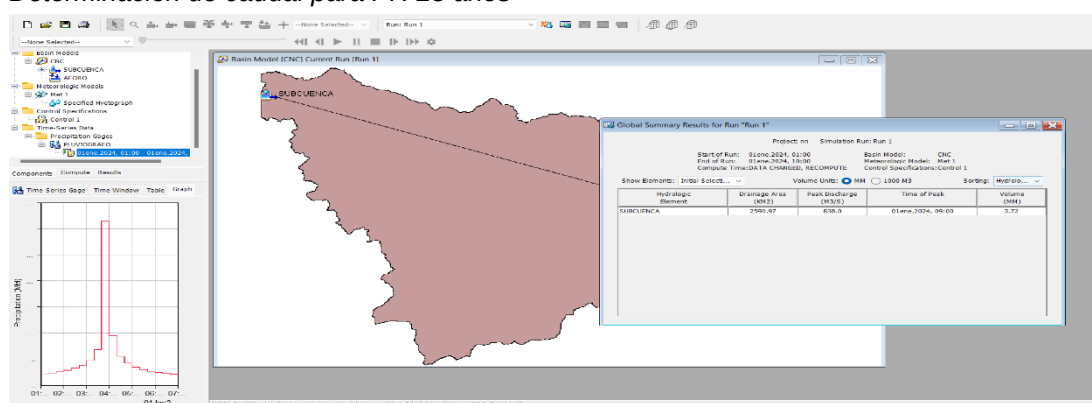
Determinación de caudal para PR 10 años



Nota. Con el modelo hidrológico según la metodología SCS Número de Curva se estimó que para un periodo de retorno de 10 años el valor del caudal es de 595.10 m³/s.

Figura 24

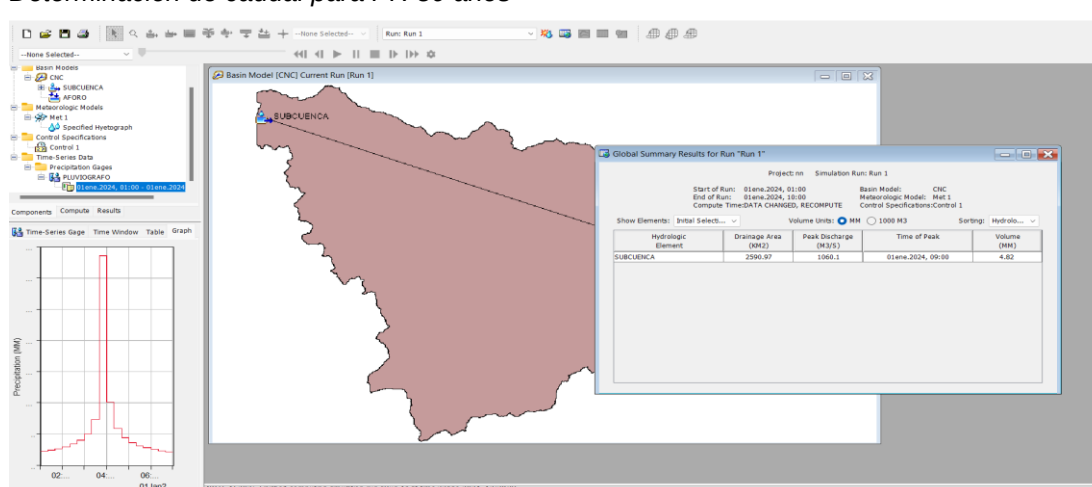
Determinación de caudal para PR 25 años



Nota. Con el modelo hidrológico según la metodología SCS Número de Curva se estimó que para un periodo de retorno de 25 años el valor del caudal es de 838.00 m³/s.

Figura 25

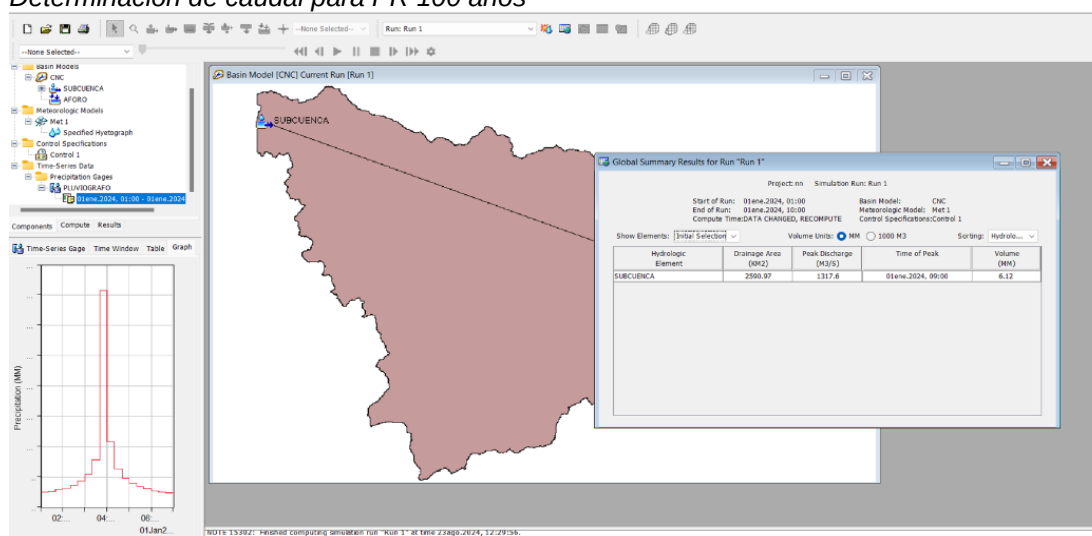
Determinación de caudal para PR 50 años



Nota. Con el modelo hidrológico según la metodología SCS Número de Curva se estimó que para un periodo de retorno de 50 años el valor del caudal es de 1060.10 m³/s.

Figura 26

Determinación de caudal para PR 100 años



Nota. Con el modelo hidrológico según la metodología SCS Número de Curva se estimó que para un periodo de retorno de 100 años el valor del caudal es de 1317.60 m³/s.

Tabla 19

Resumen de valores de caudal de diseño

CAUDAL CRÍTICO POR EL MÉTODO SCS	
AÑOS	CAUDAL
10	595.10 m ³ /s
25	838.00 m ³ /s
50	1060.10 m ³ /s
100	1317.60 m ³ /s

Nota. Con lo determinado se puede resumir que los valores de caudal calculados fueron de 595.10 m³/s, 838.00 m³/s, 1060.10 m³/s y 1317.60 m³/s para los periodos de retorno de 10, 25, 50 y 100 años respectivamente.

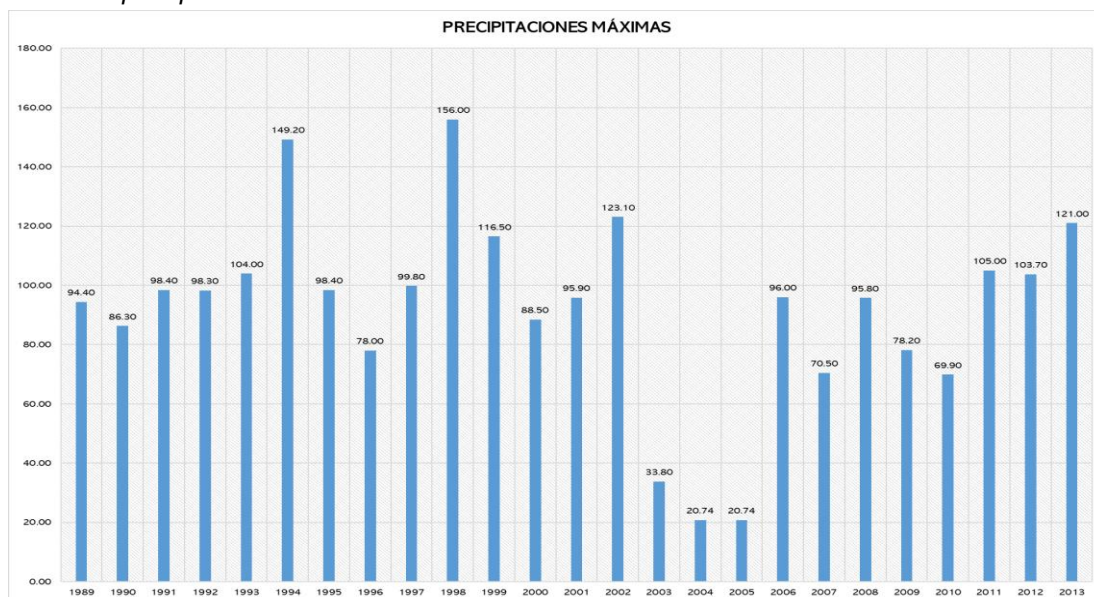
4.2 CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS

H₀= Mediante el uso de modelos y métodos hidrológicos, NO se puede calcular los flujos de promedio mensuales a partir de datos climáticos en la subcuenca del Río Monzón.

H_a=Mediante el uso de modelos y métodos hidrológicos, se puede calcular los flujos de promedio mensuales a partir de datos climáticos en la subcuenca del Río Monzón.

Figura 27

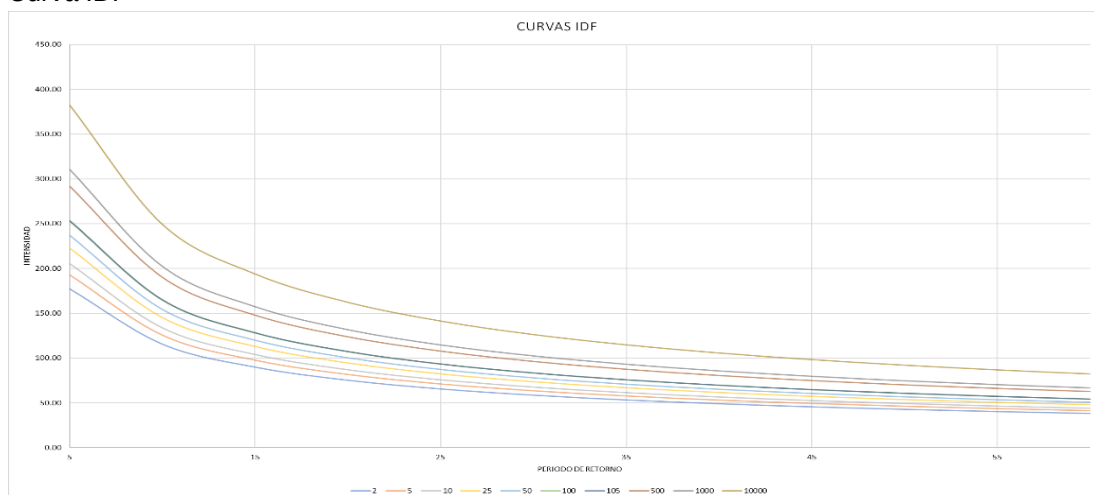
Datos de precipitación máxima



De la obtención de los valores de precipitación máxima para la cuenca del río Monzón se iniciaron los procesos de determinación hidrológica para los caudales promedios en diferentes periodos de retorno.

Figura 28

Curva IDF



Los valores de precipitación promedio para la cuenca del río Monzón sirvieron de base para a partir de una distribución Normal se logren estimar valores de precipitación en diferentes periodos de retorno y a su vez poder determinar las curvas IDF características para la zona de interés.

Tabla 20*Resumen de valores de caudal de diseño*

CAUDAL CRÍTICO POR EL MÉTODO SCS	
AÑOS	CAUDAL
10	595.10 m ³ /s
25	838.00 m ³ /s
50	1060.10 m ³ /s
100	1317.60 m ³ /s

Con la identificación de las curvas IDF y con la determinación de los valores que conforman el hietograma de diseño se pudo determinar los valores de caudal en diferentes periodos de retorno tal cual se plantearon en los objetivos de la presente investigación.

Con lo obtenido se puede decir que la hipótesis alternativa es verdadera debido a que mediante la utilización de los modelos hidrológicos se lograron determinar los valores de precipitación mensual partiendo de valores climáticos para la cuenca del río Monzón, y por consiguiente se rechaza la hipótesis nula.

CAPÍTULO V

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

- Según Pedraza (2023), después se siguió con la aplicación y validación de los modelos para la generación de los caudales y así conseguir un mejor ajuste para luego usar el modelo de Lutz Scholz. Tuvo como objetivo general la determinación de los caudales medios de la cuenca de la laguna de Singrinacocha mediante los modelos hidrológicos usando datos climáticos. Después de realizar dicha metodología ya mencionada se obtuvieron las siguientes conclusiones: Se logró aplicar los modelos de Lutz Scholz y GR2M para la modelación hidrológica de la cuenca de la laguna Singrinacocha permitiendo generar caudales medios mensuales. Singrinacocha vendría a ser un relieve muy empinado punto que se desestima al obtener una pendiente media de 40.739%, clasificándola como una pendiente fuertemente escarpada. La temperatura de la cuenca ha llegado a ser muy fría y de moderadamente lluviosa, siendo la temperatura a -20.68° y la precipitación de 892.32 mm. En la presente investigación se pudo determinar a partir de la aplicación del modelo SCS para la estimación de caudales en diferentes periodos de retorno que los valores de caudal calculados fueron de 595.10 m³/s, 838.00 m³/s, 1060.10 m³/s y 1317.60 m³/s para los periodos de retorno de 10, 25, 50 y 100 años respectivamente. La diferencia entre los valores obtenidos en la investigación de referencia y los obtenidos en la presente investigación fueron la dimensión de la superficie de la cuenca analizada en cada caso, a ello se le adicionó que los componentes climáticos como la precipitación son diferentes debido a que las cuencas se encuentran en zonas climáticas muy distintas y característico del país.
- Según Teodoro (2022), se realizó y empleo un método numérico con el método de Lutz Scholz este estudio sirve como antecedente ya que el estudio se basa también en una comparación de un método con la estación, al realizar dicha comparación no ayuda como fuente principal, diferenciándolo en el empleo del método ya que Teodoro usa un método de Lutz Scholz y esta tesis es con el método de Temez. Al final las

conclusiones que saco Teodoro fueron las siguientes: Se verificó que los caudales promedio mensuales obtenidos utilizando el modelo Lutz Scholz y los enfoques aritméticos, de isoyetas y de Thiessen para calcular la precipitación en la microcuenca, así como los caudales provenientes de una estación hidrométrica en la microcuenca del río Higuera en Huánuco, coinciden. Esta comparación fue realizada a través de la prueba post hoc de Tukey, con niveles de significancia de 0.89, 0.99 y 0.95, superiores al valor establecido de 0.05 como umbral de decisión. En la presente investigación según la caracterización de la prueba de bondad se pudo determinar que con la finalidad de obtener la distribución que mejor se ajuste a la serie muestral de datos, de ello se pudo identificar que el mejor ajuste a la información obtenida se encuentra con la distribución Normal con una variación de 0.1437 siendo el menor de todos los determinados. Si bien los valores no son los más ajustados a la distribución seleccionada, según la caracterización de las estaciones hidrológicas esta es la más idónea para la obtención de valores de caudal debido a su cercanía con la zona de interés y a las características similares que presentan los terrenos de la estación y de la cuenca, la variación en los valores de caudal se dan debido a que el suelo de la tesis de referencia no presenta las mismas características las cuales fueron identificadas en la presente investigación, con ello se evidencia que en el país al presentar una variación climática importante las cuencas presentaran características diferentes en su comportamiento hidrológico.

CONCLUSIONES

- De la caracterización de los flujos de los promedios mensuales se pudo determinar que para la cuenca del río Monzón los valores de caudal son de 595.10 m³/s, 838.00 m³/s, 1060.10 m³/s y 1317.60 m³/s para los periodos de retorno de 10, 25, 50 y 100 años respectivamente.
- En la caracterización de los aspectos geomorfológicos de la cuenca se pudo determinar que el factor de forma es de 0.52, el índice de compacidad es de 2.15, el lado mayor del rectángulo equivalente es de 180.69 km, el lado menor del rectángulo equivalente es de 14.34 km, la densidad de drenaje característica para la cuenca es de 0.19 y el índice de pendiente es de 0.22.
- Para la estimación de los caudales máximos se utilizaron los registros pluviométricos de la estación Tingo María los cuales fueron obtenidos de la base de datos del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI).
- El modelo cartográfico fue elaborado a partir de los modelos de elevación digital obtenidos de los servidores satelitales internacionales, en la cual se pudo identificar que la mejor resolución se da con curvas de nivel a cada 50 m.

RECOMENDACIONES

- Para la estimación de los valores de caudal se recomienda aplicar más métodos de estimación de caudales con la finalidad de ajustar mejor los valores estimados en la presente investigación.
- Para una correcta caracterización de los parámetros geomorfológicos se recomienda tener en cuenta un modelo de elevación digital acorde a la dimensión de la cuenca, ya que al tener una cuenca con un área menor para poder identificar los cauces se requiere un detalle mayor.
- Se recomienda tomar en cuenta más estaciones meteorológicas si la cuenca se encuentra en una zona alejada a las estaciones meteorológicas identificadas.
- Para la elaboración de los modelos cartográficos se recomienda utilizar el software ArcGIS o similares ya que en ella se facilita el proceso hidrológico para la delimitación de la cuenca.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alegría, P. M., & Pérez Campos, M. A. (2019). *Análisis Hidráulico – Estructural Para Las Pantallas De Infiltración, Caso: Planta La Atarjea Lima – 2019*. Lima.
- Aliaga, A. S. (1985). *Hidrologia Estadística*. Lima.
- Breña, A. (2006). *Principios Y Fundamentos De La Hidrologia Superficial* . México.
- Cachuan, D. J. (2017). *Modelo Hidrologico Para La Generación De Crecidas Máximas Empleando El Hidrograma Unitario Instantaneo Geomorfologico En La Sub Cuenca Del Rio Shullcas*. Huancayo- Perú.
- Chamarro, C. L. (2020). *Incidencia Del Cambio Climático En La Determinación Del Caudal Ecológico En La Cuenca Del Rio Coca*. Sangolqui-Ecuador.
- Chow, V. T., Maidment, D., & Mays, L. W. (1994). *Hidrologia Aplicada*. Bogota: Mc Graw Hill.
- Cordova, R. M. (2015). *Estimación De Caudales Medios Naturalizados En La Cuenca Del Río Mantaro Mediante El Método De Regionalización Estadística*. Lima.
- Cruz, A. E., & Romero, C. J. (2018). *Análisis Comparativo De Los Modelos Lluvia-Escorrentía: Gr2m, Temez Y Lutz-Scholz Aplicados En La Sub Cuenca Del Rio Callazas*. Lima - Peru.
- Garcia, R. L. (2020). *Propuesta Y Análisis De Metodologías Para La Evaluación De Recursos Mediante Modelos Precipitación-Escorrentía*. Valencia - España.
- Garijo, S. C. (2020). *Impacto Del Cambio Climatico Sobre Los Eventos Extremos De Precipitacion E Inundaciones Para El Diseño De Infraestructuras Hidraulicas*. Valencia.

- Hernandez, R. F. (2014). *Metodología De La Investigación. (6ta Ed.)*. México D.F.: Mcgraw-Hill.
- Hernández, S. R. (2014). *Metodología De La Investigación*. Mexico: Mcgraw-Hill.
- Huaman, V. J. (2016). *Hidrologia*.
- Indeci. (2018). *Emergencias Ordenadas Por Fecha*. Obtenido De Instituto Nacional De Defensa Civil : [Http://Sinpad.Indeci.Gob.Pe/Sinpad/Emergencias/Mapa/Listadoemergencias.Asp?E](http://Sinpad.Indeci.Gob.Pe/Sinpad/Emergencias/Mapa/Listadoemergencias.Asp?E)
- Llano, L. C., & F. & Mintegui Aguirre, J. (1987). *Hidrologia De La Superficie*. España.
- Martinez, A. V. (1999). *Simulación Y Comprobación Experimental De La Escorrentía Superficial En Pequeñas Cuencas No Aforadas Mediante Modelos Dsistribuidos Implementados Sobre El Sig*. Madrid.
- Ortiz, M. H. (2020). *Análisis Del Clima Para La Predicción De Grados De Desempeño Empleando El Método Uperpave En La Carretera* . Lima.
- Ortiz, S. O. (2016). *Similitud Hidráulica De Sistemas Hidrológicos Altoandinos Y Transferencia De Información Hidrometeorológica*. Lima-Peru.
- Paredes, J., Solera, A., & Andreu, J. &. (2014). *Herramienta Evalhid Para Evaluación De Recursos Hídricos*. España.
- Pedraza, R. V. (2023). *Modelación Hidrológica De La Cuenca De La Laguna De Singrinacocha, Distrito De Marcapata, Provincia De Quispicanchis, Departamento De Cusco*. Cusco.
- Quispe, A. (2014). *Generacion De Caudales Medios Mensuales En La Cuenca Del Rio Huancane Mediante Un Modelo Parametrico*.

Scholz, L. (1980). *Generación De Caudales Mensuales En La Sierra Peruana*. Cusco- Perú.

Teodoro, L. D. (2022). *Comparación De Caudales Medios Mensuales Aplicando El Método Lutz Scholz Y Una Estación Hidrométrica, En La Microcuenca Del Río Higuera, Huánuco 2017 - 2018*. Huanuco.

Vasquez, A. E. (2016). *Manejo Y Gestión De Cuencas Hidrográficas*. Lima.

Villodas, R. (2008). *Hidrología* . Facultad De Ingeniería Civil Unc.

Villón, B. M. (2016). *Hidrología Estadística*. Lima.

COMO CITAR ESTE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

Santamaria Rosas, D. D. (2024). *Generación de flujos de promedio mensuales a partir de datos climáticos en la subcuenca del río Monzón mediante el uso de modelos y métodos hidrológicos, Huánuco - 2024* [Tesis de pregrado, Universidad de Huánuco]. Repositorio institucional UDH. <http://>

ANEXOS

ANEXO 1

MATRIZ DE CONSISTENCIA

Tabla 21

Matriz de Consistencia

FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS
Problema General ¿Cómo se pueden calcular los flujos promedio mensuales utilizando información climática específica en la subcuenca del Río Monzón mediante el uso de modelos y métodos hidrológicos?	Objetivo General Calcular los flujos de promedio mensuales a partir de datos climáticos en la subcuenca del Río Monzón mediante el uso de modelos y métodos hidrológicos.	Hipótesis General H1: Si mediante el uso de modelos y métodos hidrológicos, se puede calcular los flujos de promedio mensuales a partir de datos climáticos en la subcuenca del Río Monzón.
Problemas Específicos ¿Cómo se pueden definir y determinar los aspectos geomorfológicos, tomando como punto de referencia el extremo de la subcuenca del río Monzón como emisor? ¿Cuáles son las fuentes identificadas para la información pluviométrica y cómo se procesa la información climatológica para calcular los caudales máximos en la subcuenca del río Monzón? ¿De qué manera se lleva a cabo la recopilación y procesamiento de la información cartográfica de la subcuenca del río Monzón?	Objetivos Específicos Definir y determinar los aspectos geomorfológicos, utilizando como punto de referencia el extremo de la subcuenca del río Monzón como emisor. Identificar las fuentes de información pluviométrica y procesar la información climatológica para el cálculo de caudales máximos en la subcuenca del río Monzón. Recopilar y procesar la información cartográfica de la subcuenca del río Monzón.	Hipótesis específicas La caracterización geomorfológica de la subcuenca del río Monzón permitirá identificar patrones significativos que influyen en la generación de caudales, lo que facilita la estimación precisa de los caudales máximos. El procesamiento adecuado de los datos pluviométricos y climatológicos disponibles será suficiente para calcular de manera precisa los caudales máximos de la subcuenca del río Monzón. La recopilación y análisis detallado de la información cartográfica de la subcuenca del río Monzón proporcionará una base sólida para la

modelación hidrológica y la identificación de zonas críticas de escurrimiento dentro de la cuenca.

ENFOQUE, ALCANCE Y DISEÑO	POBLACIÓN Y MUESTRA	VARIABLES GENERALES
Enfoque: Cuantitativo. Alcance o nivel: descriptivo. Diseño: No experimental.	Población: Todas las cuencas, subcuencas y microcuencas que carecían de datos pluviométricos y estaban situadas dentro de los límites geográficos de la provincia de Leoncio Prado. Muestra: Los datos recopilados de la población en la subcuenca del río Monzón, específicamente en el tramo del puente Monzón.	Variable dependiente Cálculo de flujos de promedio mensuales a partir de datos climáticos en la subcuenca del Río Monzón. Variable independiente Uso de modelos y métodos hidrológicos.

ANEXO 2

PLANO DE UBICACIÓN

Figura 29

Imagen Satelital



Tabla 22

Clasificación de alturas

Min	Max	Promedio	Áreas (Km²)	Área Acumulada	Área Sobre la Curva	Áreas en %	Área Sobre la Curva (%)
682	1052	867	310.09	310.09	2283.32	11.96	88.04
1052	1416	1234	380.17	690.26	1903.16	14.66	73.38
1416	1777	1596.5	367.20	1057.46	1535.95	14.16	59.23
1777	2146	1961.5	349.08	1406.55	1186.87	13.46	45.76
2146	2532	2339	316.22	1722.77	607.56	12.19	33.57
2532	2959	2745.5	263.09	1985.86	607.56	10.14	23.43
2959	3387	3173	226.25	2212.11	381.31	8.72	14.70
3387	3829	3608	252.31	2464.42	128.99	9.73	4.97
3829	4729	4279	128.99	2593.42	0.00	4.97	0.00

Tabla 23

Red hídrica

Hidrografía de la cuenca					
Orden	Cantidad	Longitud (Km)	Coincidencias (A)	Pendiente prom (B)	A * B
1	44	248.89	20229	17.80059	360088.135
2	11	104.75	8375	10.279183	86088.1576
3	3	85.25	6802	9.375612	63772.9128
4	1	42.56	3280	2.078554	6817.65712
Longitud Total		481.46	38686		516766.863

Tabla 24

Pendiente de la cuenca

PENDIENTE DE LA CUENCA				
Pendientes		Promedio (A)	Ocurrencia (B)	A * B
Min	Max			
0	10	5	16275516	81377580
10	20	15	308683	4630245
20	30	25	11709	292725
30	40	35	1487	52045
40	50	45	354	15930
50	60	55	131	7205
60	70	65	38	2470
70	80	75	13	975
80	90	85	3	255
90	100	95	4	380
Total			16597938	86379810
Pendiente promedio de la Cuenca			5.204249468	

Tabla 25

Registro de precipitaciones – Estación Tingo María

Máx. de 38	Etiquetas de columna												Total general
Etiquetas de fila	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
1940	78	44	80	91	48	80	88	32	79	64	78	91	91
1941	63	98	95	55	69	48	45	43.2	25	34	48	86.8	98

1942	69	63	79	81	67	29 .3	- 99 .9	45	22	55	73	50	81
1943	97	88 .2	57 .8	37 .2	59 .6	52 .3	- 99 .9	- 99 .9	21 .8	86. 2	46 .2	46 .8	97
1944	58.6	61 .4	68 .2	68 .8	15 .6	40 .8	52	22 .6	10 .8	56. 8	45 .8	- 99 .9	68.8
1945	84.8	80 .2	12 2. 6	80 .1	42 .1 9	40 .5 5	71 .1 1	74 .6 8	59 .5	12 8.0 1	61 .1 2	- 99 .9	128.01
1946	54.34	57 .3	66 .5	45	48 .8	34 .3 8	28 .4	52 .2 6	39 .4 5	35. 48	99 .9	- 69 .5 2	69.52
1947	38.2	84 .1	57 .4 5	42 .0 7	33 .8 5	53 .4	43 .9 5	58 .8	52 .5	60. 5	70 .4	- 99 .9	84.1
1948	70.2	10 5. 2	11 1. 8	90 .6	57 .9	58 .1	75 .5	14 .6	45 .6	88. 1	80	68 .9	111.8
1949	-99.9	73 .2	97 .3	55 .5	45 .5	54 .7	53 .1	38 .5	39 .6	87	28 .7	44	97.3
1950	73	80 .4	40 .7	75 .8	- 99 .9	- 99 .9	- 99 .9	- 99 .9	- 99 .9	- 99 .9	- 99 .9	- 99 .9	80.4
1951	70.5	73 .5	90	28	99 .9	99 .9	99 .9	99 .9	99 .9	99 .9	99 .9	99 .9	90
1952	-99.9	- 99 .9	- 99 .9	- 99 .9	- 99 .9	- 99 .9	- 99 .9	- 99 .9	- 99 .9	- 99 .9	- 99 .9	- 99 .9	-99.9
1953	-99.9	- 99 .9	- 99 .9	- 99 .9	- 99 .9	- 99 .9	- 99 .9	- 99 .9	- 99 .9	- 99 .9	- 99 .9	- 99 .9	-99.9
1954	-99.9	99 .9	99 .9	99 .9	79	20	27	25	36	40	10 3	36	103
1955	40	25	60	62	49 .5	24 .5	45 .5	25	22	42	73 .5	69	73.5
1956	83	12 3	73	50	58	34	28 .5	33	35	65. 6	73	35	123
1957	53.5	72 .5	70 .5	98	- 99 .9	25	20	37 .5	57 .5	13 6	40	89	136
1958	41	94	48	11 1	80	- 99 .9	49	27	45	36. 5	53	53	111
1959	65.5	66 .5	59	- 99 .9	68	30	31	47	32	69. 5	74	53	74
1960	73	88	93 .5	66	53	14 .5	23	- 99 .9	26	58	12 4	54	124
1961	47.5	54 .5	75 .5	11 8. 5	48	78	15 .5	32	62 .5	52	43	51	118.5
1962	68	63	64	82	14 5	12	25	61	40	50	48	52	145

1963	70	34	33	96	25	10	31	22 .5	0. 01	9	82	58	96
1964	31	66	36 .5	35	50	26	23	28	25	27	25	40	66
1965	80	30	16	57	85	35	35	25	20	35	44	50	85
1966	60	60	22	31	20	12	13	12	30	40	35	65	65
1967	50	63	70 .5	44	40	30	40	18	25 .8	44. 3	36 .6	61 .1	70.5
1968	60.2	90 .4	81 .5	57 .3	30	10 .1	40	28 .1	34 .7	85. 9	41 .8	41	90.4
1969	63.8	80 .8	71 .2	57 .2	57 .2	31 .8	69 .3	70	56 .1	67. 8	13 2. 5	45 .2	132.5
1970	101.4	37 .4	12 4. 1	10 7. 3	68 .5	46 .2	27 .9	48	46 .2	11 8.5	75 .5	54 .5	124.1
1971	41.9	84 .1	31 .9	32 .7	21 .1	15 .4	13 3	31 .5	72	65. 7	14 1	48 .4	141
1972	93.2	71 .2	76 .2	37 .5	22 .9	29 .5	35 .6	71 .6	39 .7	50. 3	10 2. 2	92 .6	102.2
1973	90.4	10 4. 8	85 .8	60 .1	68 .4	36	38	51 .6	39 .5	52. 8	12 1. 1	63 .5	121.1
1974	70.7	72 .5	52	84 .7	50	50	31 .6	51 .3	50 .2	68	84 .3	51 .6	84.7
1975	86.4	75 .5	63	50 .5	55	29 .4	27 .1	52 .8	51 .5	35. 2	58 .7	55	86.4
1976	53	56	51 .5	55	65	23	21 .3	18 .9	23 .1	12 8	83 .5	86	128
1977	110	51	80 .5	12 5. 7	33 .9	18	57 .5	29	61 .5	25. 4	80 .4	33 .3	125.7
1978	45.4	31 .6	49 .4	51 .5	61 .8	19 .5	61 .8	31	30	50	58	54	61.8
1979	27.8	52	74 .5	67 .6	52	27	44 .6	5	20 .8	54. 8	70 .8	75 .3	75.3
1980	68.9	81 .4	36	43	35	49 .9	30	29	36	45	58 .7	66 .5	81.4
1981	119.8	13 4	80	43 .7	48	62	15	14	76 .7	10 0	10 6	10 8	134
1982	99.7	73	94 .8	78	80	41	58 .8	15	63	42	58	81	99.7
1983	83	10 9	54	76	32	32	20	31	33	65	89	79 .7	109
1984	68	60	60	58	80	63	66	56	45	75	59 .8	21	80
1985	51	10 0	38	82	15	23	82	68	52	50	74	55 .5	100
1986	67.3	57 .8	62 .6	36 .8	50 .8	- .9	- .9	- .9	- .9	- 9	- .9	- .9	67.3
1987	64.5	47 .2	68 .1	85 .7	55	31 .4	36 .9	22 .5	23 .9	76. 5	85	61 .2	85.7
1988	79	56 .6	42 .2	89	53	20 .6	31 .8	3. 7	60 .8	66. 7	64	44	89
1989	58.4	94 .4	85	84 .8	18 .7	35	36 .8	52	43	58. 2	67	34	94.4

1990	76.7	67	41 .2	33	70	47 .2	60	36 .5	30 .2	60. 5	52 .5	86 .3	86.3
1991	98.4	21 .3	58 .4	67 .8	32 .4	33 .2	27 .9	16 .5	20 .5	42. 7	68 .8	72 .5	98.4
1992	49.6	79 .3	55 .2	90	77 .7	56 .8	20	58	56 .2	85	98 .3	98	98.3
1993	104	25	27 .5	62	43 .4	36 .3	48 .3	40 .5	55 .9	90. 5	80 .7	97 .4	104
1994	133	84 .8	46 .5	94 .3	71 .3	34 .3	67 .4	21 .9	58 .1	82. 3	45 .7	14 2	149.2
1995	82.3	98 .4	83 .7	36 .2	36 .3	45 .3	44 .2	16 .9	44 .5	75. 3	51 .3	70 .7	98.4
1996	68.7	75 .3	32 .2	76	63 .9	50	21	30	54 .5	53	78	44 .6	78
1997	55	39 .7	60 .4	51	50	33 .7	51 .3	23 .7	76 .2	33. 6	68	99 .8	99.8
1998	52.5	87	74 .5	63 .3	15 6	83	16 .4	27 .5	36 .9	97. 1	72 .2	54 .8	156
1999	57.1	78 .3	82 .6	66 .3	11 6. 5	52 .2	48	22 .3	22 .7	26. 1	71 .8	94	116.5
2000	88.5	64 .5	54 .6	24 .1	20 .9	60 .9	85 .6	20 .5	32 .8	53. 4	51 .7	65 .4	88.5
2001	95.9	45 .8	71 .8	38 .7	67 .7	28 .3	43 .3	7. 4	88 .3	35. 5	79	43 .9	95.9
2002	72.2	78 .8	12 3. 1	72 .7	64 .7	46 .9	40 .7	28 .9	61 .3	46	65 .2	60 .4	123.1
2003	33.8	10 6	51 .7	54 .6	14 9. 7	94 .6	23 .5	57 .1	58 .4	11 1.2	86	10 3. 3	149.7
2004	64.1	67 .8	80	50	38 .1	13 .8	79 .6	27 .5	33 .4	48. 5	68 .2	46 .1	80
2005	48.8	92 .6	94 .7	23 .3	37 .5	43 .7	37 .5	25 .7	54 .3	58. 7	66 .8	97 .5	97.5
2006	54.8	10 8	53	80 .5	41 .9	20 .5	42	30 .6	68 .1	68. 9	96	64 .5	108
2007	70.5	35	69 .8	51 .5	35 .8	4. 9	35 .5	29 .1	27 .8	48. 3	61 .8	60 .9	70.5
2008	69.5	88 .6	65 .5	31 .7	34 .9	26 .5	35	14 .5	24 .6	95. 8	28 .8	32 .9	95.8
2009	78.2	53	48 .5	55 .5	65 .6	27 .4	35 .5	34 .8	- 99 .9	34. 4	41 .8	56 .7	78.2
2010	46	64 .4	69 .9	30 .3	23 .7	26 .9	55 .7	22	45 .3	51. 4	68 .4	66 .3	69.9
2011	105	66 .3	85 .3	64	44	37 .6	21 .7	26	79 .6	47. 2	60 .5	38 .8	105
2012	58.9	51 .5	10 3. 7	52 .2	43	33 .7	9. 6	15 .8	28 .8	55. 1	48 .5	61 .6	103.7
2013	98	10 4. 5	65 .3	11 5	32 .4	59 .7	18 .8	37 .8	12 1	69. 2	44 .2	53	121
2014	44.7	42 .4	73 .2	43 .8	- 99 .9	- 99 .9	- 99 .9	- 99 .9	56 .5	14 8	65 .5	75 .9	148

2015	59.8	12	55	10	74	21	10	8.	63	36	122.5
		2.	.7	7.	.8	.8	1.	7	.1		
		5		7			2				
Total general	133	13	12	12	15	94	13	74	12	14	14
		4	4.	5.	6	.6	3	.6	1	8	1
			1	7				8			2
											156

Figura 30

Distribución Normal

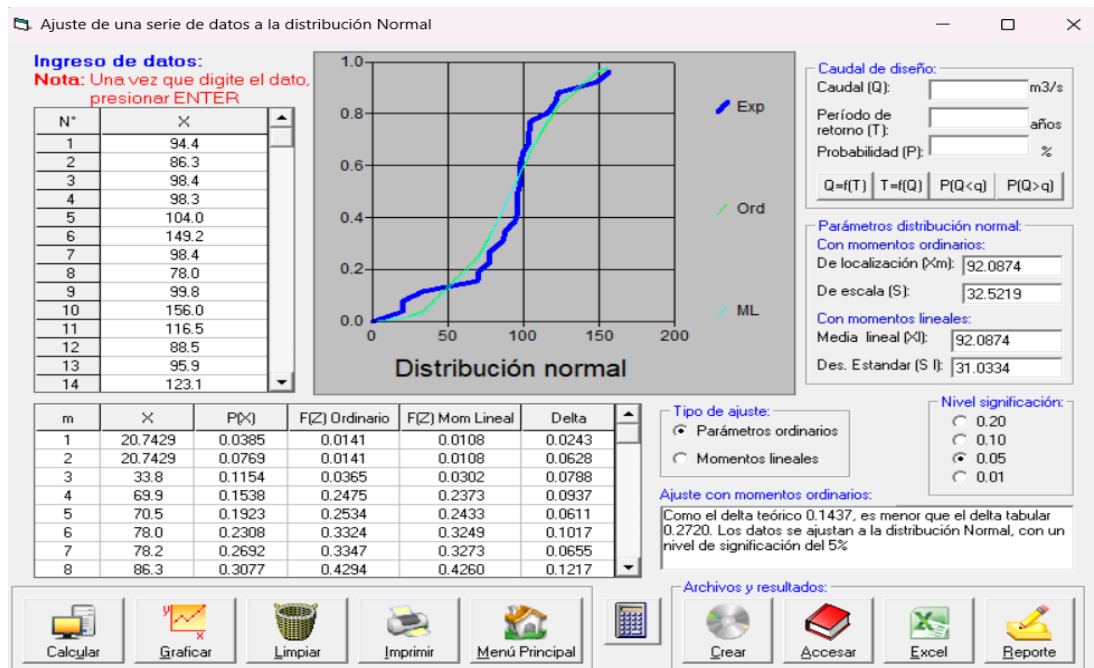


Figura 31

Distribución Log-Normal 2P

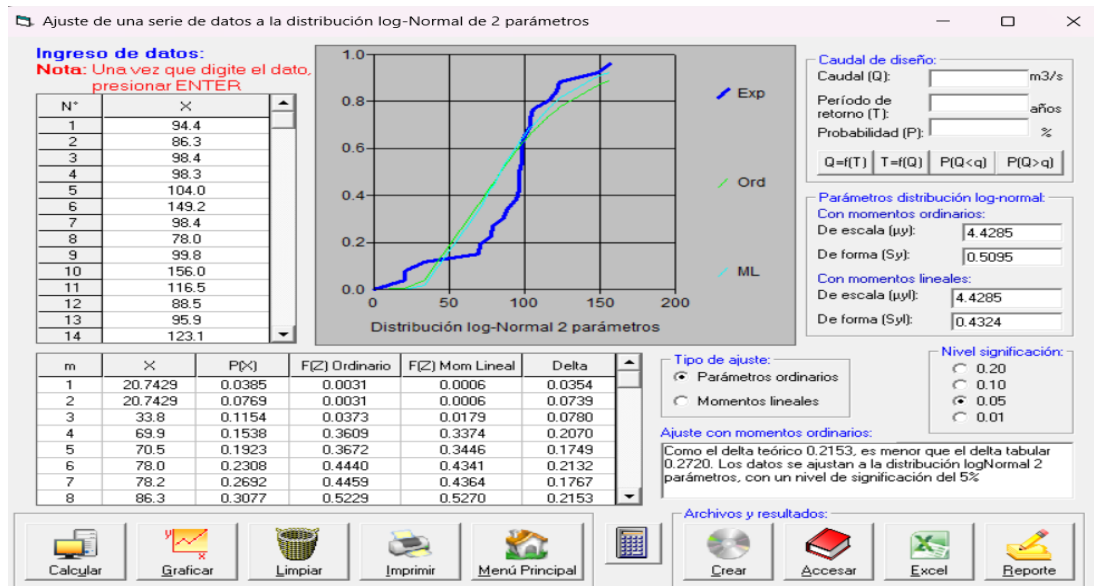


Figura 32

Distribución Gamma 2P

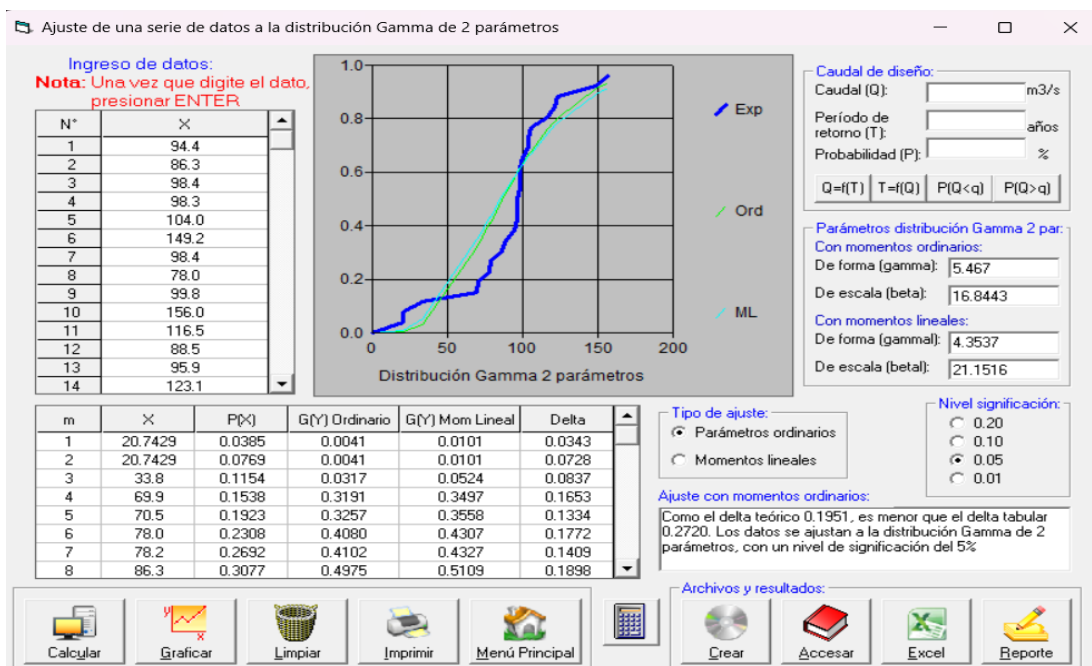


Figura 33

Distribución Gamma 3P

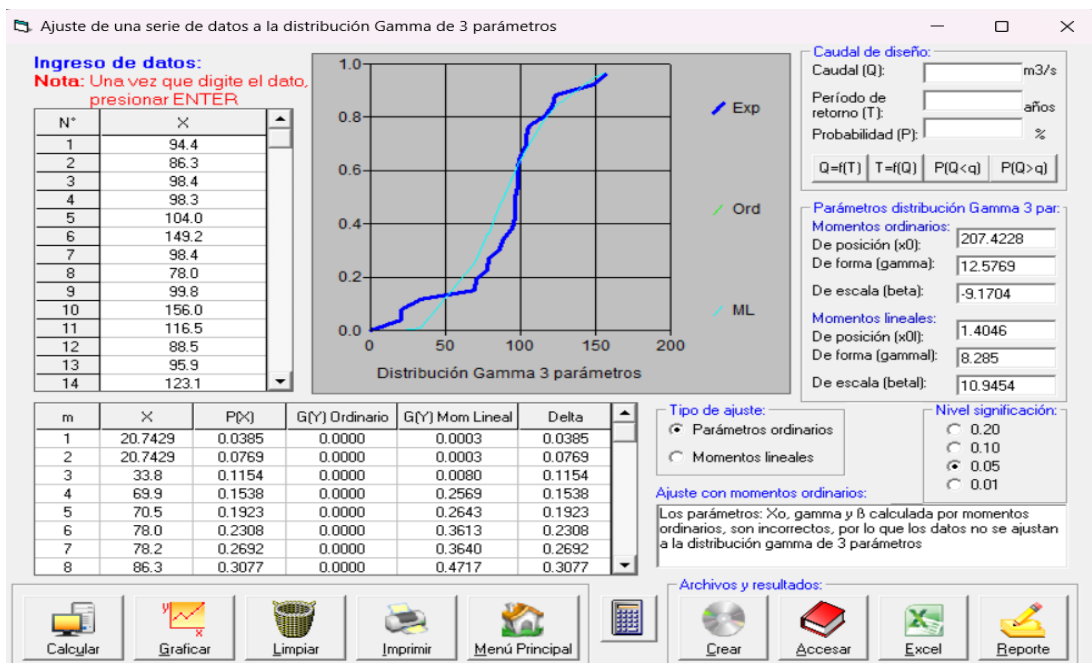


Figura 34

Distribución Log-Pearson T-III

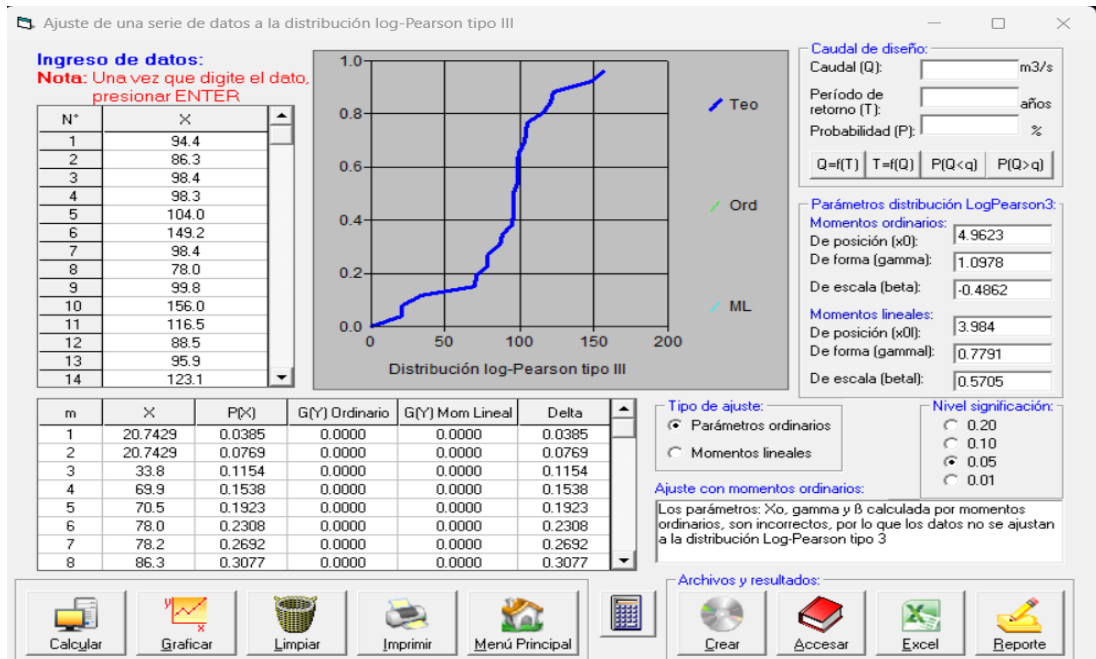


Figura 35

Distribución de Gumbel

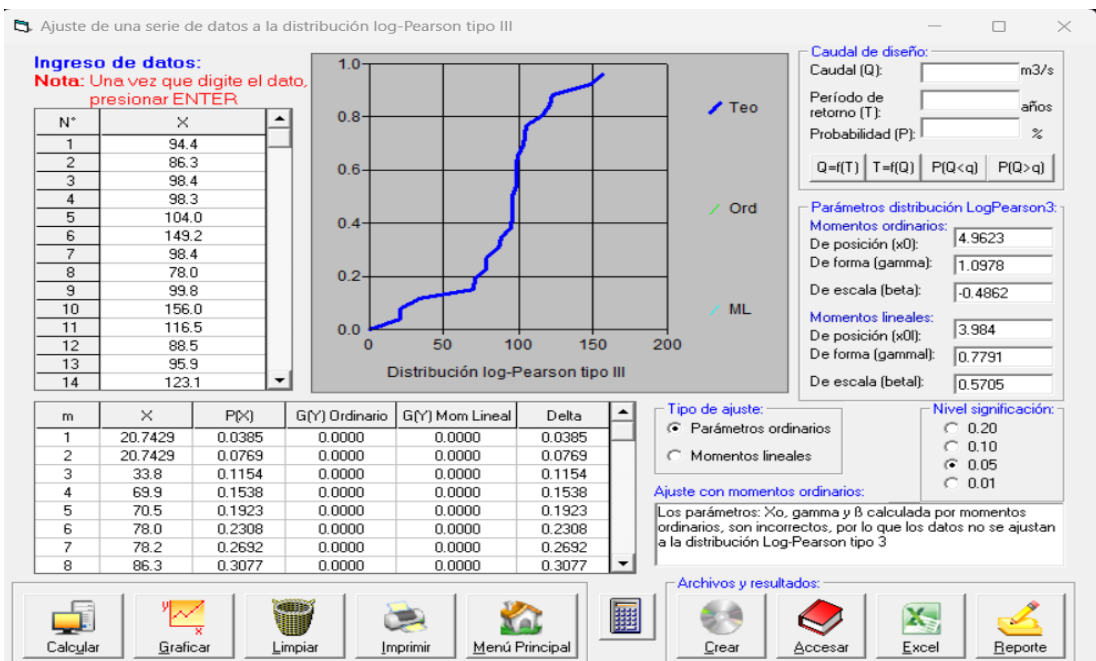


Figura 36

Distribución Log-Gumbel

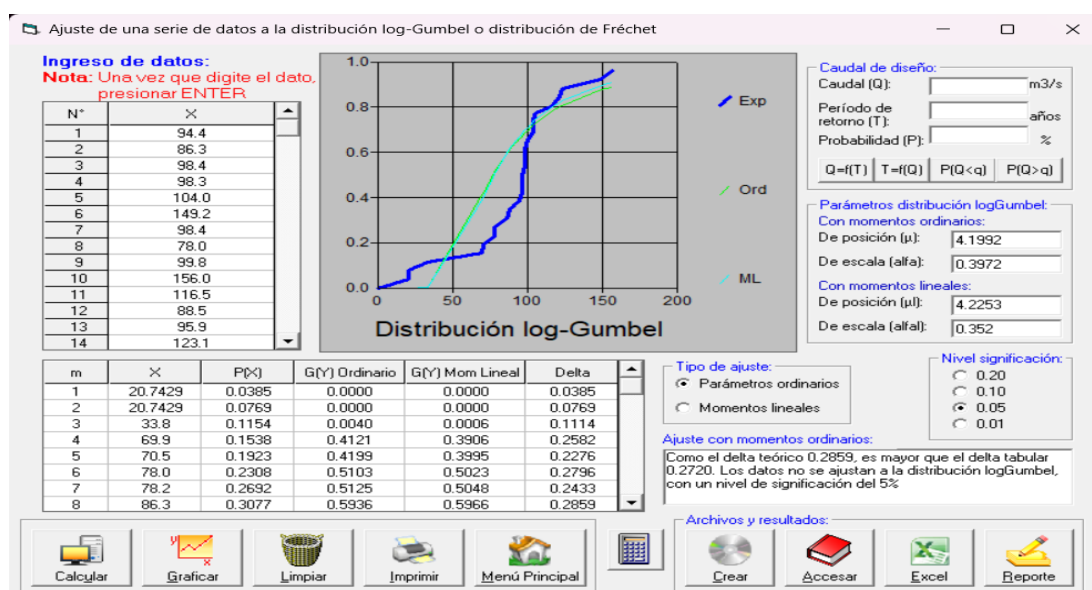


Tabla 26

Intensidades PR 10 años

MINUTOS	INTENSIDAD	PRECIPACUMULADA	CAMBIO	INTESIDAD PARCIAL	BLOQUE ALTERNNO	INTENSIDAD ALTERNA	LLUVIA ACUMULADA
20	86.981	28.994	28.994	86.981	1.953	5.858	1.953
40	56.652	37.768	8.774	26.322	2.115	6.346	4.068
60	44.084	44.084	6.317	18.950	2.319	6.957	6.387
80	36.898	49.197	5.113	15.338	2.583	7.750	8.970
100	32.141	53.568	4.371	13.112	2.945	8.834	11.915
120	28.713	57.425	3.858	11.573	3.478	10.433	15.393
140	26.101	60.903	3.478	10.433	4.371	13.112	19.763
160	24.032	64.085	3.182	9.547	6.317	18.950	26.080
180	22.343	67.030	2.945	8.834	28.994	86.981	55.074
200	20.934	69.778	2.749	8.246	8.774	26.322	63.848
220	19.735	72.362	2.583	7.750	5.113	15.338	68.960
240	18.701	74.804	2.442	7.325	3.858	11.573	72.818
260	17.798	77.123	2.319	6.957	3.182	9.547	76.000
280	17.000	79.334	2.211	6.633	2.749	8.246	78.749
300	16.290	81.449	2.115	6.346	2.442	7.325	81.191
320	15.652	83.479	2.030	6.090	2.211	6.633	83.402
340	15.076	85.432	1.953	5.858	2.030	6.090	85.432
360	14.552	87.315	1.883	5.649	1.883	5.649	87.315

Tabla 27

Intensidad PR 25 años

MINUTOS	INTENSIDAD	PRECIPACUMULADA	CAMBIO	INTENSIDAD PARCIAL	BLOQUE ALTERNOS	INTENSIDAD ALTERNAS	LLUVIA ACUMULADA
20	94.465	31.488	31.488	94.465	2.121	6.362	2.121
40	61.526	41.017	9.529	28.587	2.297	6.892	4.418
60	47.877	47.877	6.860	20.581	2.518	7.555	6.937
80	40.072	53.430	5.553	16.658	2.806	8.417	9.742
100	34.906	58.177	4.747	14.240	3.198	9.594	12.940
120	31.183	62.366	4.190	12.569	3.777	11.330	16.717
140	28.347	66.143	3.777	11.330	4.747	14.240	21.464
160	26.100	69.599	3.456	10.368	6.860	20.581	28.324
180	24.266	72.797	3.198	9.594	31.488	94.465	59.812
200	22.735	75.782	2.985	8.955	9.529	28.587	69.341
220	21.433	78.588	2.806	8.417	5.553	16.658	74.894
240	20.310	81.240	2.652	7.956	4.190	12.569	79.083
260	19.329	83.758	2.518	7.555	3.456	10.368	82.539
280	18.463	86.159	2.401	7.204	2.985	8.955	85.524
300	17.691	88.457	2.297	6.892	2.652	7.956	88.176
320	16.999	90.661	2.204	6.613	2.401	7.204	90.578
340	16.373	92.782	2.121	6.362	2.204	6.613	92.782
360	15.805	94.827	2.045	6.135	2.045	6.135	94.827

Tabla 28

Intensidades PR 50 años

MINUTOS	INTENSIDAD	PRECIPACUMULADA	CAMBIO	INTENSIDAD PARCIAL	BLOQUE ALTERNOS	INTENSIDAD ALTERNAS	LLUVIA ACUMULADA
20 min	100.55 mm	33.517	33.517	100.551	2.26	6.772	2.257
40 min	65.49 mm	43.660	10.143	30.429	2.45	7.336	4.703
60 min	50.96 mm	50.962	7.302	21.907	2.68	8.042	7.384
80 min	42.65 mm	56.872	5.910	17.731	2.99	8.959	10.370
100 min	37.15 mm	61.925	5.052	15.157	3.40	10.212	13.774
120 min	33.19 mm	66.384	4.460	13.379	4.02	12.060	17.794
140 min	30.17 mm	70.404	4.020	12.060	5.05	15.157	22.847
160 min	27.78 mm	74.083	3.679	11.036	7.30	21.907	30.149
180 min	25.83 mm	77.487	3.404	10.212	33.52	100.551	63.666

200 min	24.20 mm	80.665	3.177	9.532	10.14	30.429	73.809
220 min	22.81 mm	83.651	2.986	8.959	5.91	17.731	79.719
240 min	21.62 mm	86.474	2.823	8.468	4.46	13.379	84.179
260 min	20.57 mm	89.154	2.681	8.042	3.68	11.036	87.857
280 min	19.65 mm	91.710	2.556	7.668	3.18	9.532	91.035
300 min	18.83 mm	94.156	2.445	7.336	2.82	8.468	93.857
320 min	18.09 mm	96.502	2.347	7.040	2.56	7.668	96.413
340 min	17.43 mm	98.760	2.257	6.772	2.35	7.040	98.760
360 min	16.82 mm	100.937	2.177	6.530	2.18	6.530	100.937

Tabla 29

Intensidades PR 100 años

MINUTOS	INTENSIDAD	PRECIP ACUMULADA	CAMBIO	INTENSIDAD PARCIAL	BLOQUE ALTERNOS	INTENSIDAD ALTERNA	LLUVIA ACUMULADA
20	107.029	35.676	35.676	107.029	2.403	7.209	2.403
40	69.709	46.473	10.796	32.389	2.603	7.809	5.006
60	54.245	54.245	7.773	23.318	2.853	8.560	7.859
80	45.402	60.536	6.291	18.873	3.179	9.536	11.038
100	39.549	65.914	5.378	16.134	3.623	10.870	14.661
120	35.331	70.661	4.747	14.241	4.279	12.838	18.941
140	32.117	74.940	4.279	12.838	5.378	16.134	24.319
160	29.571	78.856	3.916	11.747	7.773	23.318	32.091
180	27.493	82.480	3.623	10.870	35.676	107.029	67.768
200	25.758	85.862	3.382	10.146	10.796	32.389	78.564
220	24.284	89.040	3.179	9.536	6.291	18.873	84.855
240	23.011	92.045	3.005	9.014	4.747	14.241	89.602
260	21.900	94.898	2.853	8.560	3.916	11.747	93.518
280	20.918	97.619	2.721	8.162	3.382	10.146	96.900
300	20.044	100.222	2.603	7.809	3.005	9.014	99.904
320	19.260	102.720	2.498	7.493	2.721	8.162	102.625
340	18.551	105.123	2.403	7.209	2.498	7.493	105.123
360	17.907	107.440	2.317	6.951	2.317	6.951	107.440