

UNIVERSIDAD DE HUANUCO
FACULTAD DE INGENIERIA
PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERIA CIVIL



TESIS

**“Análisis comparativo de los caudales medios mensuales
empleando el método Lutz Scholz y los datos obtenidos de una
estación hidrométrica, en la cuenca del río Chaupihuaranga,
Cochachinche - Huánuco”**

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERA CIVIL

AUTORA: Meza Campos, Noemí Mery

ASESORA: Arteaga Espinoza, Ingrid Delia Dignarda

HUÁNUCO – PERÚ

2025

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 Ingeniera Civil

Código del Programa: P07

Tipo de Financiamiento:

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

DATOS DEL AUTOR:

Documento Nacional de Identidad (DNI): 44663006

DATOS DEL ASESOR:

Documento Nacional de Identidad (DNI): 73645168

Grado/Título: Máster en dirección de proyectos

Código ORCID: 0009-0001-0745-5433

DATOS DE LOS JURADOS:

Nº	APELLIDOS Y NOMBRES	GRADO	DNI	Código ORCID
1	Narro Jara, Luis Fernando	Maestro en ingeniería con mención en gestión ambiental y desarrollo sostenible	18206328	0000-0003-4008-7633
2	Jara Trujillo, Alberto Carlos	Maestro en ingeniería, con mención en gestión ambiental y desarrollo sostenible	41891649	0000-0001-8392-1769
3	Aguilar Alcantara, Leonel Marlo	Maestro en ingeniería civil con mención en dirección de empresas de la construcción	43415813	0000-0002-0877-5922

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

En la ciudad de Huánuco, siendo las 18:00 horas del día martes 16 de diciembre de 2025, en cumplimiento de lo señalado en el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad de Huánuco, se reunieron los Jurados Calificadores integrado por los docentes:

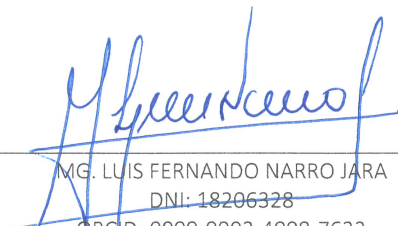
❖ MG. LUIS FERNANDO NARRO JARA	PRESIDENTE
❖ MG. ALBERTO CARLOS JARA TRUJILLO	SECRETARIO
❖ MG. LEONEL MARLO AGUILAR ALCANTARA	VOCAL

Nombrados mediante la RESOLUCIÓN No 2803-2025-D-FI-UDH para evaluar la Tesis intitulada: "ANÁLISIS COMPARATIVO DE LOS CAUDALES MEDIOS MENSUALES EMPLEANDO EL MÉTODO LUTZ SCHOLZ Y LOS DATOS OBTENIDOS DE UNA ESTACIÓN HIDROMÉTRICA, EN LA CUENCA DEL RÍO CHAUPHUARANGA, COCHACHINCHE – HUÁNUCO", presentado por el (la) Bachiller. Bach: Noemi Mery MEZA CAMPOS, 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 *15* y cualitativo de *Bueno* (Art. 47).

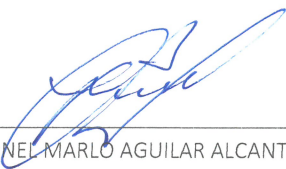
Siendo las *19:00* horas del día 16 del mes de diciembre del año 2025, los miembros del Jurado Calificador firman la presente Acta en señal de conformidad.



MG. LUIS FERNANDO NARRO JARA
DNI: 18206328
ORCID: 0000-0003-4008-7633
PRESIDENTE



MG. ALBERTO CARLOS JARA TRUJILLO
DNI: 41891649
ORCID: 0000-0001-8392-1769
SECRETARIO (A)



MG. LEONEL MARLO AGUILAR ALCANTARA
DNI: 43415813
ORCID: 0000-0002-0877-5922
VOCAL



UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO

CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD

El comité de integridad científica, realizó la revisión del trabajo de investigación del estudiante: NOEMÍ MERY MEZA CAMPOS , de la investigación titulada "ANÁLISIS COMPARATIVO DE LOS CAUDALES MEDIOS MENSUALES EMPLEANDO EL MÉTODO LUTZ SCHOLZ Y LOS DATOS OBTENIDOS DE UNA ESTACIÓN HIDROMÉTRICA, EN LA CUENCA DEL RÍO CHAUPIHUARANGA, COCHACHINCHE - HUÁNUCO", con asesor(a) INGRID DELIA DIGNARDA ARTEAGA ESPINOZA, designado(a) mediante documento: RESOLUCIÓN N° 2744-2024-D-FI-UDH del P. A. de INGENIERÍA CIVIL.

Puede constar que la misma tiene un índice de similitud del 11 % 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, 21 de noviembre de 2025



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



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

180. NOEMÍ MERY MEZA CAMPOS.docx

INFORME DE ORIGINALIDAD

11%

INDICE DE SIMILITUD

11%

FUENTES DE INTERNET

3%

PUBLICACIONES

3%

TRABAJOS DEL
ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1

repositorio.udh.edu.pe

Fuente de Internet

3%

2

hdl.handle.net

Fuente de Internet

2%

3

repositorioacademico.upc.edu.pe

Fuente de Internet

1%

4

tesis.unsm.edu.pe

Fuente de Internet

1%

5

Submitted to Universidad Nacional de San
Cristóbal de Huamanga

Trabajo del estudiante

<1%



RICHARD J. SOLIS TOLEDO

D.N.I.: 47074047

cod. ORCID: 0000-0002-7629-6421



MANUEL E. ALIAGA VIDURIZAGA

D.N.I.: 71345687

cod. ORCID: 0009-0004-1375-5004

DEDICATORIA

Dedico este trabajo de tesis con todo mi amor a las personas más importantes de mi vida.

A mi hijo Hugo Biel, mi mayor motivo y fuente de inspiración. Su existencia me impulsa a seguir adelante y dar siempre lo mejor de mí.

A mi esposo Luis, por su paciencia, amor, comprensión y por estar a mi lado en cada momento, brindándome apoyo incondicional.

Y a mis padres Hugo y Mery, por su ejemplo de esfuerzo, sus enseñanzas y por ser el soporte firme sobre el que he construido mis sueños.

Gracias por ser mi fuerza, mi refugio y mi motor.

AGRADECIMIENTO

Con el corazón lleno de gratitud, quiero agradecer a Dios, por acompañarme en cada paso, darme fuerzas cuando más lo necesité y por nunca soltar mi mano en este camino lleno de retos.

A mi familia, que es mi refugio y mi alegría. Gracias por su amor infinito, por sus palabras de aliento, por sus abrazos sinceros y por estar siempre ahí, aun en silencio, dándome todo su apoyo.

Este logro es tan mío, como de ustedes.

ÍNDICE

DEDICATORIA	II
AGRADECIMIENTO	III
ÍNDICE.....	IV
ÍNDICE DE TABLAS	VII
ÍNDICE DE FIGURAS	VIII
RESUMEN	IX
ABSTRACT	X
INTRODUCCIÓN	XI
CAPITULO I.....	13
PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	13
1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA.....	13
1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	14
1.2.1. PROBLEMA GENERAL	14
1.2.2. PROBLEMAS ESPECÍFICOS.....	15
1.3. OBJETIVOS	15
1.3.1. OBJETIVO GENERAL	15
1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	15
1.4. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN	16
1.4.1. JUSTIFICACIÓN TEÓRICA.....	16
1.4.2. JUSTIFICACIÓN PRÁCTICA.....	16
1.4.3. JUSTIFICACIÓN METODOLÓGICA.....	17
1.5. LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN	18
1.6. VIABILIDAD DE LA INVESTIGACIÓN.....	18
CAPITULO II.....	19
MARCO TEÓRICO	19
2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN	19
2.1.1. ANTECEDENTES INTERNACIONALES	19
2.1.2. ANTECEDENTES NACIONALES	20
2.1.3. ANTECEDENTES LOCALES	22
2.2. BASES TEÓRICAS	23
2.2.1. INTRODUCCIÓN A LA HIDROLOGÍA Y ANÁLISIS DE CAUDALES	23

2.2.2. MÉTODOS DE ESTIMACIÓN HIDROLÓGICA.....	29
2.2.3. EL MÉTODO LUTZ SCHOLZ	35
2.2.4. ESTACIONES HIDROMÉTRICAS Y MANEJO DE DATOS	42
2.2.5. FACTORES HIDROLÓGICOS QUE INFLUYEN EN LOS CAUDALES	45
2.3. DEFINICIONES CONCEPTUALES.....	50
2.4. HIPÓTESIS	52
2.4.1. HIPÓTESIS GENERAL.....	52
2.4.2. HIPÓTESIS ESPECÍFICAS	52
2.5. VARIABLES.....	52
2.5.1. VARIABLE DEPENDIENTE	52
2.5.2. VARIABLE INDEPENDIENTE	52
2.6. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES	53
CAPITULO III	54
METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN	54
3.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN	54
3.1.1. ENFOQUE	54
3.1.2. ALCANCE O NIVEL	54
3.1.3. DISEÑO	55
3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA.....	55
3.2.1. POBLACIÓN	55
3.2.2. MUESTRA	56
3.3. TÉCNICAS E INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS.....	56
3.3.1. PARA LA RECOLECCIÓN DE DATOS	56
3.3.2. PARA LA PRESENTACIÓN DE DATOS	57
3.3.3. PARA EL ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS DATOS	58
CAPITULO IV.....	59
RESULTADOS.....	59
4.1. PROCESAMIENTO DE DATOS.....	59
4.2. CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS Y PRUEBA DE HIPÓTESIS	83
CAPITULO V.....	87

DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	87
CONCLUSIONES	89
RECOMENDACIONES.....	90
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	91
ANEXOS.....	94

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Operacionalización de variables	53
Tabla 2 Modelo de instrumento a utilizar en el trabajo de investigación	57
Tabla 3 Resumen de características de la cuenca	64
Tabla 4 Coeficientes morfométricos de la cuenca	65
Tabla 5 Tipos de cobertura vegetal.....	67
Tabla 6 Estimación del número de curva.....	69
Tabla 7 Estaciones analizadas	71
Tabla 8 Registro de precipitaciones estación Pasco.....	71
Tabla 9 Valores de precipitación para la cuenca	73
Tabla 10 Registro de caudales interpolados para la cuenca	76
Tabla 11 Modelo de coeficientes para la ecuación de curvas Lut Scholz	77
Tabla 12 Coeficientes normalizados de abastecimiento para el Perú.....	78
Tabla 13 Primera iteración Lutz Scholz	78
Tabla 14 Corrección de factores de región	81
Tabla 15 Prueba T student	82
Tabla 16 Prueba T student	83
Tabla 17 Prueba T student	85
Tabla 18 Matriz de consistencia.....	97
Tabla 19 Registro de precipitación Estación Chavin.....	101
Tabla 20 Registro de precipitación Estación Huánuco.....	102
Tabla 21 Registro de precipitación Estación Oyón	104
Tabla 22 Registro de precipitación Estación Pasco	105
Tabla 23 Registro de precipitación Estación Picoy	107
Tabla 24 Resumen de registros de precipitación	108
Tabla 25 Resumen de precipitaciones acumuladas.....	109

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Etapas del ciclo hidrológico del agua.....	25
Figura 2 Caudales medios diarios de la estación y precipitación media diaria.....	27
Figura 3 Etapas del ciclo hidrológico del agua.....	36
Figura 4 Relación entre la precipitación (mm) y el caudal (mm/h). 21-07- 2007.....	37
Figura 5 Estaciones de medición hidrométrica	42
Figura 6 Análisis de la influencia de la variabilidad climática en la precipitación de la cuenca del rio Cali, Colombia.....	46
Figura 7 Delimitación de cuenca y modelo DEM	59
Figura 8 Área bajo la curva.....	60
Figura 9 Curva hipsométrica.....	61
Figura 10 Composición de pendientes de cuenca	61
Figura 11 Reclasificación de pendientes	62
Figura 12 Red hídrica	63
Figura 13 Cobertura vegetal de cuenca.....	66
Figura 14 Número de curva de cuenca.....	68
Figura 15 Estaciones meteorológicas cercanas a la cuenca	70
Figura 16 Análisis de consistencia de valores	74
Figura 17 Verificación de series de lluvias.....	75
Figura 18 Análisis doble masa.....	75
Figura 19 Valores de precipitación promedio mensual acumulado.....	77
Figura 20 Caudales medios método Lutz Scholz.....	79
Figura 21 Variación inicial con caudales observados	80
Figura 22 Validación de primera iteración.....	82
Figura 23 Verificación de series de lluvias.....	84
Figura 24 Validación de primera iteración.....	85
Figura 25 Zona de Visita técnica.....	100

RESUMEN

La presente investigación se desarrolló con el objetivo de realizar un análisis comparativo de los caudales medios mensuales, empleando el método Lutz Scholz y los datos obtenidos de una estación hidrométrica en la cuenca del río Chaupihuaranga, ubicada en la localidad de Cochachinche - Huánuco. La disponibilidad de datos hidrométricos confiables es una problemática recurrente en muchas cuencas del país, especialmente en zonas rurales donde el monitoreo continuo del recurso hídrico no se realiza de manera sistemática. En este contexto, surge la necesidad de aplicar métodos alternativos que permitan estimar caudales de manera precisa y confiable, incluso en ausencia de registros completos. El estudio consistió en la recopilación y procesamiento de datos históricos de caudal registrados por la estación hidrométrica de Cochachinche, asegurando su validez mediante un proceso riguroso de control de calidad. En paralelo, se aplicó el método estadístico propuesto por Lutz Scholz, el cual utiliza parámetros climáticos como la precipitación y la evapotranspiración para estimar los caudales medios mensuales. Posteriormente, los resultados obtenidos por ambos métodos fueron contrastados mediante indicadores estadísticos como el error medio absoluto (MAE) y el coeficiente de determinación (R^2), permitiendo evaluar la precisión, similitud y aplicabilidad del modelo empírico frente a los datos observados. Los resultados evidenciaron una alta correlación entre ambos métodos, especialmente en los meses de alta precipitación, lo que demuestra que el modelo de Lutz Scholz puede ser una herramienta eficaz para la estimación de caudales en contextos con información hidrológica limitada. Asimismo, se identificaron ciertas discrepancias durante los meses de estiaje, producto de las particularidades locales del régimen hidrológico. No obstante, se concluye que el método presenta un buen desempeño general y puede complementar los registros existentes, aportando al fortalecimiento de la gestión integrada del recurso hídrico en la cuenca.

Palabras clave: Caudales medios mensuales, método lutz scholz, estación hidrométrica, análisis estadístico, gestión hídrica.

ABSTRACT

This research was carried out with the aim of performing a comparative analysis of monthly average flows, using the Lutz Scholz method and data obtained from a hydrometric station located in the Chaupihuaranga River basin, in Cochachinche - Huánuco, Peru. The availability of reliable hydrometric data remains a critical issue in many basins across the country, particularly in rural areas where continuous water monitoring is not systematically conducted. In this context, there is a growing need to apply alternative methods that allow accurate and reliable flow estimation, even in the absence of complete data records. The study involved the collection and processing of historical flow data recorded at the Cochachinche hydrometric station, applying rigorous quality control to ensure its validity. In parallel, the empirical method proposed by Lutz Scholz was applied, which estimates monthly average flows based on climatic parameters such as precipitation and evapotranspiration. Subsequently, the results obtained by both methods were compared using statistical indicators such as the Mean Absolute Error (MAE) and the Coefficient of Determination (R^2), enabling an objective evaluation of the accuracy, similarity, and applicability of the empirical model. The findings revealed a high correlation between both methods, particularly during high rainfall months, demonstrating that the Lutz Scholz method is an effective tool for estimating flows in contexts with limited hydrological data. Some discrepancies were identified during dry periods, due to the local characteristics of the basin's hydrological regime. Nevertheless, the study concludes that the method performs well overall and can serve as a complementary tool to existing records, contributing to the strengthening of integrated water resource management in the region.

Keywords: Monthly average flows, lutz scholz method, hydrometric station, statistical analysis, water resources management.

INTRODUCCIÓN

La gestión eficiente de los recursos hídricos constituye uno de los principales desafíos en la planificación del desarrollo sostenible, especialmente en regiones con alta variabilidad climática y escasa infraestructura de monitoreo hidrológico. En este sentido, el análisis de los caudales medios mensuales adquiere una relevancia significativa, ya que proporciona información fundamental para la toma de decisiones en proyectos de abastecimiento, riego, energía y protección frente a fenómenos extremos como sequías e inundaciones.

En el Perú, muchas cuencas hidrográficas, especialmente aquellas ubicadas en zonas rurales o de difícil acceso, enfrentan una limitada disponibilidad de datos hidrométricos confiables y continuos. Tal es el caso de la cuenca del río Chaupihuaranga, ubicada en la localidad de Cochachinche, en la región Huánuco, donde a pesar de contar con una estación hidrométrica, los registros presentan lagunas temporales y posibles inconsistencias asociadas al mantenimiento de los equipos o a condiciones adversas del entorno. Esta situación limita la capacidad de los tomadores de decisiones para implementar estrategias de manejo hídrico basadas en evidencia.

Frente a este escenario, resulta necesario explorar y validar métodos alternativos de estimación de caudales, entre los cuales destaca el modelo empírico propuesto por Lutz Scholz. Este método ha sido aplicado con éxito en cuencas similares, al basarse en relaciones estadísticas entre variables climáticas y el comportamiento hidrológico del sistema. Su implementación permite generar estimaciones confiables de caudales medios mensuales, especialmente en lugares donde la información directa es escasa o deficiente.

En este marco, la presente investigación tiene como objetivo principal realizar un análisis comparativo entre los caudales medios mensuales estimados mediante el método Lutz Scholz y aquellos registrados por la estación hidrométrica de Cochachinche. A través de este análisis se busca determinar la precisión, confiabilidad y aplicabilidad del método como herramienta complementaria en la gestión de los recursos hídricos. Además,

se espera que los resultados contribuyan al fortalecimiento de la capacidad técnica de las autoridades locales, promuevan el uso de metodologías apropiadas y aporten al desarrollo sostenible de la región, garantizando una mejor toma de decisiones en el manejo del recurso agua.

CAPITULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

El análisis de caudales medios mensuales en cuencas hidrográficas es una problemática relevante a nivel internacional, nacional y local debido a la creciente necesidad de gestión eficiente de los recursos hídricos frente a los desafíos impuestos por el cambio climático, el crecimiento poblacional y la intensificación de actividades económicas. A nivel global, los estudios hidrológicos han revelado que la variabilidad climática y las actividades humanas, como la deforestación y la urbanización, han alterado significativamente los patrones de escurrimiento y disponibilidad de agua en muchas regiones del mundo. En este contexto, la modelación hidrológica y los métodos estadísticos como el propuesto por Lutz Scholz han sido ampliamente utilizados para estimar caudales en cuencas con datos incompletos o inconsistentes, destacándose como herramientas cruciales para abordar la incertidumbre en la planificación y gestión del recurso hídrico (Kundzewicz, 2008).

En el ámbito nacional, Perú enfrenta desafíos particulares en la gestión de sus recursos hídricos debido a su variabilidad geográfica y climática. Las cuencas hidrográficas de la vertiente del Pacífico, los Andes y la Amazonía presentan condiciones hidrológicas contrastantes, que requieren enfoques diferenciados para el monitoreo y análisis de los caudales. En muchas regiones, las estaciones hidrométricas son escasas o presentan datos incompletos, lo que dificulta la estimación precisa de los caudales y limita la capacidad para implementar estrategias de manejo sostenible. Según la Autoridad Nacional del Agua (ANA), el déficit en infraestructura hidrométrica en el país representa un obstáculo significativo para garantizar la seguridad hídrica, especialmente en zonas rurales y cuencas pequeñas donde la dependencia del agua es crítica para la agricultura y el consumo humano (ANA, 2019).

En el contexto de la cuenca del río Chaupihuaranga, localizada en la región Huánuco, la situación es aún más compleja. Esta cuenca, que abastece de agua a comunidades rurales como Cochachinche, enfrenta problemas de acceso limitado a datos hidrométricos confiables y a metodologías adecuadas para el análisis de caudales. Aunque existen estaciones hidrométricas instaladas en puntos estratégicos, los registros a menudo presentan lagunas temporales debido a fallos en los equipos o la falta de mantenimiento regular. Esto afecta directamente la capacidad de las autoridades locales y regionales para tomar decisiones informadas sobre el manejo del recurso hídrico, especialmente en un contexto donde la agricultura de subsistencia y las actividades extractivas dependen en gran medida de la disponibilidad de agua.

La problemática se agrava con los efectos del cambio climático, que han generado una variabilidad cada vez más pronunciada en los patrones de precipitación y escorrentía. En este sentido, la implementación de métodos estadísticos como el de Lutz Scholz podría contribuir significativamente al análisis y estimación de caudales medios mensuales, complementando y validando los datos obtenidos de las estaciones hidrométricas. Sin embargo, el uso de estas metodologías en contextos locales como Cochachinche sigue siendo limitado debido a la falta de estudios comparativos que evalúen su aplicabilidad y precisión frente a los datos observados. Este vacío en la investigación representa una oportunidad para desarrollar un enfoque metodológico robusto que pueda ser replicado en otras cuencas con características similares.

1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

1.2.1. PROBLEMA GENERAL

¿Cómo se pueden analizar las diferencias en los caudales medios mensuales empleando el método Lutz Scholz y los datos obtenidos de una estación hidrométrica, en la cuenca del río Chaupihuaranga, localidad de Cochachinche - Huánuco?

1.2.2. PROBLEMAS ESPECÍFICOS

¿Cómo se pueden recolectar y procesar los datos hidrométricos históricos de manera efectiva para garantizar su calidad y consistencia en el análisis de la cuenca del río Chaupihuaranga, localidad de Cochachinche, Huánuco?

¿Qué procedimientos se deben seguir al aplicar el método Lutz Scholz para estimar los caudales medios mensuales y obtener valores comparables con los datos provenientes de la estación hidrométrica de la cuenca del río Chaupihuaranga, localidad de Cochachinche - Huánuco?

¿Qué similitudes, diferencias y posibles fuentes de discrepancia surgen al comparar los caudales medios mensuales obtenidos mediante el método Lutz Scholz con los caudales registrados por la estación hidrométrica en la cuenca del río Chaupihuaranga, localidad de Cochachinche, Huánuco?

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. OBJETIVO GENERAL

Realizar un análisis comparativo de los caudales medios mensuales empleando el método Lutz Scholz y los datos obtenidos de una estación hidrométrica, en la cuenca del río Chaupihuaranga, localidad de Cochachinche - Huánuco.

1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Recolectar y procesar los datos hidrométricos históricos de la estación seleccionada, asegurando su calidad y consistencia para el análisis de la cuenca del río Chaupihuaranga, localidad de Cochachinche - Huánuco.

Aplicar el método Lutz Scholz para estimar los caudales medios

mensuales y obtener valores comparables con los datos provenientes de la estación hidrométrica de la cuenca del río Chaupihuaranga, localidad de Cochachinche - Huánuco.

Comparar los resultados obtenidos del método Lutz Scholz con los caudales registrados por la estación hidrométrica, identificando similitudes, diferencias y posibles fuentes de discrepancia de la cuenca del río Chaupihuaranga, localidad de Cochachinche - Huánuco.

1.4. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

1.4.1. JUSTIFICACIÓN TEÓRICA

La presente investigación permitirá establecer una base teórica y metodológica que sustente el análisis comparativo de los caudales medios mensuales obtenidos mediante el método Lutz Scholz y los registros históricos de la estación hidrométrica ubicada en la cuenca del río Chaupihuaranga, localidad de Cochachinche, Huánuco. A través de este estudio, se identificarán las discrepancias y similitudes entre ambas fuentes de información, lo que contribuirá a validar la aplicabilidad y precisión del método empírico Lutz Scholz en cuencas con características hidrológicas similares. El análisis futuro proporcionará criterios más sólidos para la gestión integrada de los recursos hídricos, optimización de métodos de estimación en ausencia de datos continuos y mejora en la planificación de actividades vinculadas a la disponibilidad hídrica. De este modo, el estudio fortalecerá la capacidad técnica para la toma de decisiones en contextos donde la información hidrométrica es limitada, garantizando un aporte significativo en el desarrollo sostenible y la seguridad hídrica de la región.

1.4.2. JUSTIFICACIÓN PRÁCTICA

La presente investigación permitirá, en un futuro, establecer un análisis comparativo preciso de los caudales medios mensuales en la cuenca del río Chaupihuaranga, empleando el método Lutz Scholz y los datos históricos de una estación hidrométrica ubicada en la localidad de

Cochachinche, Huánuco. Este estudio tendrá una aplicación práctica significativa, ya que facilitará la evaluación y validación de métodos indirectos frente a mediciones hidrométricas reales, optimizando así el proceso de estimación de caudales en zonas con limitaciones de información o infraestructura. Además, los resultados obtenidos servirán como herramienta técnica para instituciones públicas y privadas dedicadas a la gestión de recursos hídricos, al brindarles un enfoque más confiable y eficiente para la planificación de proyectos de riego, abastecimiento de agua potable, generación hidroeléctrica y prevención de riesgos por inundaciones. Asimismo, el uso de estos métodos comparativos contribuirá a fortalecer las estrategias de monitoreo hidrológico y la toma de decisiones en la administración sostenible del agua, promoviendo así un aprovechamiento adecuado de los recursos en beneficio de las comunidades locales y el medio ambiente.

1.4.3. JUSTIFICACIÓN METODOLÓGICA

La presente investigación se realizará con un enfoque cuantitativo y de tipo comparativo, utilizando como base metodológica el análisis de datos hidrológicos. Para ello, se aplicará el método empírico de Lutz Scholz, que permitirá estimar los caudales medios mensuales en la cuenca del río Chaupihuaranga, y estos valores se contrastarán con los datos históricos registrados en una estación hidrométrica de la localidad de Cochachinche, Huánuco. El procedimiento consistirá en la recopilación y organización de datos hidrométricos provenientes de fuentes oficiales, los cuales serán sometidos a procesos de análisis estadístico y verificación. Posteriormente, se realizará la aplicación del método Lutz Scholz, considerando las variables climáticas e hidrológicas necesarias para su implementación. Los resultados de ambos métodos serán comparados mediante indicadores estadísticos como el error medio absoluto (MAE) y el coeficiente de determinación (R^2), con el fin de evaluar la precisión y confiabilidad del método Lutz Scholz frente a los registros de la estación hidrométrica. Esta comparación permitirá validar la utilidad del método empírico como herramienta alternativa para

la estimación de caudales en zonas con información limitada, facilitando así la gestión eficiente de los recursos hídricos en la cuenca estudiada.

1.5. LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN

La presente investigación podría enfrentar limitaciones relacionadas con la disponibilidad y calidad de los datos hidrométricos históricos, ya que pueden existir registros incompletos o con inconsistencias en la estación de Cochachinche. Asimismo, la aplicación del método Lutz Scholz dependerá de la precisión de las variables climáticas requeridas, como precipitaciones y evaporación, cuya información podría ser limitada en la zona de estudio. Otra posible restricción será el acceso geográfico a la cuenca del río Chaupihuaranga, especialmente en condiciones climáticas adversas. Finalmente, la comparación de resultados estará condicionada a los supuestos del método y la variabilidad natural de los caudales.

1.6. VIABILIDAD DE LA INVESTIGACIÓN

La investigación será viable debido a la disponibilidad de datos hidrométricos históricos registrados en la estación de Cochachinche y al acceso a herramientas computacionales necesarias para el procesamiento y análisis de la información. Además, el método Lutz Scholz es de fácil aplicación y requiere variables hidrológicas y climáticas accesibles, lo que facilita su implementación. Se contará con el apoyo logístico para realizar visitas de campo en la cuenca del río Chaupihuaranga y se dispondrá del tiempo y recursos necesarios para ejecutar las actividades planificadas. Finalmente, el respaldo académico y técnico garantizará el desarrollo exitoso de la investigación.

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

2.1.1. ANTECEDENTES INTERNACIONALES

Calderón y Mendoza (2024) en su tesis con título: “Aplicación de modelación del ciclo hidrológico en la microcuenca hidrográfica Carrizal”, en Calceta - Ecuador, presentado a la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria De Manabí Manuel Félix López, tuvo como objetivo principal modelar el ciclo hidrológico en la microcuenca hidrográfica Carrizal para evaluar la disponibilidad hídrica y su impacto en actividades agrícolas y ecológicas. La metodología empleada incluyó la recopilación de datos climáticos históricos (precipitación, temperatura y humedad) y su integración en el modelo SWAT (Soil and Water Assessment Tool). Se realizó una calibración y validación del modelo utilizando series temporales de caudal, logrando un coeficiente de Nash-Sutcliffe de 0.78 y un coeficiente de determinación R^2 de 0.81, indicadores de alta precisión en la simulación. Los resultados mostraron que la microcuenca tiene un balance hídrico anual con una recarga promedio de 265 mm/año y un déficit en los meses secos, lo que afecta la sostenibilidad agrícola en un 45% del área cultivada. Se concluyó que la modelación hidrológica es una herramienta eficaz para la gestión del agua, destacando la necesidad de implementar estrategias de conservación y riego eficiente para optimizar los recursos disponibles, especialmente frente a la variabilidad climática en la región.

Ticona (2021) en su tesis con título: “Análisis comparativo de las metodologías para estimar el caudal ecológico en la bocatoma del brazo – cuenca del rio Camaná – Majes- Colca. Perú”, en Buenos Aires - Argentina, presentado a la Universidad Nacional De La Plata, tuvo como objetivo principal realizar un análisis comparativo de las metodologías utilizadas para estimar el caudal ecológico en la bocatoma del Brazo,

ubicada en la cuenca del río Camaná–Majes–Colca, Perú. Para ello, se emplearon métodos hidrológicos, hidráulicos y ecohidráulicos, considerando datos históricos de caudales entre 1990 y 2020. El estudio evaluó la efectividad de técnicas como Tennant, Q90 y simulaciones con software ecohidráulico, estableciendo un marco comparativo en función de criterios de sostenibilidad ecológica y eficiencia hídrica. Los resultados revelaron que el método Tennant estimó caudales mínimos del 30 % del flujo promedio anual (8.6 m³/s), mientras que el Q90 reportó valores menores, de aproximadamente 5.4 m³/s, lo que podría comprometer la biodiversidad acuática. Las simulaciones ecohidráulicas presentaron valores óptimos en un rango de 7.0 a 8.2 m³/s, balanceando mejor las demandas ecológicas y de uso humano. En conclusión, el enfoque ecohidráulico mostró ser el más adecuado para mantener el equilibrio entre la preservación ecológica y las necesidades antropogénicas, recomendándose su implementación en planes de manejo hídrico en la región.

2.1.2. ANTECEDENTES NACIONALES

Zorrilla (2023) en su tesis con título: “Validación de caudales medios mensuales usando la data grillada pisco para estimación de datos faltantes”, en Lima, presentado a la Universidad Ricardo Palma, tuvo como objetivo principal validar la precisión de los caudales medios mensuales estimados mediante la data grillada PISCO para completar series hidrológicas con datos faltantes en estaciones de la región de Lima. La metodología empleada consistió en un análisis comparativo entre los caudales observados en estaciones hidrométricas y los datos grillados de PISCO, utilizando indicadores estadísticos como el coeficiente de Nash-Sutcliffe (NSE), el coeficiente de determinación (R^2), y el error cuadrático medio (RMSE). Los resultados mostraron una alta correlación entre los datos observados y los estimados, con valores promedio de NSE de 0.85, R^2 de 0.87 y RMSE de 8.5 m³/s, destacando la precisión de la data PISCO en la estimación de datos faltantes. Las conclusiones señalaron que el uso de la data grillada PISCO es una

herramienta confiable para completar series hidrológicas, especialmente en zonas con datos limitados, contribuyendo significativamente a la gestión de recursos hídricos en cuencas peruanas. Además, se recomendó la integración de esta metodología en estudios hidrológicos y proyectos de planificación hídrica en regiones similares.

López (2023) en su tesis con título: “Aplicación del modelo hidrológico Lutz Scholz para el cálculo de caudales medios mensuales en la subcuenca del río Gera”, en Tarapoto, presentado a la Universidad Nacional de San Martín, tuvo como objetivo principal aplicar el modelo hidrológico Lutz Scholz para calcular los caudales medios mensuales en la subcuenca del río Gera, ubicada en Tarapoto. La metodología incluyó la recopilación y análisis de datos históricos de precipitación, temperatura y caudal en estaciones hidrometeorológicas de la zona, complementados con técnicas de modelación hidrológica para ajustar los parámetros del modelo. El estudio evaluó la precisión del modelo mediante indicadores estadísticos como el coeficiente de determinación ($R^2 = 0.87$) y el error medio absoluto ($EMA = 2.15 \text{ m}^3/\text{s}$), lo que demostró una alta concordancia entre los valores observados y simulados. Los resultados revelaron una distribución estacional de caudales influenciada principalmente por las precipitaciones de noviembre a abril, alcanzando un caudal máximo promedio de $35.8 \text{ m}^3/\text{s}$ en marzo y un mínimo de $12.6 \text{ m}^3/\text{s}$ en agosto. Se concluyó que el modelo es una herramienta eficaz para estimar los caudales medios mensuales, lo que puede contribuir significativamente a la planificación y gestión de los recursos hídricos en la región, considerando los retos asociados con el cambio climático y el aumento de la demanda hídrica.

Zárate (2020) en su tesis con título: “Modelamiento hidrológico de caudales medios mensuales en cuencas sin información hidrométrica aplicando el método Lutz Scholz y las redes neuronales artificiales, en la microcuenca Huajuri - Oropesa - Antabamba - Apurímac”, en Lima, presentado a la Universidad Peruana De Ciencias Aplicadas, El estudio tuvo como objetivo principal estimar los caudales medios mensuales en

cuencas sin datos hidrométricos, utilizando el método Lutz Scholz y modelos de redes neuronales artificiales para mejorar la precisión en la predicción hidrológica. La metodología incluyó la recopilación de datos climatológicos de estaciones cercanas, la selección de parámetros de entrada representativos y la calibración de los modelos propuestos mediante técnicas de aprendizaje supervisado. Los resultados mostraron que las redes neuronales artificiales lograron una correlación del 0.92 y un error cuadrático medio de 0.08 m³/s, superando la precisión del método Lutz Scholz, que obtuvo una correlación de 0.85 y un error de 0.12 m³/s. Se concluyó que las redes neuronales artificiales son herramientas efectivas y precisas para modelar caudales en cuencas sin información hidrométrica, contribuyendo a una mejor gestión de los recursos hídricos en zonas rurales con limitada infraestructura de monitoreo.

2.1.3. ANTECEDENTES LOCALES

Velasquez (2024) en su tesis con título: “Modelos hidrológicos para la determinación de caudales medios mensuales en la subcuenca del río Monzón, con fines de irrigación en la localidad de Camote, Huánuco 2024”, presentado a la Universidad De Huánuco, tuvo como objetivo principal desarrollar modelos hidrológicos para estimar caudales medios mensuales en la subcuenca del río Monzón, a fin de optimizar la disponibilidad de agua para riego en la localidad de Camote. Utilizando una metodología basada en la calibración y validación de los modelos HEC-HMS y SWAT, se emplearon datos hidroclimáticos históricos (precipitación, temperatura y caudales) entre los años 1990 y 2020. La evaluación del desempeño de los modelos se realizó mediante indicadores estadísticos como el coeficiente de Nash-Sutcliffe (NSE > 0.75) y el coeficiente de determinación ($R^2 > 0.80$), asegurando su fiabilidad para la estimación de caudales. Los resultados mostraron que el modelo SWAT ofreció mayor precisión, proyectando un caudal medio mensual de 5.2 m³/s durante los meses de mayor demanda hídrica. Las conclusiones destacaron que estos modelos hidrológicos son

herramientas efectivas para la planificación de recursos hídricos en áreas agrícolas, permitiendo una gestión más eficiente del agua de riego. Además, se recomendó la implementación de estas herramientas para evaluar escenarios futuros bajo cambios climáticos, garantizando así la sostenibilidad de los sistemas agrícolas locales.

Teodoro (2022) en su tesis con título: “Comparación de caudales medios mensuales aplicando el método Lutz Scholz y una estación hidrométrica, en la microcuenca del río Higuera, Huánuco 2017 - 2018”, presentado a la Universidad De Huánuco, tuvo como objetivo principal comparar los caudales medios mensuales estimados mediante el método Lutz Scholz y los obtenidos de una estación hidrométrica en la microcuenca del río Higuera, durante el periodo 2017-2018. La metodología consistió en recopilar datos hidrométricos de la estación "Higuera" y aplicar el método Lutz Scholz, que integra principios estadísticos y análisis probabilístico para estimar caudales. Se analizaron los datos utilizando herramientas como coeficientes de correlación y errores medios relativos (EMR) para evaluar la precisión del modelo frente a los registros hidrométricos. Los resultados mostraron una alta correlación de 0.91 entre ambos métodos, destacando que el método Lutz Scholz presentó ligeras desviaciones en periodos de estiaje con un EMR promedio del 6.8%. En conclusión, el método Lutz Scholz demostró ser una herramienta eficiente y complementaria para estimar caudales en microcuencas con datos limitados, especialmente en contextos donde las estaciones hidrométricas son escasas. Esto refuerza su aplicabilidad para la gestión sostenible de recursos hídricos en zonas con características similares a las del río Higuera.

2.2. BASES TEÓRICAS

2.2.1. INTRODUCCIÓN A LA HIDROLOGÍA Y ANÁLISIS DE CAUDALES

La hidrología es una ciencia que estudia el ciclo del agua, sus procesos, distribución y almacenamiento en la Tierra. Comprender estos

procesos resulta fundamental para el manejo sostenible de los recursos hídricos, especialmente en contextos donde las demandas por agua para uso doméstico, agrícola, energético e industrial son crecientes. El análisis de caudales, que consiste en evaluar la cantidad de agua que fluye por un río o corriente durante un periodo determinado, constituye una herramienta esencial dentro de la hidrología (Pizarro Castillo, 2019).

2.2.1.1. IMPORTANCIA DEL ESTUDIO HIDROLÓGICO EN LA GESTIÓN DE RECURSOS HÍDRICOS

El estudio hidrológico desempeña un rol crucial en la gestión de los recursos hídricos porque proporciona las bases científicas para la toma de decisiones orientadas a garantizar la disponibilidad y calidad del agua. A través de estos estudios, es posible diseñar estrategias para prevenir riesgos asociados con eventos extremos, como sequías e inundaciones, además de optimizar el uso del agua en diferentes sectores (Pizarro Castillo, 2019).

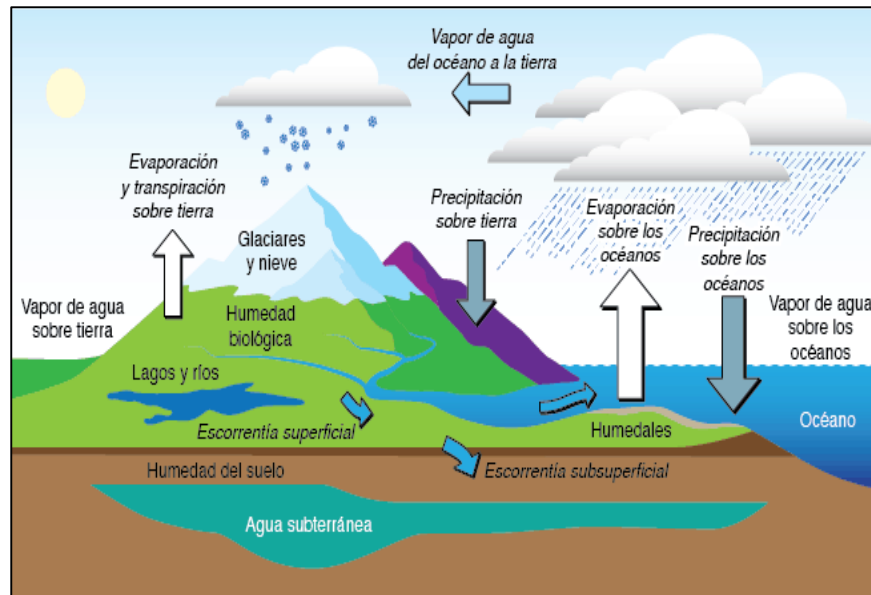
2.2.1.2. CONCEPTOS BÁSICOS SOBRE EL CICLO HIDROLÓGICO Y SU RELACIÓN CON LOS CAUDALES

- **Definición y Componentes del Ciclo Hidrológico**

El ciclo hidrológico es un sistema dinámico y cerrado que describe la circulación del agua entre la superficie terrestre, la atmósfera y los océanos. Sus principales componentes son (Egúsquiza Risco, 2019):

Figura 1

Etapas del ciclo hidrológico del agua



Fuente. (Egúsquiza Risco, 2019)

Evaporación y Transpiración: Proceso mediante el cual el agua pasa del estado líquido a gaseoso desde cuerpos de agua y vegetación.

Condensación: Formación de nubes a partir del vapor de agua al enfriarse en la atmósfera.

Precipitación: Retorno del agua a la superficie terrestre en forma de lluvia, nieve o granizo.

Infiltración: Movimiento del agua hacia el suelo, alimentando acuíferos subterráneos.

Escorrentía Superficial: Flujo de agua sobre la superficie del suelo hacia ríos y otros cuerpos de agua.

- **Relación entre el Ciclo Hidrológico y los Caudales**

Los caudales, definidos como la cantidad de agua que fluye a través de una sección de un río en un tiempo determinado, son un resultado directo del ciclo hidrológico. Esta relación se refleja en los siguientes aspectos (Egúsquiza Risco, 2019):

Precipitaciones: Determinan el volumen de agua disponible en una cuenca hidrográfica.

Escorrentía: Influye en la formación de caudales según las características del suelo y su capacidad de infiltración.

Aportes Subterráneos: El flujo base de los ríos depende del almacenamiento y descarga de aguas subterráneas.

- **Factores que Afectan los Caudales en el Ciclo Hidrológico**

Condiciones Climáticas: La intensidad, duración y frecuencia de las lluvias impactan directamente en la magnitud de los caudales.

Geomorfología de la Cuenca: El relieve, el tipo de suelo y la cobertura vegetal modulan la escorrentía y la infiltración.

Intervenciones Antrópicas: Obras hidráulicas, cambios en el uso del suelo y la deforestación alteran el equilibrio natural del ciclo hidrológico y, por ende, los caudales.

- **Importancia del Estudio del Ciclo Hidrológico en la Gestión de Caudales**

Entender el ciclo hidrológico y su relación con los caudales permite optimizar la gestión hídrica, garantizar la disponibilidad de agua para distintos usos, y mitigar riesgos asociados con fenómenos extremos como inundaciones y sequías. En este contexto, los modelos hidrológicos y los datos hidrométricos son herramientas clave para predecir y planificar el uso de recursos hídricos (Egúsquiza Risco, 2019) .

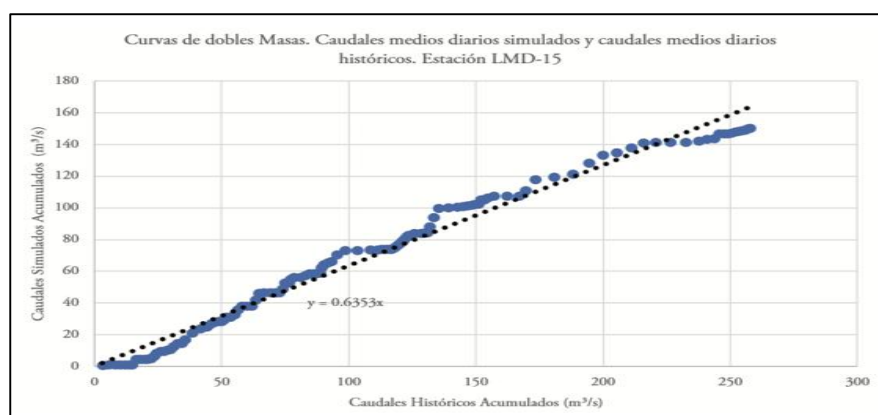
2.2.1.3. APLICACIONES DEL ANÁLISIS DE CAUDALES MEDIOS MENSUALES EN LA PLANIFICACIÓN HÍDRICA

El análisis de caudales medios mensuales es una herramienta

crucial para el diseño, construcción y operación de obras hidráulicas. Este análisis facilita una planificación técnica basada en datos consistentes, garantizando la eficiencia de los proyectos y la sostenibilidad de los recursos hídricos (Egúsquiza Risco, 2019).

Figura 2

Caudales medios diarios de la estación y precipitación media diaria



Fuente. (Egúsquiza Risco, 2019).

- **Diseño de Infraestructura Hidráulica**

El cálculo de los caudales medios mensuales permite dimensionar obras como presas, canales de riego, alcantarillas y embalses, asegurando que estas estructuras cumplan con las demandas de agua requeridas en diferentes épocas del año (Egúsquiza Risco, 2019).

- **Planificación de Sistemas de Drenaje Urbano y Vial**

En proyectos de ingeniería urbana y vial, este análisis ayuda a diseñar sistemas de drenaje eficientes que controlen los caudales generados por precipitaciones, minimizando riesgos de inundación en áreas urbanas y protegiendo la infraestructura vial (Egúsquiza Risco, 2019).

- **Evaluación de Disponibilidad de Recursos Hídricos**

El análisis de caudales medios mensuales es clave para

estimar la disponibilidad hídrica en una cuenca, lo que permite identificar la viabilidad de proyectos de abastecimiento de agua para poblaciones, industrias y otras actividades vinculadas a la ingeniería civil (Egúsquiza Risco, 2019).

- **Gestión de Obras Hidroeléctricas**

En proyectos hidroeléctricos, los datos de caudales mensuales son esenciales para calcular la capacidad de generación de energía, optimizando la operación de las plantas y garantizando su eficiencia en base al régimen hidrológico (Egúsquiza Risco, 2019).

- **Diseño de Defensas Ribereñas**

El conocimiento de los caudales promedio mensuales permite proyectar estructuras de control como espigones y muros de contención, diseñados para manejar el flujo de agua y proteger las áreas colindantes ante variaciones estacionales (Egúsquiza Risco, 2019).

- **Planificación de Proyectos de Transporte Fluvial**

En regiones con actividad fluvial, este análisis ayuda a determinar las condiciones de navegabilidad y diseñar infraestructura de transporte, como puertos y canales, con base en los caudales disponibles en distintos períodos del año (Egúsquiza Risco, 2019).

- **Mitigación de Impactos en Obras Civiles**

La evaluación de caudales medios mensuales es fundamental para anticipar y mitigar posibles impactos hidrológicos sobre proyectos de infraestructura, como asentamientos diferenciales o erosión de bases estructurales (Egúsquiza Risco, 2019).

2.2.2. MÉTODOS DE ESTIMACIÓN HIDROLÓGICA

2.2.2.1. CLASIFICACIÓN DE MÉTODOS DE ESTIMACIÓN DE CAUDALES: DIRECTOS E INDIRECTOS

Los métodos de estimación de caudales son herramientas esenciales en la hidrología para calcular el caudal de un río o arroyo en función de diversas variables, ya sea en ausencia de mediciones directas o complementando los datos disponibles. Estos métodos se clasifican en dos grandes categorías: directos e indirectos (Vásquez G., 2020).

- **Métodos Directos**

Los métodos directos de estimación de caudales se basan en la medición directa del flujo de agua en el lugar de interés. Este tipo de método requiere de la instalación de estaciones hidrométricas en los cuerpos de agua donde se mide el caudal mediante equipos como aforadores, flujómetros o medidores de nivel de agua (conversión a caudal a través de curvas de calibración). Estos datos se obtienen en tiempo real o a lo largo de un período para determinar el caudal en distintas condiciones (Vásquez G., 2020).

Los métodos directos implican la medición física del caudal en el campo utilizando equipos específicos. Estos métodos son adecuados para obtener datos precisos en puntos específicos de un cuerpo de agua. Algunos ejemplos son:

Medición con molinetes hidráulicos: Consiste en calcular la velocidad del flujo en secciones transversales del río o canal, multiplicándola por el área transversal del flujo (Vásquez G., 2020).

Se utiliza la fórmula de continuidad:

$$Q = V \cdot A$$

Donde:

Q: Caudal (m³/s)

V: Velocidad promedio del flujo (m/s)

A: Área transversal del flujo (m²)

Para un vertedero triangular, la ecuación es:

$$Q=K \cdot H^{2.5}$$

Donde:

Q: Caudal (m³/s)

K: Coeficiente de calibración (depende del tipo de vertedero)

H: Altura del agua sobre la cresta (m)

Para un vertedero rectangular:

$$Q=C \cdot L \cdot H^{1.5}$$

Donde:

L: Longitud de la cresta (m)

C: Coeficiente de descarga

Aforos volumétricos:

$$Q=\frac{V}{t}$$

Donde:

V: Volumen medido (m³)

t: Tiempo (s)

Medición con vertederos y aforadores: Uso de estructuras calibradas como vertederos triangulares, rectangulares o tipo Thompson, para medir el caudal mediante la altura del agua sobre la cresta.

Uso de dispositivos electromagnéticos o ultrasónicos: Equipos avanzados que emplean ondas electromagnéticas o acústicas para determinar velocidades y calcular el caudal.

Aforos volumétricos: Método manual, generalmente en pequeños cauces, donde se mide el tiempo necesario para llenar un volumen conocido (Vásquez G., 2020).

- **Métodos Indirectos**

Por otro lado, los métodos indirectos se emplean cuando no se dispone de mediciones directas de caudal. En estos casos, se

utilizan modelos matemáticos, fórmulas empíricas o series de datos históricos para estimar el caudal a partir de parámetros relacionados, como las precipitaciones, las características del terreno, el uso del suelo y otros factores climáticos.

a) Empíricos

Se basan en ecuaciones obtenidas a partir de datos experimentales o históricos específicos de una región.

Fórmula racional:

$$Q=C \cdot i \cdot A$$

Donde:

Q: Caudal (m³/s)

C: Coeficiente de escorrentía (adimensional)

i: Intensidad de precipitación (m/s)

A: Área de la cuenca (m² o km²)

Fórmulas de escorrentía: Como la fórmula racional

$Q=CiA$, que utiliza el coeficiente de escorrentía (C), la intensidad de precipitación (i), y el área de la cuenca (A).

Curvas de gasto: Relaciones empíricas entre el nivel del agua y el caudal, calibradas previamente en el mismo punto de aforo.

b) Modelos matemáticos

Aplican ecuaciones hidráulicas o hidrológicas para estimar el caudal.

Método de Manning: Utiliza la rugosidad del canal, la pendiente hidráulica y el área transversal del flujo para calcular el caudal.

Ecuación de Manning:

$$Q = \frac{1}{n} \cdot A \cdot R_h^{2/3} \cdot S^{1/2}$$

Donde:

n: Coeficiente de rugosidad de Manning

A: Área transversal del flujo (m²)

R: Radio hidráulico, $R_h = \frac{A}{P}$ (m)

P: Perímetro mojado (m)

S: Pendiente del canal (adimensional)

Ecuaciones de continuidad y energía: Basadas en principios fundamentales de la hidráulica.

Los métodos indirectos se dividen generalmente en tres subcategorías (Vásquez G., 2020):

Métodos basados en precipitaciones: Estiman el caudal a partir de datos de lluvia y su relación con la escorrentía en la cuenca. El método más común es el uso de modelos como el de Rational, el Hidrograma unitario, o el modelo SCS (Soil Conservation Service) (Vásquez G., 2020).

Métodos de balance hídrico: Utilizan el principio de conservación de masa para estimar el caudal, considerando las entradas y salidas de agua en la cuenca.

Métodos de modelado hidrológico: Se emplean herramientas computacionales avanzadas para simular el comportamiento del ciclo hidrológico de una cuenca, como el HEC-HMS o el SWAT.

Los métodos indirectos permiten realizar estimaciones en lugares donde no se tienen estaciones hidrométricas, pero su precisión depende en gran medida de la calidad y la cantidad de los datos de entrada, así como de la elección adecuada del modelo (Vásquez G., 2020).

2.2.2.2. MÉTODOS EMPÍRICOS Y DETERMINÍSTICOS EN HIDROLOGÍA

En hidrología, los métodos empíricos y determinísticos son herramientas clave utilizadas para estimar los caudales y otros parámetros hidrológicos. Ambos enfoques tienen diferencias fundamentales en su base de cálculo y aplicaciones (Ríos Flores, 2017).

- **Métodos Empíricos**

Los métodos empíricos se basan en la experiencia práctica y en datos históricos para establecer relaciones entre variables hidrológicas. Estos métodos no dependen de una descripción física detallada del sistema hidrológico, sino que se apoyan en correlaciones y fórmulas que han sido verificadas a través de observaciones previas (Ríos Flores, 2017).

- **Métodos Determinísticos**

Los métodos determinísticos, en cambio, se basan en una representación física detallada del sistema hidrológico, utilizando ecuaciones matemáticas que modelan el comportamiento del agua en una cuenca. Estos métodos consideran los procesos que ocurren en el ciclo hidrológico, como la evaporación, la escorrentía y la infiltración, y utilizan principios de la física para describir cómo el agua interactúa con el entorno (Ríos Flores, 2017).

2.2.2.3. FACTORES QUE AFECTAN LA ELECCIÓN DEL MÉTODO PARA ANÁLISIS HIDROLÓGICOS

La elección del método adecuado para un análisis hidrológico depende de varios factores que afectan tanto la precisión de los resultados como la viabilidad técnica y económica del estudio. Estos factores incluyen:

- **Características Físicas y Geográficas de la Cuenca**

Las características de la cuenca, como su tamaño, relieve, tipo de suelo y cobertura vegetal, son fundamentales en la elección del método. En cuencas grandes o con topografía compleja, es necesario emplear métodos detallados que puedan modelar la distribución espacial de los caudales, como los modelos hidrológicos distribuidos. En contrastes, para cuencas pequeñas o de terreno relativamente plano, los métodos simplificados o empíricos suelen ser suficientes para obtener estimaciones aproximadas (Rodríguez, 2020).

- **Disponibilidad y Calidad de los Datos**

La disponibilidad de datos hidrológicos, como precipitación, caudales históricos y características del suelo, influye directamente en la elección del método. Si se cuenta con datos completos y detallados, se pueden utilizar métodos avanzados como modelos numéricos de simulación. Sin embargo, en áreas con escasez de datos, los métodos empíricos o aquellos que requieren menos información pueden ser más adecuados (Rodríguez, 2020).

- **Objetivo del Estudio**

El propósito del análisis también es determinante. Si el estudio tiene como objetivo la predicción de caudales a gran escala para la planificación general de la cuenca, se utilizarán métodos que permitan una visión global y de largo plazo, como los modelos de balance hídrico. En cambio, si el objetivo es analizar eventos hidrológicos específicos, como inundaciones o sequías, se requerirán modelos que simulen estos fenómenos de forma más precisa, como los modelos hidrodinámicos (Rodríguez, 2020).

- **Complejidad del Método y Requerimientos Computacionales**

Los métodos más complejos, que requieren simulaciones detalladas y grandes volúmenes de datos, pueden implicar altos costos y un mayor esfuerzo computacional. Por lo tanto, la disponibilidad de recursos, como el tiempo y las herramientas computacionales, puede hacer que un método más sencillo y rápido sea la opción preferida, especialmente en proyectos con limitaciones de presupuesto (Rodríguez, 2020).

- **Condiciones Climáticas y de Uso del Suelo**

Las condiciones climáticas y el uso del suelo afectan directamente la respuesta hidrológica de una cuenca. En áreas donde el uso del suelo ha cambiado significativamente (por ejemplo, en zonas urbanizadas o deforestadas), es necesario utilizar métodos que integren estos factores para evaluar adecuadamente el impacto en los caudales y las precipitaciones. Métodos que consideren la variabilidad climática y los cambios en el uso del suelo proporcionan una mejor aproximación a los flujos de agua (Rodríguez, 2020).

- **Escala Temporal y Espacial del Análisis**

La escala temporal (diaria, mensual, anual) y espacial (local, regional, nacional) también influye en la selección del método. Si el análisis requiere resultados a escala horaria o de alta resolución espacial, se necesitarán modelos de simulación de alta capacidad, como los modelos distribuidos. Si la escala temporal es mayor y se buscan promedios mensuales o anuales, se puede recurrir a métodos más simples y rápidos (Rodríguez, 2020).

2.2.3. EL MÉTODO LUTZ SCHOLZ

El Método Lutz Scholz es un enfoque matemático utilizado para la

estimación de los caudales en cuencas hidrográficas, particularmente útil cuando se dispone de datos limitados o la información disponible no cubre todas las variables necesarias para realizar un análisis hidrológico detallado. Este método se basa en principios de balances hídricos simplificados y en la relación empírica entre la precipitación y el caudal en determinadas condiciones (Pérez, 2017).

Figura 3

Etapas del ciclo hidrológico del agua



Fuente. (Pérez, 2017)

2.2.3.1. PRINCIPIOS BÁSICOS DEL MÉTODO LUTZ SCHOLZ

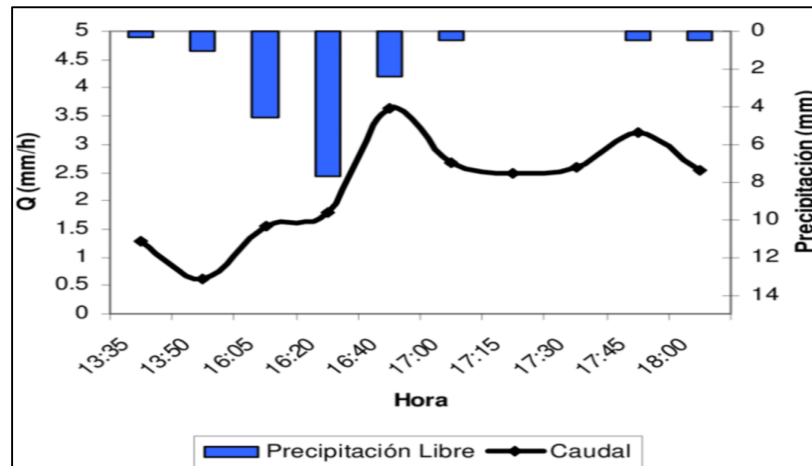
El Método Lutz Scholz se fundamenta en la estimación de los caudales a partir de la precipitación, mediante una fórmula empírica que establece una relación entre estos dos factores. Los principios básicos del método incluyen:

- **Relación Precipitación-Caudal:**

El método Lutz Scholz se basa en la premisa de que la precipitación total que cae sobre una cuenca tiene una correlación directa con el caudal que se registra en el río de esa cuenca. Esto implica que, si se conoce la precipitación media en la cuenca y ciertas características del drenaje, se puede estimar el caudal correspondiente (Pérez, 2017).

Figura 4

Relación entre la precipitación (mm) y el caudal (mm/h). 21-07-2007



Fuente. (Pérez, 2017)

- **Factor de Escorrentía:**

Este método considera que una fracción de la precipitación total se convierte en escorrentía superficial. Este factor se determina empíricamente a partir de estudios previos y depende de factores como el uso del suelo, la cobertura vegetal, el tipo de suelo y el grado de urbanización de la cuenca (Pérez, 2017).

- **Uso de Curvas de Respuesta Hidrológica:**

El método también hace uso de curvas empíricas que relacionan la precipitación acumulada en un periodo específico con el caudal resultante en una estación hidrométrica ubicada en la cuenca de interés. Estas curvas de respuesta se obtienen a través de estudios previos y son cruciales para la correcta aplicación del método (Pérez, 2017).

- **Simplificación del Modelo:**

A diferencia de otros métodos hidrológicos más complejos que requieren un modelo detallado de la cuenca, el método Lutz Scholz utiliza fórmulas relativamente simples, lo que lo hace útil cuando los datos disponibles son limitados. Esto lo convierte en una herramienta práctica para estudios preliminares o en áreas

donde el tiempo o los recursos para el análisis son limitados (Pérez, 2017).

- **Estabilidad en el Uso a lo Largo del Tiempo:**

Uno de los principios fundamentales del método es que, si se encuentra una buena correlación entre los datos de precipitación y caudal, este patrón tiende a mantenerse estable a lo largo de los años, lo que facilita su uso para estimaciones a largo plazo (Pérez, 2017).

2.2.3.2. FUNDAMENTO MATEMÁTICO Y CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES

El análisis hidrológico es un campo que emplea herramientas matemáticas para describir, modelar y predecir los flujos de agua en una cuenca hidrográfica, tomando en cuenta diferentes variables como precipitaciones, temperatura, uso del suelo, y las características físicas del terreno. A continuación, se describen los fundamentos matemáticos y las características principales de los métodos más utilizados para realizar análisis hidrológicos (Pérez E. , 2020).

- **Fundamento Matemático del Análisis Hidrológico**

Los métodos matemáticos para el análisis hidrológico se basan principalmente en ecuaciones que describen los procesos de transporte de agua dentro de un sistema hidrológico. Estos modelos matemáticos se dividen en tres tipos fundamentales:

Modelos Empíricos: Estos modelos se basan en relaciones estadísticas o en la observación directa de fenómenos. No requieren un conocimiento detallado de las características físicas de la cuenca, pero se ajustan a partir de datos históricos. Por ejemplo, el uso de fórmulas de estimación de caudales, como la fórmula de la relación de lluvia y escorrentía, se encuentra dentro de este grupo (Pérez E. , 2020).

Modelos Conceptuales: Este tipo de modelo utiliza simplificaciones físicas de los procesos hidrológicos para hacer predicciones. Los modelos conceptuales buscan representar las dinámicas de flujo de agua a través de una cuenca con base en parámetros ajustados empíricamente que imitan el comportamiento físico del sistema sin necesidad de una descripción completa de todos los detalles geomorfológicos y climáticos (Pérez E. , 2020).

Modelos Físicos y Distribuidos: Estos modelos intentan representar de forma detallada los procesos hidrológicos en términos de las leyes físicas que gobiernan el comportamiento del agua, como la ecuación de continuidad, la ecuación de Navier-Stokes para la dinámica de fluidos, y las ecuaciones de Darcy para el flujo subterráneo. Estos modelos requieren una gran cantidad de datos y cálculos, pero permiten obtener resultados muy precisos (Pérez E. , 2020).

- **Características Principales de los Métodos Hidrológicos**

Escala Temporal y Espacial: Los modelos pueden analizar fenómenos a distintas escalas temporales (diaria, mensual, anual) y espaciales (nivel de cuenca, subcuenca, o puntos específicos). La elección de la escala dependerá de los objetivos del estudio y de los recursos disponibles (Pérez E. , 2020).

Capacidad de Representar Procesos Físicos: Los modelos más avanzados son capaces de simular con mayor precisión los procesos hidrológicos en su totalidad, como la infiltración, la escorrentía, el almacenamiento de agua en la cuenca y la transmisión subterránea. Estos métodos requieren datos detallados y su implementación suele ser más compleja (Pérez E. , 2020).

Simplicidad y Requerimiento de Datos: Mientras que los modelos más simples requieren menos datos y son más fáciles de aplicar, los modelos más complejos pueden ofrecer una mayor

precisión, pero a costa de mayores requerimientos en cuanto a datos de entrada y recursos computacionales (Pérez E. , 2020).

Sensibilidad a las Condiciones Iniciales: Algunos métodos, especialmente los numéricos y distribuidos, pueden ser muy sensibles a las condiciones iniciales y parámetros de entrada, lo que puede influir en la precisión de los resultados obtenidos (Pérez E. , 2020).

2.2.3.3. VENTAJAS Y LIMITACIONES EN COMPARACIÓN CON OTROS MÉTODOS DE ESTIMACIÓN

En el análisis hidrológico, la selección de un método para estimar caudales o el comportamiento de una cuenca depende de diversas ventajas y limitaciones en comparación con otros métodos disponibles. Cada método tiene características que lo hacen adecuado para ciertos contextos, pero también presenta restricciones que deben considerarse durante su aplicación (Martínez Ruiz, 2021).

- **Ventajas de los Métodos de Estimación**

Simplicidad y Rapidez: Los métodos empíricos o simplificados, como el uso de curvas de crecimiento o fórmulas clásicas, son fáciles de aplicar y rápidos para obtener resultados preliminares. Son especialmente útiles cuando hay limitaciones de tiempo o datos, permitiendo estimaciones de caudales o precipitaciones con información básica. Esto los hace más rápidos frente a modelos complejos que requieren más tiempo y esfuerzo de cálculo (Martínez Ruiz, 2021).

Bajos Costos: Al utilizar menos datos y requerir menor esfuerzo computacional, los métodos simplificados son más económicos en términos de recursos humanos y materiales. Esto es especialmente útil en proyectos con presupuestos limitados (Martínez Ruiz, 2021).

Facilidad de Implementación: Métodos como el de la fórmula racional o el análisis de lluvias máximas son fáciles de implementar y se aplican bien en cuencas pequeñas y medianas, lo que los hace populares para estudios rápidos y análisis preliminares (Martínez Ruiz, 2021).

- **Limitaciones de los Métodos de Estimación**

Poca Precisión: Los métodos empíricos y simplificados suelen perder precisión cuando se aplican a cuencas más grandes o complejas. Al no considerar factores como la variabilidad temporal y espacial de las precipitaciones, el tipo de suelo o el uso del suelo, los resultados pueden ser menos exactos que los obtenidos mediante métodos más avanzados, como los modelos de simulación distribuidos (Martínez Ruiz, 2021).

Dependencia de Datos Específicos: Algunos métodos, como los basados en índices de lluvia, requieren de datos precisos y actualizados sobre las precipitaciones históricas, los cuales pueden no estar disponibles en todas las regiones. Esta falta de datos limita su aplicabilidad, especialmente en áreas donde los registros hidrológicos son escasos (Martínez Ruiz, 2021).

Generalización Excesiva: Muchos de estos métodos, al basarse en fórmulas generales o relaciones empíricas derivadas de estudios previos, no tienen en cuenta las particularidades de cada cuenca, como su relieve, vegetación o el comportamiento específico de los cuerpos de agua. Esta falta de especificidad puede llevar a resultados menos exactos en comparación con otros métodos que permiten un análisis más detallado y específico (Martínez Ruiz, 2021).

2.2.4. ESTACIONES HIDROMÉTRICAS Y MANEJO DE DATOS

2.2.4.1. CONCEPTOS Y FUNCIONES DE LAS ESTACIONES HIDROMÉTRICAS

Las estaciones hidrométricas son infraestructuras clave para el monitoreo de los cuerpos de agua, tales como ríos, lagos y embalses. Estas estaciones están diseñadas para medir variables esenciales como el caudal, los niveles de agua, las precipitaciones y otros parámetros hidrológicos. La información que proporcionan es crucial para entender el comportamiento del ciclo hidrológico, así como para la gestión eficiente de los recursos hídricos y la prevención de desastres naturales (Chávez Yáñez, 2020).

Figura 5

Estaciones de medición hidrométrica



Fuente. (Chávez Yáñez, 2020)

Las funciones principales de las estaciones hidrométricas son:

- **Monitoreo de Caudales y Niveles de Agua:**

Las estaciones hidrométricas permiten medir de manera continua o periódica los caudales y los niveles de los cuerpos de agua, proporcionando datos fundamentales para conocer la

dinámica fluvial en una región determinada (Chávez Yáñez, 2020).

- **Prevención y Gestión de Riesgos:**

La información obtenida por estas estaciones es crucial para la planificación y prevención de desastres, como inundaciones y sequías, que pueden tener efectos devastadores en las comunidades cercanas y en la infraestructura (Chávez Yáñez, 2020).

- **Diseño y Planificación de Infraestructuras:**

Los datos obtenidos de las estaciones hidrométricas son esenciales para diseñar infraestructuras hidráulicas como presas, canales, sistemas de riego y drenaje, asegurando su eficiencia y seguridad operativa (Chávez Yáñez, 2020).

- **Soporte a la Investigación Científica:**

Las estaciones hidrométricas permiten el estudio del comportamiento hidrológico de las cuencas a través de la recolección de datos a largo plazo. Estos datos son utilizados en investigaciones sobre el cambio climático, la variabilidad de los recursos hídricos y otros fenómenos relacionados (Chávez Yáñez, 2020).

- **Gestión Sostenible de Recursos Hídricos:**

Las estaciones permiten una gestión más eficiente y sostenible del agua al proporcionar datos precisos que facilitan la planificación y distribución del recurso, especialmente en áreas de alta demanda como la agricultura, la industria y el consumo humano (Chávez Yáñez, 2020).

2.2.4.2. PROCESO DE RECOLECCIÓN, VALIDACIÓN Y ANÁLISIS DE DATOS HIDROLÓGICOS

El proceso de recolección, validación y análisis de datos

hidrológicos es crucial para realizar un análisis confiable de los recursos hídricos y para la correcta toma de decisiones en la gestión de cuencas. Este proceso se puede dividir en varias etapas que deben ser realizadas con rigor y precisión para asegurar la calidad y fiabilidad de los resultados (Sánchez, 2020).

- **Recolección de Datos Hidrológicos**

La recolección de datos hidrológicos implica la obtención de información relevante sobre las características de la cuenca, los caudales, las precipitaciones, la temperatura, la humedad, entre otros factores. Estos datos pueden provenir de estaciones meteorológicas, hidrométricas, satélites, sensores remotos o de estudios previos. Para asegurar que los datos sean representativos y completos, es fundamental que la recolección se realice en lugares estratégicos, teniendo en cuenta la diversidad geográfica y las variaciones estacionales de la cuenca (Sánchez, 2020).

- **Validación de los Datos**

Una vez recolectados los datos, se procede a su validación, que es un paso crítico para asegurar su calidad. La validación implica verificar que los datos sean coherentes, precisos y estén libres de errores. Este proceso puede incluir la comparación de datos históricos, la verificación con modelos hidrológicos existentes, la detección de valores atípicos, y la comprobación de que los datos cumplan con los estándares técnicos requeridos. Además, la validación considera los posibles sesgos en las mediciones causados por la calibración incorrecta de equipos o errores en los métodos de recolección (Sánchez, 2020).

- **Análisis de los Datos Hidrológicos**

El análisis de los datos hidrológicos implica el procesamiento de la información validada para extraer conclusiones útiles para los objetivos del estudio. Este análisis puede incluir el cálculo de

variables como el caudal medio, los picos de caudal, la variabilidad estacional y las tendencias a largo plazo. Para realizar el análisis, se utilizan herramientas estadísticas, modelos matemáticos y software especializado en hidrología, como HEC-HMS o SWAT. Además, se deben interpretar los resultados con respecto a los objetivos del estudio, ya sea para la predicción de caudales, la gestión de recursos hídricos o la evaluación del riesgo de inundaciones (Sánchez, 2020).

- **Interpretación y Toma de Decisiones**

El último paso es la interpretación de los resultados y la toma de decisiones informadas. Con los datos validados y procesados, se pueden hacer recomendaciones sobre la gestión del agua, la infraestructura hidráulica o las políticas públicas relacionadas con la gestión de cuencas. La interpretación adecuada de los datos es esencial para aplicar las mejores prácticas de conservación del agua, prevención de desastres naturales y desarrollo de proyectos sostenibles (Sánchez, 2020).

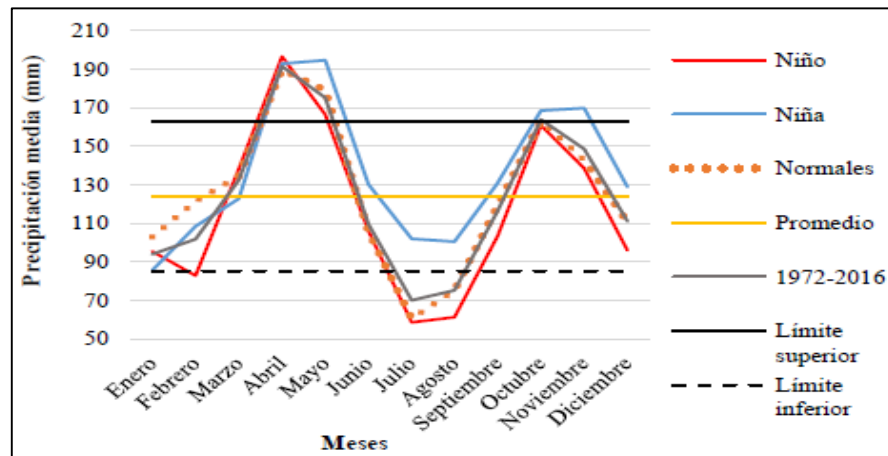
2.2.5. FACTORES HIDROLÓGICOS QUE INFLUYEN EN LOS CAUDALES

2.2.5.1. IMPACTO DE LA VARIABILIDAD CLIMÁTICA EN LOS CAUDALES

La variabilidad climática es un factor fundamental que influye directamente en los caudales de los ríos. Los cambios en las condiciones climáticas, como la temperatura, las precipitaciones y la frecuencia de fenómenos meteorológicos extremos, pueden alterar significativamente los patrones de caudal en las cuencas. La variabilidad de las precipitaciones, por ejemplo, puede causar una disminución de los caudales en épocas de sequías prolongadas, mientras que en otras situaciones puede generar un aumento de los caudales, exacerbado por lluvias intensas y recurrentes.

Figura 6

Análisis de la influencia de la variabilidad climática en la precipitación de la cuenca del río Cali, Colombia.



Fuente. (Sánchez, 2020)

El cambio climático es un impulsor clave de esta variabilidad, ya que está modificando los patrones climáticos globales y regionales. Esto afecta de manera particular a las cuencas peruanas, donde fenómenos como El Niño o La Niña impactan de forma significativa en los caudales. En la región andina, el cambio climático puede modificar los caudales en función de las variaciones estacionales de las precipitaciones, mientras que en la Amazonía, los efectos de la deforestación y el cambio de uso de suelo también influyen en el comportamiento hidrológico de los ríos (Gómez Becerra, 2019).

2.2.5.2. INFLUENCIA DE CARACTERÍSTICAS GEOLÓGICAS, GEOGRÁFICAS Y DE USO DEL SUELO

Las características geológicas, geográficas y de uso del suelo tienen una influencia significativa en los análisis hidrológicos, ya que afectan directamente el comportamiento de la escorrentía, la infiltración, y la acumulación de agua en una cuenca. A continuación, se detallan las principales influencias de cada una de estas características:

- **Características Geológicas**

La geología de una cuenca determina la permeabilidad del suelo y las propiedades del lecho rocoso, lo que influye en la infiltración de agua y el almacenamiento subterráneo. En cuencas con suelos permeables, el agua tiende a infiltrarse más fácilmente, reduciendo la escorrentía superficial y, por lo tanto, el caudal en los ríos. Por el contrario, en áreas con formaciones rocosas impermeables, la escorrentía es más rápida y se concentra en menos tiempo, lo que puede generar picos de caudal más altos durante las lluvias. Además, la presencia de fallas geológicas o estructuras tectónicas puede alterar el flujo subterráneo de agua, afectando el comportamiento hidrológico de la cuenca (Pérez Martínez, 2017).

- **Características Geográficas**

El relieve de la cuenca es otro factor clave en el análisis hidrológico. Las cuencas con pendientes pronunciadas favorecen la escorrentía rápida, lo que puede incrementar el riesgo de inundaciones durante eventos de lluvia intensa. Por otro lado, las cuencas de pendientes suaves permiten que el agua se acumule y se infiltre más lentamente, lo que generalmente resulta en caudales más estables. Además, las áreas de mayor altitud pueden recibir más precipitaciones o incluso nieve, lo que puede influir en los caudales estacionales, mientras que las zonas bajas pueden experimentar mayores riesgos de inundación debido a la acumulación de aguas superficiales (Pérez Martínez, 2017).

- **Uso del Suelo**

El uso del suelo tiene un impacto directo en la cantidad de agua que se infiltra y la que se escorre. La urbanización, la deforestación y la agricultura intensiva tienden a aumentar la escorrentía superficial, ya que las superficies impermeables (como pavimentos y techos) impiden la infiltración natural del agua. Por

otro lado, las áreas de vegetación densa, como bosques o zonas agrícolas con prácticas adecuadas, favorecen la infiltración y reducen la escorrentía. El tipo de cultivo y las técnicas de manejo de las tierras también afectan la capacidad de absorción del suelo y la retención de agua en la cuenca (Pérez Martínez, 2017).

- **Interacción de los Factores**

La combinación de estos factores geológicos, geográficos y de uso del suelo da lugar a un comportamiento hidrológico único para cada cuenca. Por ejemplo, una cuenca en una región montañosa con suelos impermeables y deforestada probablemente experimentará una escorrentía rápida y caudales altos durante eventos de lluvia. En cambio, una cuenca en una llanura con suelos permeables y vegetación natural podría tener un régimen de caudales más moderado y estable (Pérez Martínez, 2017).

2.2.5.3. EFECTOS DE LAS ACTIVIDADES HUMANAS EN LA DINÁMICA HÍDRICA

Las actividades humanas tienen un impacto significativo sobre la dinámica hídrica de las cuencas hidrográficas, afectando tanto la cantidad como la calidad del agua disponible. Estos efectos son producto de diversas intervenciones que alteran los ciclos naturales del agua, lo que puede generar desequilibrios en los ecosistemas acuáticos y afectar la disponibilidad de agua para distintos usos (Castillo, 2020).

- **Modificación del Uso del Suelo**

La urbanización, la agricultura intensiva y la deforestación son actividades humanas que alteran considerablemente la estructura y función de los ecosistemas hídricos. La conversión de áreas naturales en áreas urbanizadas o agrícolas reduce la capacidad de absorción del suelo, lo que incrementa la escorrentía superficial y reduce la infiltración. Esto puede llevar a un aumento en la

frecuencia e intensidad de las inundaciones, así como a la degradación de la calidad del agua debido a los contaminantes arrastrados por las aguas pluviales (Castillo, 2020).

- **Construcción de Infraestructura Hidráulica**

Las obras de infraestructura, como represas, canales, diques y presas, tienen un impacto directo en la dinámica hídrica al modificar los flujos naturales de los ríos y otros cuerpos de agua. Estas estructuras alteran los caudales y, en algunos casos, desvían el curso de los ríos, lo que puede alterar los ecosistemas acuáticos y afectar el ciclo hidrológico local. Además, la retención de agua en embalses puede modificar el patrón de evaporación, lo que influye en el balance hídrico de una región (Castillo, 2020).

- **Contaminación del Agua**

Las actividades industriales, agrícolas y urbanas son responsables de la contaminación de cuerpos de agua con productos químicos, metales pesados, nutrientes (como nitratos y fosfatos) y residuos sólidos. Esta contaminación afecta la calidad del agua, lo que puede tener efectos adversos tanto para los ecosistemas acuáticos como para las poblaciones humanas que dependen de estas fuentes de agua para consumo, riego o recreación. La eutrofización de lagos y ríos es un ejemplo de cómo la acumulación de nutrientes provenientes de actividades humanas puede alterar la dinámica de los cuerpos de agua (Castillo, 2020).

- **Cambio Climático**

Las actividades humanas, especialmente las emisiones de gases de efecto invernadero, están acelerando el cambio climático, lo que tiene efectos importantes en la dinámica hídrica. Las alteraciones en los patrones de precipitación, el aumento de la temperatura y la variabilidad climática son factores que modifican los ciclos hidrológicos naturales. Esto puede causar sequías más

prolongadas, cambios en la disponibilidad de agua y la intensificación de fenómenos extremos como las inundaciones y los deslizamientos de tierra (Castillo, 2020).

- **Alteración de los Ciclos Naturales del Agua**

Finalmente, el uso excesivo de los recursos hídricos para la agricultura, la industria y el consumo humano puede alterar los ciclos naturales del agua al reducir la disponibilidad de agua superficial y subterránea. El sobreexplotamiento de acuíferos y la extracción masiva de agua para irrigación o para el abastecimiento urbano pueden generar un déficit hídrico que impacta la sostenibilidad de las cuencas hidrográficas (Castillo, 2020).

2.3. DEFINICIONES CONCEPTUALES

- **Análisis hidrológico**

Comparar registros hidrométricos y modelos como Lutz Scholz mejora la comprensión de caudales y permite identificar patrones de comportamiento hídrico en cuencas específicas (Loarte, 2022).

- **Caudales medios mensuales**

Se refiere al promedio de los caudales o flujos de agua en un río o cuenca durante un mes determinado. Este valor se calcula sumando todos los caudales diarios de un mes y dividiendo entre el número de días del mes (Rodríguez L. , 2019)

- **Datos históricos**

Son registros pasados de caudales fluviales usados como referencia para validar modelos hidrológicos y establecer tendencias en estudios de recursos hídricos (Loarte, 2022).

- **Modelo Lutz Scholz**

Es un enfoque predictivo que estima caudales combinando análisis estadístico y parámetros climatológicos, permitiendo predicciones útiles en cuencas con limitados datos históricos (Condori Chura, 2019).

- **Control de calidad**

Garantizar la precisión y confiabilidad de datos hidrométricos asegura resultados consistentes en análisis comparativos y aplicaciones hídricas (Gutiérrez, 2021)

- **Estimación hídrica**

Lutz Scholz calcula caudales mensuales mediante datos climáticos y físicos, útil para regiones con limitada información hidrológica confiable (Condori Chura, 2019).

- **Estación hidrométrica**

Infraestructura que mide variables hídricas, como caudales y niveles, en tiempo real, proporcionando datos cruciales para modelados y evaluaciones (Teodoro Loarte, 2022).

- **Microcuencas**

Áreas pequeñas de drenaje donde modelos predictivos, como Lutz Scholz, son útiles para gestionar recursos hídricos eficientemente (Condori Chura, 2019).

- **Balance hídrico**

Proceso que equilibra las entradas y salidas de agua en una cuenca. Se utiliza para calcular los caudales de salida a partir de variables climáticas, como la precipitación y la evapotranspiración, y permite proyectar futuros caudales en escenarios climáticos cambiantes (Rios M., 2020)

2.4. HIPÓTESIS

2.4.1. HIPÓTESIS GENERAL

El análisis comparativo de los caudales medios mensuales empleando el método Lutz Scholz y los datos obtenidos de una estación hidrométrica, entonces se identificarán similitudes y diferencias que permitirán evaluar la precisión y aplicabilidad de ambos métodos en la cuenca del río Chaupihuaranga, localidad de Cochachinche - Huánuco.

2.4.2. HIPÓTESIS ESPECÍFICAS

Al recolectar y procesar los datos hidrométricos históricos de la estación seleccionada con calidad y consistencia, se asegura que los datos sean confiables para el análisis de los caudales en la cuenca del río Chaupihuaranga, localidad de Cochachinche, Huánuco.

Al aplicar el método Lutz Scholz para estimar los caudales medios mensuales, los valores obtenidos serán comparables con los datos registrados por la estación hidrométrica en la cuenca del río Chaupihuaranga, localidad de Cochachinche, Huánuco.

Al comparar los resultados del método Lutz Scholz con los caudales registrados por la estación hidrométrica, se identificarán similitudes, diferencias y posibles fuentes de discrepancia de la cuenca del río Chaupihuaranga, localidad de Cochachinche - Huánuco.

2.5. VARIABLES

2.5.1. VARIABLE DEPENDIENTE

Las similitudes y diferencias identificadas, así como la precisión y aplicabilidad de ambos métodos.

2.5.2. VARIABLE INDEPENDIENTE

El método utilizado para calcular los caudales medios mensuales (método Lutz Scholz y datos de la estación hidrométrica).

2.6. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

Tabla 1

Operacionalización de variables

VARIABLE	DIMENSIÓN	INDICADOR	ESCALA	TÉCNICA	INSTRUMENTO
Variable Independiente	Método de cálculo de caudales	Método Lutz Scholz	Cualitativa	Análisis documental	Ficha técnica
		Datos de estación hidrométrica	Cuantitativa	Recolección de datos	Registros históricos hidrométricos
	Similitudes y diferencias	Comparación de caudales medios mensuales	Cuantitativa	Análisis comparativo	Tabla de resultados
Variable Dependiente	Precisión	Error medio absoluto (MAE)	Cuantitativa	Cálculo estadístico	Software estadístico (Excel, R)
	Aplicabilidad	Coefficiente de determinación (R^2)	Cuantitativa	Análisis estadístico	Reporte de evaluación

CAPITULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN

3.1.1. ENFOQUE

La investigación se enmarcará en un enfoque cuantitativo, ya que se realizará un análisis numérico y estadístico de los caudales medios mensuales obtenidos mediante el método Lutz Scholz y los datos de la estación hidrométrica. Este enfoque permitirá medir, comparar y evaluar de manera objetiva las similitudes, diferencias y precisión de ambos métodos, utilizando herramientas estadísticas como el error medio absoluto (MAE) y el coeficiente de determinación (R^2). La metodología cuantitativa se caracterizará por ser estructurada, sistemática y orientada a la obtención de resultados verificables, lo que garantiza la validez del estudio y la confiabilidad de los datos analizados. El uso de este enfoque facilitará el establecimiento de relaciones causales entre los métodos aplicados y las conclusiones derivadas de la investigación (Sánchez P. , 2018). Finalmente, los resultados obtenidos contribuirán al manejo eficiente de los recursos hídricos en la cuenca del río Chaupihuaranga.

3.1.2. ALCANCE O NIVEL

El trabajo de investigación corresponderá a un alcance correlacional-comparativo, ya que buscará analizar la relación existente entre los caudales medios mensuales estimados mediante el método Lutz Scholz y los datos obtenidos de la estación hidrométrica. Este nivel permitirá identificar y comparar las similitudes y diferencias entre ambos métodos, evaluando la precisión y aplicabilidad mediante indicadores estadísticos como el error medio absoluto (MAE) y el coeficiente de determinación (R^2) (Hernandez et al., 2014). Al ser una investigación de alcance comparativo, se analizarán las variaciones y correspondencias en los resultados, lo que contribuirá a determinar la utilidad del método

Lutz Scholz en áreas con información hidrológica limitada. Finalmente, este nivel facilitará la generación de conclusiones específicas y objetivas para la gestión eficiente de los recursos hídricos en la cuenca del río Chaupihuaranga.

3.1.3. DISEÑO

Se desarrollará bajo un diseño transversal no experimental, ya que se recolectarán y analizarán los datos hidrométricos en un momento específico del tiempo para realizar el análisis comparativo entre los caudales medios mensuales obtenidos mediante el método Lutz Scholz y los datos registrados por la estación hidrométrica. Este diseño permitirá evaluar las similitudes y diferencias entre ambos métodos y determinar su precisión y aplicabilidad sin necesidad de observar cambios o tendencias a lo largo del tiempo. La naturaleza del estudio transversal facilitará la recopilación de datos históricos y actuales de manera puntual, permitiendo una comparación objetiva y eficiente (Hernandez et al., 2014). Este tipo de diseño es apropiado para investigaciones que buscan identificar relaciones, comportamientos o diferencias en una etapa específica y no requieren seguimiento temporal de las variables. Por lo tanto, el estudio se limitará a un análisis de los datos disponibles en el momento de la investigación, cumpliendo con los objetivos propuestos.

3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA

3.2.1. POBLACIÓN

En metodología de investigación, la población es el conjunto completo de elementos o individuos que cumplen con ciertas características definidas y sobre los cuales se desea realizar el estudio. En investigaciones cuantitativas, la población puede ser finita o infinita, dependiendo del alcance del estudio. Los elementos de la población deben tener características homogéneas, relacionadas con los objetivos de la investigación. (Hernández, Sampieri, Fernández, 2014).

En el contexto de esta investigación, se define como población al cauce del río Chaupihuaranga.

3.2.2. MUESTRA

La muestra es un subconjunto de la población que se selecciona para realizar el estudio, permitiendo hacer inferencias sobre la población sin necesidad de estudiarla en su totalidad. El tamaño de la muestra debe ser representativo y adecuado para garantizar la validez y confiabilidad de los resultados. Se pueden utilizar distintos métodos de muestreo, como aleatorio o estratificado. (Hernández, Sampieri, Fernández, 2014).

Para el estudio, se toma como muestra un sector de 650 metros del cauce del río Chaupihuaranga, ubicado aguas abajo del cementerio general de Cochachinche.

3.3. TÉCNICAS E INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS.

3.3.1. PARA LA RECOLECCIÓN DE DATOS

3.3.1.1. TÉCNICAS

Para el objetivo de realizar un análisis comparativo de los caudales medios mensuales, se utilizarán técnicas cuantitativas, que permitirán obtener datos numéricos y realizar un análisis estadístico (Hernandez et al., 2014). Se empleará la recolección de datos documentales para obtener los caudales registrados en la estación hidrométrica y los cálculos realizados mediante el método Lutz Scholz. Esta técnica se basará en la revisión de registros históricos y bases de datos disponibles en fuentes oficiales o instituciones relacionadas con el manejo del agua. Además, se utilizará la observación directa en campo para corroborar la información obtenida de la estación hidrométrica. Esta técnica permitirá validar la precisión y aplicabilidad de los datos en la cuenca del río Chaupihuaranga, permitiendo una evaluación más precisa.

3.3.1.2. INSTRUMENTOS

Los instrumentos utilizados para la recolección de datos incluirán registros históricos proporcionados por la estación hidrométrica de la cuenca del río Chaupihuaranga, donde se almacenan los caudales mensuales. También se utilizarán fichas de recolección de datos para organizar la información obtenida y software estadístico como Excel o R, para procesar y analizar los datos comparativos. Estos instrumentos permitirán una sistematización y análisis adecuado de los datos, facilitando la evaluación de las similitudes y diferencias entre los dos métodos (Hernandez et al., 2014).

3.3.2. PARA LA PRESENTACIÓN DE DATOS

Para la presentación de datos se consideró los siguientes instrumentos:

Tabla 2

Modelo de instrumento a utilizar en el trabajo de investigación

N ^o	Fecha de Recolección	Método de Estimación de Caudal	Caudal Promedio Mensual (m³/s)	Fuente de Datos	Observaciones	Errores Identificados	Evaluación de Precisión
1		Método Lutz Scholz		Datos Estación Hidrométrica	[Notas sobre condiciones de recolección]		[Cálculo de MAE, R²]
2		Estación Hidrométrica		Datos de la estación	[Notas sobre condiciones de recolección]		[Cálculo de MAE, R²]
3		Método Lutz Scholz		Datos Estación Hidrométrica	[Notas sobre condiciones de recolección]		[Cálculo de MAE, R²]
4		Estación Hidrométrica		Datos de la estación	[Notas sobre condiciones de recolección]		[Cálculo de MAE, R²]

3.3.3. PARA EL ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS DATOS

Para el procesamiento y análisis de la información, se emplearán técnicas estadísticas y matemáticas que permitirán comparar los caudales medios mensuales obtenidos mediante el método Lutz Scholz con los datos de la estación hidrométrica. Se utilizará análisis descriptivo para obtener promedios, desviaciones estándar y rangos de los caudales, lo que facilitará una visión general de los datos. Posteriormente, se aplicarán técnicas de análisis comparativo, como el cálculo del error absoluto y el coeficiente de determinación (R^2), para evaluar la precisión y consistencia de ambos métodos. Para ello, se utilizarán software estadístico como Excel y R, los cuales permitirán realizar estos cálculos de manera eficiente. Finalmente, se realizará un análisis gráfico, empleando diagramas de dispersión y gráficas de comparación, para visualizar las similitudes y diferencias entre los dos métodos. Estas técnicas facilitarán la evaluación objetiva de la aplicabilidad y precisión de ambos métodos en la cuenca del río Chaupihuaranga.

CAPITULO IV

RESULTADOS

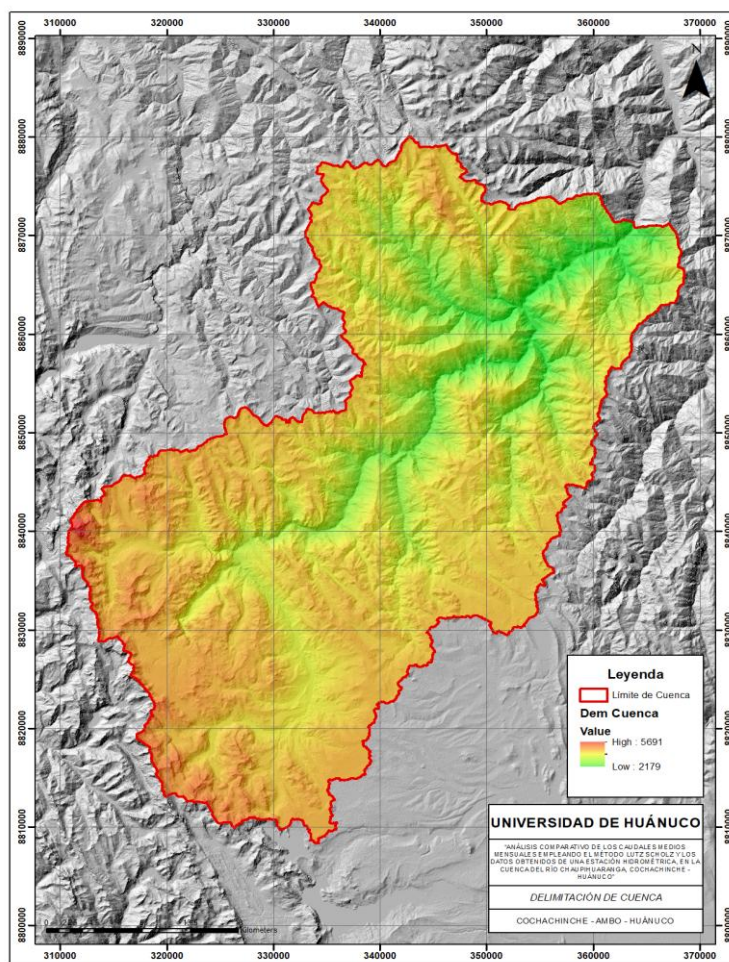
4.1. PROCESAMIENTO DE DATOS

➤ Procesamiento de datos de cuenca

Teniendo en cuenta el punto de aforo sobre el río Chaupihuaranga se procedió a la delimitación de la cuenca que la conforma con la finalidad de caracterizar el comportamiento hidrológico de la cuenca.

Figura 7

Delimitación de cuenca y modelo DEM



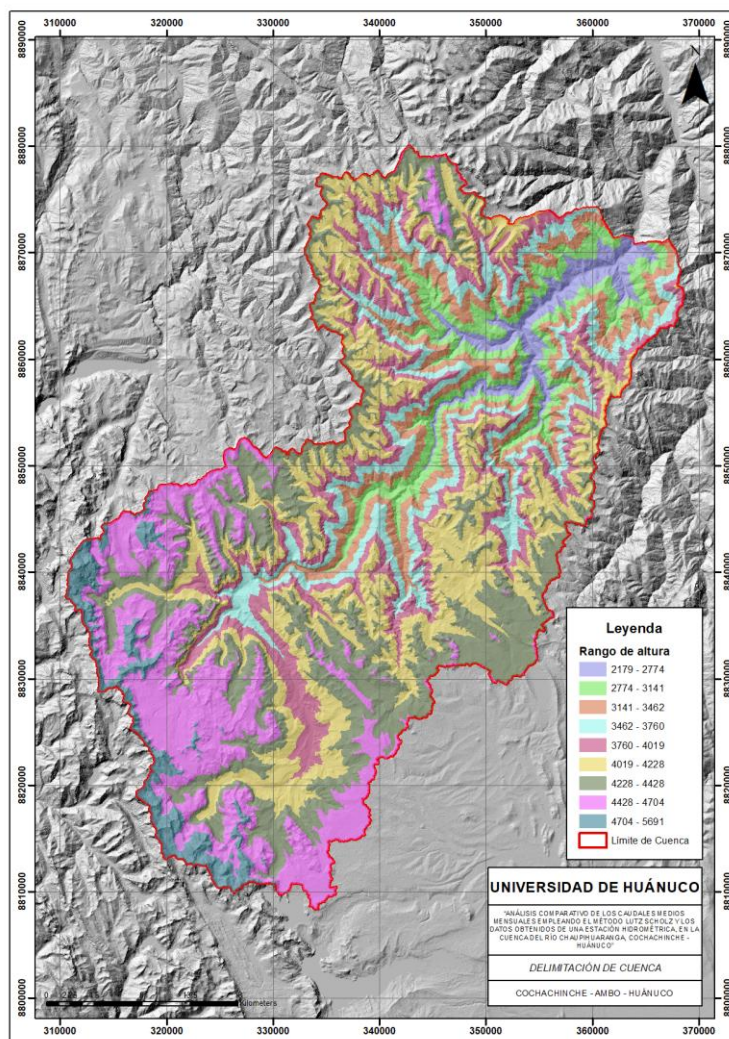
Nota. Delimitación y modelo de elevación de la cuenca Chaupihuranga.

Con la delimitación de la cuenca se pudo obtener un modelo detallado de elevación a partir de información satelital Alos Palsar, esto se realizó con

la finalidad de obtener información de superficie a nivel de cuenca de la zona, de ello inicialmente se pudo determinar que los valores altitudinales van desde los 2179 a 5691 msnm.

Figura 8

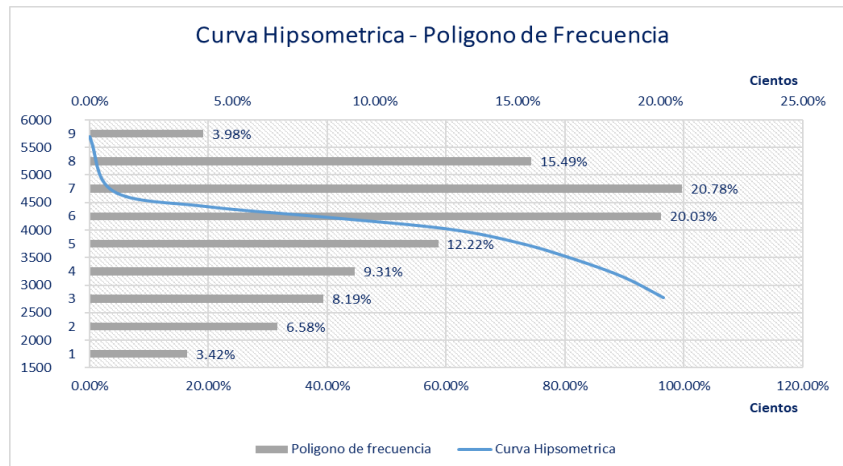
Área bajo la curva



Nota. Modelo reclasificado de alturas.

Con el modelo de elevaciones determinado en el resultado anterior se procedió a la reclasificación de esta en rangos de elevación con la finalidad de contrastar un modelo de área bajo la curva con la finalidad de obtener un polígono de frecuencia y una curva hipsométrica característica de la zona de interés. En el modelo de reclasificación se tomaron 9 rangos en la cual también se pudo discriminar las partes bajas, medias y altas de la cuenca.

Curva hipsométrica

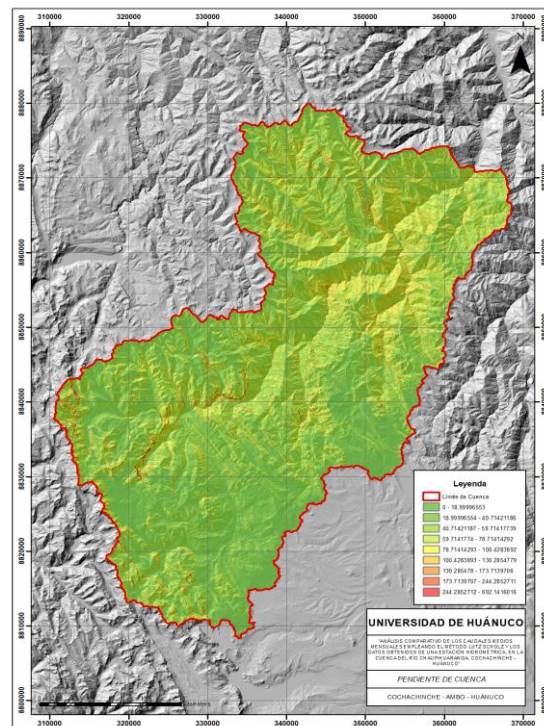


Nota. Modelo de polígono de frecuencia y curva hipsométrica.

Con la distribución altitudinal realizada se pudo procesar la información en forma de polígono de frecuencia, con lo cual se pudo determinar que la altura predominante es el de la clase 7 con un 20.78% el cual va desde los 4500 a 5000 msnm con ello se pudo obtener la curva hipsométrica con ella se evidenció el estado maduro de la cuenca.

Figura 10

Composición de pendientes de cuenca

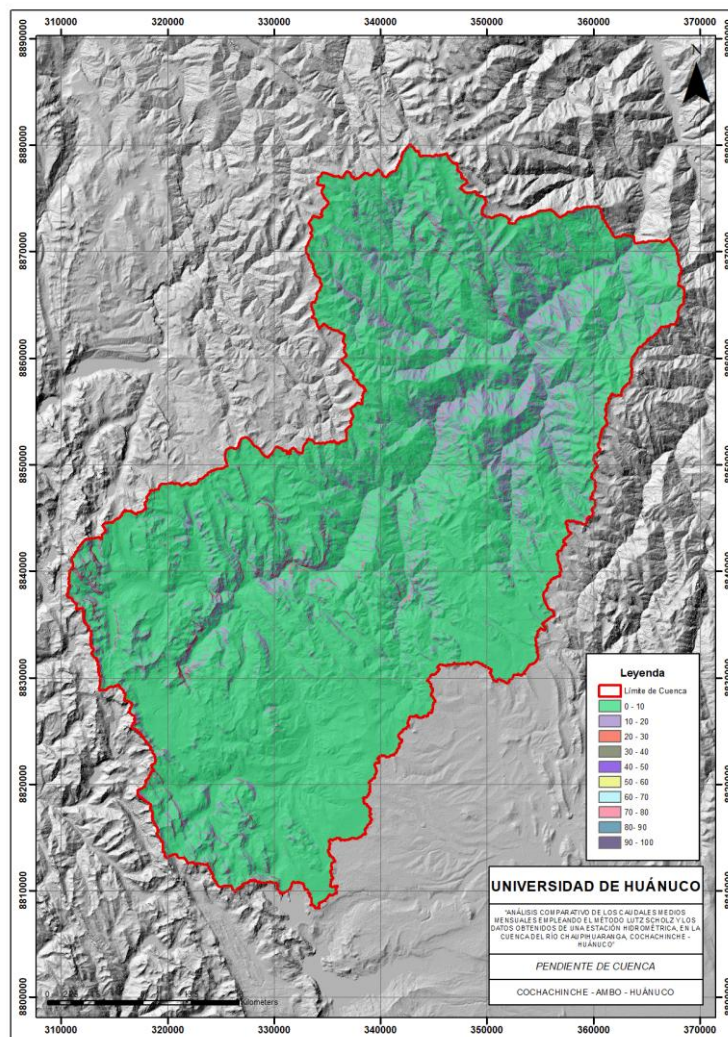


Nota. Modelo de pendientes de cuenca.

Con el modelo de elevación y la obtención de las alturas características de la cuenca se pudo contrastar el modelo de pendientes que caracteriza a la cuenca, de ella se pudo verificar que las pendientes más críticas se presentan en las zonas de conformación de los cauces y las zonas de los picos de los cerros que se forman en la morfología de la cuenca.

Figura 11

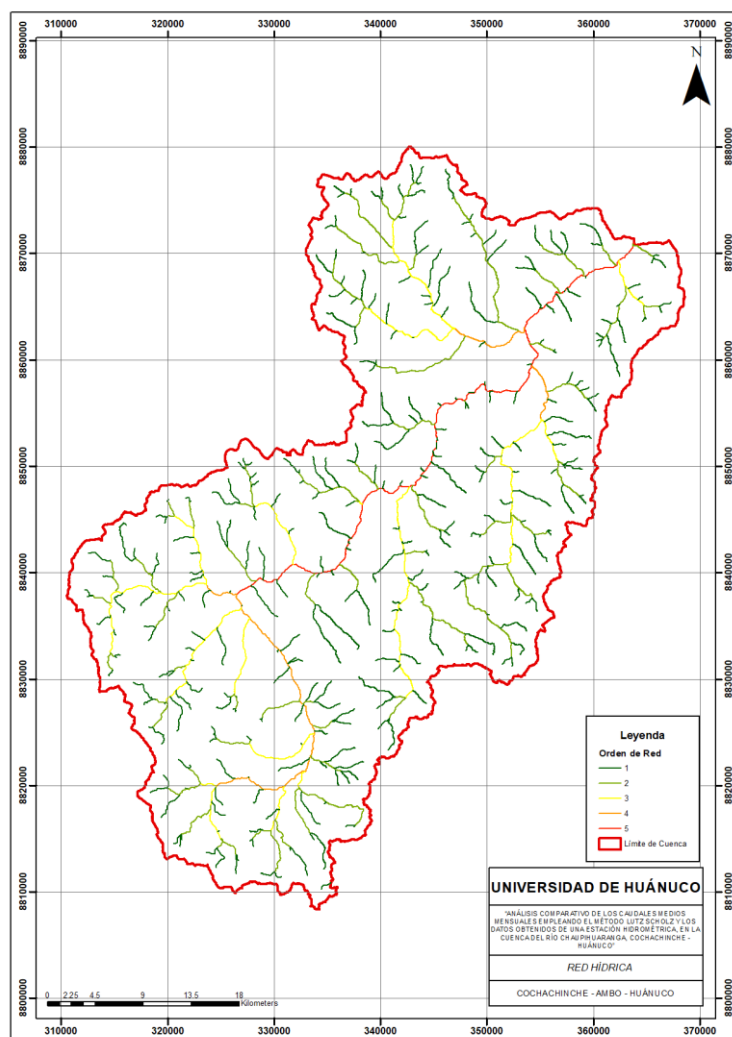
Reclasificación de pendientes



Nota. Modelo de pendientes reclasificadas.

Con la obtención del modelo de pendientes de la cuenca se procedió a la reclasificación porcentual de las pendientes llegando desde el 0% al 100%, con ello se pudo identificar que en la cuenca predominan 2 tipos de pendientes los cuales van entre los rangos de 0% al 10% y 10% al 20% siendo el primer rango el más predominante.

Figura 12
Red hídrica



Nota. Red hídrica conformada en cuenca.

Con el modelo de pendientes y el modelo de alturas en la cuenca se pudo determinar que los cauces que se conforman en la cuenca forman redes hídricas de 5° grado los cuales cada uno de ellos aportan un caudal importante al cauce.

Tabla 3*Resumen de características de la cuenca*

Descripción	Valor	Unidad	Característica
Superficie total delimitada de la cuenca	2025.34	km ²	Cuenca de gran extensión, relevante para modelaciones hidrológicas regionales.
Longitud del perímetro que delimita la cuenca	374.875	km	Perímetro amplio, lo que indica una cuenca con contorno irregular.
Ancho máximo estimado transversal de la cuenca	33.4	km	Muestra una anchura significativa en su parte más ancha.
Longitud máxima en el eje longitudinal de la cuenca	69.52	km	Cuenca alargada, lo que podría aumentar el tiempo de concentración.
Inclinación media del terreno a lo largo de la cuenca	6.67	%	Pendiente moderada, que permite escurrimientos controlados.
Elevación mínima registrada dentro del área de estudio	2179	m s.n.m.	Parte más baja de la cuenca, probablemente cerca del punto de salida.
Elevación máxima alcanzada dentro del territorio de la cuenca	5603	m s.n.m.	Indica zonas montañosas o de alta montaña en la cabecera de la cuenca.
Altura promedio ponderada de toda la cuenca	4172.27	m s.n.m.	Cuenca ubicada a gran altitud; influencia en régimen de lluvias y escorrentía.
Cota más frecuente en el análisis altimétrico	4328	m s.n.m.	Altitud predominante; útil para análisis de zonas homogéneas en elevación.
Altitud correspondiente al valor medio del rango más representativo	4000.62	m s.n.m.	Altitud central en términos de distribución de área, útil para curvas hipsométricas.
Coordenada UTM Este del centroide de la cuenca	339246.83	m	Referencia espacial para ubicación cartográfica precisa.
Coordenada UTM Norte del centroide de la cuenca	8844519.09	m	Determina la ubicación geográfica en el hemisferio sur.
Altitud del centroide, representativa de la media altitudinal	4172.27	m s.n.m.	Coincide con la altitud media, reafirma representatividad del centroide.
Distancia lineal total del cauce principal del sistema de drenaje	65.4	km	Cauce de buen desarrollo longitudinal, indicativo de madurez hidrológica.
Clasificación jerárquica de la red de drenaje (orden de corriente)	5	Sin dimensión	Red hidrológica compleja y ramificada, típica de cuencas de gran tamaño.
Suma de las longitudes de todos los cursos de agua identificados en la cuenca	1049.35	km	Alta densidad de drenaje; refleja buena cobertura hidrográfica.
Pendiente media estimada a lo largo de la red hidrográfica	15.84	%	Pendiente pronunciada, favorece escurrimientos rápidos e intensa erosión.

Nota. Resultados obtenidos del modelo DEM.

Con base en los datos morfométricos obtenidos, la cuenca presentó un área de 2025.34 km² y un perímetro de 374.875 km, con una forma alargada evidenciada por un ancho de 33.40 km y un largo de 69.52 km. Las altitudes

oscilaron entre los 2179 y 5603 m s.n.m., mientras que la altitud media y la del centroide se ubicaron en 4172.27 m s.n.m., coincidiendo con la zona de mayor concentración de superficie. La altitud más frecuente fue de 4328.00 m s.n.m., y la altitud de frecuencia media alcanzó los 4000.62 m s.n.m. La pendiente media de la cuenca fue del 6.67%, lo que sugiere un relieve moderadamente inclinado. En cuanto a la red hídrica, el cauce principal tuvo una longitud de 65.40 km, con un orden de red hidrológica de 5, una longitud total de 1049.35 km y una pendiente promedio de 15.84%, lo cual indica una red bien desarrollada y con potencial de escorrentía relativamente rápida hacia los tramos bajos de la cuenca.

Tabla 4

Coeficientes morfométricos de la cuenca

Categoría	Parámetro Geomorfológico	Símbolo	Valor	Unidad	Característica
Forma y compacidad	Factor de forma de la cuenca	F	0.48	Sin unidad	Valor inferior a 0.5 indica una cuenca alargada, lo que prolonga el tiempo de respuesta ante lluvias.
	Índice de compacidad (Gravelius)	K	2.33	Sin unidad	Alto nivel de irregularidad en los límites de la cuenca; favorece escurrimientos diferenciados.
Representación geométrica	Longitud del lado mayor del rectángulo equivalente	L	175.9	km	Dimensión longitudinal máxima idealizada de la cuenca.
	Longitud del lado menor del rectángulo equivalente	I	11.51	km	Refleja una angosta extensión transversal dentro del área total de la cuenca.
Drenaje	Densidad de drenaje	Dd	0.52	u/km ²	Baja densidad de drenaje; puede reflejar baja escorrentía superficial o mayor infiltración.
Relieve e inclinación	Índice de pendiente	Ip	0.22	Sin unidad	Pendiente relativamente suave, característica de zonas con menor energía hidráulica.

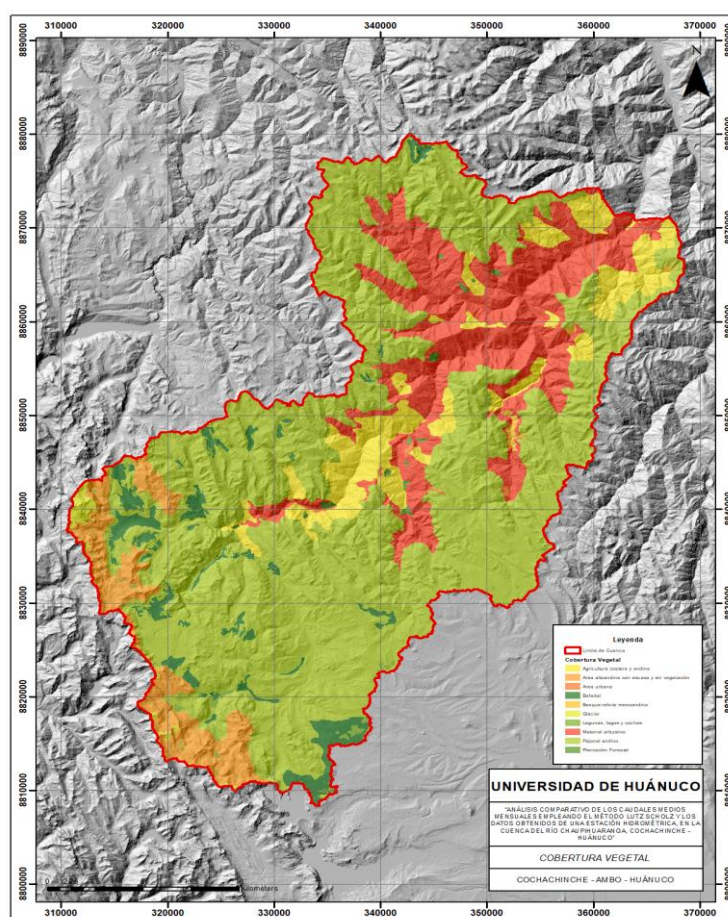
Nota. Valores representativos de la cuenca.

Durante el análisis geomorfológico de la cuenca, se determinó que el factor de forma (F) fue de 0.48, lo que evidenció una cuenca alargada, condición que contribuyó a un mayor tiempo de respuesta ante eventos de precipitación. Asimismo, el índice de compacidad de Gravelius (K) alcanzó un valor de 2.33, indicando una forma irregular que favoreció escurrimientos no

uniformes. En cuanto a la representación geométrica, el rectángulo equivalente presentó un lado mayor (L) de 175.92 km y un lado menor (l) de 11.51 km, reflejando una cuenca angosta y longitudinalmente extendida. Por otro lado, la densidad de drenaje (Dd) se estimó en 0.52 u/km², valor relativamente bajo que sugirió una menor capacidad de escurrimiento superficial o una mayor infiltración del agua. Finalmente, el índice de pendiente (Ip) fue de 0.22, lo que señaló una inclinación suave del terreno, típica de zonas con baja energía hidráulica y menor velocidad en el flujo del agua.

Figura 13

Cobertura vegetal de cuenca



Nota. Modelo de coberturas vegetales de cuenca.

En la delimitación de la cuenca con la información de la cobertura vegetal se pudo determinar que para la cuenca hay un total de 10 diferentes tipos de cobertura, con ello se pudo caracterizar de manera adecuada el coeficiente de infiltración que presenta la cuenca.

Tabla 5*Tipos de cobertura vegetal*

Cobertura Vegetal	Área (km ²)	% del Área Total	Pendiente Promedio (%)	Descripción
Pajonal andino	1256.1	62.02%	37.79%	Cobertura dominante de vegetación herbácea, típica de zonas elevadas y onduladas.
Matorral arbustivo	369.11	18.22%	61.18%	Segunda cobertura en extensión, con alta pendiente, compuesta por arbustos densos.
Agricultura costera y andina	169.55	8.37%	50.87%	Áreas agrícolas con pendientes pronunciadas, adaptadas a las condiciones de altura.
Área altoandina con escasa o nula vegetación	119.02	5.88%	38.09%	Zonas de vegetación muy limitada, ubicadas en alturas extremas.
Bofedal	77.2	3.81%	16.90%	Humedales de altura con pendientes suaves, importantes para el almacenamiento hídrico.
Lagunas, lagos y cochas	11.62	0.57%	6.26%	Cuerpos de agua permanentes localizados en zonas de menor inclinación.
Glaciar	9.99	0.49%	57.02%	Superficies cubiertas por hielo en zonas de alta montaña con pendientes fuertes.
Plantación forestal	5.8	0.29%	58.54%	Áreas reforestadas artificialmente en laderas empinadas.
Bosque relicto mesoandino	4.65	0.23%	63.29%	Restos de bosques naturales ubicados en terrenos escarpados.
Área urbana	2.29	0.11%	51.13%	Zonas construidas de muy baja proporción y localizadas en pendientes considerables.

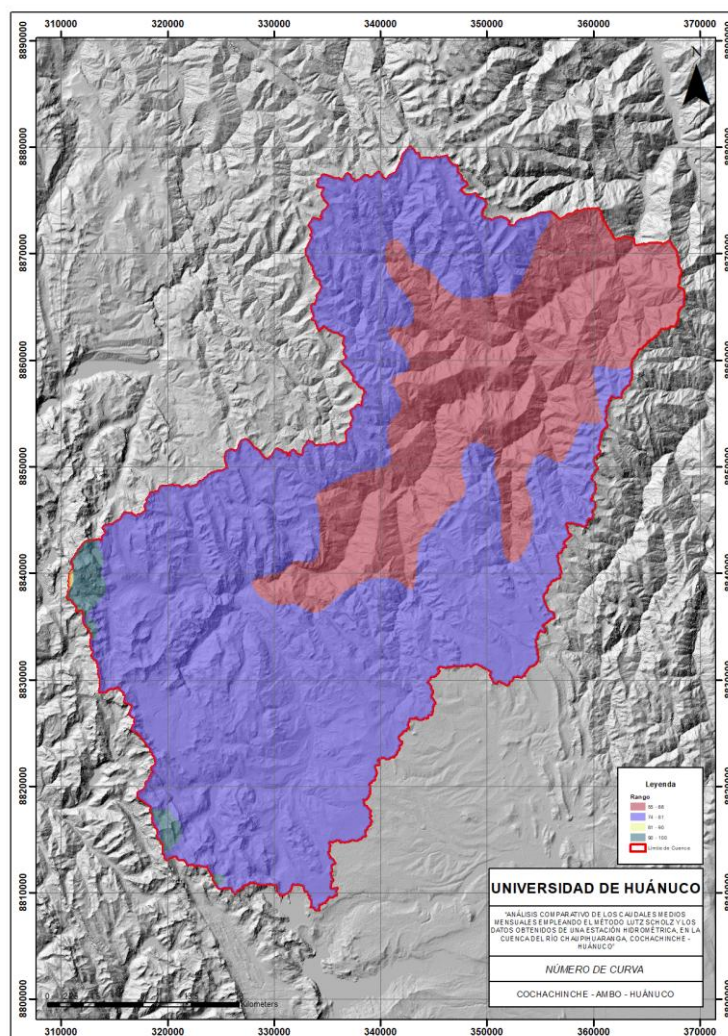
Nota. Clasificación de coberturas vegetales de cuenca.

Durante el análisis de coberturas vegetales, se identificó que el pajonal andino fue la cobertura predominante, ocupando 1256.10 km², equivalente al 62.02 % del área total, con una pendiente media de 37.79 %, lo que reflejó un paisaje extensamente cubierto por vegetación herbácea en zonas de relieve moderado. En segundo lugar, el matorral arbustivo abarcó 369.11 km² (un 18.22 %) con una pendiente elevada de 61.18 %, característica de laderas escarpadas con vegetación densa. La agricultura costera y andina se extendió por 169.55 km² (8.37 %), desarrollándose principalmente en terrenos con pendientes de 50.87 %, lo cual evidenció prácticas agrícolas en condiciones topográficas exigentes. Los bofedales, aunque ocuparon solo 3.81 % del área, presentaron la pendiente más baja (16.90 %), destacando su importancia como zonas de acumulación de agua. Finalmente, el uso urbano y la presencia glaciaria fueron mínimos, representando menos del 1 % del área cada

uno, pero con pendientes superiores al 50 %, lo que indicó su localización en zonas de difícil acceso y alta pendiente.

Figura 14

Número de curva de cuenca



Nota. Modelo de número de curva.

La delimitación de la divisoria de la cuenca facilitó la interpolación de información nacional relacionada al número de curva del terreno, en dicha clasificación se pudo identificar que la cuenca analizada presenta 4 diferentes rangos de valor, los cuales fueron promediados y ponderados para un valor estimado de acuerdo con el área de predominancia.

Tabla 6*Estimación del número de curva*

Rango CN	Valor Medio	Área (km ²)	% del Área Total	Área × Valor Medio	Descripción
55 – 66	60.5	590.06	29%	35,698.73	Áreas con cobertura de suelos de media a alta infiltración y uso agrícola moderado.
74 – 81	77.5	1408.28	70%	109,141.49	Zonas con suelos de baja infiltración, predominantes en la cuenca.
81 – 90	85.5	0.57	0.03%	48.72	Áreas marginales con escasa superficie y muy baja capacidad de infiltración.
90 – 100	95	26.43	1%	2510.96	Sectores impermeables, posiblemente urbanos o con cobertura rocosa o glaciar.
—	CN Promedio	—	—	—	72.78: Representa el valor ponderado global de la capacidad de infiltración en la cuenca.

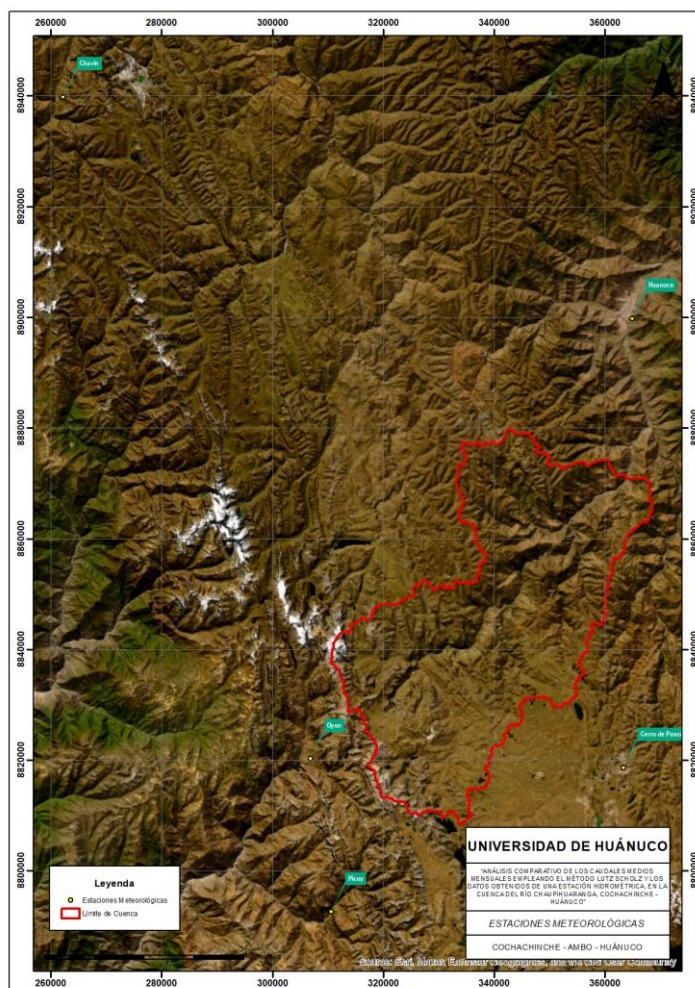
Nota. Estimación del número de curva de la cuenca.

En el análisis del número de curva, se determinó un valor promedio de 72.78, lo que reflejó una capacidad de infiltración moderada en la cuenca. La categoría predominante fue el rango 74–81, con un valor medio de 77.50, abarcando 1408.28 km², equivalente al 70 % del área total, lo que indicó suelos con baja infiltración. En segundo lugar, el rango 55–66, con un valor medio de 60.50, representó el 29 % del área, asociado a zonas con mejor capacidad de absorción hídrica. Las demás clases tuvieron participación mínima, sin representar influencia significativa en el comportamiento general de escurrimiento.

➤ Recolección y procesamiento de datos históricos

Figura 15

Estaciones meteorológicas cercanas a la cuenca



Nota. Identificación de estaciones meteorológicas.

Para la interpretación de valores de precipitación en la cuenca se tomaron en cuenta un total de 05 estaciones meteorológicas del ANA, las cuales cada una de ellas rodea el perímetro de la cuenca, con la finalidad de obtener los valores de precipitación más adecuados para la cuenca analizada a partir de interpolaciones de acuerdo con la distancia con el centroide de la cuenca.

Tabla 7*Estaciones analizadas*

Estación Meteorológica	Duración (años)	% de Datos Faltantes	Descripción
Chavín	25	2.67%	Serie continua y confiable, ideal para análisis hidrológico de largo plazo.
Huánuco	25	2.67%	Datos completos y estables; apta para calibración y modelado.
Oyón	25	15.33%	Presentó pérdidas de datos significativas; útil con tratamientos de imputación.
Pasco	25	9.00%	Información razonablemente continua; válida con revisiones menores.
Picoy	25	30.00%	Alta proporción de datos faltantes; su uso es limitado sin corrección previa.

Nota. Análisis de información de estaciones meteorológicas.

Las estaciones meteorológicas analizadas, proporcionadas por la Autoridad Nacional del Agua (ANA), contaron con 25 años de registro. Las estaciones de Chavín y Huánuco destacaron por su alta calidad de datos, con solo 2.67 % de registros faltantes, siendo óptimas para análisis hidrológicos confiables. Pasco, con 9.00 % de datos ausentes, también fue considerada adecuada con mínimas correcciones. Por otro lado, Oyón y especialmente Picoy, con 15.33 % y 30.00 % de datos faltantes respectivamente, presentaron limitaciones significativas, siendo necesarias técnicas de imputación o depuración para su uso en modelamientos.

Tabla 8*Registro de precipitaciones estación Pasco*

AUTORIDAD NACIONAL DEL AGUA - ANA - ESTACIÓN PASCO												
Análisis de Datos y Recursos Estadísticos del Agua												
Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic
1	15.3 6	17.1 0	18.6 0	18.5 0	12.0 0	1.00	8.50	16.6 0	13.0 0	36.0 0	26.3 0	21.5 0
2	28.6 0	19.0 0	21.0 0	24.4 0	13.0 0	12.3 0	15.0 0	15.1 0	12.3 0	18.5 0	20.4 0	16.5 0
3	11.4 0	25.1 0	22.8 0	15.3 0	12.2 0	3.10	2.90	0.30	9.40	13.0 0	18.4 0	16.1 0
4	13.4 8	15.1 5	19.6 6	13.2 8	4.54	2.40	0.10	2.98	3.82	9.96	9.04	13.6 2
5	16.5 2	15.4 1	10.3 2	5.86	4.58	1.82	1.40	1.90	7.70	24.5 0	22.6 0	21.9 0
6	12.1 0	30.5 0	13.7 0	18.5 0	5.20	5.50	5.60	1.50	5.70	19.7 0	15.8 0	9.60
7	38.0 0	31.7 0	14.7 0	25.8 0	7.30	4.80	4.30	3.30	10.7 0	16.1 0	16.6 0	16.5 0
8	18.0 0	17.3 0	18.3 0	6.50	9.40	2.80	4.50	8.20	7.10	14.3 0	12.7 0	22.6 0

9	29.4 0	24.3 0	24.0 0	23.7 0	10.9 0	2.00	11.5 0	6.00	7.90	19.1 0	16.6 0	28.0 0
10	8.00	19.4 0	26.8 0	15.5 0	13.5 0	3.00	10.4 0	3.50	13.7 0	24.1 0	12.6 0	22.3 0
11	14.5 0	19.4 0	20.7 0	18.1 0	8.30	7.00	4.60	10.0 0	20.7 0	6.00	20.0 0	13.1 0
12	12.7 0	31.2 0	11.4 0	16.9 0	6.00	4.00	8.60	7.90	27.5 0	22.5 0	26.8 0	33.2 0
13	15.4 0	20.0 0	46.7 0	17.4 0	2.90	2.80	4.10	4.50	6.00	12.8 0	29.1 0	9.00
14	9.80	17.5 0	16.2 0	19.1 0	3.90	17.0 0	2.70	4.00	21.8 0	21.3 0	27.3 0	24.6 0
15	15.5 0	16.0 0	18.4 0	14.2 0	16.0 0	1.14	8.00	4.40	10.5 0	16.0 0	20.6 0	26.7 0
16	16.6 0	18.5 0	8.00	12.5 0	5.40	7.30	3.20	10.4 0	10.0 0	10.4 0	29.4 0	25.0 0
17	26.0 0	19.0 0	39.2 0	11.4 0	12.0 0	12.0 0	8.20	12.4 0	5.10	20.0 0	31.4 0	29.5 0
18	25.7 0	24.3 0	35.9 0	14.5 0	17.0 0	2.00	4.40	4.29	7.50	24.0 0	13.8 0	30.8 0
19	20.5 0	16.3 0	20.8 0	24.4 0	12.0 0	5.17	6.30	9.00	14.0 0	16.0 0	22.7 0	24.0 0
20	20.0 0	20.7 0	15.0 0	12.0 0	7.80	6.50	3.50	5.20	16.8 0	25.4 0	18.0 0	24.6 0
21	25.8 0	15.0 0	20.3 0	14.0 0	15.0 0	5.80	8.00	11.0 0	17.6 0	20.5 0	11.6 0	16.0 0
22	26.2 0	19.8 0	20.0 0	24.7 0	7.30	10.0 0	7.00	2.60	20.6 0	15.0 0	17.5 0	25.6 0
23	15.0 0	10.0 0	18.0 0	15.2 0	10.3 0	9.00	9.00	7.40	18.4 0	17.3 0	25.1 0	15.4 0
24	18.0 0	16.5 0	20.6 0	12.4 0	8.20	7.10	6.70	13.0 0	9.00	11.9 0	8.33	2.00
25	20.6 0	28.0 0	15.0 0	15.4 0	13.2 0	0.50	6.50	4.00	12.0 0	15.4 0	19.0 0	18.0 0
Cant	25.0	25.0	25.0	25.0	25.0	25.0	25.0	25.0	25.0	25.0	25.0	25.0
Datos	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Desv.	7.16	5.54	8.78	5.29	4.01	4.10	3.36	4.43	6.05	6.25	6.47	7.48
Est.												
Coef.												
Variació	0.38	0.27	0.43	0.32	0.42	0.75	0.54	0.65	0.49	0.35	0.33	0.37
m												
Prom	18.9 3	20.2 9	20.6 4	16.3 8	9.52	5.44	6.20	6.78	12.3 5	17.9 9	19.6 7	20.2 4
Mín	8.00	10.0 0	8.00	5.86	2.90	0.50	0.10	0.30	3.82	6.00	8.33	2.00
Máx	38.0 0	31.7 0	46.7 0	25.8 0	17.0 0	17.0 0	15.0 0	16.6 0	27.5 0	36.0 0	31.4 0	33.2 0

Nota. Registro de precipitaciones estación Pasco.

Si bien las estaciones no contaron con un registro completo al 100%, el relleno de información faltante se realizó a partir de la interpolación de valores de acuerdo con un promedio ponderado de precipitaciones acorde con las distancias entre estaciones cercanas, con ello se llegó a obtener la totalidad de la información.

Tabla 9

Valores de precipitación para la cuenca

AUTORIDAD NACIONAL DEL AGUA - ANA - INTERPOLACIÓN												
Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic
1	15.6 4	15.5 1	15.5 4	15.6 4	6.72	1.97	7.07	12.9 4	9.55	19.7 8	18.3 3	17.5 3
2	20.7 8	15.7 1	17.5 1	19.7 0	10.3 0	7.23	7.75	7.90	12.2 6	12.9 9	15.4 9	14.4 3
3	14.0 7	17.1 3	19.4 6	14.4 9	7.23	3.99	2.17	2.05	5.86	11.2 4	15.7 9	18.7 0
4	13.7 0	14.5 2	20.0 1	13.4 7	4.75	2.40	0.10	2.85	3.88	10.6 7	9.30	13.6 9
5	16.3 8	15.4 8	10.4 3	6.32	4.71	1.79	1.40	1.75	6.94	14.5 8	15.3 4	16.6 0
6	14.6 2	20.5 9	16.5 7	12.1 3	3.57	3.72	3.71	1.69	4.56	16.5 8	17.0 9	9.37
7	23.2 4	26.4 6	14.9 5	16.2 3	8.20	4.67	3.16	2.60	13.3 9	14.6 5	13.5 1	14.9 5
8	13.3 3	16.1 5	14.8 7	9.14	7.10	3.82	2.84	6.47	7.52	12.5 5	14.5 7	18.6 5
9	19.5 4	14.8 5	18.4 1	19.1 9	7.58	3.42	8.93	5.86	7.67	15.2 2	21.0 9	19.1 4
10	12.4 3	15.7 3	18.6 6	13.4 3	9.36	2.02	9.31	2.47	8.23	19.1 6	11.1 4	14.9 7
11	13.9 3	17.9 1	16.2 5	12.4 6	7.02	5.46	3.30	6.22	12.0 9	10.9 8	13.0 6	11.8 1
12	9.63	20.5 3	10.1 7	12.7 1	7.14	3.58	6.88	6.74	17.0 5	16.0 5	19.5 2	20.7 1
13	12.5 7	15.9 4	28.9 4	8.89	2.57	2.59	3.09	4.13	3.39	10.3 6	17.2 6	12.3 6
14	14.4 9	19.3 2	15.0 2	18.8 2	2.18	10.3 3	2.55	3.41	10.7 4	13.9 3	21.8 4	18.1 4
15	13.3 6	16.1 9	17.8 3	13.8 0	15.9 3	1.12	6.50	4.13	7.75	15.8 7	13.7 4	20.9 1
16	16.8 2	17.4 8	14.0 6	14.3 5	4.84	4.61	2.39	5.65	7.55	12.3 8	18.7 7	22.4 7
17	19.1 0	14.3 6	28.0 5	13.3 3	9.21	10.9 6	4.74	6.86	4.16	15.0 1	18.8 2	20.6 2
18	18.3 7	18.3 4	25.1 3	10.6 0	11.2 8	1.78	4.54	4.04	7.00	16.1 2	13.5 0	25.6 7
19	16.7 6	13.8 5	20.6 1	17.6 3	7.11	2.91	5.00	6.76	9.07	12.5 6	21.0 4	22.5 9
20	17.3 5	18.6 6	14.2 9	15.1 6	4.67	3.74	3.81	4.44	13.1 1	16.5 2	16.0 9	19.2 6
21	18.4 0	15.6 3	16.0 9	10.8 0	8.32	3.33	5.12	9.27	8.22	17.8 7	13.2 5	14.9 2
22	18.1 7	18.6 1	16.9 3	17.2 6	8.47	7.75	3.55	1.49	12.0 2	16.5 2	12.9 3	19.7 0
23	15.3 3	9.87	14.9 7	16.1 3	7.69	5.07	6.84	5.38	9.34	11.1 2	16.3 4	14.5 4
24	12.1 7	15.5 3	17.0 9	9.64	4.01	3.33	3.48	7.20	7.65	12.6 7	7.96	8.06
25	16.2 9	21.5 0	15.1 0	11.9 6	9.89	0.66	5.53	2.70	6.82	12.8 8	11.7 0	18.0 0
Cant Datos	25.0 0	25.0 0	25.0 0	25.0 0	25.0 0	25.0 0	25.0 0	25.0 0	25.0 0	25.0 0	25.0 0	25.0 0
Desv. Est.	3.08	3.17	4.51	3.42	3.01	2.59	2.33	2.73	3.32	2.64	3.61	4.21

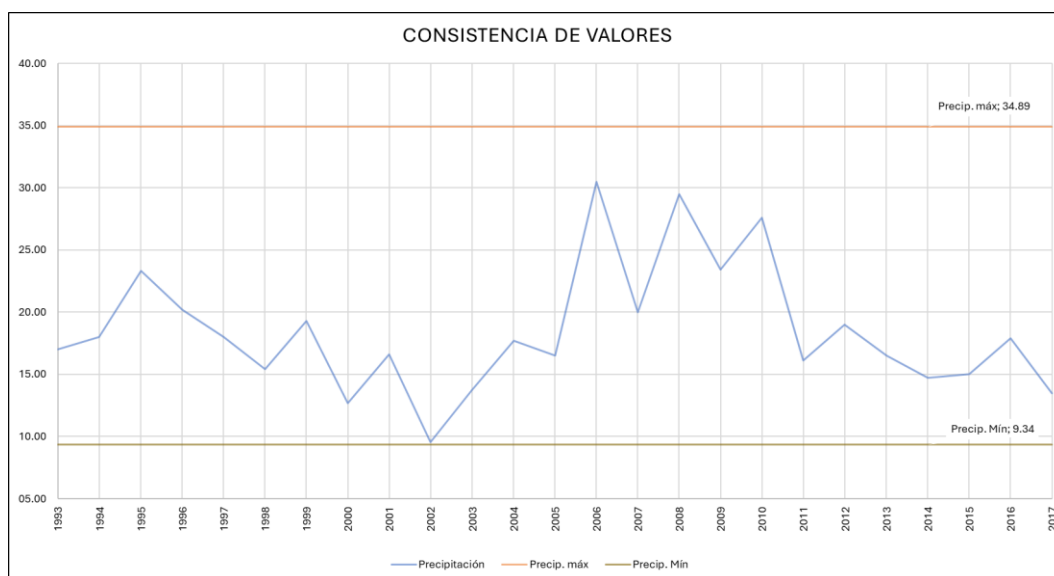
Coef.												
Variación	0.19	0.19	0.26	0.25	0.42	0.63	0.51	0.55	0.38	0.18	0.23	0.25
Prom	15.86	17.03	17.48	13.73	7.19	4.09	4.55	5.00	8.63	14.33	15.50	17.11
Mín	9.63	9.87	10.17	6.32	2.18	0.66	0.10	1.49	3.39	10.36	7.96	8.06
Máx	23.24	26.46	28.94	19.70	15.93	10.96	9.31	12.94	17.05	19.78	21.84	25.67

Nota. Valores de precipitación para la cuenca.

Con la información recopilada de cada una de las estaciones meteorológicas se procedió a la interpolación de precipitaciones con la cuenca de interés, de ella se logró obtener un registro completo al cual se le aplicaron criterios estadísticos de validación.

Figura 16

Análisis de consistencia de valores

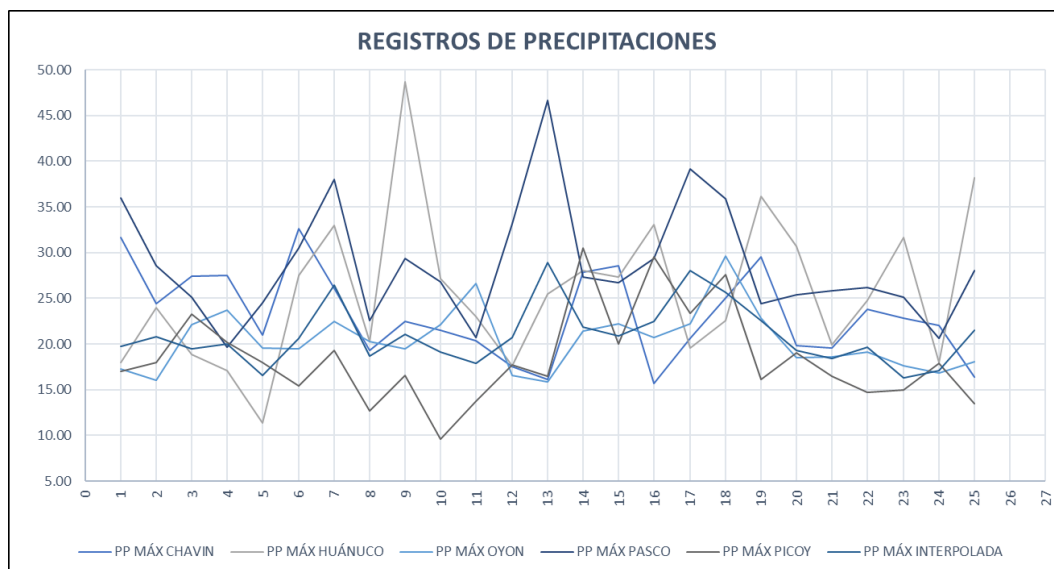


Nota. Prueba de consistencia de valores.

Con los valores del registro histórico de precipitaciones se analizaron sus valores con relación a su consistencia, obteniendo que para los registros la precipitación máxima aceptable es de 34.89 mm, mientras que para el registro de precipitaciones mínimas es de 9.34 mm el valor mínimo aceptado, con ello se pudo verificar que la serie se encuentra dentro de los límites aceptados, validando su consistencia.

Figura 17

Verificación de series de lluvias

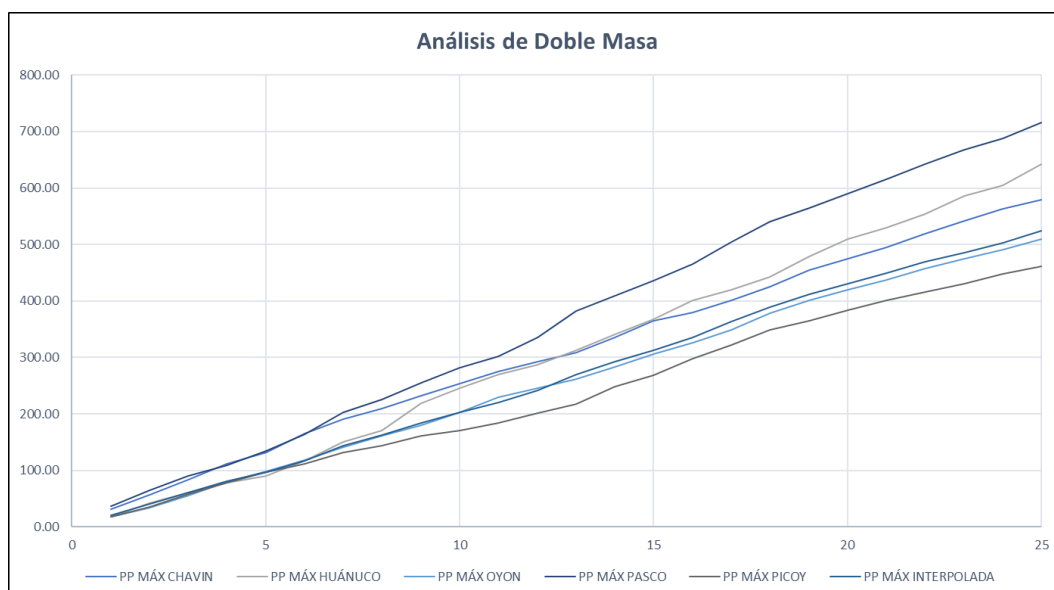


Nota. Comparación de series máximas de precipitación.

Con la obtención de todos los registros de lluvias se pudo determinar que las precipitación es del centroide presentan una correlación con las estaciones analizadas presentando los puntos de elevación en los periodos temporales similares y el bajo registro en las mismas temporadas validando así la consistencia con las estaciones cercanas.

Figura 18

Análisis doble masa



Nota. Comparación de series acumuladas.

En la comparación de Doble Masa para cada una de las estaciones se pudo determinar que la serie que representa a la estación interpolada presenta una mínima cantidad de cambios de pendiente, validando así que la serie que mejor consistencia presenta es la estación interpolada.

Tabla 10

Registro de caudales interpolados para la cuenca

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	PROM
Nro DIAS	30.0	28.0	31.0	30.0	31.0	30.0	31.0	31.0	30.0	31.0	30.0	31.0	
1988	32.9	35.6	33.8	34.9	26.0	24.7	24.0	27.7	27.2	34.7	37.3	35.6	31
1989	40.5	39.0	34.5	36.8	28.6	26.2	24.6	25.4	30.0	27.7	33.3	32.8	32
1990	32.6	36.8	37.8	34.4	26.5	22.9	21.0	22.0	23.2	26.6	30.0	36.8	29
1991	32.5	35.8	36.1	32.6	25.2	23.5	21.5	21.9	21.2	23.2	25.8	29.4	27
1992	33.1	38.1	29.9	25.1	22.0	22.6	20.7	22.0	23.2	28.0	32.8	33.8	28
1993	34.3	42.5	36.6	31.8	24.9	21.0	20.5	21.6	21.7	29.4	33.4	28.2	29
1994	40.8	52.4	36.3	35.2	27.0	23.9	21.7	21.3	28.0	30.6	33.8	33.5	32
1995	34.0	37.1	32.9	28.5	23.9	23.5	21.4	22.2	24.2	27.0	32.1	33.6	28
1996	40.6	37.1	35.0	38.6	27.7	24.0	23.1	22.0	23.7	29.3	39.5	38.4	32
1997	31.9	36.6	37.4	34.3	27.7	24.0	26.0	22.1	22.1	32.6	29.7	31.6	30
1998	31.4	38.8	33.7	31.9	24.9	25.0	22.9	23.0	28.9	27.9	28.2	28.2	29
1999	24.7	37.7	28.9	28.2	23.8	23.0	23.4	22.6	32.0	32.5	36.1	39.2	29
2000	32.3	35.5	47.8	34.5	24.9	23.9	22.6	21.4	21.1	23.1	34.1	29.8	29
2001	31.6	40.9	34.4	37.5	26.7	28.5	22.6	21.6	27.3	29.6	41.3	36.7	32
2002	35.2	36.8	36.1	33.6	34.5	25.9	21.7	20.1	23.5	30.8	31.8	36.9	31
2003	36.7	39.7	32.4	32.2	24.3	23.8	22.2	22.5	23.9	26.7	35.3	41.3	30
2004	40.9	39.6	49.3	36.9	28.3	28.0	22.9	22.8	22.4	28.7	35.3	39.5	33
2005	38.4	39.4	44.5	32.7	28.2	25.6	23.1	23.7	24.7	31.2	32.1	43.4	32
2006	40.3	37.4	38.9	39.2	27.6	23.5	22.1	22.8	24.3	27.1	37.8	42.1	32
2007	38.4	40.2	33.3	33.8	26.0	25.4	21.2	21.5	28.5	32.8	36.4	37.3	31
2008	36.3	37.6	33.8	28.5	25.4	23.7	20.9	23.3	25.3	31.8	30.7	32.6	29
2009	36.4	37.9	34.5	34.6	27.2	25.8	22.0	21.3	25.4	30.7	30.7	36.9	30
2010	35.0	29.9	31.1	34.2	27.1	25.1	23.4	20.5	25.1	27.2	32.8	31.0	29
2011	30.9	35.5	34.3	30.8	22.5	24.0	21.5	23.4	23.8	26.7	26.3	23.9	27
2012	32.5	44.7	35.8	32.3	27.2	24.5	21.7	21.2	24.6	28.5	30.9	33.8	30
MEDIA	34.9	38.5	35.9	33.3	26.3	24.4	22.3	22.3	25.0	28.9	33.1	34.6	30.0
	7	1	7	3	2	8	6	9	2	9	0	5	
DESV EST	3.98	4.0	4.9	3.4	2.5	1.6	1.3	1.5	2.8	2.9	3.8	4.8	1.6
MIN	24.7	29.9	28.9	25.1	22.0	21.0	20.5	0.0	0.0	23.1	25.8	23.9	27.0
MAX	40.9	52.4	49.3	39.2	34.5	28.5	26.0	27.7	32.0	34.7	41.3	43.4	32.9

Nota. Valores de caudal interpolados.

De la misma manera que con las estaciones meteorológicas, se tomaron los valores de caudal de cada una con la finalidad de obtener los valores de caudal para la cuenca a partir de una interpolación por distancias, obteniendo

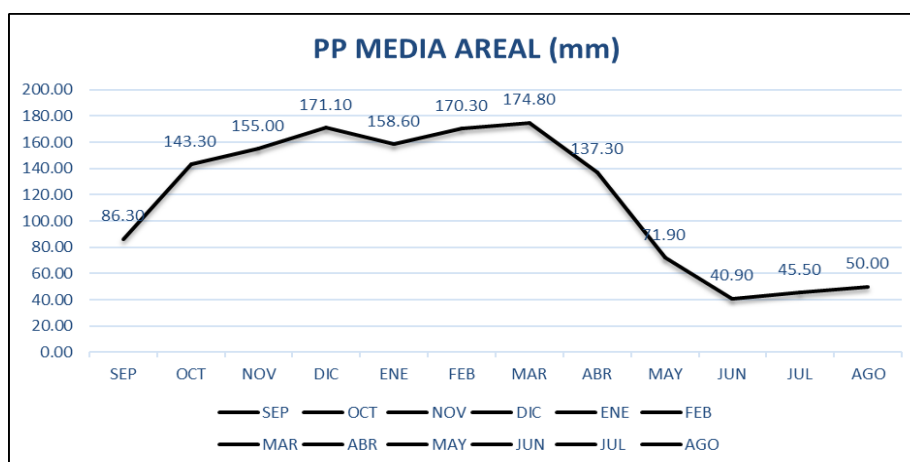
así el registro de comparación de caudales.

➤ Aplicación de método Lutz Scholz

En el análisis de los caudales por la metodología de Lutz Scholz se requiere un análisis de precipitación efectiva en la cual se determinen los gastos y el abastecimiento de los caudales de manera adecuada, con ello se realizaron los siguientes cálculos.

Figura 19

Valores de precipitación promedio mensual acumulado



Nota. Valores de precipitación mensual promedio.

Con la determinación y validación de la estación pluviométrica para el centroide de la cuenca del río Chaupihuaranga se lograron determinar que para la estimación del modelo Lutz Scholz es necesaria la aplicación de los valores medios mensuales para la interpolación con la generación del hidrograma de salida.

Tabla 11

Modelo de coeficientes para la ecuación de curvas Lut Scholz

COEF	I	II	III	
a0	-0.018	-0.021	-0.028	Límite superior para la Precipitación Efectiva: Curva I : PE = P - 120.6 para P > 177.8 mm/mes Curva II : PE = P - 86.4 para P > 152.4 mm/mes Curva III: PE = P - 59.7 para P > 127.0 mm/mes
a1	-0.0185	0.1358	0.2756	
a2	0.001105	-0.002	-0.004103	
a3	-0.00001204	4E-05	5.534E-05	
a4	0.000000144	-9E-08	1.24E-07	
a5	-2.85E-10	-9E-11	-1.42E-09	
C	0.15	0.3	0.45	

Nota. Coeficientes planteados para la metodología Lutz Scholz.

En la aplicación de la metodología, es necesario tener en cuenta la precipitación efectiva y total de la estación con ello también de acuerdo al coeficiente de escorrentía determinaron se procedió a la determinación de las curvas correspondientes al modelo de la cuenca.

Tabla 12

Coeficientes normalizados de abastecimiento para el Perú

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

Nota. Factores de abastecimiento del modelo.

Estos valores ya fueron validados para el país con lo cual fueron puntos de partida en la estimación de caudales medios mensuales, en nuestra aplicación tomaremos en cuenta los coeficientes basados en la región Junín para nuestra primera iteración.

Tabla 13

Primera iteración Lutz Scholz

MES	N° días	PRECIPITACIÓN MENSUAL				CONTRIBUCIÓN DE LA RETENCIÓN				CAUDALES	
		P		Efectiva		Gas to	Abastecimiento				
		Total mm/ mes	PE II mm/ mes	PE III mm/ mes	PE mm/ mes	bi	Gi mm/ mes	ai	Ai mm/ mes	mm/ mes	m3/ s
ENE	30	158.60	72.20	98.90	58.95			0.30	54.46	4.49	3.51
FEB	28	170.30	83.90	110.60	70.65			0.30	54.46	16.19	13.55
MAR	31	174.80	88.40	115.10	75.15			0.05	9.08	66.07	49.96
ABR	30	137.30	51.99	77.60	39.28	0.82	47.49			86.77	67.80
MAY	31	71.90	11.49	19.73	7.40	0.66	38.71			46.11	34.87
JUN	30	40.90	4.41	8.35	2.45	0.54	31.56			34.01	26.57
JUL	31	45.50	5.10	9.48	2.93	0.44	25.72			28.65	21.66
AGO	31	50.00	5.88	10.74	3.47	0.36	20.97			24.43	18.48
SEP	30	86.30	17.19	28.85	11.41	0.29	17.09			28.50	22.27
OCT	31	143.30	57.43	83.60	44.44			0.10	18.15	26.28	19.87
NOV	30	155.00	68.60	95.30	55.35			0.00	0.00	55.35	43.25

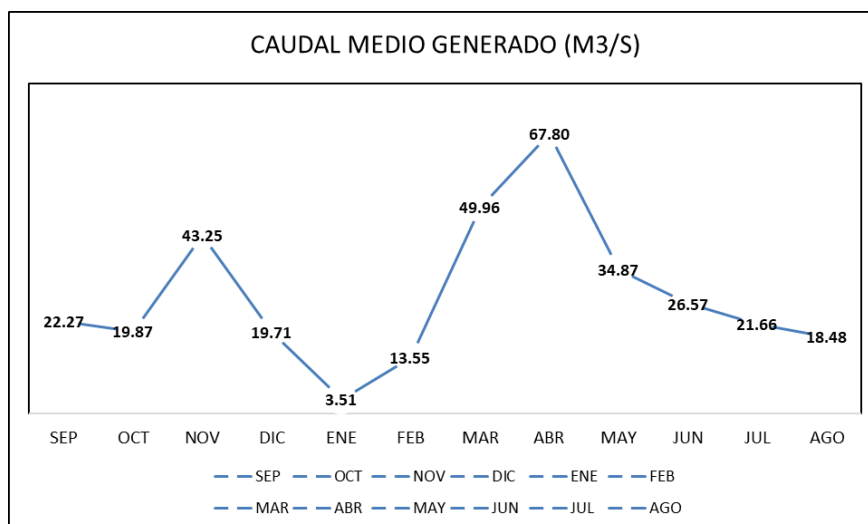
DIC	31	171.1 0	84.70	111.4 0	71.45			0.25	45.39	26.06	19. 71
AÑO		1405. 00	551.2 9	769.6 6	442.9 2	3.1 2	181.5 4	1.00	181.5 4	442.9 2	28. 46
Coeficiente C:		0.32	1.50	-0.50	1.00						

Nota. Estimación de Lutz.

Con los valores de los coeficientes y con la determinación de los valores de gasto y abastecimiento en el modelo se lograron determinar nuestra primera iteración de ajuste el cual nos da como un valor de retención y gasto de 181.54 mm, dicho valor será reajustado al no trabajar con los coeficientes adecuados para la región.

Figura 20

Caudales medios método Lutz Scholz

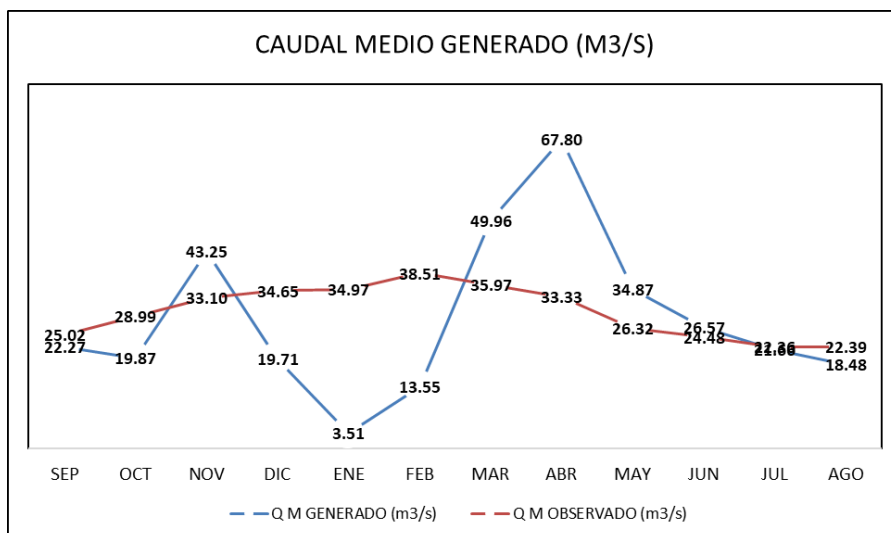


Nota. Valores de caudales medios.

En el modelo Lutz se pudo determinar que el valor de caudal pico se da para los meses de agosto de abril con lo cual se comprueba la correlación de temperatura y eventos climatológicos con la región, dicho valor crítico se da con 67.80 m3/s.

Figura 21

Variación inicial con caudales observados



Nota. Valores en comparación.

Si bien los valores de la primera iteración presentan un adecuado pico en cuanto a crecidas de caudal, estos comparados con los valores de caudal observados no se ajustan a las lecturas reales.

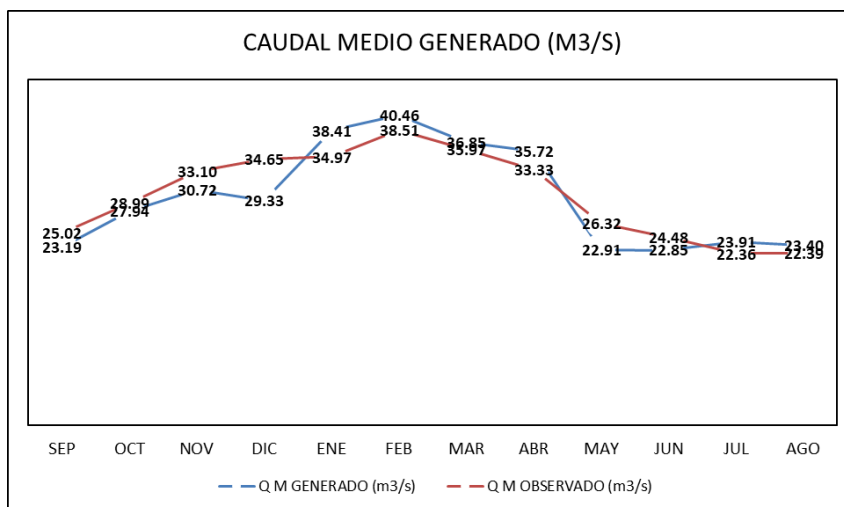
Tabla 14

Corrección de factores de región

MES	N° días	PRECIPITACIÓN MENSUAL				CONTRIBUCIÓN DE LA RETENCIÓN				CAUDALES	
		P	PE II	Efectiva		Gasto	Gi	Abastecimiento		Ai	mm/mes
		Total		PE III	PE	bi		ai			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
SEP	30	86.3	17.19	28.85	12.3	13.8	17.42935112			29.68	23.195
OCT	31	143.3	57.43	83.60	46.3			5.172	9.389732812	36.94	27.936
NOV	30	155.0	68.60	95.30	57.3			9.901	17.97504534	39.31	30.717
DIC	31	171.1	84.70	111.40	73.4			19.056	34.5944757	38.79	29.333
ENE	30	158.6	72.20	98.90	60.9			6.461	11.72898758	49.16	38.410
FEB	28	170.3	83.90	110.60	72.6			13.36	24.25445983	48.33	40.463
MAR	31	174.8	88.40	115.10	77.1			15.621	28.35785346	48.73	36.847
ABR	30	137.3	51.99	77.60	41.1	3.630	4.579			45.72	35.721
MAY	31	71.9	11.49	19.73	8.0	17.650	22.292			30.29	22.906
JUN	30	40.9	4.41	8.35	2.7	20.98	26.4992749			29.24	22.846
JUL	31	45.5	5.10	9.48	3.2	22.47	28.37410778			31.62	23.910
AGO	31	50.0	5.88	10.74	3.8	21.48	27.12650771			30.95	23.402
AÑO		1405.0	551.3	769.7	458.8	100.010	126.3005547	69.57	126.3	458.8	355.685
COEF		0.327	1.424	-0.424	1						

Nota. Corrección con valores de región.

Con la estimación y en una primera iteración se lograron corregir los factores de peso para la región que inicialmente fueron tomadas para la región Junín obteniendo así un mejor ajuste con relación a los resultados.

Figura 22*Validación de primera iteración**Nota. Comparación de modelo Lutz con caudales observados.*

Como se puede observar la validación del resultados con la corrección de los factores de gasto y abastecimiento aplicados para la zona ajustan de mejor manera a los resultados con los caudales registrados, con ello obteniendo un ajuste óptimo.

➤ Comparación de caudales medios

Tabla 15*Prueba T student*

	Q observado	Q generado
Media	30.0063752	29.6404031
Varianza	32.8244348	44.7199267
Observaciones	12	12
Coeficiente de correlación de Pearson	0.92103229	
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	11	
Estadístico t	0.48023959	
P(T<=t) una cola	0.32023253	
Valor crítico de t (una cola)	1.79588482	
P(T<=t) dos colas	0.64046506	
Valor crítico de t (dos colas)	2.20098516	

Nota. Comparación de resultados obtenidos.

La prueba t de Student aplicada a los caudales observados y generados mostró que no existió una diferencia estadísticamente significativa entre

ambas series. Los caudales observados presentaron una media de 30.01 m³/s y los generados de 29.64 m³/s, con varianzas de 32.82 y 44.72 respectivamente. Uno de los aspectos más relevantes del análisis fue el coeficiente de correlación de Pearson, el cual alcanzó un valor de 0.92, indicando una correlación muy fuerte, positiva y casi lineal entre ambos conjuntos de datos. Este alto grado de asociación sugiere que a medida que aumentaban los caudales observados, los generados también lo hacían en proporción similar, lo cual evidenció que el modelo aplicado no solo estimó valores cercanos en magnitud, sino que también replicó con fidelidad la tendencia y comportamiento hidrológico de la serie real. Además, el estadístico t calculado fue de 0.48, menor que el valor crítico de t para dos colas (2.20), y el valor p fue de 0.64, lo cual llevó a no rechazar la hipótesis nula. En consecuencia, se concluyó que los caudales generados representaron adecuadamente a los caudales observados, validando la precisión y confiabilidad del modelo utilizado.

4.2. CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS Y PRUEBA DE HIPÓTESIS

Hg: El análisis comparativo de los caudales medios mensuales empleando el método Lutz Scholz y los datos obtenidos de una estación hidrométrica, entonces se identificarán similitudes y diferencias que permitirán evaluar la precisión y aplicabilidad de ambos métodos en la cuenca del río Chaupihuaranga, localidad de Cochachinche - Huánuco.

Tabla 16

Prueba T student

	Q observado	Q generado
Media	30.0063752	29.6404031
Varianza	32.8244348	44.7199267
Observaciones	12	12
Coeficiente de correlación de Pearson	0.92103229	
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	11	
Estadístico t	0.48023959	
P(T<=t) una cola	0.32023253	
Valor crítico de t (una cola)	1.79588482	
P(T<=t) dos colas	0.64046506	
Valor crítico de t (dos colas)	2.20098516	

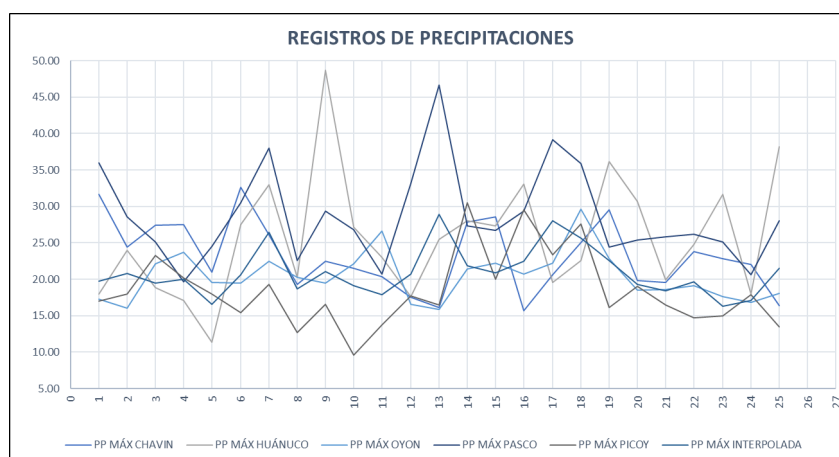
Nota. Comparación de resultados obtenidos.

Según la correlación de Pearson, el cual alcanzó un valor de 0.92, indicando una correlación muy fuerte, positiva y casi lineal entre ambos conjuntos de datos. Este alto grado de asociación sugiere que a medida que aumentaban los caudales observados, los generados también lo hacían en proporción similar, lo cual evidenció que el modelo aplicado no solo estimó valores cercanos en magnitud, sino que también replicó con fidelidad la tendencia y comportamiento hidrológico de la serie real. Con ello se dio por verdadera la hipótesis general.

He: Al recolectar y procesar los datos hidrométricos históricos de la estación seleccionada con calidad y consistencia, se asegura que los datos sean confiables para el análisis de los caudales en la cuenca del río Chaupihuaranga, localidad de Cochachinche, Huánuco.

Figura 23

Verificación de series de lluvias



Nota. Comparación de series máximas de precipitación.

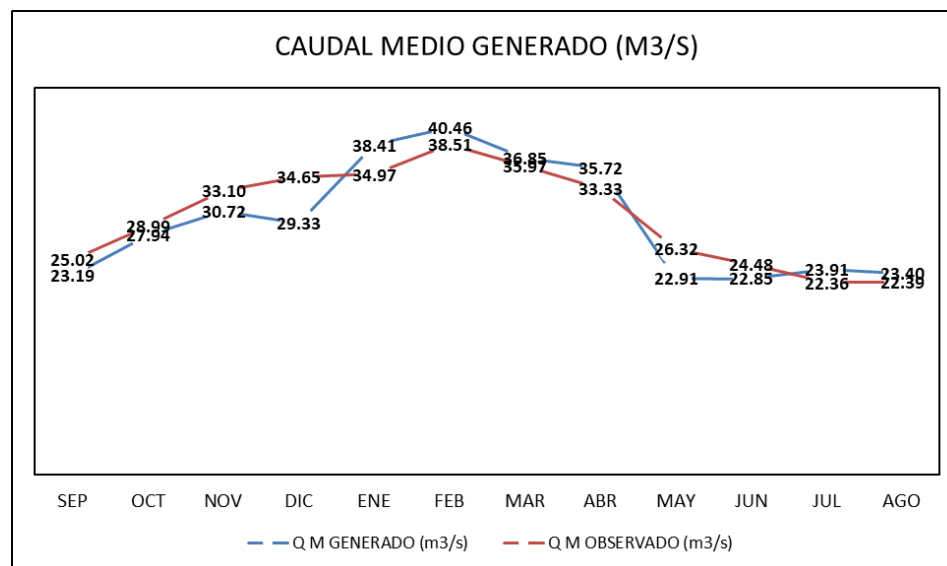
Con la obtención de todos los registros de lluvias se pudo determinar que las precipitación es del centroide presentan una correlación con las estaciones analizadas presentando los puntos de elevación en los periodos temporales similares y el bajo registro en las mismas temporadas validando así la consistencia con las estaciones cercanas. Con ello se valida la primera hipótesis específica.

He: Al aplicar el método Lutz Scholz para estimar los caudales medios mensuales, los valores obtenidos serán comparables con los datos

registrados por la estación hidrométrica en la cuenca del río Chaupihuaranga, localidad de Cochachinche, Huánuco.

Figura 24

Validación de primera iteración



Nota. Comparación de modelo Lutz con caudales observados.

Como se puede observar la validación del resultados con la corrección de los factores de gasto y abastecimiento aplicados para la zona ajustan de mejor manera a los resultados con los caudales registrados, con ello obteniendo un ajuste óptimo. Con dichos resultados se pudo validar la segunda hipótesis específica.

He: Al comparar los resultados del método Lutz Scholz con los caudales registrados por la estación hidrométrica, se identificarán similitudes, diferencias y posibles fuentes de discrepancia de la cuenca del río Chaupihuaranga, localidad de Cochachinche - Huánuco.

Tabla 17

Prueba T student

	Q observado	Q generado
Media	30.0063752	29.6404031
Varianza	32.8244348	44.7199267
Observaciones	12	12
Coeficiente de correlación de Pearson	0.92103229	
Diferencia hipotética de las medias	0	

Grados de libertad	11
Estadístico t	0.48023959
P(T<=t) una cola	0.32023253
Valor crítico de t (una cola)	1.79588482
P(T<=t) dos colas	0.64046506
Valor crítico de t (dos colas)	2.20098516

Nota. Comparación de resultados obtenidos.

La prueba t de Student aplicada a los caudales observados y generados mostró que no existió una diferencia estadísticamente significativa entre ambas series. Los caudales observados presentaron una media de 30.01 m³/s y los generados de 29.64 m³/s, con varianzas de 32.82 y 44.72 respectivamente. Además, el estadístico t calculado fue de 0.48, menor que el valor crítico de t para dos colas (2.20), y el valor p fue de 0.64, lo cual llevó a no rechazar la hipótesis nula. En consecuencia, se concluyó que los caudales generados representaron adecuadamente a los caudales observados, validando la precisión y confiabilidad del modelo utilizado. Validando así la última hipótesis específica.

CAPITULO V

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

López (2023) aplicó el modelo hidrológico Lutz-Scholz en la subcuenca del río Gera, en Tarapoto, con el objetivo de estimar los caudales medios mensuales a partir de datos históricos de precipitación, temperatura y caudal. El modelo fue evaluado mediante indicadores estadísticos, obteniéndose un coeficiente de determinación de $R^2 = 0.87$ y un error medio absoluto de 2.15 m³/s, lo que reflejó una alta concordancia entre los valores observados y simulados. Además, se evidenció una marcada estacionalidad, determinada principalmente por las lluvias entre noviembre y abril, alcanzando un caudal máximo de 35.8 m³/s en marzo y un mínimo de 12.6 m³/s en agosto. En el caso de nuestra investigación, desarrollada en la cuenca del río Chaupihuaranga, se logró identificar un caudal pico de 67.80 m³/s entre los meses de abril y agosto, periodo en el cual la temperatura y la dinámica climática regional ejercieron una influencia considerable. Asimismo, se obtuvo una correlación de 0.92 entre los caudales generados por el modelo y los datos observados, y la prueba t de Student confirmó que no existió una diferencia estadísticamente significativa entre ambas series, lo que validó la confiabilidad del modelo aplicado. A diferencia del estudio de López, donde la estacionalidad estuvo claramente asociada a la precipitación, en nuestra investigación se evidenció que la temperatura tuvo un rol más determinante en la generación de caudales, especialmente durante el periodo de transición estacional. Además, el mayor valor de correlación en nuestro caso sugirió que el modelo logró un ajuste más preciso, posiblemente debido a la incorporación de factores locales de gasto y abastecimiento, lo que permitió una mejor representación del comportamiento hidrológico real de la cuenca.

Teodoro (2022) desarrolló un estudio en la microcuenca del río Higuera, en Huánuco, con el objetivo de comparar los caudales medios mensuales estimados mediante el método Lutz-Scholz frente a los valores obtenidos por la estación hidrométrica local durante el periodo 2017–2018. La metodología combinó la recopilación de datos de la estación “Higuera” con la aplicación del modelo Lutz-Scholz, integrando análisis probabilístico y estadístico. Los

resultados mostraron una alta correlación de 0.91 entre ambos conjuntos de datos, aunque se detectaron ligeras desviaciones durante el estiaje, con un error medio relativo (EMR) promedio de 6.8 %. Se concluyó que el método Lutz-Scholz fue eficaz, sobre todo en contextos con información limitada, y se resaltó su utilidad como herramienta complementaria para la estimación de caudales en zonas con escasa cobertura hidrométrica. En nuestra investigación, realizada en la cuenca del río Chaupihuaranga, también se aplicó el método Lutz-Scholz para estimar caudales medios mensuales, obteniendo una correlación de 0.92 respecto a los datos observados, y un ajuste estadísticamente no significativo según la prueba t de Student. Además, se identificó un caudal pico de 67.80 m³/s entre abril y agosto, lo que reflejó la influencia de condiciones climáticas regionales. Al igual que en el estudio de Teodoro, los resultados confirmaron la utilidad del modelo Lutz-Scholz como herramienta confiable en cuencas con datos hidrométricos limitados. Sin embargo, a diferencia de aquel, en nuestra investigación el modelo mostró un desempeño ligeramente superior en términos de correlación, posiblemente debido a la calibración de factores de gasto y abastecimiento específicos de la zona, lo que permitió reducir las desviaciones durante periodos críticos como el estiaje. Esto refuerza la adaptabilidad del modelo no solo en microcuencas, sino también en cuencas de mayor escala con características geográficas complejas.

CONCLUSIONES

Del análisis comparativo de los caudales medios se pudo concluir, según la correlación de Pearson, el cual alcanzó un valor de 0.92, indicando una correlación muy fuerte, positiva y casi lineal entre ambos conjuntos de datos. Este alto grado de asociación sugiere que a medida que aumentaban los caudales observados, los generados por las metodologías Lutz Scholz también lo hacían en proporción similar.

Del análisis comparativo mediante la metodología de Lutz-Scholz, se concluyó que el caudal pico se presentó en los meses de abril a agosto, alcanzando un valor crítico de $67.80 \text{ m}^3/\text{s}$, lo que evidenció la relación entre temperatura y eventos climáticos en la región. Aunque la primera iteración del modelo reflejó adecuadamente el comportamiento de crecidas, no se ajustó completamente a los caudales observados. Sin embargo, al aplicar correcciones en los factores de gasto y abastecimiento propios de la zona, se logró un ajuste óptimo con los valores registrados.

Del análisis comparativo mediante la metodología de Lutz-Scholz, se concluyó que el caudal pico se presentó en los meses de abril a agosto, alcanzando un valor crítico de $67.80 \text{ m}^3/\text{s}$, lo que evidenció la relación entre temperatura y eventos climáticos en la región. Aunque la primera iteración del modelo reflejó adecuadamente el comportamiento de crecidas, no se ajustó completamente a los caudales observados. Sin embargo, al aplicar correcciones en los factores de gasto y abastecimiento propios de la zona, se logró un ajuste óptimo con los valores registrados.

La prueba t de Student aplicada a los caudales observados y generados mostró que no existió una diferencia estadísticamente significativa entre ambas series. Los caudales observados presentaron una media de $30.01 \text{ m}^3/\text{s}$ y los generados de $29.64 \text{ m}^3/\text{s}$, con varianzas de 32.82 y 44.72 respectivamente. Además, el estadístico t calculado fue de 0.48, menor que el valor crítico de t para dos colas (2.20), y el valor p fue de 0.64, lo cual llevó a no rechazar la hipótesis nula. En consecuencia, se concluyó que los caudales generados representaron adecuadamente a los caudales observados, validando la precisión y confiabilidad del modelo utilizado.

RECOMENDACIONES

Se recomienda mantener una base de datos hidrométrica actualizada, completa y depurada, mediante protocolos de validación periódica, con el fin de garantizar insumos confiables para futuras aplicaciones de modelos hidrológicos y estudios de comparación en la cuenca del río Chaupihuaranga.

Se recomienda aplicar el modelo Lutz-Scholz considerando ajustes específicos de la zona, como factores de gasto y abastecimiento, lo cual permitirá obtener estimaciones más representativas del comportamiento hidrológico mensual en la cuenca del río Chaupihuaranga.

Se recomienda realizar evaluaciones iterativas y calibraciones continuas al comparar modelos con datos observados, con el objetivo de mejorar la precisión y detectar tempranamente discrepancias en la estimación de caudales en escenarios reales.

Se recomienda incorporar análisis estadísticos comparativos como herramientas estándar en la validación de modelos hidrológicos, de modo que se puedan identificar con claridad los niveles de ajuste, discrepancias y oportunidades de mejora en las simulaciones de caudal en la cuenca del río Chaupihuaranga.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Autoridad Nacional del Agua (ANA). (2019). *Gestión integrada de recursos hídricos en el Perú*. Lima: ANA.
- Calderón Sánchez , S., & Mendoza Briones , M. (2024). *Aplicación de modelación del ciclo hidrológico en la microcuenca hidrográfica carrizal*. Calceta: Escuela Superior Politécnica Agropecuaria De Manabí Manuel Félix López.
- Castillo, P. (2020). *Impacto de las actividades humanas en los recursos hídricos*. Lima: Fondo Editorial de la Pontificia Universidad Católica del Perú.
- Chávez Yáñez, J. (2020). *Hidrometría y gestión de los recursos hídricos en el Perú*. Lima: Fondo Editorial de la Universidad Nacional Agraria La Molina.
- Condori Chura. (2019). *Modelo Lutz Scholz*. Huánuco: Universidad Alas Peruanas.
- Egúsqüiza Risco, A. (2019). *Hidrología aplicada: fundamentos y prácticas para la gestión del agua*. Lima: Universidad Nacional de Ingeniería.
- Gómez Becerra, J. (2019). *Impactos de la variabilidad climática en los caudales y la gestión de recursos hídricos en el Perú*. Arequipa: Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa.
- Gutiérrez, A. (2021). *Análisis de caudales medios mensuales en la cuenca del río Santa*. Lima: Universidad Nacional de San Marcos.
- Hernandez et al. (2014). *Metodología de la Investigación*. (6ta ed.). México D.F: McGraw-Hill. doi:<https://www.esup.edu.pe/wp-content/uploads/2020/12/2.%20Hernandez,%20Fernandez%20y%20Baptista-Metodolog%C3%ADa%20Investigacion%20Cientifica%206ta%20ed.pdf>
- Kundzewicz, Z. W. (2008). *Climate change and water resources*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Loarte, T. (2022). *Análisis Hidrológico* . Huánuco: Universidad de Huánuco.

- López Bendezú , C. (2023). *Aplicación del modelo hidrológico Lutz Scholz para el cálculo de caudales medios mensuales en la subcuenca del río Gera*. Tarapoto: Universidad Nacional De San Martín .
- Martínez Ruiz, J. (2021). *Métodos hidrológicos para la gestión del agua en cuencas urbanas*. Lima: Universidad Nacional de Ingeniería.
- Pérez Martínez, L. (2017). *Gestión integral de recursos hídricos y cuencas hidrográficas*. Arequipa: Universidad Nacional de San Agustín.
- Pérez, E. (2020). *Modelación hidrológica: teoría y aplicaciones prácticas*. Lima: Editorial San Marcos.
- Pérez, L. (2017). *Métodos hidrológicos aplicados a la gestión de cuencas en zonas andinas*. Lima: Editorial San Marcos.
- Pizarro Castillo, E. (2019). *Hidrología aplicada a la gestión de cuencas*. Lima: hidrología aplicada a la gestión de cuencas.
- Ríos Flores, C. (2017). *Hidrología y recursos hídricos en el Perú*. Lima: Universidad Nacional Agraria La Molina.
- Rios M. (2020). *Balance hídrico y su uso en la estimación de caudales en cuencas andinas*. Lima: UNI.
- Rodríguez, L. (2019). *Estudio de variabilidad estacional de caudales en el río Rímac*. Lima: UNI.
- Rodríguez, L. (2020). *Fundamentos y métodos de análisis hidrológico*. Lima: Universidad Nacional Agraria La Molina.
- Sánchez, E. (2020). *Gestión y análisis de datos hidrológicos: métodos y aplicaciones*. Lima: Editorial San Marcos.
- Sánchez, P. (2018). *Metodología de la investigación: Enfoques y procesos*. Lima: San Marcos.
- Teodoro Loarte, 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*. Huánuco: Universidad De Huánuco.
- Ticona Neyra, O. (2021). *Análisis comparativo de las metodologías para estimar el caudal ecológico en la bocatoma del brazo – cuenca del río Camaná – Majes- Colca. Perú*. Buenos Aires: Universidad Nacional De La Plata.

- Vásquez G., J. (2020). *Hidrología: fundamentos y aplicaciones*. Lima: Universidad Nacional Agraria La Molina.
- Velasquez Borja, J. (2024). *Modelos hidrológicos para la determinación de caudales medios mensuales en la subcuenca del río Monzón, con fines de irrigación en la localidad de Camote, Huánuco 2024*. Huánuco: Universidad De Huánuco.
- Zárate Torres, C. (2020). *Modelamiento hidrológico de caudales medios mensuales en cuencas sin información hidrométrica aplicando el método Lutz Scholz y las redes neuronales artificiales, en la microcuenca Huajiri - Oropesa - Antabamba - Apurímac*. . Lima: UNIVERSIDAD PERUANA DE CIENCIAS APLICADAS.
- Zorrilla Marcas, Y. (2023). *Validación de caudales medios mensuales usando la data grillada pisco para estimación de datos faltantes* . Lima: Universidad Ricardo Palma.

COMO CITAR ESTE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

Meza Campos, N. (2025). *Análisis comparativo de los caudales medios mensuales empleando el método Lutz Scholz y los datos obtenidos de una estación hidrométrica, en la cuenca del río Chaupihuaranga, Cochachinche - Huánuco* [Tesis de pregrado, Universidad de Huánuco]. Repositorio Institucional UDH. <http://...>

ANEXOS

ANEXO 1

RESOLUCIÓN DE APROBACIÓN DEL PROYECTO DE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO

Facultad de Ingeniería

RESOLUCIÓN N° 0237-2025-D-FI-UDH

Huánuco, 14 de febrero de 2025

Visto, el Oficio N° 0143-2025-C-PAIC-FI-UDH, mediante el cual el Coordinador Académico de Ingeniería Civil, remite el dictamen de los jurados revisores, del Trabajo de Investigación (Tesis) intitulado: "ANÁLISIS COMPARATIVO DE LOS CAUDALES MEDIOS MENSUALES EMPLEANDO EL MÉTODO LUTZ SCHOLZ Y LOS DATOS OBTENIDOS DE UNA ESTACIÓN HIDROMÉTRICA, EN LA CUENCA DEL RÍO CHAUPIHUARANGA, COCHACHINCHE - HUÁNUCO", presentado por el (la) Bach. Noemi Mery MEZA CAMPOS.

CONSIDERANDO:

Que, mediante Resolución N° 006-2001-R-AU-UDH, de fecha 24 de julio de 2001, se crea la Facultad de Ingeniería, y;

Que, mediante Resolución de Consejo Directivo N° 076-2019-SUNEDU/CD, de fecha 05 de junio de 2019, otorga la Licencia a la Universidad de Huánuco para ofrecer el servicio educativo superior universitario, y;

Que, mediante Resolución N° 2744-2024-D-FI-UDH, de fecha 12 de diciembre de 2024, perteneciente al Bach. Noemi Mery MEZA CAMPOS se le designó como ASESOR(A) de Tesis a la Mg. Ingrid Delia Dignarda Arteaga Espinoza, docente adscrito al Programa Académico de Ingeniería Civil, de la Facultad de Ingeniería, y;

Que, según Oficio N° 0143-2025-C-PAIC-FI-UDH, del Coordinador Académico quien informa que los JURADOS REVISORES del Trabajo de Investigación (Tesis) intitulado: "ANÁLISIS COMPARATIVO DE LOS CAUDALES MEDIOS MENSUALES EMPLEANDO EL MÉTODO LUTZ SCHOLZ Y LOS DATOS OBTENIDOS DE UNA ESTACIÓN HIDROMÉTRICA, EN LA CUENCA DEL RÍO CHAUPIHUARANGA, COCHACHINCHE -HUÁNUCO", presentado por el (la) Bach. Noemi Mery MEZA CAMPOS, integrado por los siguientes docentes: Mg. Luis Fernando Narro Jara (Presidente), Mg. Percy Mello Dávila Herrera (Secretario) y Mg. Leonel Marlo Aguilar Alcántara (Vocal), quienes declaran APTO para ser ejecutado el Trabajo de Investigación (Tesis), y;

Estando a las atribuciones conferidas al Decano de la Facultad de Ingeniería y con cargo a dar cuenta en el próximo Consejo de Facultad.

SE RESUELVE:

Artículo Primero. - APROBAR, el Trabajo de Investigación (Tesis) y su ejecución intitulado: "ANÁLISIS COMPARATIVO DE LOS CAUDALES MEDIOS MENSUALES EMPLEANDO EL MÉTODO LUTZ SCHOLZ Y LOS DATOS OBTENIDOS DE UNA ESTACIÓN HIDROMÉTRICA, EN LA CUENCA DEL RÍO CHAUPIHUARANGA, COCHACHINCHE -HUÁNUCO", presentado por el (la) Bach. Noemi Mery MEZA CAMPOS, para optar el Título Profesional de Ingeniero(a) Civil, del Programa Académico de Ingeniería Civil, de la Universidad de Huánuco.

Artículo Segundo. - El Trabajo de Investigación (Tesis) deberá ejecutarse hasta un plazo máximo de 1 año de su Aprobación. En caso de incumplimiento podrá solicitar por única vez la ampliación del mismo (6 meses).

REGÍSTRESE, COMUNÍQUESE Y ARCHÍVESE



UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO
FACULTAD DE INGENIERÍA
Ing. Ethel Mercedes Muzana Lozano
SECRETARIA DOCENTE



UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO
FACULTAD DE INGENIERÍA
Mg. Noemi Mery Meza Campos
DECANO RUC - FACULTAD DE INGENIERÍA

Distribución:

Fac. de Ingeniería - PAIC - Asesor - Exp. Graduando - Interesado - Archivo.
BCR/EJML/rto.

ANEXO 2

RESOLUCIÓN DE NOMBRAMIENTO DE ASESOR

UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO

Facultad de Ingeniería

RESOLUCIÓN N° 2744-2024-D-FI-UDH

Huánuco, 12 de diciembre de 2024

Visto, el Oficio N° 1856-2024-C-PAIC-FI-UDH presentado por el Coordinador del Programa Académico de Ingeniería Civil y el Expediente N° 520656-0000009982, de la Bach. **Noemi Mery MEZA CAMPOS**, quien solicita Asesor de Tesis, para desarrollar el trabajo de investigación (Tesis).

CONSIDERANDO:

Que, de acuerdo a la Nueva Ley Universitaria 30220, Capítulo V, Art 45º inc. 45.2, es procedente su atención, y;

Que, según el Expediente N° 520656-0000009982, presentado por el (la) Bach. **Noemi Mery MEZA CAMPOS**, quien solicita Asesor de Tesis, para desarrollar su trabajo de investigación (Tesis), el mismo que propone a la Mg. Ingrid Delia Dignarda Arteaga Espinoza, como Asesor de Tesis, y;

Que, según lo dispuesto en el Capítulo II, Art. 27 y 28 del Reglamento General de Grados y Títulos de la Universidad de Huánuco vigente, es procedente atender lo solicitado, y;

Estando a Las atribuciones conferidas al Decano de la Facultad de Ingeniería y con cargo a dar cuenta en el próximo Consejo de Facultad.

SE RESUELVE:

Artículo Primero. - DESIGNAR, como Asesor de Tesis de la Bach. **Noemi Mery MEZA CAMPOS** a la Mg. Ingrid Delia Dignarda Arteaga Espinoza, Docente del Programa Académico de Ingeniería Civil, Facultad de Ingeniería.

Artículo Segundo. - El interesado tendrá un plazo máximo de 6 meses para solicitar revisión del Trabajo de Investigación (Tesis). En todo caso deberá de solicitar nuevamente el trámite con el costo económico vigente.

REGÍSTRESE, COMUNÍQUESE Y ARCHÍVESE



Distribución:

Fac. de Ingeniería – PAIC – Asesor – Mat. y Reg.Acad. – Interno – Archivo.
SECRETARÍA

ANEXO 3

MATRIZ DE CONSISTENCIA

TÍTULO: “ANÁLISIS COMPARATIVO DE LOS CAUDALES MEDIOS MENSUALES EMPLEANDO EL MÉTODO LUTZ SCHOLZ Y LOS DATOS OBTENIDOS DE UNA ESTACIÓN HIDROMÉTRICA, EN LA CUENCA DEL RÍO CHAUPIHUARANGA, COCHACHINCHÉ - HUÁNUCO.”

Tabla 18

Matriz de consistencia

FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS
Problema General: ¿Cómo se pueden analizar las diferencias en los caudales medios mensuales empleando el método Lutz Scholz y los datos obtenidos de una estación hidrométrica, en la cuenca del río Chaupihuaranga, localidad de Cochachinche - Huánuco?	Objetivo general Realizar un análisis comparativo de los caudales medios mensuales empleando el método Lutz Scholz y los datos obtenidos de una estación hidrométrica, en la cuenca del río Chaupihuaranga, localidad de Cochachinche - Huánuco.	Hipótesis general El análisis comparativo de los caudales medios mensuales empleando el método Lutz Scholz y los datos obtenidos de una estación hidrométrica, entonces se identificarán similitudes y diferencias que permitirán evaluar la precisión y aplicabilidad de ambos métodos en la cuenca del río Chaupihuaranga, localidad de Cochachinche - Huánuco.	Técnicas: Se empleará la recolección de datos documentales para obtener los caudales registrados en la estación hidrométrica y los cálculos realizados mediante el método Lutz Scholz. Instrumentos: incluirán registros históricos proporcionados por la estación hidrométrica de la cuenca del río Chaupihuaranga, donde se
Problemas Específicos: ¿Cómo se pueden recolectar y procesar los datos hidrométricos históricos de manera efectiva para	Objetivos específicos Recolectar y procesar los datos hidrométricos históricos de la estación seleccionada, asegurando	Hipótesis específicas Al recolectar y procesar los datos hidrométricos históricos de la estación seleccionada con calidad y consistencia, se	

garantizar su calidad y consistencia en el análisis de la cuenca del río Chaupihuaranga, localidad de Cochachinche, Huánuco?	su calidad y consistencia para el análisis de la cuenca del río Chaupihuaranga, localidad de Cochachinche - Huánuco.	asegura que los datos sean confiables para el análisis de los caudales en la cuenca del río Chaupihuaranga, localidad de Cochachinche, Huánuco.	almacenan los caudales mensuales.
¿Qué procedimientos se deben seguir al aplicar el método Lutz Scholz para estimar los caudales medios mensuales y obtener valores comparables con los datos provenientes de la estación hidrométrica de la cuenca del río Chaupihuaranga, localidad de Cochachinche - Huánuco?	Aplicar el método Lutz Scholz para estimar los caudales medios mensuales y obtener valores comparables con los datos provenientes de la estación hidrométrica de la cuenca del río Chaupihuaranga, localidad de Cochachinche - Huánuco.	Al aplicar el método Lutz Scholz para estimar los caudales medios mensuales, los valores obtenidos serán comparables con los datos registrados por la estación hidrométrica en la cuenca del río Chaupihuaranga, localidad de Cochachinche, Huánuco.	
¿Qué similitudes, diferencias y posibles fuentes de discrepancia surgen al comparar los caudales medios mensuales obtenidos mediante el método Lutz Scholz con los caudales registrados por la estación hidrométrica en la cuenca	Comparar los resultados obtenidos del método Lutz Scholz con los caudales registrados por la estación hidrométrica, identificando similitudes, diferencias y posibles fuentes de discrepancia de la cuenca del río Chaupihuaranga,	Al comparar los resultados del método Lutz Scholz con los caudales registrados por la estación hidrométrica, se identificarán similitudes, diferencias y posibles fuentes de discrepancia de la cuenca del río Chaupihuaranga, localidad de Cochachinche - Huánuco.	
VARIABLES			

del río Chaupihuaranga, localidad de Cochachinche -
de Cochachinche, Huánuco? Huánuco.

Variable Independiente

El método utilizado para calcular los caudales medios mensuales (método Lutz Scholz y datos de la estación hidrométrica).

DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN	POBLACIÓN Y MUESTRA
Enfoque Se enmarcará en un enfoque cuantitativo.	Población En el contexto de esta investigación, se define como población al cauce del río Chaupihuaranga.
Alcance o Nivel Corresponderá a un alcance correlacional-comparativo.	Muestra Para el estudio, se toma como muestra un sector de 650 metros del cauce del río Chaupihuaranga, ubicado aguas abajo del cementerio general de Cochachinche.
Diseño Se desarrollará bajo un diseño transversal no experimental.	

Variable Dependiente

Las similitudes y diferencias identificadas, así como la precisión y aplicabilidad de ambos métodos.

ANEXO 4

INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

Figura 25

Zona de Visita técnica

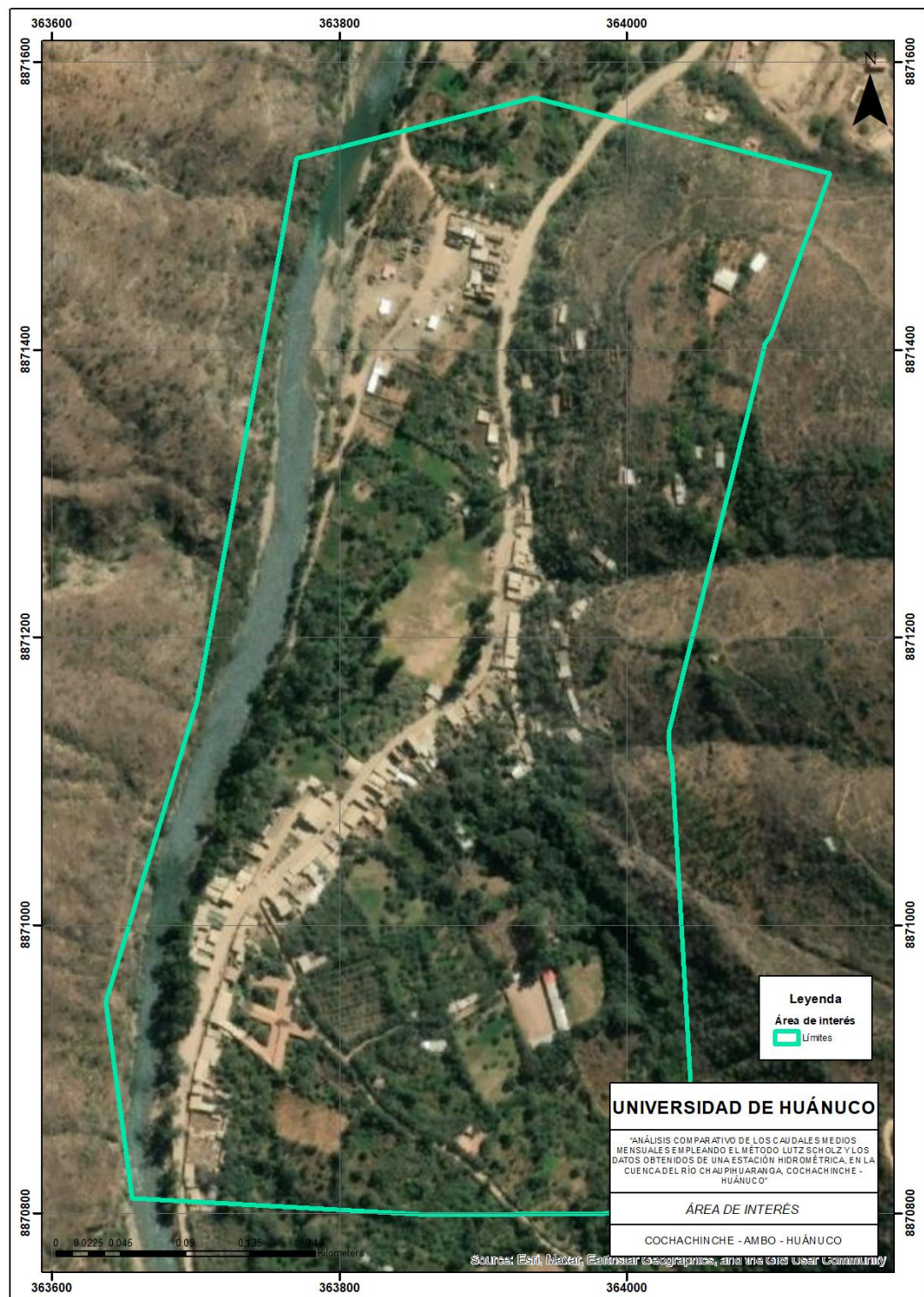


Tabla 19

Registro de precipitación Estación Chavin

AUTORIDAD NACIONAL DEL AGUA - ANA												
Análisis de Datos y Recursos Estadísticos del Agua - ANDREA												
Estación	Chavin											
Variable	Precipitación Max 24 Hrs (mm)											
Operador	Servicio Nacional Meteorología E Hidrología											
WGS 84	Latitud: -9.586028 / Longitud: -											
Geográficas	77.175278 / Altitud(msnm): 3210											
Tipo	Convencional /											
Ámbito	Climática											
Político	Dpto: Ancash / Prov: Huarí / Dist.:											
Ámbito	Chavin De Huantar											
Administrativ	AAA: Maraón /											
o	ALA: Huarí											
Unidad	Intercuenca Alto											
Hidrográfica	Maraón V											
Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Ju n	Jul	Ag o	Se t	Oc t	No v	Di c
1	26.60	22.60	17.20	09.90	05.90	02. 80	05. 00	07. 10	23. 10	13. 60	24. 90	31. 70
2	20.00	24.10	18.20	24.40	04.80	08. 40	05. 16	06. 11	23. 70	18. 30	17. 30	13. 60
3	24.20	23.80	20.40	18.40	20.60	14. 10	01. 00	01. 73	10. 50	27. 40	21. 40	24. 20
4	20.00	17.20	17.50	27.50	12.10	02. 40	00. 10	08. 80	09. 90	10. 10	09. 20	21. 70
5	19.80	13.00	21.00	05.70	06.00	01. 50	01. 40	04. 60	11. 60	12. 40	15. 90	11. 70
6	18.40	18.00	10.10	12.80	05.60	03. 00	04. 65	03. 70	04. 30	10. 70	32. 60	11. 00
7	17.50	26.10	19.90	11.90	08.20	05. 30	02. 90	02. 10	11. 00	14. 70	17. 00	10. 70
8	10.20	19.30	11.20	17.70	07.70	03. 20	03. 70	12. 00	05. 80	03. 70	13. 20	14. 50
9	13.60	11.90	16.50	10.60	09.10	01. 90	02. 90	06. 90	08. 70	22. 50	13. 20	18. 60
10	10.00	13.10	21.50	16.00	08.40	01. 80	11. 00	02. 60	05. 60	09. 40	12. 80	13. 80
11	08.50	15.20	20.40	08.80	07.00	06. 70	01. 00	15. 30	05. 10	08. 30	11. 00	15. 40
12	09.40	17.50	06.30	04.40	04.70	06. 60	05. 20	02. 90	11. 70	15. 10	13. 20	15. 80
13	08.50	15.20	10.40	06.50	10.20	01. 40	00. 80	03. 10	05. 40	15. 90	16. 10	09. 70
14	08.70	13.40	13.70	13.60	04.60	27. 90	03. 70	03. 10	10. 00	09. 90	18. 00	15. 70
15	13.70	06.80	28.60	18.40	07.50	00. 90	02. 60	05. 10	08. 60	21. 50	15. 40	14. 50
16	15.70	13.00	10.60	13.50	05.80	08. 00	01. 70	03. 80	07. 50	14. 70	11. 00	10. 70
17	19.80	12.90	18.30	15.60	09.20	07. 60	04. 10	02. 90	03. 20	16. 70	06. 00	20. 60

18	19.90	25.00	09.50	06.30	13.10	01. 20	07. 50	01. 60	10. 80	09. 70	11. 50	14. 20
19	12.50	15.20	16.70	27.60	04.20	02. 48	05. 00	02. 20	07. 40	11. 20	13. 20	29. 50
20	12.80	19.80	15.20	15.10	05.00	04. 00	04. 31	03. 30	08. 80	11. 80	13. 40	12. 60
21	17.80	19.60	15.60	08.20	11.00	02. 80	03. 50	12. 50	03. 50	12. 00	12. 40	16. 50
22	15.40	23.80	16.90	15.80	10.80	01. 30	01. 10	00. 96	13. 20	17. 00	11. 10	09. 40
23	16.00	07.10	13.00	13.60	18.40	07. 80	01. 40	04. 20	09. 00	09. 50	22. 80	17. 00
24	06.50	20.50	10.50	22.00	03.20	02. 40	02. 30	01. 50	12. 80	15. 70	12. 50	16. 20
25	16.40	11.80	11.40	12.20	08.00	04. 00	00. 90	02. 40	05. 00	13. 40	07. 20	16. 20
Cant Datos	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25
Desv. Est.	5.23	5.39	5.00	6.38	4.23	5.6 9	2.4 4	3.7 5	5.1 0	5.0 5	5.7 7	5.6 6
Coef. Varia ción	0.34	0.32	0.32	0.45	0.50	1.1 0	0.7 4	0.7 8	0.5 4	0.3 7	0.3 9	0.3 5
Prom	15.28	17.04	15.62	14.26	08.44	05. 18	03. 32	04. 82	09. 45	13. 81	14. 89	16. 22
Mín	06.50	06.80	06.30	04.40	03.20	00. 90	00. 10	00. 96	03. 20	03. 70	06. 00	09. 40
Máx	26.60	26.10	28.60	27.60	20.60	27. 90	11. 00	15. 30	23. 70	27. 40	32. 60	31. 70

Tabla 20

Registro de precipitación Estación Huánuco

AUTORIDAD NACIONAL DEL AGUA - ANA												
Análisis de Datos y Recursos Estadísticos del Agua - ANDREA												
Estación	Huanuco											
Variable	Precipitación Max 24 Hrs (mm)											
Operador	Servicio Nacional Meteorología E Hidrología											
WGS 84	Latitud: -9.961011 / Longitud: -76.248 /											
Geográficas	Altitud(msnm): 1947 Convencional /											
Tipo	Climática											
Ámbito	Dpto: Huanuco / Prov: Huanuco / Dist.:											
Político	Pillco Marca											
Ámbito												
Administrativ	AAA: Huallaga / ALA: Alto											
Unidad	o Huallaga Intercuenca Alto											
Hidrográfica	Huallaga											
Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Ju n	Jul	Ag o	Se t	Oc t	No v	Di c
1	12.50	18.00	13.70	13.50	06.20	04. 70	03. 40	03. 70	06. 00	07. 60	16. 40	12. 30

2	20.49	08.70	10.90	24.00	15.00	08.09	07.74	09.12	20.50	19.00	07.20	20.60
3	08.00	18.90	17.50	08.90	01.80	00.70	01.20	00.40	03.00	08.90	13.90	12.30
4	13.50	09.10	15.90	17.10	10.40	02.40	00.10	03.50	01.40	09.30	15.10	08.10
5	10.50	06.60	11.40	10.60	04.20	01.90	01.40	04.10	05.30	08.30	11.20	07.80
6	17.90	16.50	27.50	01.00	02.70	01.80	02.30	01.50	03.20	13.40	26.00	07.20
7	13.10	28.00	15.20	05.40	09.20	08.10	04.70	00.60	33.00	05.60	10.70	13.70
8	10.80	14.20	16.30	07.70	05.30	07.30	02.40	12.10	04.00	02.80	20.30	19.30
9	11.30	08.90	10.60	25.70	07.40	00.80	03.20	05.00	02.00	10.00	48.70	10.80
10	13.00	19.40	14.90	27.20	09.70	02.10	05.20	01.30	02.80	22.90	07.80	05.20
11	12.30	06.40	09.40	14.90	03.00	00.10	00.10	06.90	04.40	12.50	23.00	18.10
12	07.60	08.10	11.90	10.50	11.70	01.40	02.10	04.60	11.30	06.40	13.00	17.60
13	05.90	16.60	25.50	02.40	00.60	02.30	00.80	07.50	03.50	11.00	08.70	20.10
14	28.00	11.30	18.90	08.30	01.90	03.60	01.60	02.00	07.20	18.90	21.70	18.20
15	08.70	02.40	12.30	07.50	05.30	01.20	03.30	02.90	02.30	25.80	13.70	27.30
16	07.90	12.50	16.60	15.80	02.70	01.80	00.10	00.70	14.20	11.70	33.10	30.60
17	19.60	10.00	19.40	10.60	07.30	09.00	04.00	03.40	02.30	16.80	08.50	09.10
18	04.90	17.40	22.60	06.80	02.40	01.20	03.80	05.00	09.60	12.00	21.80	19.90
19	13.60	11.60	35.40	08.00	09.50	03.90	00.90	01.50	11.40	20.40	19.30	36.20
20	16.30	12.30	11.60	16.30	05.70	01.90	04.70	02.50	02.60	16.20	29.60	30.70
21	07.90	13.80	14.70	13.60	01.90	04.70	05.50	14.10	02.40	13.40	11.10	19.90
22	15.40	21.90	20.60	24.80	18.20	03.20	01.30	00.30	11.70	23.20	09.30	14.10
23	20.10	08.30	12.40	31.70	10.50	01.20	02.20	00.70	01.30	10.50	21.00	06.50
24	11.20	13.00	18.00	02.80	00.10	00.50	00.20	00.60	01.00	12.90	13.00	14.20
25	12.50	20.90	15.50	10.60	09.40	01.00	04.30	02.10	05.90	13.30	12.90	38.20
Cant	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25
Datos												
Desv.	5.30	5.84	6.01	8.20	4.61	2.59	1.99	3.65	7.27	5.85	9.52	9.17
Est.												
Coef.	0.41	0.44	0.36	0.63	0.71	0.87	0.75	0.95	1.05	0.44	0.54	0.52
Variac												
ión												
Prom	12.92	13.39	16.75	13.03	06.48	03.00	02.66	03.84	06.89	13.31	17.48	17.52
Mín	04.90	02.40	09.40	01.00	00.10	00.10	00.10	00.30	01.00	02.80	07.20	05.20

Máx	28.00	28.00	35.40	31.70	18.20	09. 00	07. 74	14. 10	33. 00	25. 80	48. 70	38. 20
------------	-------	-------	-------	-------	-------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------

Tabla 21

Registro de precipitación Estación Oyón

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

Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Ju n	Jul	Ag o	Se t	Oc t	No v	Di c
1	17.30	10.90	14.00	13.70	00.80	02. 02	06. 96	12. 62	05. 40	08. 30	11. 60	15. 10
2	15.30	13.20	16.00	12.00	07.30	01. 70	01. 90	00. 40	12. 00	07. 10	15. 10	10. 70
3	18.50	08.20	19.80	15.60	03.40	05. 10	01. 20	04. 40	03. 80	08. 30	11. 70	22. 10
4	14.30	13.10	23.70	11.70	02.90	02. 40	00. 10	02. 00	04. 20	15. 00	08. 40	15. 50
5	17.60	19.60	09.60	07.10	04.88	01. 75	01. 40	00. 86	07. 00	06. 60	10. 40	14. 40
6	15.70	13.40	17.50	10.20	02.00	02. 50	02. 80	01. 79	04. 60	19. 50	15. 00	10. 00
7	14.20	22.50	12.60	10.20	07.40	03. 72	01. 50	02. 57	11. 00	17. 60	14. 40	15. 40
8	12.50	19.80	11.20	13.80	06.40	03. 81	01. 20	02. 30	12. 00	20. 30	18. 80	19. 40
9	17.00	09.60	19.50	18.90	04.10	05. 90	08. 62	05. 90	09. 10	17. 10	17. 90	17. 90
10	22.10	14.20	16.70	08.40	05.10	01. 00	09. 37	01. 80	04. 70	18. 60	13. 70	14. 00
11	15.40	26.60	17.10	06.80	07.00	05. 49	03. 17	01. 30	06. 50	15. 80	03. 70	09. 40
12	09.90	16.60	08.80	10.67	07.05	03. 60	06. 77	06. 55	08. 90	11. 20	15. 00	10. 10
13	12.35	10.20	15.90	01.80	02.20	02. 57	02. 97	02. 70	00. 50	08. 00	09. 20	12. 30
14	14.00	20.60	11.80	21.42	00.30	06. 20	02. 60	03. 30	02. 30	06. 70	20. 10	13. 40
15	13.90	21.70	21.30	16.10	22.20	01. 09	06. 30	04. 17	06. 70	13. 50	09. 10	15. 00

16	15.20	20.70	18.90	17.50	04.88	02.50	02.35	03.54	02.80	13.20	03.20	20.70
17	10.80	11.30	22.20	17.40	06.60	10.79	01.50	02.70	03.90	10.50	12.30	12.80
18	17.60	14.70	12.80	08.20	09.23	01.80	04.67	03.71	06.90	11.80	08.10	29.60
19	16.30	11.10	17.90	16.30	02.80	00.60	04.98	06.52	03.40	07.80	22.80	17.40
20	17.60	18.50	13.40	17.00	01.10	01.50	03.79	04.38	14.30	08.90	10.30	12.50
21	14.30	17.70	11.80	05.40	04.00	00.40	02.20	07.30	01.00	18.60	17.00	13.20
22	11.50	18.60	13.40	06.00	06.00	07.42	01.00	00.80	04.20	16.40	10.70	19.10
23	16.00	08.30	14.20	13.00	03.70	02.10	06.57	05.00	02.80	05.70	08.70	17.60
24	07.20	13.70	16.80	11.00	01.10	00.50	01.40	04.00	09.00	16.30	05.60	11.00
25	16.20	18.10	17.20	09.90	08.30	00.40	05.31	01.60	02.00	10.70	05.90	12.20
Cant	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25
Datos												
Desv.	3.10	4.90	3.89	4.80	4.33	2.53	2.58	2.66	3.69	4.67	5.05	4.57
Est.												
Coef.												
Varia	0.21	0.31	0.25	0.40	0.83	0.82	0.71	0.72	0.62	0.37	0.42	0.30
cióm												
Prom	14.91	15.72	15.76	12.00	05.23	03.07	03.63	03.69	05.96	12.54	11.95	15.23
Mín	07.20	08.20	08.80	01.80	00.30	00.40	00.10	00.40	00.50	05.70	03.20	09.40
Máx	22.10	26.60	23.70	21.42	22.20	10.79	09.37	12.62	14.30	20.30	22.80	29.60

Tabla 22

Registro de precipitación Estación Pasco

AUTORIDAD NACIONAL DEL AGUA - ANA												
Análisis de Datos y Recursos Estadísticos del Agua - ANDREA												
Estación	Cerro De Pasco											
Variable	Precipitación Max 24 Hrs (mm)											
Operador	Servicio Meteorología E Hidrología Nacional											
WGS 84	Latitud: -10.693333 / Longitud: -											
Geográficas	76.264167 / Altitud(msnm): 4260											
Tipo	Convencional / Climática											
Ámbito	Dpto: Pasco / Prov: Pasco /											
Político	Dist.: Chaupimarca											
Ámbito												
Administrativ	AAA: Mantaro / ALA:											
o	Pasco											
Unidad												
Hidrográfica	Cuenca Mantaro											
Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Ju n	Jul	Ag o	Se t	Oc t	No v	Di c

1	15.36	17.10	18.60	18.50	12.00	01.00	08.50	16.60	13.00	36.00	26.30	21.50
2	28.60	19.00	21.00	24.40	13.00	12.30	15.00	15.10	12.30	18.50	20.40	16.50
3	11.40	25.10	22.80	15.30	12.20	03.10	02.90	00.30	09.40	13.00	18.40	16.10
4	13.48	15.15	19.66	13.28	04.54	02.40	00.10	02.98	03.82	09.96	09.04	13.62
5	16.52	15.41	10.32	05.86	04.58	01.82	01.40	01.90	07.70	24.50	22.60	21.90
6	12.10	30.50	13.70	18.50	05.20	05.50	05.60	01.50	05.70	19.70	15.80	09.60
7	38.00	31.70	14.70	25.80	07.30	04.80	04.30	03.30	10.70	16.10	16.60	16.50
8	18.00	17.30	18.30	06.50	09.40	02.80	04.50	08.20	07.10	14.30	12.70	22.60
9	29.40	24.30	24.00	23.70	10.90	02.00	11.50	06.00	07.90	19.10	16.60	28.00
10	08.00	19.40	26.80	15.50	13.50	03.00	10.40	03.50	13.70	24.10	12.60	22.30
11	14.50	19.40	20.70	18.10	08.30	07.00	04.60	10.00	20.70	06.00	20.00	13.10
12	12.70	31.20	11.40	16.90	06.00	04.00	08.60	07.90	27.50	22.50	26.80	33.20
13	15.40	20.00	46.70	17.40	02.90	02.80	04.10	04.50	06.00	12.80	29.10	09.00
14	09.80	17.50	16.20	19.10	03.90	17.00	02.70	04.00	21.80	21.30	27.30	24.60
15	15.50	16.00	18.40	14.20	16.00	01.14	08.00	04.40	10.50	16.00	20.60	26.70
16	16.60	18.50	08.00	12.50	05.40	07.30	03.20	10.40	10.00	10.40	29.40	25.00
17	26.00	19.00	39.20	11.40	12.00	12.00	08.20	12.40	05.10	20.00	31.40	29.50
18	25.70	24.30	35.90	14.50	17.00	02.00	04.40	04.29	07.50	24.00	13.80	30.80
19	20.50	16.30	20.80	24.40	12.00	05.17	06.30	09.00	14.00	16.00	22.70	24.00
20	20.00	20.70	15.00	12.00	07.80	06.50	03.50	05.20	16.80	25.40	18.00	24.60
21	25.80	15.00	20.30	14.00	15.00	05.80	08.00	11.00	17.60	20.50	11.60	16.00
22	26.20	19.80	20.00	24.70	07.30	10.00	07.00	02.60	20.60	15.00	17.50	25.60
23	15.00	10.00	18.00	15.20	10.30	09.00	09.00	07.40	18.40	17.30	25.10	15.40
24	18.00	16.50	20.60	12.40	08.20	07.10	06.70	13.00	09.00	11.90	08.33	02.00
25	20.60	28.00	15.00	15.40	13.20	00.50	06.50	04.00	12.00	15.40	19.00	18.00
Cant	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25
Datos												
Desv.	7.16	5.54	8.78	5.29	4.01	4.10	3.36	4.43	6.05	6.25	6.47	7.48
Est.												
Coef.	0.38	0.27	0.43	0.32	0.42	0.75	0.54	0.65	0.49	0.35	0.33	0.37
Varia												
ción												
Prom	18.93	20.29	20.64	16.38	09.52	05.44	06.20	06.78	12.35	17.99	19.67	20.24

Mín	08.00	10.00	08.00	05.86	02.90	00.50	00.10	00.30	03.82	06.00	08.33	02.00
Máx	38.00	31.70	46.70	25.80	17.00	17.00	15.00	16.60	27.50	36.00	31.40	33.20

Tabla 23

Registro de precipitación Estación Picoy

AUTORIDAD NACIONAL DEL AGUA - ANA												
Análisis de Datos y Recursos Estadísticos del Agua - ANDREA												
Estación	Picoy											
Variable	Precipitación Max 24 Hrs (mm)											
Operador	Servicio Meteorología E Hidrología Nacional											
WGS 84	Latitud: -10.883333 / Longitud: -											
Geográficas	76.716667 / Altitud(msnm): 2900											
Tipo	Convencional /											
Ámbito	Climática											
Político	Dpto: Lima / Prov: Oyon / Dist.:											
Ámbito	Pachangara											
Administrativ	AAA: Cañete Fortaleza / ALA:											
o	Huaura											
Unidad	Cuenca											
Hidrográfica	Huaura											

Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Ju n	Jul	Ag o	Se t	Oc t	No v	Di c
1	13.20	17.00	11.60	15.20	05.40	01.82	07.27	13.41	08.90	12.00	10.80	13.20
2	11.20	16.50	17.00	18.00	06.10	03.85	00.70	03.21	02.30	03.40	09.90	11.10
3	15.30	10.80	11.00	14.10	03.50	04.79	03.40	03.48	02.00	11.00	17.70	23.30
4	11.70	20.20	17.50	11.10	02.30	02.40	00.10	02.29	04.23	04.80	06.60	13.30
5	18.00	15.70	09.10	02.10	04.88	01.75	01.40	00.40	05.10	10.40	09.40	15.90
6	15.40	12.80	13.90	08.70	02.69	03.30	01.50	01.73	02.60	06.00	13.20	09.00
7	12.30	19.00	19.30	13.60	11.50	03.00	02.17	02.71	08.30	12.70	04.80	11.80
8	05.20	06.20	12.68	05.80	03.70	03.61	01.90	04.01	02.80	02.20	05.70	06.40
9	06.60	06.00	08.20	03.20	05.58	04.89	09.19	05.92	09.00	03.50	16.60	05.00
10	04.10	06.00	03.00	05.00	06.88	01.42	09.57	02.10	06.25	05.40	04.30	06.00
11	12.00	06.50	07.40	07.50	07.26	05.79	03.46	03.45	08.91	13.72	05.00	06.70
12	02.40	11.50	09.00	09.40	06.84	03.66	07.14	06.82	12.00	17.70	16.50	12.70
13	12.30	16.50	15.00	07.00	02.46	02.63	03.19	03.23	01.73	06.70	09.80	15.30
14	17.40	30.50	15.30	23.50	01.12	02.70	02.62	03.37	01.50	05.20	11.40	10.80

15	10.50	20.00	11.40	12.50	14.20	01.09	06.64	04.22	07.24	10.00	04.20	13.00
16	29.50	13.40	19.00	11.60	04.98	03.47	02.51	02.00	04.69	16.20	11.00	14.40
17	17.00	12.40	19.90	12.00	08.80	11.03	02.87	04.47	04.03	08.70	10.40	23.40
18	11.80	08.80	27.60	09.40	07.60	01.80	04.62	03.72	02.50	08.80	17.00	11.00
19	11.30	14.70	13.00	08.20	01.20	00.77	05.24	07.01	05.73	06.20	16.10	15.50
20	11.50	19.00	16.50	19.00	02.59	02.47	03.73	04.54	11.10	09.50	11.20	09.80
21	16.50	13.70	15.00	11.50	04.30	01.61	03.41	03.40	04.09	14.50	12.00	10.60
22	13.30	11.00	12.50	14.00	07.40	07.94	02.09	01.11	04.90	14.70	08.80	12.20
23	10.20	15.00	11.00	11.50	03.80	03.44	07.05	05.23	05.68	06.50	02.40	12.50
24	08.80	17.90	08.60	02.50	02.38	01.73	02.32	05.40	06.00	06.10	06.19	11.00
25	08.00	13.50	11.40	08.00	05.00	00.53	05.54	02.07	04.03	10.00	03.70	12.00
Cant	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25
Datos	5.42	5.55	5.06	5.17	3.11	2.33	2.58	2.57	2.94	4.25	4.62	4.42
Desv.	0.44	0.39	0.38	0.49	0.59	0.71	0.65	0.65	0.54	0.47	0.47	0.36
Coef.	12.22	14.18	13.44	10.58	05.30	03.26	03.98	03.97	05.42	09.04	09.79	12.24
Varia	02.40	06.00	03.00	02.10	01.12	00.53	00.10	00.40	01.50	02.20	02.40	05.00
ción	29.50	30.50	27.60	23.50	14.20	11.03	09.57	13.41	12.00	17.70	17.70	23.40
Prom												
Mín												
Máx												

Tabla 24

Resumen de registros de precipitación

AÑO	PP MÁX CHAVIN	PP MÁX HUÁNUCO	PP MÁX OYON	PP MÁX PASCO	PP MÁX PICOY	PP MÁX INTERPOLADA
1	31.70	18.00	17.30	36.00	17.00	19.78
2	24.40	24.00	16.00	28.60	18.00	20.78
3	27.40	18.90	22.10	25.10	23.30	19.46
4	27.50	17.10	23.70	19.66	20.20	20.01
5	21.00	11.40	19.60	24.50	18.00	16.60
6	32.60	27.50	19.50	30.50	15.40	20.59
7	26.10	33.00	22.50	38.00	19.30	26.46
8	19.30	20.30	20.30	22.60	12.68	18.65
9	22.50	48.70	19.50	29.40	16.60	21.09
10	21.50	27.20	22.10	26.80	9.57	19.16
11	20.40	23.00	26.60	20.70	13.72	17.91
12	17.50	17.60	16.60	33.20	17.70	20.71
13	16.10	25.50	15.90	46.70	16.50	28.94
14	27.90	28.00	21.42	27.30	30.50	21.84
15	28.60	27.30	22.20	26.70	20.00	20.91
16	15.70	33.10	20.70	29.40	29.50	22.47

17	20.60	19.60	22.20	39.20	23.40	28.05
18	25.00	22.60	29.60	35.90	27.60	25.67
19	29.50	36.20	22.80	24.40	16.10	22.59
20	19.80	30.70	18.50	25.40	19.00	19.26
21	19.60	19.90	18.60	25.80	16.50	18.40
22	23.80	24.80	19.10	26.20	14.70	19.70
23	22.80	31.70	17.60	25.10	15.00	16.34
24	22.00	18.00	16.80	20.60	17.90	17.09
25	16.40	38.20	18.10	28.00	13.50	21.50

Tabla 25

Resumen de precipitaciones acumuladas

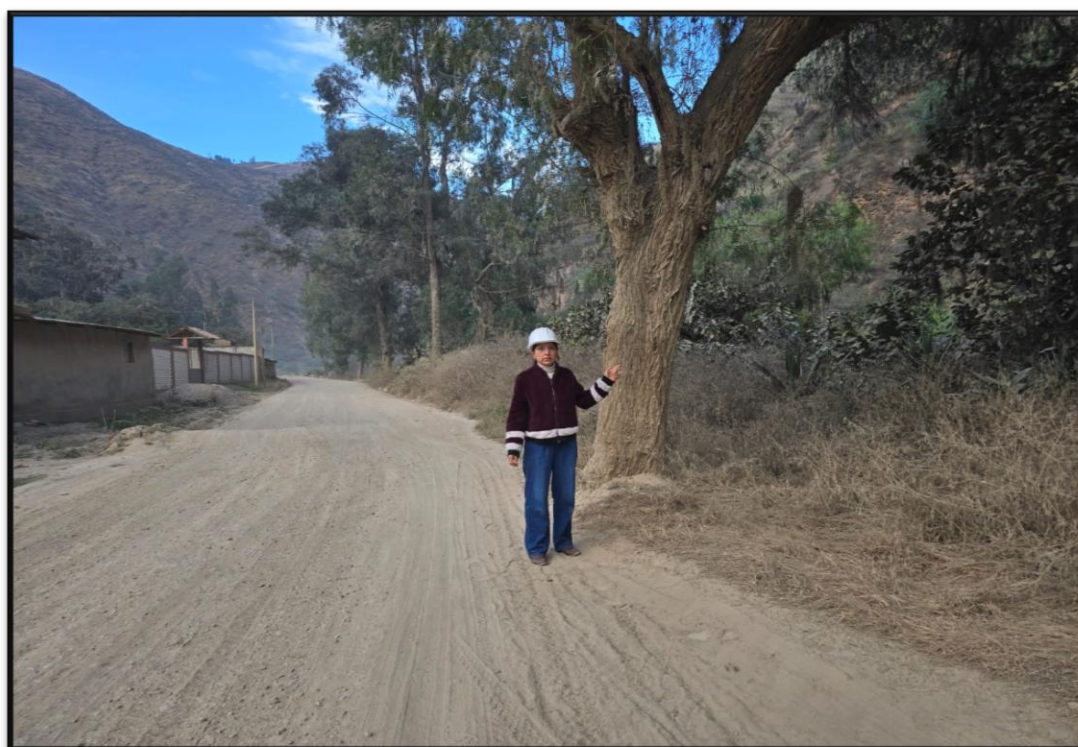
Acumulados					
PP MÁX CHAVIN	PP MÁX HUÁNUCO	PP MÁX OYON	PP MÁX PASCO	PP MÁX PICOY	PP MÁX INTERPOLADA
31.70	18.00	17.30	36.00	17.00	19.78
56.10	42.00	33.30	64.60	35.00	40.56
83.50	60.90	55.40	89.70	58.30	60.02
111.00	78.00	79.10	109.36	78.50	80.03
132.00	89.40	98.70	133.86	96.50	96.63
164.60	116.90	118.20	164.36	111.90	117.22
190.70	149.90	140.70	202.36	131.20	143.68
210.00	170.20	161.00	224.96	143.88	162.33
232.50	218.90	180.50	254.36	160.48	183.42
254.00	246.10	202.60	281.16	170.05	202.58
274.40	269.10	229.20	301.86	183.77	220.50
291.90	286.70	245.80	335.06	201.47	241.21
308.00	312.20	261.70	381.76	217.97	270.15
335.90	340.20	283.12	409.06	248.47	291.99
364.50	367.50	305.32	435.76	268.47	312.90
380.20	400.60	326.02	465.16	297.97	335.37
400.80	420.20	348.22	504.36	321.37	363.42
425.80	442.80	377.82	540.26	348.97	389.09
455.30	479.00	400.62	564.66	365.07	411.68
475.10	509.70	419.12	590.06	384.07	430.94
494.70	529.60	437.72	615.86	400.57	449.35
518.50	554.40	456.82	642.06	415.27	469.05
541.30	586.10	474.42	667.16	430.27	485.38
563.30	604.10	491.22	687.76	448.17	502.47
579.70	642.30	509.32	715.76	461.67	523.97

ANEXO 5

PANEL FOTOGRAFICO



En la vista fotográfica se muestra el ingreso de la localidad de cochachinche



En la vista fotográfica se puede observar la vía interprovincial entre la Provincia de Ambo y Daniel Alcides Carrión (Yanahuanca)



En la vista fotográfica se muestra la toma de medida de la profundidad en el cauce del río



En la vista fotográfica se muestra el canal de riego existente colapsado con sedimentos que no deja entrar el flujo



En la vista fotográfica se muestra el cauce del rio aguas abajo



En la vista fotográfica se observa la toma de coordenadas del punto en investigación



En la vista fotográfica se muestra en encausamiento del rio, menorando la sección del rio



En la vista fotográfica se observa el tipo de vegetación característico al nivel de piso geológico a mas de 2,000.00 msnm



En la vista fotográfica se muestra la toma de datos con GPS Garmin



En la vista fotográfica se observa el ahuellamiento generado por máximas avenidas del cauce del rio



En la vista fotográfica se muestra la reducción del ancho del cauce del rio



En la vista fotográfica se muestra la vista panorámica perpendicular al cauce del rio



En la vista fotográfica se muestra la vista panorámica del cauce del rio aguas abajo



En la vista fotográfica se muestra la vista panorámica del cauce del rio aguas arriba



En la vista fotográfica se observa el ahuellamiento generado por máximas avenidas del cauce del rio



En la vista fotográfica se muestra la vista panorámica del cauce del rio



En la vista fotográfica se muestra la toma de medida de la profundidad en el cauce del rio



En la vista fotográfica se muestra la toma de medida de la profundidad en el cauce del rio



En la vista fotográfica se muestra la toma de datos con GPS Garmin



En la vista fotográfica se muestra la toma de datos con GPS Garmin



En la vista fotográfica se muestra la vista panorámica de la población de Cochachinche



En la vista fotográfica se muestra la vista panorámica de la población de Cochachinche