

FACULTAD DE INGENIERÍA

Escuela Académico Profesional de Ingeniería Civil

Tesis

**Generación de caudales de diseño empleando
metodologías convencionales con fines
hidroenergéticos en la Unidad Hidrográfica
Canipaco, Junín, 2022**

Roly Jaime Nuñez Nuñez

Para optar el Título Profesional de
Ingeniero Civil

Huancayo, 2024

Repositorio Institucional Continental
Tesis digital



Esta obra está bajo una Licencia "Creative Commons Atribución 4.0 Internacional" .

INFORME DE CONFORMIDAD DE ORIGINALIDAD DE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

A : Decano de la Facultad de Ingeniería
DE : Luis Hugo Huacasi Vasquez
Asesor de trabajo de investigación
ASUNTO : Remito resultado de evaluación de originalidad de trabajo de investigación
FECHA : 22 de Agosto de 2024

Con sumo agrado me dirijo a vuestro despacho para informar que, en mi condición de asesor del trabajo de investigación:

Título:

Generación de caudales de diseño empleando metodologías convencionales con fines hidroenergéticos en la unidad hidrográfica Canipaco, Junín 2022

Autor:

1. Roly Jaime Nuñez Nuñez – EAP. Ingeniería Civil

Se procedió con la carga del documento a la plataforma "Turnitin" y se realizó la verificación completa de las coincidencias resaltadas por el software dando por resultado 7 % de similitud sin encontrarse hallazgos relacionados a plagio. Se utilizaron los siguientes filtros:

Filtro de exclusión de bibliografía SI NO

Filtro de exclusión de grupos de palabras menores SI NO
Nº de palabras excluidas (en caso de elegir "SI"):20

Exclusión de fuente por trabajo anterior del mismo estudiante SI NO

En consecuencia, se determina que el trabajo de investigación constituye un documento original al presentar similitud de otros autores (citas) por debajo del porcentaje establecido por la Universidad Continental.

Recae toda responsabilidad del contenido del trabajo de investigación sobre el autor y asesor, en concordancia a los principios expresados en el Reglamento del Registro Nacional de Trabajos conducentes a Grados y Títulos – RENATI y en la normativa de la Universidad Continental.

Atentamente,

Asesor de trabajo de investigación

ASESOR

Mg. Luis Hugo Huacasi Vasquez

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad, por ser la institución que me brindó la facilidad para llevar a cabo la presente tesis.

A mi asesor, por dar seguimiento y orientación constante en el desarrollo de las diferentes etapas de la presente tesis, desde la inscripción del Plan hasta la redacción final del informe de esta investigación.

DEDICATORIA

A Dios por concederme el regalo de la vida y lograr así mis metas y objetivos.

CONTENIDO GENERAL

ASESOR	iv
AGRADECIMIENTOS	v
DEDICATORIA.....	vi
CONTENIDO GENERAL.....	vii
CONTENIDO DE TABLAS.....	x
CONTENIDO DE FIGURAS.....	xiii
RESUMEN	xv
ABSTRACT.....	xvi
INTRODUCCIÓN	xvii
CAPÍTULO I PLANTEAMIENTO DE ESTUDIO	19
1.1. Planteamiento y Formulación del problema.....	19
1.1.1. Planteamiento del Problema.....	19
1.1.2. Formulación del Problema	19
1.2. Objetivos	20
1.2.1. Objetivo General	20
1.2.2. Objetivos Específicos.....	20
1.3. Justificación e Importancia de la investigación.....	21
1.3.1. Justificación práctica.....	21
1.3.2. Justificación metodológica.....	21
1.3.3. Justificación científica.....	22
1.3.4. Justificación social	22
1.4. Hipótesis y descripción de las variables.....	23
1.4.1. Hipótesis General.....	23
1.4.2. Hipótesis Específicas	23
1.4.3. Variables.....	23
1.4.4. Definición de términos básicos	23
1.4.5. Operacionalización de variables	25
CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO	27
2.1. Antecedentes del problema	27
2.1.1. Antecedentes internacionales	27
2.1.2. Antecedentes nacionales	29
2.2. Bases teóricas	32
2.2.1. Importancia de una unidad hidrográfica	32

2.2.2.	Planificación en unidades hidrográficas	33
2.2.3.	Delimitación de Unidades Hidrográficas	33
2.2.4.	Análisis estadístico de Información Hidrométrica	34
2.2.5.	Balace hídrico	34
2.2.6.	Período de retorno	36
2.2.7.	Modelación Hidrológica	36
2.2.8.	Metodologías convencionales	37
2.2.9.	Modelo Lutz Scholz	37
2.2.10.	Método Racional Modificado Témez	48
2.2.11.	Método PISCO SENAMHI	51
2.2.12.	Datos de ingreso para PISCO	54
CAPÍTULO III METODOLOGÍA		58
3.1.	Método de la investigación	58
3.2.	Tipo de investigación	58
3.3.	Nivel de la investigación	58
3.4.	Diseño de la investigación	58
3.5.	Población y muestra	58
3.5.1.	Población	58
3.5.2.	Muestra	58
3.6.	Descripción del ámbito de estudio	59
3.6.1.	Características del ámbito de estudio	62
3.7.	Técnicas e instrumentos de recolección de datos	64
3.7.1.	Técnicas de recolección de datos	64
3.7.2.	Instrumentos de recolección de datos	131
3.7.3.	Métodos de análisis	132
3.7.4.	Aspectos éticos	133
CAPÍTULO IV RESULTADOS		134
4.1.	Determinación de caudales mensuales mediante el método Lutz Scholz	135
4.2.	Determinación de caudales mensuales mediante Producto Grillado PISCO – SENAMHI 137	
4.3.	Determinación de caudales mensuales mediante el método Témez	140
4.4.	Discusión de resultados	143
CONCLUSIONES		147
RECOMENDACIONES		148
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS		149
ANEXOS		154
ANEXO 01. MATRIZ DE CONSISTENCIA		155

ANEXO 02. Caudales Mensuales Corregidos Estación Quillón (m ³ /s).....	157
ANEXO 03. Números aleatorios mensuales determinados por el método de Lutz Scholz ...	159
ANEXO 04. REGISTRO FOTOGRÁFICO	177

CONTENIDO DE TABLAS

Tabla 4. Operacionalización de variables	25
Tabla 1. Lámina de agua acumulada en los tres tipos de almacén hídrico.....	43
Tabla 2. Cálculo de los coeficientes de agotamiento	45
Tabla 3. Almacenamiento hídrico o abastecimiento de la retención durante la época de lluvias (%)	47
Tabla 5. Ubicación política de los tramos de estudio.....	59
Tabla 6. Zonas de Vida de la Unidad Hidrográfica Canipaco.....	63
Tabla 7. Parámetros Geomorfológicos de la Unidad Hidrográfica Canipaco.....	65
Tabla 8. Ubicación de estaciones Pluviométricas	68
Tabla 9. Temperatura media mensual.....	70
Tabla 10. Humedad media mensual.....	70
Tabla 11. Evaporación media mensual.....	71
Tabla 12. Velocidad del viento.....	71
Tabla 13. Horas de sol media mensual.....	71
Tabla 14. Evapotranspiración.....	72
Tabla 15. Precipitación total mensual corregida estación pluviométrica Chilicocha.....	72
Tabla 16. Precipitación total mensual corregida estación pluviométrica Huancalpi.....	74
Tabla 17. Precipitación total mensual corregida estación pluviométrica Tellería.....	76
Tabla 18. Precipitación total mensual corregida estación pluviométrica Laive.....	78
Tabla 19. Precipitación total mensual corregida estación pluviométrica Palaco	80
Tabla 20. Precipitación total mensual corregida estación pluviométrica Huichicocha.....	82
Tabla 21. Precipitación total mensual corregida estación pluviométrica Cercapuquio.....	83
Tabla 22. Estimación de la precipitación total mensual por la generación de Isoyetas en relación lluvia – altitud (mm) (1960 – 2005).....	98
Tabla 23. Precipitación Total Mensual Completa y Consistente (mm) – Año Promedio histórica (1965 – 2005).....	98
Tabla 24. Precipitación Total Mensual (mm) – Unidad Hidrográfica Canipaco (1977 – 2005).....	100
Tabla 25. Precipitación Total Mensual máxima, media y mínima (mm) – Unidad Hidrográfica Canipaco (1977 – 2005).....	101
Tabla 26. Precipitación Máxima Diaria Mensual (mm) – Unidad Hidrográfica Canipaco (1981 – 2005).....	102
Tabla 27. Cálculo del Coeficiente de Escorrentía	104
Tabla 28. Características generales de la Unidad Hidrográfica	104
Tabla 29. Coeficiente de agotamiento (a).....	105

Tabla 30. Aportación de caudales para un año promedio.....	106
Tabla 31. Precipitación Total Promedio	107
Tabla 32. Coeficiente de Cálculo Precipitación Efectiva.....	107
Tabla 33. Límite superior para la Precipitación Efectiva:.....	108
Tabla 34. Gasto de la retención (Gi)	108
Tabla 35. Abastecimiento Mensual (Ai)	110
Tabla 36. Cálculo de los coeficientes de correlación para el año promedio	111
Tabla 37. Precipitación efectiva mensual (mm) – Unidad Hidrográfica Canipaco.....	112
Tabla 38. Coeficiente de precipitación efectiva promedio (mm) – Unidad Hidrográfica Canipaco	113
Tabla 39. Números aleatorios generados con distribución normal período 1977 - 2005.....	114
Tabla 40. Descargas medias mensuales generadas (m ³ /s) Unidad Hidrográfica Canipaco...	115
Tabla 41. Datos conocidos de la Unidad Hidrográfica Canipaco	117
Tabla 42. Precipitación Máxima Diaria Mensual (mm) de la Unidad hidrográfica Canipaco, registrada durante el período (1981 – 2005	117
Tabla 43. Tiempo de Concentración (t _c) - horas.....	117
Tabla 44. Coeficiente de uniformidad (K)	118
Tabla 45. Coeficiente de simultaneidad o Factor reductor de lluvia para estimar la precipitación máxima diaria corregida sobre la cuenca (K _A).....	118
Tabla 46. Precipitación Máxima Corregida sobre la cuenca (P).....	118
Tabla 47. Intensidad de Precipitación (I)	119
Tabla 48. Coeficiente de Escorrentía (C).....	119
Tabla 49. Descarga Máxima de Diseño m ³ /s (Q).....	119
Tabla 50. Precipitación Unidad Hidrográfica Canipaco (mm) – PISCO Gr2m.....	121
Tabla 51. Temperatura mínima UH Canipaco (mm) – PISCO Gr2m	123
Tabla 52. Temperatura máxima UH Canipaco (mm) – PISCO Gr2m	125
Tabla 53. Evapotranspiración Acumulada UH Canipaco (mm) – PISCO GR2m.....	128
Tabla 54. Caudales Generados (m ³ /s) UH Canipaco – PISCO GR2m.....	130
Tabla 55. Caudales mensuales (m ³ /s) registrados en la estación de Quillón (Período 1965 - 2005) – Unidad Hidrográfica Canipaco	134
Tabla 56. Caudal Medio Mensual Generado (Lutz Scholz) v/s Caudal Medio Mensual Observado (1977-2005)	135
Tabla 57. Prueba t para Caudal Medio Generado (Lutz Scholz) v/s Caudal Medio Observado Unidad hidrográfica Canipaco	137
Tabla 58. Caudal Medio Mensual Generado (PISCO) v/s Caudal Medio Mensual Observado (1965-2005)	138

Tabla 59. Prueba t para Caudal Medio Generado (PISCO) v/s Caudal Medio Observado Unidad hidrográfica Canipaco	140
Tabla 60. Caudal Máximo de Diseño Generado (Témez) v/s Caudal Máximo Observado (1981-2005)	141
Tabla 61. Prueba t para Caudal Máximo Generado (Témez) v/s Caudal Máximo Observado Unidad hidrográfica Canipaco	143

CONTENIDO DE FIGURAS

Figura 1. Esquema general del desarrollo de PISCOp V2.1.....	54
Figura 2. Evolución temporal mensual de la cantidad de datos utilizados para generar PISCO precipitación (Ppm).....	55
Figura 3. IRI/LDEO Climate Data Library.....	56
Figura 4. Información en formato netCDF.....	56
Figura 5. Ubicación Hidrográfica del ámbito de estudio.....	60
Figura 6. Ubicación Geográfica del punto de interés de la Unidad Hidrográfica Canipaco...	61
Figura 7. Ubicación de estaciones Pluviométricas e hidrométricas.....	69
Figura 8. Mapa de Isoyetas en el Canipaco.....	86
Figura 9. Plano de Isoyetas de la Unidad Hidrográfica Canipaco para el mes de febrero.....	87
Figura 10. Plano de Isoyetas de la Unidad Hidrográfica Canipaco para el mes de marzo.....	88
Figura 11. Plano de Isoyetas de la Unidad Hidrográfica Canipaco para el mes de abril.....	89
Figura 12. Plano de Isoyetas de la Unidad Hidrográfica Canipaco para el mes de mayo.....	90
Figura 13. Plano de Isoyetas de la Unidad Hidrográfica Canipaco para el mes de junio.....	91
Figura 14. Plano de Isoyetas de la Unidad Hidrográfica Canipaco para el mes de julio.....	92
Figura 15. Plano de Isoyetas de la Unidad Hidrográfica Canipaco para el mes de agosto.....	93
Figura 16. Plano de Isoyetas de la Unidad Hidrográfica Canipaco para el mes de setiembre.....	94
Figura 17. Plano de Isoyetas de la Unidad Hidrográfica Canipaco para el mes de octubre.....	95
Figura 18. Plano de Isoyetas de la Unidad Hidrográfica Canipaco para el mes de octubre.....	96
Figura 19. Plano de Isoyetas de la Unidad Hidrográfica Canipaco para el mes de octubre.....	97
Figura 20. Estación de aforo de la regla linnimetrica: Canipaco, Yulapuquio y Quillón, en la Unidad Hidrográfica Canipaco – operadas por Electro Perú S.A.....	99
Figura 21. Precipitación Mensual (mm) – Unidad Hidrográfica Canipaco (1977 – 2005)....	102
Figura 22. Representación gráfica del método GR2m.....	120
Figura 23. Lectura de datos del producto PISCO_HyM_GR2m.....	121
Figura 24. Precipitación UH Canipaco (mm) – PISCO.....	123
Figura 25. Temperatura Mínima UH Canipaco (mm) – PISCO.....	125
Figura 26. Temperatura Máxima UH Canipaco (mm) – PISCO.....	127
Figura 27. Evapotranspiración Acumulada UH Canipaco (mm) – PISCO.....	129
Figura 28. Caudales mensuales (m ³ /s) registrados en la estación de Quillón (Período 1965 - 2005) – Unidad Hidrográfica Canipaco.....	135
Figura 29. Comportamiento de los caudales medios mensuales Observados v/s Generados Lutz Scholz.....	136
Figura 30. Factor de determinación R ² de los caudales medios mensuales Observados v/s Generados (Lutz Scholz).....	136

Figura 31. Comportamiento de los caudales medios mensuales Observados v/s Generados PISCO	138
Figura 32. Factor de determinación R^2 de los caudales medios mensuales Observados v/s Generados (PISCO)	139
Figura 33. Comportamiento de los caudales máximos mensuales Observados v/s Generados Témez.....	141
Figura 34. Factor de determinación R^2 de los caudales máximos mensuales Observados v/s Generados (Témez).....	142

RESUMEN

Esta investigación se realizó en la Unidad Hidrográfica de Canipaco., tuvo como objetivo principal identificar qué método hidrológico para la generación de caudales de diseño medios o máximos con fines hidro energéticos, se ajusta con mayor proximidad a la información registrada por la estación hidrométrica Quillón de la Unidad Hidrográfica Canipaco, Junín 2022. La metodología empleada fue el método comparativo, cuyo procedimiento de comparación sistemático se realizó para 3 metodologías convencionales, siendo estas: la metodología Lutz Scholz, cuyo modelo hidrológico permite estimar caudales medios mensuales en un determinado período de tiempo, así mismo se tiene el producto grillado PISCO la cual es una base generada por SENAMHI, presentando datos hidroclimáticos a escala espacial (precipitaciones, temperatura, evapotranspiración y caudales), y, el modelo de Témez, que utiliza los registros de precipitación y escorrentía para generar caudales máximos, es un modelo simplificado de precipitación-escorrentía con caudal mensual. Su consideración de un número limitado de factores lo hace especialmente práctico y aceptable en cuencas con pocos datos. La población del estudio la representa la Unidad Hidrográfica Canipaco, y la muestra está comprendida por el sector Chilcay, en dónde se ubica la estación Quillón operada por Electroperú S.A., es importante señalar que para analizar los resultados se tuvo como base los caudales medios y máximos mensuales ajustados (observados) en la estación Quillón (período 1965 - 2005). De la generación de caudales se obtuvo como resultados que los caudales generados mediante la metodología de Lutz Scholz es confiable ya que el factor de determinación $R^2 = 0.8656$, los caudales generados mediante la metodología del producto grillado PISCO – SENAMHI tienen un factor de determinación $R^2 = 0.937$ y, con respecto a la generación de caudales máximos por el método Témez es un modelo no preciso por tener un factor de determinación de $R^2 = 0.3358$ al realizar el hidrograma se puede apreciar que el patrón que siguen son muy diferentes a lo observado, de igual manera al realizar la prueba estadística de t de Student se puede determinar que los caudales máximos de diseño v/s los caudales máximos observados son indistintos y difieren. Por lo que se concluye que sólo las metodologías convencionales de Lutz Scholz y Pisco son altamente confiables y pueden ser aplicados en ámbitos de similares características y en aquellas dónde no se cuente con estaciones hidrométricas. No sucediendo lo mismo con el modelo de Temez cuyos datos no se podrían modelar con precisión.

Palabras clave: Caudal de diseño, Lutz Scholz, SENAMHI – PISCO, Témez, hidro energéticos.

ABSTRACT

The study was carried out in the Canipaco Hydrographic Unit, its main objective was to identify which hydrological method for the generation of design flows for hydro-energy purposes, most closely adjusts to the information recorded by the Quillón hydrometric station of the Canipaco Hydrographic Unit. Junín 2022. The methodology used was the comparative method, whose systematic comparison procedure was carried out for 3 conventional methodologies, these being: the Lutz Scholz methodology, whose hydrological model allows estimating average monthly flows in a certain period of time, and the gridded product is also available. PISCO, which is a database generated by SENAMHI, presenting hydroclimatic data on a spatial scale (precipitation, temperature, evapotranspiration and flows), and, finally, the Téméz method, which is a simplified monthly rainfall runoff model, a model that considers few parameters. It makes it especially applicable and appropriate in basins with a reduced number of data, for which it uses precipitation and runoff records to generate maximum flows. The study population is represented by the Canipaco Hydrographic Unit, and the sample is included in the Chilcay sector, where the Quillón station operated by Electroperú S.A. is located. It is important to note that to analyze the results, the average and maximum flows were used as a basis. adjusted monthly (observed) at the Quillón station (period 1965 - 2005). From the generation of flows, the results were obtained that the flows generated through the Lutz Scholz methodology are reliable since the determination factor $R^2 = 0.8656$, the flows generated through the PISCO – SENAMHI grid product methodology have a determination factor $R^2 = 0.937$ and, with respect to the generation of maximum flows by the Téméz method, it is an inaccurate model because it has a determination factor of $R^2 = 0.3358$. When performing the hydrograph, it can be seen that the pattern they follow is very different from what was observed, Likewise, by performing the Student t statistical test, it can be determined that the maximum design flows v/s the maximum observed flows are indistinct and differ. Therefore, it is concluded that only the conventional methodologies of Lutz Scholz and Pisco are highly reliable and can be applied in areas with similar characteristics and in those where hydrometric stations are not available. The same is not happening with the Téméz model whose data could not be modeled accurately.

Key words: Design flow, Lutz Scholz, SENAMHI – PISCO, Téméz, hydropower.

INTRODUCCIÓN

A escala mundial, los índices de calidad de vida han mejorado constantemente gracias en gran parte a la energía hidroeléctrica, por lo que su gestión tiene como principal base determinar caudales en establecidos períodos de tiempo a través del uso de métodos y modelos hidrológicos para la generación de series de caudales que permita contar con información hidrométrica, en la actualidad se vienen desarrollando diversas metodologías para dicho fin, sin embargo de acuerdo al ámbito y magnitud de los estudios, estos pueden tener variación significativa por lo que surge la necesidad de poder comprobar cuan confiables y asertivos pueden ser dichas metodologías para determinar caudales con fines hidro energéticos; para esta investigación se plantea la comparación entre los métodos Lutz Scholz (el cuál ha sido utilizado en escenarios con características semejantes al presente estudio), SENAMHI – PISCO y Teméz. La tecnología en los últimos años ha mostrado grandes avances que permiten acceder a diferentes plataformas para extraer información de un determinado ámbito, tal es el caso del portal PISCO (“Peruvian Interpolated data of the SENAMHI’s Climatological and hydrological Observations”) del cual se puede extraer información hidrográfica, sin embargo no se tiene la certeza de cuan confiable puede ser el uso de dicha información; es en ese sentido que se propone la comparación con otros métodos convencionales que permitirá corroborar cuan cerca de la realidad se encuentra dicha información.

Es importante conocer la información actualizada de las diversas Unidades Hidrográficas para la administración del recurso hídrico y su ordenamiento, de esta manera se puede precisar que la unidad hidrográfica Canipaco no cuenta con estudios hidrográficos de determinación de caudales, inquietud que se concreta en el planteamiento de este estudio cuyo objetivo es determinar la variación de caudales de diseño empleando metodologías convencionales con fines hidro energéticos, para lo cual se tomó en cuenta los registros mensuales de diferentes variables multiparamétricas inherentes a la realización de pruebas, para así identificar el modelo hidrológico más asertivo en el diseño de caudales con fines hidro energéticos en la Unidad Hidrográfica Canipaco.

Este estudio desde su enfoque metodológico ha evaluado el grado de significatividad y representatividad de cálculos de caudal de diseño medios o máximos con fines hidro energéticos aplicando la comparación de resultados a partir de la aplicación de cada modelo matemático sometido a estudio en esta investigación, lo que faculta recomendar la aplicación de un determinado método en ámbitos de similar característica, cotejado propiamente con la información como resultado de los datos históricos.

El estudio consta de ocho capítulos significativos, que se detallan de acuerdo con los objetivos propuestos: En el Capítulo I del planteamiento del estudio, se examinaron los aspectos generales de la importancia del desarrollo de la investigación, así como los objetivos y la justificación del estudio. En el Capítulo II del marco teórico, se examinaron investigaciones comparables a la desarrollada, en las que se aplicaron metodologías de generación de caudales en diversas unidades hidrográficas. Además, se proporcionaron definiciones para ayudar a comprender la investigación; el Capítulo IV desarrolla en profundidad la metodología utilizada en este estudio, teniendo en cuenta el método, el tipo, el nivel, el diseño, la población, la muestra, el ámbito de estudio, las técnicas e instrumentos de recolección de datos y la evolución de cómo se llevó a cabo la investigación en las fases de campo y el tratamiento de la información y los datos recogidos. En el Capítulo III se describen las hipótesis y variables de la investigación y se entra en detalle en la operacionalización de las variables del estudio. Los resultados de la investigación se describen íntegramente en los Capítulos V y VI, junto con un análisis y una discusión de los mismos, respectivamente. El Capítulo VII ofrece una descripción detallada de los resultados extraídos del presente trabajo, mientras que el Capítulo VIII ofrece sugerencias para futuras investigaciones que podrían ampliarse o mejorarse.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DE ESTUDIO

1.1. Planteamiento y Formulación del problema

1.1.1. Planteamiento del Problema

Las centrales hidroeléctricas conforman actualmente la fuente principal de energía eléctrica. Sin embargo, la limitada y escasa información hidrométrica conlleva a un frecuente problema al momento de planificar su diseño (1).

En muchas zonas especialmente en unidades hidrográficas (cuencas) de la sierra peruana, no se cuenta con estaciones hidrométricas, y, si existen, estas estaciones son deficientes en distribución y delimitación espacial, lo que genera dificultades al momento de realizar monitoreos y toma de datos. Por otra parte, la información hidrológica existente no es representativa convirtiéndose en una limitación para la realización de diferentes estudios hidrológicos (2).

Al respecto, la existencia de metodologías para la estimación de caudales a escala mensual como los propuestos en el presente estudio (Lutz Scholz, SENAMHI Pisco y Témex) y la selección de alguno de estos, puede ser de gran utilidad para fines de planificación hidrológica en el ámbito de estudio u en zonas con características similares (2).

Los modelos hidrológicos se muestran como un instrumento indispensable para idear y entender los diferentes mecanismos y procesos que encierra al ciclo hidrológico, que permita idear predicciones confiables como base de la gestión del recurso hídrico con fines hidro energéticos (1).

1.1.2. Formulación del Problema

La escasez de datos hidrométricos suele causar problemas a la hora de ordenar el uso de los recursos hídricos y diseñar infraestructuras hidráulicas (1).

Este estudio propone la generación de información de caudales a partir de la aplicación de modelos matemáticos propuestos y/o desarrollados por tres metodologías convencionales, y, una vez obtenidos dichos resultados se plantea la comparación de la información obtenida (caudales) de cada método con los datos existentes (registrados en una estación hidrométrica) para elegir el enfoque que más se acomode al procedimiento del campo de investigación (1).

Dado que todos los modelos propuestos para este estudio se refieren a una escala mensual, puede resultar muy útil aplicar el modelo elegido al objetivo de diseñar una infraestructura hidroeléctrica concreta.

1.1.2.1. Problema General

¿Qué método hidrológico para la generación de caudales de diseño con fines hidro energéticos, se ajusta con mayor proximidad a la información registrada por la estación hidrométrica Quillón de la Unidad Hidrográfica Canipaco, Junín 2022?

1.1.2.2. Problemas Específicos

¿Cuál es el caudal de diseño generado mediante la aplicación del método Lutz Scholz con fines hidro energéticos respecto a la información registrada por la estación hidrométrica Quillón de la Unidad Hidrográfica Canipaco, Junín 2022?

¿Cuál es el caudal de diseño generado mediante la aplicación del método SENAMHI-PISCO con fines hidro energéticos respecto a la información registrada por la estación hidrométrica Quillón de la Unidad Hidrográfica Canipaco, Junín 2022?

¿Cuál es el caudal de diseño generado mediante la aplicación del método Témez con fines hidro energéticos respecto a la información registrada por la estación hidrométrica Quillón de la Unidad Hidrográfica Canipaco, Junín 2022?

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo General

Identificar qué método hidrológico para la generación de caudales de diseño con fines hidro energéticos, se ajusta con mayor proximidad a la información registrada por la estación hidrométrica Quillón de la Unidad Hidrográfica Canipaco, Junín 2022.

1.2.2. Objetivos Específicos

Determinar si el caudal de diseño generado mediante la aplicación del método Lutz Scholz con fines hidro energéticos se ajusta a la información registrada por la estación hidrométrica Quillón de la Unidad Hidrográfica Canipaco, Junín 2022.

Determinar si el caudal de diseño generado mediante la aplicación del método SENAMHI – PISCO con fines hidro energéticos se ajusta a la información registrada por la estación hidrométrica Quillón de la Unidad Hidrográfica Canipaco, Junín 2022.

Determinar si el caudal de diseño generado mediante la aplicación del método Témez con fines hidro energéticos se ajusta a la información registrada por la estación hidrométrica Quillón de la Unidad Hidrográfica Canipaco, Junín 2022.

1.3. Justificación e Importancia de la investigación

La energía hidroeléctrica aporta sustancialmente al avance progresivo de los índices de calidad de vida a nivel mundial, por lo que su diseño tiene como base principal la determinación de caudales.

El objetivo principal de esta investigación es generar caudales medios o máximos de diseño para aplicaciones hidro energéticos mediante la aplicación de tres (03) metodologías convencionales y una vez obtenidos los resultados el análisis comparativo respecto al método que más se ajusta a la información registrada por la estación hidrométrica Quillón ubicada en la Unidad Hidrográfica del Canipaco, lo que permitirá en estudios similares dónde no se cuente con una estación hidrométrica o estas sean escasas y/o deficientes, la aplicación de dicho modelo en ámbitos de semejantes características al ámbito de estudio.

La obtención de información de caudales se realiza mediante el uso de equipos en una determinada sección de flujos de agua, a partir de dicha información hidrológica se puede realizar la generación de caudales en una unidad hidrográfica, información que en ocasiones es escaza (3).

1.3.1. Justificación práctica

Este estudio se desarrolló con la finalidad de identificar cuál de las tres (03) metodologías convencionales en la generación de caudales tiene mayor aproximación a los datos registrados en la estación hidrométrica de Quillón ubicada en la Unidad Hidrográfica Canipaco, esto a fin de poder contribuir al diseño de una central hidroeléctrica en condiciones óptimas de sitio eligiendo el método más asertivo. Es práctica porque además de consultar información histórica de caudales, se realizó el contraste con la información generada a través de la corrida de los modelos matemáticos en los que se basan los citados métodos y la información registrada en la estación hidrográfica Quillón ubicada en el ámbito de estudio.

1.3.2. Justificación metodológica

El presente estudio desde su enfoque metodológico a evaluado el grado de significatividad y representatividad de cálculos de caudal de diseño con fines hidro energéticos aplicando la comparación de resultados a partir de la aplicación de cada modelo matemático sometido a estudio en la presente investigación, lo que permite recomendar la aplicación de un determinado método en ámbitos de similar característica, cotejado propiamente con la data producto de los datos históricos existentes registrados en la estación hidrométrica Quillón.

1.3.3. Justificación científica

Esta investigación está orientada a evaluar los resultados de los caudales generados mediante 03 metodologías convencionales y su comparación con el registro de caudales de una estación hidrométrica a fin de identificar el método que más se aproxime a dichos datos y de tal manera al tener un alto grado de aporte asertivo, se puede aplicar en ámbitos dónde no se cuente con dichas estaciones o éstas sean distantes, escasas o deficientes.

El principal motivo para esta indagación es contar con una metodología asertiva y confiable que permita la modelación hidrológica para la generación de caudales en unidades hidrográficas no con características similares al ámbito de este estudio en las que se planifica el establecimiento de una infraestructura con fines hidro energéticos.

1.3.4. Justificación social

A nivel social el presente estudio representa una oportunidad de inversión y generación de mano de obra acreditada y no acreditada al momento de realizar la puesta en marcha de la obra con fines hidro energéticos en los tramos en estudio, así mismo será de gran impacto conocer el caudal generado en estos sitios y se puede realizar el aprovechamiento óptimo del recurso hídrico, sin duda el estudio se torna de gran importancia social sobre todo en estas épocas en que la escasez del recurso hídrico se acrecienta con mayor fuerza de manera crítica, generando preocupación a las poblaciones.

1.4. Hipótesis y descripción de las variables

1.4.1. Hipótesis General

Por lo menos uno de los caudales de diseño generados con fines hidro energéticos, mediante el uso de 03 metodologías convencionales se ajustan con mayor proximidad a la información registrada por la estación hidrométrica Quillón de la Unidad Hidrográfica Canipaco, Junín 2022.

1.4.2. Hipótesis Específicas

- El caudal de diseño generado aplicando la metodología de Lutz Scholz con fines hidro energéticos se ajusta con mayor proximidad a la información registrada por la estación hidrométrica Quillón de la Unidad Hidrográfica Canipaco, Junín 2022.
- El caudal de diseño generado aplicando la metodología de SENAMHI – PISCO con fines hidro energéticos se ajusta con mayor proximidad a la información registrada por la estación hidrométrica Quillón de la Unidad Hidrográfica Canipaco, Junín 2022.
- El caudal de diseño aplicando el método Témez con fines hidro energéticos se ajusta con mayor proximidad a la información registrada por la estación hidrométrica Quillón de la Unidad Hidrográfica Canipaco, Junín 2022.

1.4.3. Variables

- Variable Dependiente (y): Caudales de diseño
- Variable Independiente (x): Metodologías convencionales

1.4.4. Definición de términos básicos

- **Caudal de diseño.** - Volumen de agua que llegara a las obras de drenaje, asociado a diferentes períodos de retorno basados en la intensidad de diseño y en el coeficiente de escorrentía limitado a la cuenca (33).
- **Evaporación.** - Evaporación es el nombre que recibe el proceso completamente físico por el que un sólido o líquido se transforma en estado gaseoso como resultado de la radiación solar, los procesos de difusión turbulenta y los procesos moleculares. (1).
- **Evapotranspiración.** - Es un factor meteorológico que influye en la producción hídrica en las cuencas, la obtención de las reservas subterráneas, el volumen de los embalses, el uso consuntivo de los cultivos, entre otros (34).

- **Escurrimiento:** es el agua procedente de las precipitaciones que circula por la superficie terrestre o por debajo de ella, llega a un curso de agua y, finalmente, se drena hasta la salida de la cuenca (estación de aforo). Forma parte del ciclo hidrológico. (22)
- **Humedad Relativa.** –Definida como la porción total de vapor de agua presente en el aire, la relación descrita como porcentaje entre la cantidad de vapor de agua realmente contenida en la atmósfera y la cantidad de vapor de agua que estaría presente si el aire estuviera saturado a la temperatura (1).
- **Método Volumétrico.** - Consiste en determinar el caudal que entra en un depósito impermeable de volumen conocido en un momento dado cuando el depósito está lleno, obteniendo la fórmula $Q=V/T$. donde Q = caudal (m³/s), V = volumen dado (m³) y T = tiempo (segundos) (35).
- **Período de retorno.** – La duración de un evento de una magnitud determinada en un conjunto de datos de n fechas, o la inversa de la probabilidad de un evento, cuando los eventos anuales son independientes entre sí. (8).

Es una representación utilizada para calcular la probabilidad de que se produzca una inundación en un periodo de tiempo determinado con un caudal dado. (22)

- **Precipitación.** – Es el hundimiento del agua contenida en la atmósfera al suelo, de manera que la atmósfera ya no puede contener agua, y el agua se condensa y precipita. Es una variable hidrológica aleatoria que fluctúa mucho en el tiempo y en el espacio. (34).
- **Temperatura.** –Producto de la radiación solar y la radiación, cuyo cálculo es fundamental para determinar la evaporación y se considera un factor crítico y decisivo en las distintas etapas del ciclo del agua (34).
- **GR2m:** “El modelo es agregado y simula los caudales mensualmente. El modelo aplica dos funciones para convertir la precipitación y la evapotranspiración en escorrentía: una función de producción y una función de transferencia.” (36)

1.4.5. Operacionalización de variables

Tabla 1. Operacionalización de variables

VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	INSTRUMENTO	ESCALA
V.D.(y): CAUDALES DE DISEÑO	“Volumen de agua que llegara a las obras de drenaje, asociado a diferentes períodos de retorno basados directamente en la intensidad de diseño y en el coeficiente de escorrentía definido para la cuenca, se mide m ³ /s” (33).	Dentro de los modelos se consideró como parámetros importantes a los coeficientes para calcular la precipitación efectiva, déficit de escurrimiento, retención y agotamiento de las cuencas (para el balance hídrico).	Método Lutz Scholz	<ul style="list-style-type: none"> - Balance Hídrico – Modelo determinístico (m³/s) - Datos Geoestadísticos (m³/s) - Precipitación – escorrentía (m³/s) 	Ficha de recolección de datos	De Intervalo
		Es una metodología hidrológica de lluvia-escorrentía, planteado para generar caudales con ayuda de la precipitación y evapotranspiración, con la finalidad de ser empleado a nivel de presas y bordos de almacenamiento, asimismo para planeamiento agrícola (2).	Metodología de - SENAMHI – PISCO	<ul style="list-style-type: none"> - Precipitación – escorrentía (m³/s) - Temperatura (°C) - Evapotranspiracion (mm) 		

VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	INSTRUMENTO	ESCALA
		Los balances de humedad entre las distintas actividades de transporte de agua que tienen lugar en el sistema hidrológico en las distintas fases del ciclo hidrológico sirven de base al modelo. (2).	Método Témez	- Balance Hídrico – Modelo determinístico (m3/s) - Precipitación – escorrentía (m3/s) - Datos Geoestadísticos (m3/s)		
V.I.(x): METODOLOGÍAS CONVENCIONALES	“Modelos matemáticos fueron ajustados para poder determinar caudales de diseño”, ya sean físicos (descritos por variables medibles), análogos (diagrama de flujo) y simbólicos (matemáticos, lingüísticos, esquemáticos). Los modelos matemáticos o cuantitativos son descritos por un conjunto de símbolos y relaciones lógico-matemáticos. (OSSO). (37)	Ecuaciones sintéticas y racionales para la determinación de caudales, en depósitos impermeables de volumen conocido en un tiempo determinado en el que tarda en llegar el depósito, así se obtiene la ecuación $Q=V/T$, donde: Q = caudal (m3/s), V = volumen dado (m3) y T = Tiempo (s) (13).	- Período de retorno - Caudales - Volúmenes - Precipitaciones	Probabilidad (período de tiempo) Registros históricos (m3/s) Registros históricos (Hm3/mes) Registros históricos (mm/mes)	Ficha de recolección de datos	De Razón

Fuente: Elaboración Propia

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes del problema

2.1.1. Antecedentes internacionales

Oñate-Valdivieso y otros (2016), en el estudio titulado “**Calibración, Validación y Evaluación de un modelo hidrológico concentrado en un área montañosa al Sur del Ecuador**” artículo científico publicado en la revista *Agrociencia*, nos da a conocer como en América del sur la cantidad estaciones hidrológicas y meteorológicas son pocas y mínimas variables para poder monitorear, con lo que se hace complicado aplicar modelos hidrológicos para analizar ampliamente el recurso hídrico. Se puede tomar como una opción aplicar modelos más sencillos que no requieran muchas variables. Investigaciones sobre el rendimiento de modelos simples bajo parámetros de información limitada son sumamente significativos para conocer cuan disponible está el recurso hídrico en zonas con dichas características. El rendimiento de la metodología de Témez y el método SWAT (modelo semi-distribuido) fue puesto a prueba utilizando información de 6 cuencas ubicadas en la frontera Perú y Ecuador, con extensiones que van entre 200 y 2642 km². Fueron consideradas la temperatura y precipitación de cuarenta y tres estaciones climatológicas dentro del ámbito de estudio. La validación y calibración del método fue hecho por diversas fracciones de la data registrada, las cuales fueron seleccionadas cronológicamente (70 % para modelización; 30 % para validación). La metodología que aplica Témez logro obtener caudales con una eficiencia de NashSutcliffe de 0.63. Las limitaciones se derivan de la cantidad restringida de estaciones, la mala calidad de los datos y el reto de captar características con una amplia variación espacial en un único parámetro focalizado. Con una eficacia de Nash-Sutcliffe de 0,87, la capacidad de simulación del método SWAT fue notablemente superior. En cuencas pequeñas, la metodología de Témez puede tener capacidades de modelización equivalentes a las del método SWAT, a pesar de las mayores capacidades de simulación de este último (4).

Pizarro y otros (2005) mediante el trabajo de investigación titulado “Aplicación de dos Modelos de Simulación Integral Hidrológica, para la estimación de caudales medios mensuales, en dos cuencas de Chile central”, Nota Técnica publicada en la revista *BOSQUE*; validaron y calibraron dos metodologías de representación de cuenca, Método Témez (de 4 parámetros) y Método T (de 2 parámetros), para las cuencas de los ríos Achibueno (943 km²) y Purapel (264,6 km²), situadas en la zona del Maule, Chile, respectivamente. Aunque para la calibración se utilizó la sugerencia básica de los modelos, se distinguieron parámetros para varios grupos de meses, lo que dio lugar al establecimiento de ocho parámetros en el río Purapel y veinticuatro

en el río Achibueno. Para confirmarlos se utilizaron pruebas estadísticas no paramétricas. En consecuencia, la técnica Témez desarrolla el 82% de la contribución única de la cuenca del río Purapel, mientras que el método T desarrolla el 61% de la contribución de la cuenca del río Achibueno. Por representar los procesos primarios del ciclo hidrológico y tener parámetros más manejables, se aconseja utilizar el modelo de Témez de ocho parámetros en la cuenca del río Purapel y el método T de veinticuatro parámetros en la cuenca del río Achibueno como herramientas para la gestión de los recursos hídricos (5).

Murillo y Navarro (2011) en el estudio que lleva por título “Aplicación del modelo de Témez a la determinación de la aportación superficial y subterránea del sistema hidrológico Cornisa-Vega de Granada para su implementación en un modelo de uso conjunto” artículo científico publicado en el Boletín Geológico Minero, los aportes superficiales, subterráneos y totales en condiciones naturales se calcularon mediante el método de Témez. El código de uso conjunto SIMGES (“Simulación de Gestión de cuencas o sistemas de recursos hidráulicos complejos”) describe cómo se fusionan las series resultantes. Dentro de los conceptos científicos son diversos los métodos de simulación a poder ser utilizados para calcular la aportación total de una cuenca. En tal sentido la metodología de Témez es un modelo ligeramente simple, que, en algunas ocasiones, puede tener ventaja frente a otros códigos que se tornan complejos. Para comprender mejor dicho código se incluyó un apartado donde se realizan los fundamentos matemáticos de este. El modelo de Temes se utilizó para determinar las contribuciones superficiales y subterráneas al sistema hidrológico Corniza-Vega de Granada. El sistema contiene 25 subcuencas de canales, 23 acuíferos y 5 embalses, y la relación entre las aguas superficiales y subterráneas es muy complicada y delicada de valorar. Además, las series generadas son complicadas de ajustar, puesto que en algunos lugares el entorno natural ha cambiado mucho (6). Tanto los datos originales como los de baja calidad y escasa disponibilidad utilizados durante la fase de calibración condicionan los resultados del modelo. En consecuencia, los datos de caudal obtenidos de las estaciones de control hidrométrico y foronómico, así como de un conjunto adicional de factores que condicionan el proceso de infiltración, conllevan un cierto grado de incertidumbre (6).

Sánchez (2011), en el trabajo de fin de Máster titulado “Revisión Análisis y Actualización del Modelo de Témez en el ámbito de las Comarcas de la Marina Alta y la Marina Baja (Alicante)” de la Universidad Politécnica de Valencia, mediante análisis y actualización de los datos existentes sobre los numerosos componentes que integran el tema de investigación sugerido, el objetivo era mejorar una metodología para obtener los caudales punta. Los resultados demuestran que el enfoque de Témez es más eficaz para intervalos de retorno de 10, 100 y 500 años y se adapta mejor a periodos de retorno de investigación más largos. El objetivo se cumplió

con la técnica racional modificada de Témez, ya que también se comprobó que se había proporcionado una actualización con valores más ajustados y precisos para adquirir diversos componentes vitales para calcular el caudal punta mediante el método racional modificado (7).

Baquero y Ramírez (2019) en el estudio titulado “Evaluación Del Concepto de Periodo de Retorno y del Análisis de Frecuencia de Eventos Extremos Bajo Condiciones no Estacionarias”, Proyecto de Grado para la Universidad Santo Tomas Bogotá, tuvo como finalidad obtener una herramienta de análisis extrema de las variables hidroclimáticas en condiciones transitorias en ambiente colombiano, puesto que el concepto de período de retorno en el cambio climático no se ha tomado en cuenta (8). Para ello, se evalúa el tiempo de retorno en condiciones de estado estacionario y transitorio. A continuación se presenta un estudio y evaluación de varios instrumentos que se utilizan actualmente para crear análisis de frecuencia de extremos en situaciones transitorias. Esta última es una herramienta más eficaz porque la teoría de las cópulas y las distribuciones GEV son las mejores para producir esquemas metodológicos que ofrezcan procedimientos destinados a realizar diagnósticos frecuenciales de las variables hidroclimáticas en eventos extremos y a establecer adecuadamente las condiciones transitorias (8).

Coy (2017) en el estudio “**Ajuste y validación del modelo Precipitación – Escorrentía GR2m aplicado a la subcuenca nevado**”, artículo de la Universidad Santo Tomás Bogotá se hizo el ajuste y validación del método precipitación – escorrentía GR2M dentro de la subcuenca Nevado. El río Nevado del Cocuy es el nacimiento del cauce, que tiene como confluencia en el río Chicamocha. Este modelo utiliza información de entrada mensuales mínimos, como la evapotranspiración y la precipitación, para calcular la descarga. Los datos provienen de 5 estaciones meteorológicas generales características en la subcuenca Nevado, en cuyo caso se garantiza que el modelo representa la cuenca de manera confiable. Un método cualitativo en el que los valores óptimos de los parámetros fueron definidos por la función objetivo usando la técnica de optimización del solver de Excel, después de que los parámetros fueron ajustados y evaluados; los valores de la descarga y los datos calculados usando la metodología fueron comparados por gráficos para analizar las variaciones que pueden ocurrir en diversas épocas del año teniendo como base la hidrología. El Instituto de Hidrometeorología y Medio Ambiente de Colombia proporcionó datos tanto de estaciones meteorológicas convencionales como de la estación limnométrica (9).

2.1.2. Antecedentes nacionales

Huamán y Rodríguez (2018) en el trabajo de investigación que lleva por título “**Generación de caudales medios mensuales de la cuenca Grande (Mashcón) impactada por actividad**

minera” artículo para la Universidad Nacional de Cajamarca, cuyo objetivo fue utilizar el método hidrológico probabilístico determinista de Lutz-Scholz para calcular la descarga mensual promedio en la Cuenca Grande con una altura promedio de 3508.5 m. con ayuda de la precipitación media mensual (período 1968-2016), teniendo a la captación 3 Molinos situados en el río Grande, que sirven de punto de emisión (10). Debido al uso de agua a cielo abierto de dos explotaciones mineras en la sección superior de la cuenca, que afectaron a una zona de 11 km, la zona de drenaje de la cuenca se redujo a 60 km desde los 71 km de la zona no afectada. Al comparar el régimen de precipitaciones de los meses lluviosos y escasos en la cuenca del río Grande entre 1968 y 2016, los meses con mayor intensidad de precipitaciones (marzo), con 158,6 mm y los de menor (julio), con 10,6 mm, no se vieron afectados por la minería (10). Según el régimen de precipitaciones de la cuenca del Grande, los caudales medios mensuales (mm/mes) estimados con la metodología determinista probabilística de Lutz-Scholz varían. Esto muestra que existe una diferencia significativa entre los dos periodos, oscilando entre 71,2 mm/mes y 46,9 mm/mes en los meses húmedos y entre 40,5 mm/mes y 28,2 mm/mes en los meses secos. El caudal base y la escorrentía directa son ejemplos de estos caudales. Con el fin de crear escenarios de cuencas no afectadas y escenarios de cuencas afectadas por la minería relacionada con el área de drenaje, se calculó la cantidad de agua utilizable en volúmenes mensuales en la cuenca del Grande en relación con los caudales medios mensuales generados en mm/mes para persistencias relacionadas con el consumo humano (80%), usos agrícolas-ganaderos (75%), industriales (85%) e hidroeléctricos (95%) (10).

Palacios (2010) en la Tesis titulada **“Caudales de diseño en el río Piura y su variación histórica ante el fenómeno el niño”**, Universidad de Piura, tuvo la finalidad de mostrar modelos probabilísticos que se ajusten para calcular el caudal de diseño, a escenarios con período 1925-2008 en las estaciones Ñácara, Los Ejidos y Tambogrande. Dichos caudales permiten calcular los eventos pico relacionados con períodos de retomo de pueden ser hasta cien años. También en dicho estudio se da un concepto de las distribuciones de probabilidad utilizadas y se muestran las fórmulas para calcular los parámetros que las definen, por medio del software Excel y por momentos lineales con la ayuda del HidroEsta. Los resultados obtenidos con un modelo probabilístico utilizando métodos tradicionales calculados en Excel e HidroEsta ayudaron a comparar los resultados y seleccionar el método más adecuado para el caudal de diseño del río Piura (11).

Gamero y Sipión (2022) en la tesis sobre **“Estimación de caudales mensuales de la subcuenca Charanal a través de modelos hidrológicos”**, Universidad de Piura, el estudio sugiere estimar los caudales mensuales de la subcuenca del río Charanal utilizando muchos modelos hidrológicos de precipitación-escorrentía y elegir el más adecuado para la

investigación. En este estudio se realizó la comparación de metodologías hidrológicas para determinar caudales, teniendo entre ellos el modelo lluvia – escorrentía GR2m, ABC, Lutz Scholz y Témez, cuyos resultados de análisis contienen características en común cuyos caudales obtenidos no son capaces de ajustarse en los períodos de máximas avenidas. Según las conclusiones del estudio, los caudales generados por los cuatro modelos hidrológicos no se modificaban en las épocas de máxima crecida. También se indicó que, aunque el rango de valores de los parámetros del modelo témez se estableció mediante cálculos empíricos realizados en la sierra española, el modelo no obtuvo buenos resultados en la generación de caudales durante los periodos de crecidas máximas. Del mismo modo, el modelo de Lutz Scholz, a pesar de estar pensado para la sierra peruana, obtuvo buenos resultados en la generación de caudales en la subcuenca del Charanal. El modelo lluvia-escorrentía GR2m es una de las mejores formas de obtener caudales mensuales en la subcuenca del Charanal. Debido a su distribución puntual menos sesgada y a sus valores ideales de bondad de ajuste, puede clasificarse como un instrumento para la gestión de los recursos hídricos de la región. Por último, pero no menos importante, el producto de cuadrícula PISCO se ofrece como una forma más rápida de obtener datos meteorológicos y como una herramienta útil en lugares sin registros de estaciones debido a sus fuertes conexiones con los datos del SENAMHI (1).

Marmolejo (2018), en la tesis titulada “Cálculo de precipitaciones y caudales de diseño de sistemas de drenaje pluvial urbano en zonas de Huancavelica, Junín y Ayacucho”, Pontificia Universidad Católica del Perú, el objetivo era demostrar las técnicas de cálculo utilizadas por el comité técnico fundado por SENCICO presentes en el proyecto de norma OS.060. Además, se emplearon modelos matemáticos en el diseño del drenaje pluvial del país, particularmente en los Andes. Las metodologías para calcular caudales de diseño fueron: Método del hidrograma unitario y método racional. Este último, se aplicó en zonas donde el drenaje era inferior a 3. La metodología del hidrograma, fue aplicada para lugares con áreas superiores a 0.5. Los datos suministrados para la investigación determinaron qué modelo debía utilizarse. A partir de los datos del SENAMHI sobre la mayor cantidad de precipitaciones en un periodo de 24 horas, se crearon gráficos de curvas de intensidad-duración-frecuencia en relación con la base de información de precipitaciones. Los hidrogramas de precipitación efectiva proporcionaron información que se utilizó en la estimación de caudales (12).

Liendo y Neyra (2019) en la tesis titulada “**Modelación Probabilística de las Crecientes Máximas en ríos de La Vertiente Peruana del Pacífico**”, Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, se hace hincapié en aplicación de métodos regionales, ayudando a modelar una función de distribución de frecuencia bien informada de la cuenca y separar la cuenca en 3 regiones: zonas norte, central y sur. El resultado de la regionalización puede extrapolarse a

cuenca donde no se cuenta con suficiente información hidrológica. Los modelos probabilísticos utilizados para el análisis de frecuencias fueron Normal, LogNormal, Extremo tipo I, Pearson III y log Pearson III, y series anuales de caudales máximos diarios de 33 estaciones. Usando la metodología de crecida índice, validamos la homogeneidad hidrológica de las 3 regiones establecidas y combinamos las curvas de abundancia para cada región con el valor medio anual (Q2.33) y los parámetros geomorfológicos más apropiados y obtuvimos la relación. El producto de la prueba de Kolmogorov-Smirnov, el coeficiente de correlación y el producto del análisis de frecuencia teniendo como base el método gráfico muestran que los mejores modelos para el análisis son la distribución extrema tipo I (Gumbel) y la función Log-Pearson III. Además, se sugiere la función Gumbel I como metodología estándar (13).

Cruz y Romero (2018) en la de investigación que lleva por título “Análisis comparativo de los modelos lluviaescorrentía: GR2m, Témez y Lutz-Scholz aplicados en la subcuenca del río Callazas”, Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, el objetivo del estudio era encontrar el modelo más adecuado entre GR2m, Témez y Lutz Scholz Scholz para representar el tipo de mecanismo lluvia-escorrentía en la cuenca del río Callazas. Por ello, la eficacia hidrológica de cada metodología se evaluó mediante pruebas estadísticas (pruebas de bondad de ajuste) tras la puesta en práctica de estos modelos en la cuenca del río Callazas. Con un valor de 0,846, la técnica GR2m proporciona el mejor ajuste al comportamiento de la cuenca cuando se utiliza el coeficiente de eficiencia de Nash como criterio principal. La metodología de Lutz Scholz ocupa el segundo lugar, con un valor de 0.776, mientras que la metodología de Témez ocupa el tercer lugar, con un valor de 0.52 (2). El estudio concluye que, aunque el modelo GR2m tiene menos parámetros y es más fácil de utilizar, es el más preciso a la hora de reproducir el proceso de conversión de precipitaciones en escorrentía. Los resultados de la utilización de los tres modelos en la cuenca del río Callazas así lo demuestran. También menciona que los tres modelos utilizados no se ajustan suficientemente a los valores extremos cuando no existen factores correctores. El modelo de Témez tiende a sobrestimar los flujos en los últimos periodos de la simulación, mientras que subestima los flujos en los meses iniciales de la simulación. Debido a sus limitaciones en el cálculo de los valores de entrada, el modelo de Lutz Scholz reduce la precisión y aumenta la incertidumbre (2).

2.2. Bases teóricas

2.2.1. Importancia de una unidad hidrográfica

Una unidad hidrográfica compone un sistema cambiante conformado por elementos físico-biológico, institucional, político y socioeconómico, las cuales se interrelacionan. Es una unidad territorial delimitada por la influencia de un sistema de drenaje superficial, cuyos límites físicos

son cuencas hidrográficas, cuyo objeto es la confluencia de un cauce principal con otro nacimiento, donde se interconectan sistemáticamente diversos procesos (14).

Se considera que las cuencas hidrográficas son las mejores zonas geográficas para gestionar los recursos hídricos. Investigadores, científicos y gestores de recursos hídricos han investigado la necesidad de utilizar esta zona como fuente para la gestión integrada de los recursos hídricos y otros recursos naturales relacionados (15).

2.2.2. Planificación en unidades hidrográficas

Definida como la restauración de ecosistemas degradados y la organización de los recursos naturales. Comienza por entender la complejidad del medio y de las relaciones que existen entre los elementos de la unidad hidrográfica, el registro de estos factores ayuda a identificar los recursos individuales y sus mutuas correlaciones, medir las disponibilidades de la unidad hidrográfica, usos, limitaciones y potencialidades (14). El proyectar debe ser participativa involucrando a todos los actores, facilitando la incorporación de los recursos naturales para su manejo, y el manejo de obras u otros trabajos realizados al finalizar un proyecto determinado (14).

2.2.3. Delimitación de Unidades Hidrográficas

La delimitación se realiza a través de 02 metodologías:

2.2.3.1. Sistema de Codificación Pfafstetter

El sistema de codificación Pfafstetter fue elaborado por Otto Pfafstetter en 1989, publicado por Verdin en 1997 y ha sido utilizado como estándar internacional por el USGS (Servicio Geológico de los Estados Unidos) desde entonces. Un método para determinar ID a unidades de drenaje en función de la topología de la superficie. Es decir, asigne un ID al grupo y asócielo con su grupo contiguo local o interno (15).

2.2.3.2. Método cartográfico para la delimitación de cuencas

Esta metodología resalta por la aplicación de criterios cartográficos para delimitar unidades hidrográficas en forma semiautomática, para lo que los conceptos básicos de delimitación de cuencas deberán ser comprendidos perfectamente por el especialista. El establecimiento de límites se puede hacer no solo por el método tradicional (establecimiento de límites en un mapa topográfico), sino también digitalmente ingresando directamente en la pantalla de una computadora usando el software GIS como herramienta de digitalización (15).

2.2.4. Análisis estadístico de Información Hidrométrica

Las estaciones de aforo a lo largo del año han servido para obtener el registro de la variación del caudal, las que son ubicadas frecuentemente en los cauces de los ríos. En muchas de estas estaciones se registran de manera intermediaria los datos. Un inventario de información con datos de aforos de diversos años resulta muy importante para estimar las variaciones estacionales del caudal (16).

Si esta información no está disponible, los cálculos de escurrimiento pueden basarse en la información meteorológica del área de la cuenca (16).

2.2.5. Balance hídrico

La evapotranspiración potencial ajustada y la precipitación media mensual son las dos entradas y salidas de agua que se tienen en cuenta en el balance hídrico (17).

Esto se puede cambiar por el índice de calor anual, la temperatura y las horas de sol. Según la UNESCO, una investigación exhaustiva cuantificará la cantidad de agua de la cuenca; no obstante, este registro puede verse afectado por la actividad humana. Todo lo mencionado se conoce también como la conservación del agua, que equilibra la entrada y salida de agua en una cuenca (17).

El examen cuantitativo del balance hídrico es posible gracias al análisis espacial y temporal de la oferta y la demanda de agua en una cuenca hidrográfica (18).

El balance hídrico, tal y como lo define el Servicio Geológico de Estados Unidos, es un "presupuesto hidrológico" que detalla las entradas, salidas y capacidades de almacenamiento de las unidades hidrológicas, incluidos los lagos, embalses, cuencas hidrográficas, acuíferos y zonas del suelo (18).

Según "La Sociedad Geográfica de Lima y Global Water Partnership South America" (18) la fórmula a aplicar para estimar el balance hidrológico es:

Ec. 1:

$$\Delta S = P - Q - G - ET \quad (18)$$

Donde:

ΔS : “Cambio en almacenamiento superficial y subterráneo. Este incluye almacenamiento en cauces, embalses, suelos y acuíferos”.

Q : “Caudal superficial de la cuenca”

G : “Flujo neto de aguas subterráneas”

P : “Precipitación en el período seleccionado”

ET : “Evapotranspiración real de la cuenca”

El balance hídrico, a menudo conocido como balance, es un método utilizado para calcular los parámetros de las cuencas hidrográficas mediante la regla de conservación de la masa o la ecuación de continuidad (19).

Ec. 2:

Entradas = Salidas + Cambio en el almacenamiento

$$P = ES + ETR + I \quad (19)$$

Donde:

P : “Precipitación”

ES : “Escorrentía Superficial”

ETR : “Evapotranspiración”

I : “Infiltración”

Aunque existen numerosos modelos para determinar el balance hídrico de una cuenca y sus variables asociadas, la mayoría de ellos pasan por alto el potencial de variabilidad ecológica y otras características naturales del entorno. Aunque se cree que la ecuación del balance hídrico es el enfoque general, "la técnica del balance hídrico implica mediciones tanto del almacenamiento como del caudal de agua: pero, según la UNESCO, algunas mediciones se eliminan en función del volumen y del periodo de tiempo utilizados para calcular el balance"; en otras palabras, se simplifican a una única ecuación que puede hacerse más o menos compleja (19).

2.2.6. Período de retorno

Es entendido a el tiempo transcurrido entre dos acontecimientos iguales (20).

El número medio de años en que se prevé que un suceso se alcance o supere una sola vez se conoce como periodo de retorno "T". La probabilidad excesiva es la segunda definición. Probabilidad de que, a lo largo del período de retorno, la variable aleatoria tenga un valor mayor o igual que el número entero especificado. (21).

Definida como:

Ec. 3:

$$P(x) = \frac{1}{T} \quad (21)$$

La posibilidad de no exceder el valor de la variable aleatoria viene dada por la función de distribución de probabilidad $F(x)$, definida como (21):

Ec. 4:

$$F(x) = \int_0^x f(x)dx = P(x \leq X) = 1 - \frac{1}{T} \quad (21)$$

En este caso, la posibilidad de que la variable aleatoria sea mayor que X se expresa como (21):

Ec. 5:

$$P(x > X) = 1 - F(x) = \frac{1}{T} \quad (21)$$

2.2.7. Modelación Hidrológica

Una técnica útil para describir el comportamiento y el volumen del agua ante diversos sucesos es la modelización hidrológica. Los modelos hidrológicos y de modelización deben tenerse en cuenta para evaluar, simular y predecir los daños potenciales derivados de las inundaciones, el cambio climático, las intervenciones humanas, etc. para sugerir una ingeniería y gestión de los recursos hidroeléctricos a nivel de cuenca, región o nación (2).

Para comprender el proceso en el modelo, primero debemos comprender que el ciclo del agua se representa como un gran sistema, una serie de componentes o subsistemas interconectados (2).

El propósito del modelado hidrológico es describir las relaciones entre sistemas, ambientes de trabajo, operaciones y transformaciones apropiadas para producir resultados (2).

2.2.8. Metodologías convencionales

En primer lugar, las estaciones meteorológicas proporcionan estadísticas sobre las precipitaciones. Tras la adquisición de estos datos, se utiliza un programa informático para ajustar la bondad del ajuste con el fin de garantizar que la curva de precipitaciones no se vea perturbada por ningún punto o información dignos de mención. A continuación, se utiliza el método de los polígonos de Thiessen para dividir la región de investigación en secciones en función del número de estaciones de campo. Esto permite establecer la influencia relativa de cada estación dentro de una zona específica. A continuación, se calculan los caudales para determinar la escorrentía superficial, subsuperficial y subterránea utilizando diversos enfoques hidrológicos. (22)

2.2.9. Modelo Lutz Scholz

Como parte del PLAN MERISS II, este modelo hidrológico fue desarrollado por el especialista alemán Lutz Scholz y utilizado principalmente en las cuencas altoandinas del Perú entre 1979 y 1980 (en el marco de la cooperación técnica de la República de Alemania). Este modelo hidrológico tiene dos estructuras distintas: una determinística para el cálculo de caudales mensuales para un año promedio (balance hídrico) y otra estocástica para la creación de series de caudales prolongados (proceso de Markov). (23)

El modelo fue desarrollado teniendo en cuenta la falta de registros de caudales en la sierra peruana. Considerando las características físicas y meteorológicas de las cuencas, que pueden determinarse mediante investigaciones de campo y cartográficas. Los coeficientes que definen la precipitación efectiva, el déficit de escorrentía, la retención y el agotamiento de la cuenca son los parámetros más cruciales del modelo. (24)

A continuación, se exponen los pasos dados para poner en práctica el modelo:

- a. El proceso de cálculo de los parámetros necesarios para explicar los fenómenos de escorrentía media. (24)
- b. Creación de una colección de modelos de parámetros incompletos para el cálculo del caudal de la cuenca en ausencia de datos hidrométricos. Los caudales necesarios se calculan utilizando la información anterior. (24)
- c. Combinando el caudal del mes anterior con la precipitación efectiva del mes, un proceso markoviano combinado genera caudales ampliados y calibra el modelo.

Este modelo de Lutz-Scholz se aplicó primero a estudios de proyectos de irrigación, pero luego se amplió a estudios hidrológicos para casi cualquier propósito (abastecimiento de agua, hidroelectricidad, etc.) con el objetivo de estimar caudales mensuales. La aplicación del modelo a las cuencas altas del Perú ha producido resultados que concuerdan bien con los valores observados. (1)

El proceso y factores abarcados en este modelo son (1):

❖ Ecuación de balance hídrico (modelo determinístico):

De acuerdo a la siguiente expresión propuesta por Fisher se tiene:

Ec. 6:

$$CMi = Pi - Di + Gi - Ai \quad (1)$$

Donde:

CMi : “Caudal mensual (mm/mes)”

Pi : “Precipitación mensual (mm/mes)”

Di : “Déficit de escurrimiento (mm/mes)”

Gi : “Gasto de la retención (mm/mes)”

Ai : “Abastecimiento de la retención (mm/mes)”

Dado que el gasto y el abastecimiento siguen siendo los mismos a lo largo del tiempo, el almacenamiento de la cuenca permanece sin cambios a lo largo del tiempo y, durante el año promedio, una proporción de la precipitación regresa a la atmósfera por evaporación. Entonces (P-D) se reemplaza por (C*P) y considerando el cambio en m³/s, la ecuación se transforma en:

Ec. 7:

$$Q = c' \times C \times P \times AR \quad (1)$$

Que resulta ser la expresión básica del método racional.

Donde:

- Q : “Caudal mensual en m³/s”
c' : “Coeficiente de conversión del tiempo en mes/s”
C : “Coeficiente de escurrimiento”
P : “Precipitación total mensual en mm/mes”
AR : “Área de la cuenca en m²”

❖ **Coeficiente de escurrimiento (modelo determinístico):**

El cociente entre el volumen de agua precipitada sobre una cuenca (precipitación total) y la cantidad de agua que fluye a través de una porción de la misma como resultado de un evento pluviométrico se conoce como coeficiente de escurrimiento. Dicho de otro modo, la escurrimiento superficial es el porcentaje de precipitación real que se produce. El coeficiente de escurrimiento es una variable que cambia con el tiempo en función de las características del medio (temperatura, humedad relativa, velocidad del viento, horas de luz y tamaño de la cuenca) y del terreno (naturaleza, vegetación, permeabilidad, pendiente y humedad inicial del suelo). Es difícil evaluar por separado cada uno de los aspectos mencionados porque todos ellos se afectan mutuamente. (24)

El coeficiente de escurrimiento "C" puede hallarse mediante diversas técnicas, entre ellas la fórmula de L. Turc, que tiene la siguiente expresión matemática: (2)

Ec. 8:

$$C = \frac{P-D}{P} \quad D = \frac{P}{\left[0.9\left(\frac{P}{L}\right)^2\right]^{0.5}} \quad L = 300 + 25T + 0.05T^3 \quad (2)$$

Donde:

- C : “Coeficiente de Escurrimiento”
P : “Precipitación total anual (mm/año)”

- D : “Déficit de E scorrimiento (mm/año)”
 L : “Coeficiente de Temperatura”
 T : “Temperatura media anual (°C)”

Para Cusco y Huancavelica:

Ec. 9:

$$C = 3.16E^{12}(P^{-0.571})(EP^{-3.686}), \quad r = 0.96$$

Para Junín:

Ec. 10:

$$C = 738(P^{0.345})(EP^{-1.438}), \quad r = 0.82$$

Para Cajamarca:

Ec. 11:

$$C = 5.56E^6(P^{0.925})(EP^{-3.165}), \quad r = 0.95$$

❖ Evapotranspiración potencial (modelo determinístico)

La fórmula de Hargreaves la determina en función de la radiación solar:

Ec. 12:

$$EP = 0.0075(RSM)(TF)(FA)$$

Ec. 13:

$$RSM = 0.075(RA)\sqrt{\frac{n}{N}}$$

Ec. 14:

$$FA = 1 + 0.06(AL)$$

Donde:

RSM : Radiación solar media

TF : Componente de temperatura

FA : Coeficiente de corrección por elevación

TF : Temperatura media anual (°F)

RA : Radiación extraterrestre (mm H₂O/año)

(n/N) : Relación entre insolación actual y posible (%) 50 % (estimación en base a los registros)

AL : Elevación media de la cuenca (Km)

Para calcular la temperatura anual se tiene en cuenta el gradiente de temperatura de -5,3 °C / 1000 m, que se encontró para la Sierra, y el valor de los registros de las estaciones.

❖ Precipitación efectiva (modelo determinístico)

Para calcular la precipitación efectiva, se considera que los caudales medios de las cuencas representan un estado de equilibrio entre la escorrentía y la oferta de retención, según Lutz Scholz (1980). Para que la relación entre la precipitación efectiva y la precipitación total sea igual al coeficiente de escorrentía, la precipitación efectiva debe determinarse para un coeficiente de escorrentía medio. En la investigación hidrológica, la precipitación efectiva es la parte de la precipitación total mensual que coincide con el déficit utilizando el enfoque del USBR. Lo contrario de la precipitación efectiva agrícola es la precipitación efectiva hidrológica.

Traducción realizada con la versión gratuita del traductor DeepL.com (24)

Ec. 15:

$$PE = a_0 + a_1P + a_2P^2 + a_3P^3 + a_4P^4 + a_5P^5$$

Donde:

- PE : Precipitación efectiva (mm/mes)
P : Precipitación total mensual (mm/mes)
a_i : Coeficiente del polinomio}

Ec. 16:

$$C = \frac{Q}{P} = \sum_{i=1}^{12} \frac{PE_i}{P}$$

Donde:

- C : Coeficiente de escurrimiento
Q : Caudal anual
P : Precipitación Total anual

$$\sum_{i=1}^{12} \frac{PE_i}{P} \quad : \text{Suma de precipitación efectiva mensual}$$

❖ Retención de la cuenca (modelo determinístico)

Si la oferta y la descarga del embalse están equilibradas y el caudal total es igual a la precipitación anual efectiva, la contribución del embalse al caudal puede calcularse mediante las siguientes fórmulas. (24)

Ec. 17:

$$R_i = CM_i - P_i$$

Ec. 18:

$$CM_i = PE_i + G_i - A_i$$

Donde:

- CM_i : Caudal mensual (mm/mes)
PE_i : Precipitación efectiva mensual (mm/mes)
R_i : Retención de la cuenca (mm/mes)
G_i : Gasto de la retención (mm/mes)
A_i : Abastecimiento de la retención (mm/mes)

R_i : G_i para valores mayores que cero (mm/mes)

R_i : A_i para valores menores que cero (mm/mes)

Sumando los valores de G o A , respectivamente, se puede determinar la retención total de la cuenca para un año medio. Esta retención total varía de 43 a 188 (mm/año) en las cuencas altas. (24)

❖ Almacenamiento hídrico (modelo determinístico)

La retención de la cuenca se ve afectada por tres tipos diferentes de depósitos naturales de agua:

- Acuíferos
- Lagunas y pantanos
- Nevados

El volumen de agua que se mantiene en cada uno de los tres tipos de depósitos de agua se muestra en la siguiente tabla. (24)

Tabla 2. Lámina de agua acumulada en los tres tipos de almacén hídrico

Tipo	Lámina acumulada (mm/año)		
	Pendiente de la cuenca		
Napa freática	2%	8%	15%
	300	250	200
Laguna y pantanos	500		
Nevados	500		

Fuente: Lutz Scholz (1980) Generación de caudales mensuales en la sierra peruana. (24)

Para acuíferos la fórmula para determinar la lámina retenida es:

Ec. 19:

$$L_A = -750(I) + 315$$

Donde:

L_A : Lámina retenida de acuíferos (mm/año)

I : Pendiente de desagüe: $I \leq 15\%$

❖ Relación entre descargas y retención (modelo determinístico)

La descarga de retención proporciona alimento a los ríos durante toda la estación seca, constituyendo el caudal o descarga primaria. Al final de la estación seca, la reserva o retención de la cuenca se agota; la descarga durante este tiempo puede calcularse utilizando la fórmula la fórmula: (24)

Ec. 20:

$$Q_t = Q_0 x e^{-a(t)}$$

Donde:

Q_t : Descarga en el tiempo t

Q_0 : Descarga inicial

A : Coeficiente de agotamiento

t : tiempo

❖ Coeficiente de agotamiento (modelo determinístico)

A partir de los datos hidrométricos, el coeficiente de agotamiento puede calcularse mediante la ecuación anterior. Cabe mencionar que este coeficiente disminuye gradualmente durante la estación seca, lo que significa que no es constante. La utilización de un valor medio permite ignorar prácticamente la volatilidad de este coeficiente durante la estación seca. (24)

La relación entre el coeficiente de agotamiento de la cuenca y el área de la cuenca es logarítmica. (24)

Ec. 21:

$$a = f[\ln(AR)]$$

Ec. 22:

$$a = 3.1249E67(AR)^{-0.1144}(EP)^{-19.336}(T)^{-3.369}(R)^{-1.429}, r = 0.86$$

El coeficiente de agotamiento real se puede hallar midiendo repetidamente el río a lo largo de la estación seca; si esto no es factible, se puede estimar mediante la siguiente expresión utilizando las fórmulas creadas por Lutz Scholz para las cuencas objeto de estudio. (24)

Ec. 23:

$$a = -0.00252xLn(AR) + K$$

Tabla 3. Cálculo de los coeficientes de agotamiento

Características de la cuenca	K
Agotamiento muy rápido, por temperatura elevada > 10°C y retención que va de reducida (50 mm/año) hasta retención mediana (80 mm/año)	0.034
Agotamiento rápido, por retención entre 50 y 80 mm/año y vegetación poco desarrollada (puna).	0.030
Agotamiento mediano, por retención mediana (alrededor de 80 mm/año) y vegetación mezclada (pastos, bosques y terrenos cultivados).	0.026
Agotamiento reducido, por alta retención (arriba de 100 mm/año) y vegetación mezclada.	0.023
Agotamiento muy reducido	0.018

Fuente: Adaptación de Aguirre 1992, citado por (24)

Donde:

- a : coeficiente de agotamiento por día
- AR : área de la cuenca (Km²)
- EP : evapotranspiración potencial anual (mm/año)
- T : duración de la temporada seca (días)
- R : retención total de la cuenca (mm/año)

❖ **Gasto de la retención (modelo determinístico)**

Basándose en datos anteriores de la cuenca estudiada, se puede utilizar la siguiente ecuación para calcular la contribución mensual de retención durante la estación seca: (24)

Ec. 24:

$$G_i = \left[\frac{b_i}{\sum_{i=1}^m b_i} \right] R$$

Donde:

b_i : relación entre el caudal del mes actual y anterior (coeficiente de gasto de la retención)

$\sum_{i=1}^m b_i$: sumatoria de la relación entre el caudal del mes i y el caudal inicial

G_i : Gasto mensual de la retención (mm/mes)

R : Retención de la cuenca (mm/mes)

❖ **Abastecimiento de la retención (modelo determinístico)**

A lo largo de la temporada de lluvias, el abastecimiento se mantiene constante en las cuencas que forman parte de la misma zona climática. En la región de Cusco, el aporte pasa del 5% del volumen total en noviembre al 80% en enero. Las precipitaciones de marzo se evaporan rápidamente y no contribuyen a la retención; el 20% restante corresponde a las importantes

lluvias de febrero. Los coeficientes mensuales, expresados en porcentaje del almacenamiento total anual, figuran en la tabla siguiente. (24)

Tabla 4. Almacenamiento hídrico o abastecimiento de la retención durante la época de lluvias (%)

Región	Ene	Feb	Mar	Oct	Nov	Dic	Total
Cusco	40	20	0	0	5	35	100
Huancavelica	30	20	5	10	0	35	100
Junín	30	30	5	10	0	25	100
Cajamarca	20	25	35	25	-5	0	100
Ancash (Santa)	22	37	45	3	-7	0	100

Fuente: Adaptación de Aguirre 1992, citado por (24)

El déficit mensual de la Precipitación Efectiva representa la lámina de agua A_i que entra en el embalse de la cuenca. Para calcularlo se utiliza la fórmula siguiente:

Ec. 25:

$$A_i = a_i \left(\frac{R}{100} \right)$$

Donde:

A_i : Abastecimiento de la retención (mm/mes)

a_i : coeficiente de abastecimiento (%)

R : retención de la cuenca (mm/año)

❖ Determinación del caudal mensual para el año promedio (modelo determinístico)

Se utilizará la ecuación que representa el balance hídrico mensual derivado de los componentes anteriormente mencionados:

Ec. 26:

$$CM_i = PE_i + G_i - A_i$$

Donde:

CM_i = Caudal del mes i (mm/mes)

PE_i = Precipitación efectiva del mes i (mm/mes)

G_i = Gasto de la retención del mes i (mm/mes)

A_i = Abastecimiento de la retención del mes i (mm/mes)

❖ Generación de caudales mensuales para períodos extendidos (modelo estocástico)

El modelo hidrológico presentado faculta una estimación precisa de la descarga mensual en años normales. El método de generación de flujo se basa en años promedio y combina un proceso de Markov de primer orden con una variable de impulso. (2)

La fórmula que brinda la generación de caudales es:

Ec. 27:

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

Donde:

Q_t : “Caudal en el mes t ”

Q_{t-1} : “Caudal en el mes anterior”

PE_t : “Precipitación efectiva en el mes t ”

B_i : “Coeficiente de la regresión lineal múltiple”

S : “Error estándar de la regresión múltiple”

r : “Coeficiente de correlación múltiple”

z : “Número aleatorio normalmente distribuido (0,1) del año t ”

2.2.10. Método Racional Modificado Témez

Este enfoque, que tiene en cuenta la precipitación, la evapotranspiración y el almacenamiento subterráneo, estima el caudal medio mensual en cada lugar de la red hidrográfica utilizando un

conjunto de parámetros restringidos para recrear constantemente el ciclo del agua a lo largo del tiempo. (1).

Mediante una ecuación basada en las características físicas de la unidad hidrográfica estudiada y en la intensidad de las precipitaciones, se calcula el caudal con este método. (25).

El Tiempo de Concentración y área de la cuenca de estudio definen el margen de aplicación de esta metodología (26), quiere decir el mayor caudal de la cuenca con un área inferior a 3,000 km² y con tiempo de concentración (T_c) de 0,25 a 24 horas (27).

Ec. 28:

$$0.25 < t_c < 24h ; 1 \leq A < 3.000 \text{ km}^2 \quad (1)$$

La siguiente fórmula se utiliza para estimar el caudal de referencia Q en el lugar donde desagua una cuenca o superficie. (26):

Ec. 29:

$$Q = 0.278 CIAK \quad (26)$$

Donde:

Q: “Descarga máxima de diseño (m³/s)”

C: “Coeficiente de escorrentía”

A: “Área de la cuenca (km²)”

K: “Coeficiente de Uniformidad”

Las fórmulas que definen los factores de la fórmula general, son los siguientes:

❖ Tiempo de Concentración (T_c)

Ec. 30:

$$T_c = 0.3 \left(\frac{L}{S^{0.25}} \right)^{0.76} \quad (26)$$

Donde:

L: “Longitud de cauce mayor (km)”

S: “Pendiente promedio del cauce mayor”

❖ **Coeficiente de Uniformidad (K)**

Ec. 31:

$$K = 1 + \frac{T_c^{1.25}}{T_c^{1.25} + 14} \quad (26)$$

Donde:

Tc: “Tiempo de concentración (horas)”

❖ **Coeficiente de simultaneidad o factor reductor (k_A)**

Ec. 32:

$$K_A = 1 - (\log_{10} A/15) \quad (26)$$

Donde:

A = “Área de la cuenca (km²)”

❖ **Precipitación máxima corregida sobre la cuenca (P)**

Ec. 33:

$$P = k_A P_d \quad (26)$$

Donde:

k_A: “Factor reductor”

P_d: Precipitación máxima diaria (mm)

❖ **Intensidad de Precipitación (I)**

Ec. 34:

$$I = \left(\frac{P}{24}\right) * (11)^{\frac{28^{0.1} - T_c^{0.1}}{28^{0.1} - 1}} \quad (26)$$

Donde:

P: “Precipitación máxima corregida (mm)”

Tc: Tiempo de concentración (horas)

❖ **Coeficiente de Escorrentía (C):**

Ec. 35:

$$C = \frac{(P_d - P_0) * (P_d - 23P_0)}{(P_d + 11 * P_0)^2} \quad (26)$$

Donde:

Pd: “Precipitación máxima diaria (mm)”

Po: “Umbral de escorrentía” = $\left(\frac{5000}{CN}\right) - 50$

CN: “Número de curva”

2.2.11. Método PISCO SENAMHI

El objetivo de los sistemas de investigación, vigilancia y previsión hidrometeorológica es recopilar información sobre las características hidrológicas y climáticas que ayuden a comprender la hidroclimatología de una cuenca y ofrezcan una explicación de los fenómenos máximos o extremos. La generación de estos datos requiere una gran inversión de tiempo en el procesamiento y evaluación de los datos para garantizar buenos resultados, consistencia temporal de las series de precipitaciones, uniformidad, factores que limitan la capacidad de responder de manera apropiada a las diversas demandas de información de los usuarios. Además, la poca cantidad de estaciones meteorológicas en el país requiere el uso de métodos de regionalización e interpolación espacial para obtener datos en áreas sin instrumentación, lo que implica la aplicación de diversas metodologías según los objetivos y criterios del investigador, lo que aumenta el sesgo por el uso de diversas fuentes de datos y su procesamiento. Para rebasar estas desventajas, el SENAMHI ha creado la base de información

PISCO, cuyas siglas en inglés significan “Peruvian Interpolated data of the SENAMHI's Climatological and Hydrological Observations”. El producto PISCO de precipitación (PISCOp), en su versión diaria y mensual, se obtiene mediante la organización de datos de estaciones terrestres con climatologías, análisis y productos satelitales de estimación de lluvias. Así se consigue una data de información grillada a nivel nacional de alta resolución espacial (~5*5 km). La información grillada engloba una serie temporal que comienza el 1 de enero de 1981 y finaliza el 31 de diciembre de 2016. Esto permite una amplia disposición de los datos de precipitación para ser usados en diferentes actividades relacionadas con el análisis hidrológico. No obstante, es importante tener en cuenta las limitaciones que se expondrán en el presente documento. (28).

Los productos de PISCO precipitación diario (PISCOpd) y precipitación mensual (PISCOpm) puede dividirse en tres subprocesos:

- Control de calidad de la información pluviométrica.
- Análisis exploratorio (AE) de la información satelital.
- Mezcla de datos basado en técnicas geo estadísticas (mensual) y determinísticas (diario).

Los datos interpolados del Observatorio Climatológico e Hidrológico del Perú (PISCO Pd V2.0) del SENAMHI del 1 de enero de 1981 al 31 de diciembre de 2016 son una serie de precipitaciones máximas diarias con una resolución de grilla de 0,05 grados, es considerada la primera base de datos espacial en Comienzo, elaborado por SENAMHI por medio de la Dirección General de Hidrología - DHI (29).

Los datos obtenidos de la combinación de información de las 434 estaciones meteorológicas del SENAMHI con la data de precipitación obtenidos a partir de sensoramiento remoto son utilizados en este producto. Además, se utilizan como covariables las imágenes del satélite CHIRP ("Climate Hazard Group InfraRed Precipitation"). También se incluyen procesos de control de calidad y la complementación de datos faltantes mediante la técnica cut off (29).

La primera edición de PISCO es el fruto de la fusión de los datos de precipitación calculados por el satélite del producto CHIRP ("Climate Hazards Group InfraRed Precipitation") y los datos de precipitación registrados por la red de estaciones meteorológicas del SENAMHI. (30).

Los datos de lluvia son extraídos mediante la utilización del software R-studio. Posteriormente, se delimitan en el Arc GIS para obtener los puntos de intersección en de toda el área de la cuenca y así poder determinar las precipitaciones máximas en 24 horas de la cuenca. Se realizó un ajuste de bondad para corregir los datos nulos y la mala interpolación del sistema Pisco (22).

Con el objetivo del producto grillado PISCO de precipitación diaria, el SENAMHI ha desarrollado un algoritmo de interpolación que con la ayuda de la técnica de interpolación más adecuada para cada día. Dentro de las opciones se encuentran "Peso de Distancia Inversa" (IDW), "Kriging con Deriva Externa" (KED) y "Peso de Distancia Inversa de Regresión" (RIDW). El proceso se divide en dos etapas. (30).

Primero: Evaluación del p-valor

Si la combinación espacial de la información de los puntos de observación convencionales y los datos diarios de CHIRP correspondientes dieron como resultado que el 95 % de los valores no tuvieran significación estadística (valor $p > 0,05$), IDW que se realizó para optimizar será un exponente ponderado que utiliza el mínimo error cuadrático medio (EMC) generando de la validación cruzada como función objetivo. Si el valor p es inferior a 0,05, evalúe qué método de interpolación residual (KED y RIDW) se utiliza. De nuevo, esto se basa en la EMC obtenida durante la validación cruzada. Estos pasos se ejecutan diariamente desde 1981 hasta 2015 para producir productos preliminares de precipitación de cuadrícula diaria y mensual (Pd y Pdm). (30).

Segundo: Corrección de la sub-estimación o sobre-estimación encontrada en el producto de precipitación grillado preliminar (Pd)

Para ello, se creó un producto mensual en igualdad de condiciones (Pm) utilizando la precipitación mensual de las estaciones SENAMHI y los datos mensuales CHIRP. Después, el producto mensual (Pm) que se produjo se comparó con las proporciones mensuales que se produjeron como consecuencia preliminar de la acumulación diaria de precipitación a ritmo mensual (Pdm). Mediante la aplicación de la técnica de gradación, estas proporciones se utilizaron para generar un producto diario corregido (Pdc) mediante la corrección de los datos diarios (producto de precipitación en cuadrícula anterior). (30).

Para la obtención de PISCO – precipitación se emplearon datos que consistieron en: i) un soporte de precipitación mensual de todo el Perú y ii) datos satelitales del producto CHIRPS a escala mensualizada de todo el Perú. Los datos se generaron con un criterio mínimo de diez años de registro (un año con al menos nueve meses de datos), y con un rango de varias estaciones de 180 a 448. Los datos se generaron entre 1981 y 2014. (31).

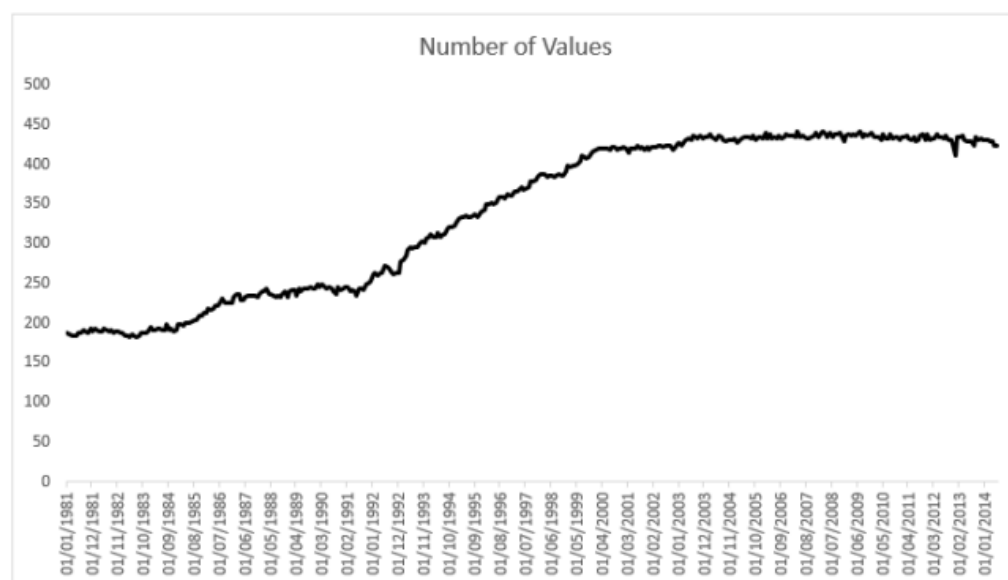


Figura 2. Evolución temporal mensual de la cantidad de datos utilizados para generar PISCO precipitación (Ppm).

Fuente: Lavado et al., s.f.

La "Biblioteca de Datos Climáticos IRI/LDEO", de libre acceso, proporcionará los datos pertinentes para el producto reticulado Pisco. Tras descargar el paquete de datos en formato netCDF (network Common Data Form), se utilizará la aplicación "R" para extraer los datos de los puntos de interés, que en este caso son las coordenadas de las estaciones pluviométricas. (32)

- Para descargar los datos se utilizará la versión 2.1 estable, que abarca desde el 1 de enero de 1981 hasta el 31 de diciembre de 2016. Teniendo en cuenta que se utilizarán datos de precipitación diaria. (32)

Figura 3. IRI/LDEO Climate Data Library

Fuente:

<https://iridl.ldeo.columbia.edu/SOURCES/.SENAMHI/.HSR/.PISCO/index.html?SetLanguage=es> (32)

- Tras elegir el tipo de información necesario, se descarga en formato netCDF. (32)

Figura 4. Información en formato netCDF

Fuente:

<https://iridl.ldeo.columbia.edu/SOURCES/.SENAMHI/.HSR/.PISCO/.Prec/.v2p1/.stable/.daily.Prec/?Set-Language=es> (32)

- Utilizaremos Rstudio y el siguiente código para extraer Piscopd, que fue creado por Adrian Huerta & Waldo Lavado, con el fin de obtener los datos necesarios. (32):

```
## Leer puntos de estaciones de datos PISCO de prec a partir de
# puntos de estaciones que estan almacenados en un archivo *.csv
# Autores: Adrian Huerta & Waldo Lavado
setwd("E:/2018/Leer PISCO")# Esta es la ruta de la carpeta donde esta
Pisco
# y deben estar el archivo *.csv con los puntos a extraer
# ojo que es / no \
# Descargar datos PISCO de: http://www.senamhi.gob.pe/?p=observacionde-
inundaciones
# En la parte inferior ir a la carpeta Datos SONICS (DESCARGAS)
# bajar de preferencia los datos de la carpeta PISCO_v2.0
#ftp://ftp.senamhi.gob.pe/PISCO_v2.0/ ## PISCO_Pd_v2.0 son diarios y
# PISCO_Pm_v2.0 son mensuales
# Este ejemplo es para los datos mensuales PISCOpm.nc
rm(list = ls())
install.packages("raster")#Instalar el paquete comentar # si ya esta
instalado
install.packages("ncdf4")#Instalar el paquete comentar # si ya esta
instalado
library(raster)#cargar el paquete
library(ncdf4)#cargar el paquete
## Leer el archivo long_lat.csv (ver el archivo ejemplo)
## para agregar solo disminuya o incremente las coordenadas de las
filas
## XX Longitud e YY Latitud
long_lat <- read.csv("long_lat.csv", header = T)
### Ensamblamos los datos *.nc raster_pp <- raster::brick("PISCOpm.nc")
## Asignamos las coordenadas
sp::coordinates(long_lat) <- ~XX+YY
# Igualamos las proyecciones del raster y de los puntos a extraer untos a extraer
raster::projection(long_lat) <- raster::projection(raster_pp)
```

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

3.1. Método de la investigación

El método general es científico, ya que la investigación consiste en procesos como la formulación de un problema, el establecer una hipótesis (una posible solución al problema), realizar la prueba de la hipótesis y el análisis crítico de los resultados para confirmar o rechazar la hipótesis (38).

El método comparativo es el proceso de comparar sistemáticamente los objetos de estudio para llegar a la comprobación de hipótesis (39).

3.2. Tipo de investigación

El tipo de esta investigación es aplicada, pues los conocimientos son utilizados en la práctica en el ámbito propuesto, lo que permitirá su aplicación con fines hidro energéticos (40).

3.3. Nivel de la investigación

Es correlacional, puesto que mide la relación existente entre 2 o más variables (41).

3.4. Diseño de la investigación

El diseño de la investigación es no experimental, ya que se realiza sin manipular deliberadamente las variables (41), porque se está evaluando el caudal de diseño generado con diferentes metodologías.

3.5. Población y muestra

3.5.1. Población

“Es el conjunto de personas u objetos de los cuales se desea conocer algo en una investigación” (42).

En este trabajo de investigación la **población** está determinada por la Unidad Hidrográfica Canipaco.

3.5.2. Muestra

“Es un subconjunto o parte del universo o población en el cual se llevará a cabo la investigación” (42).

En este trabajo de investigación la **muestra** está representada por el sector Chilcay de la Unidad Hidrográfica Canipaco.

3.6. Descripción del ámbito de estudio

La investigación fue realizada en la Unidad Hidrográfica Canipaco, el cual abarca parte de los territorios de los departamentos de Junín (distritos de Chongos Alto, Huasicancha, Carhuacallanga, Colca, Chacapampa, Chicche, Chupuro, Chongos Bajo, Yanacancha, provincia de Huancayo y Chupaca), Huancavelica (distritos de Huayllahuara, Vilca, provincia de Huancavelica) y Lima (distritos de Huantan, Laraos, provincia de Yauyos).

El punto de interés para el estudio se encuentra en el sector Chilcay, en el cual se ubica la estación hidrométrica Quillón cuya ubicación se presenta a continuación:

Tabla 5. Ubicación política de los tramos de estudio

Item	Tramo	Departamento	Provincia	Distritos
1	Chilcay	Junín Huancavelica	Huancayo Huancavelica	Colca, Carhuacallanga. Huayllahuara.

Fuente: Elaboración propia

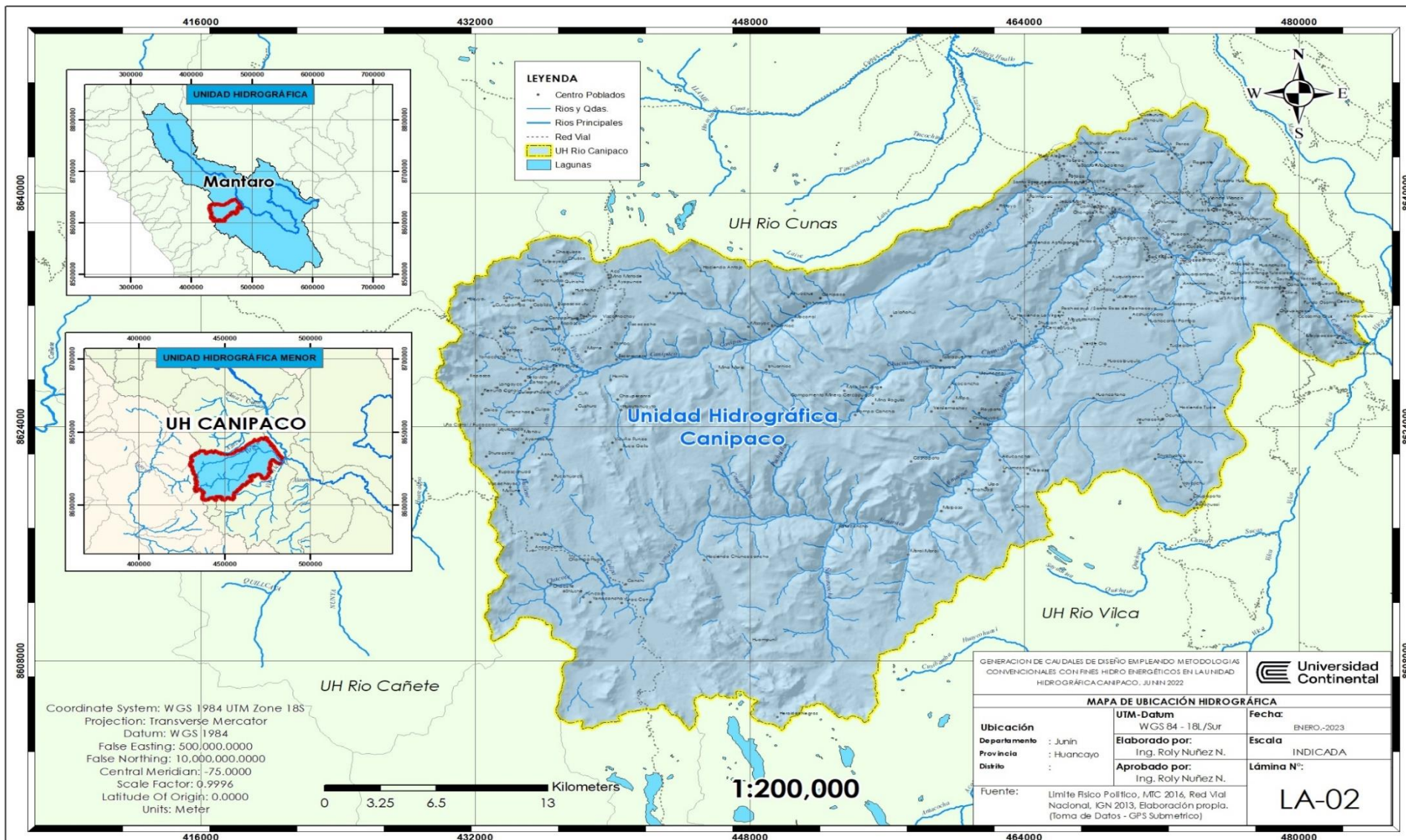


Figura 5. Ubicación Hidrográfica del ámbito de estudio

Fuente: Elaboración Propia

3.6.1. Características del ámbito de estudio

El río Canipaco se extiende a 3,050 metros sobre el nivel del mar en su confluencia con el río Vilca y a 5,150 metros sobre el nivel del mar en la cordillera de los Andes, en la vertiente del Pacífico. Ubicado al este de la cuenca del río Mantaro por su margen derecha y considerado como el principal afluente del río Vilca por su margen izquierda, se encuentra el río Canipaco. La Unidad Hidrográfica Canipaco 499662 está situada en la Región Hidrográfica Amazónica, en la vertiente atlántica del Altiplano andino. Otto Pfafstetter inventó el método de codificación en 1989. Los nevados de Tanjanyok y Troyok son sus fuentes. Su altitud supera los 5,000 metros.

Hasta su confluencia con el río Vilca (3,0 kilómetros antes de su confluencia con el río Mantaro), el río drena una cuenca de 12,9381.87 hectáreas. La forman la confluencia de los ríos La Virgen y Canipaco. Hidricocha, Yurajcocha, Ñahuincocha, Balsacocha, Coyllorcocha, Tinyari y Capillayoc son algunas de las numerosas lagunas de la sierra.

El río Canipaco se extiende por aproximadamente 82 695 670 m. Siga un curso de pendientes empinadas a moderadas desde la cabecera hasta sus riquezas. Topográficamente, se caracteriza por una altitud de más de 5.000 metros. (Cuenca superior del río Canipaco) El área está cubierta de montañas cubiertas de nieve y tiene un clima frío y seco con una temperatura de 0°C y una precipitación anual de más de 900 mm. Altitud 4.000-5.000 metros. Tiene Puna y Palamós Andino, parece una planicie herbosa con suave oleaje y presenta una pequeña vegetación perenne (Ichu). Aquí se encuentra la laguna principal de la cuenca. Las temperaturas fluctúan a lo largo del día, con máximas de 15°C y mínimas cercanas a los 0°C. La precipitación media anual ronda los 800 mm. Menos de 4.000 milisegundos Los principales centros poblados son Huasicancha, Chacapampa, Chongos Alto y Colca. Las temperaturas en la región varían entre 5 y 10 °C, lo que hace que el clima sea muy propicio para el desarrollo agrícola. De acuerdo a su ubicación geográfica se encuentra entre las coordenadas UTM del Norte Polar (473835, 8646173). Este (484029, 8629709); Oeste (429705, 8627587); Sur (449866, 8603263) UTM (WGS-84/18L – Sur). En la cuenca del río La Virgen (CC. HH El Machu – Chongos Alto) se realiza aprovechamiento hidroeléctrico.

- **Climatología**

Por encima de los 5,000 metros sobre el nivel del mar, las zonas altas de la Unidad Hidrográfica de Canipaco están rodeadas de montañas nevadas con una temperatura media anual de 0°C y precipitaciones en forma de nieve.

Entre los 4 000 y 5 000 metros sobre el nivel del mar encontramos la Puna y la región andina de Paramos tienen condiciones climáticas muy diferentes, con temperaturas de van desde 0 °C a 7 °C y una precipitación anual de 750 a 800 mm.

La región de los Valles Altos se sitúa entre los 3,500 y los 4,000 metros sobre el nivel del mar, por debajo de los Páramos y las Punas. El clima es templado, con precipitaciones anuales inferiores a 700 mm y variaciones de temperatura de 5 a 10 °C. Los meses de diciembre a abril son los de mayor concentración de precipitaciones, con un 70% del total anual.

Condiciones Ambientales

- Temperatura mínima: -12 ° C
- Temperatura media: 12 ° C
- Temperatura máxima: 23 ° C
- Velocidad media / máxima del viento: 90 km/h
- Altura msnm: 3050 - 5150 msnm
- Nivel Isoseránico: Medio

- **Zonas de vida**

La clasificación ecológica del Perú del Dr. Leslie R. Holdrige enumera las siguientes formaciones ecológicas en la unidad hidrográfica del río Canipaco:

Tabla 6. Zonas de Vida de la Unidad Hidrográfica Canipaco

Símbolo	Descripción	Vertiente	Provincia Húmeda	Piso Altitudinal	Región Latitudinal
bh-MT	bosque húmedo – Montano Tropical	Pacífico	Húmedo	Montano	Tropical
bs-MBT	bosque seco – Montano Bajo Tropical	Pacífico	Sub húmedo	Montano Bajo	Tropical
NT	Nival Tropical	Pacífico	Nival	Nival	Tropical
pmh-SaT	Páramo muy húmedo – Subalpino Tropical	Pacífico	Per húmedo	Subalpino	Tropical

Símbolo	Descripción	Vertiente	Provincia Húmeda	Piso Altitudinal	Región Latitudinal
tp-AT	tundra pluvial – Alpino tropical	Pacífico	Super húmedo	Alpino	Tropical

Fuente: Base de Datos de R. N. INRENA

3.7. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

3.7.1. Técnicas de recolección de datos

“Las técnicas de recopilación de datos son métodos e instrumentos para medir y organizar la información con un objetivo concreto. Se dividen en tres categorías: mixtas, cualitativas y cuantitativas.” (43).

Las técnicas de recolección de datos principales empleadas en las diferentes etapas del presente estudio fueron: el análisis documental y la observación de campo:

- **Análisis documental:** Con esta técnica se recolecta información de fuentes primarias y secundarias (libros, boletines, revistas, folletos, etc.) acerca de las variables estudiadas. En esta investigación se puede emplear como instrumento una ficha de registro de datos (44).
- **Observación de campo No Experimental:** Esta técnica es utilizada para ahondar en el conocimiento del comportamiento de exploración (44).

➤ **Etapas Pre Campo:**

En esta etapa se desarrolló un reconocimiento previo del ámbito de estudio propuesto, a fin de tomar algunos criterios y la programación de los trabajos de campo, también se recolectó toda la información existente con respecto a los caudales históricos de precipitación y caudales de la Unidad Hidrográfica Canipaco, así como la elaboración de material cartográfico base y modelos hidrológicos que fueron de primordiales para realizar la presente investigación.

Así mismo se elaboró una base de datos hidrológicos cuyos insumos principales fueron la determinación del período de años en formato Excel para ingresar los datos históricos del registro de caudales existentes.

De igual modo en esta etapa se realizó la delimitación de la Unidad Hidrológica Canipaco, mediante el método Pfafstetter, obteniendo la siguiente información:

Tabla 7. Parámetros Geomorfológicos de la Unidad Hidrográfica Canipaco

Parámetros Geomorfológicos Unidad Hidrográfica Canipaco		Identificación y Formula	Interpretación	Observación
Área (km ²)	1,293.82	A		Cálculo directo
Perímetro (km)	206.52	P		Cálculo directo
Cota Máxima (msnm)	5 150.00	Cmax		Lectura de plano
Cota Mínima (msnm)	3 050.00	Cmin		Lectura de plano
Desnivel entre curvas de nivel (km)	0,05	Dcn		Lectura de plano
Longitud total de curvas de nivel (km)	6,945.78	Lcn		Cálculo directo
Elevación media (msnm)	4,586.21	ELVm	Se obtiene al valor de la mediana en la curva hipsométrica.	Según curva Hipsométrica
Longitud de Río Principal (km)	82.70	L		Equivalente a la longitud de la cuenca
Ancho de la cuenca	15.64	W=A/L		Determinado por la relación del área y longitud de la cuenca
Longitud máxima de la cuenca	54.89	Lmax		
Desnivel Máximo (m)	2 100.00	D=Cmax_Cmin		Diferencia de cota máxima y mínima
Factor de Forma	0.19	Ff=A/L ²	Este índice nos muestra que la cuenca es de tendencia al alargamiento.	

Parámetros Geomorfológicos Hidrográfica Canipaco	Unidad	Identificación y Formula	Interpretación	Observación
Coefficiente de Compacidad	1.62	$K=0,282 P/A^{0,5}$	Corresponde a forma oval oblonga a rectangular oblonga.	
Índice de Alargamiento	1.52	$IAL= L_{max}/A_{max}$	Indica que la cuenca es poco alargada.	Relaciona la longitud máxima de la cuenca el ancho máximo de misma medida perpendicularmente
Coefficiente de Masividad (m/km ²)	2.72			Relaciona la elevación media de la cuenca y su superficie
Factor de Circularidad	0.38	$R_c=4 \pi A/P^2$	Este indicador muestra que la cuenca tiene tendencia al alargamiento.	Relaciona el área de la cuenca con el área de un círculo de igual perímetro
Razón de Elongación	0.49	$R_e=1,129^2 A^{0,5}/P$	Este factor nos indica que la cuenca es ligeramente alargada.	Relaciona el diámetro de un círculo con igual área que la cuenca y la máxima longitud de la misma
Longitud del lado mayor del rectángulo equivalente (km)	46.94	$L = \frac{k\sqrt{A}}{1,12} \left(1 + \sqrt{1 - \left(\frac{1,12}{k}\right)^2} \right)$		Lado mayor del rectángulo equivalente
Longitud del lado menor del rectángulo equivalente (km)	27.56	$l = \frac{k\sqrt{A}}{1,12} \left(1 - \sqrt{1 - \left(\frac{1,12}{k}\right)^2} \right)$		Lado menor del rectángulo equivalente

Parámetros Geomorfológicos Hidrográfica	Unidad Canipaco	Identificación y Formula	Interpretación	Observación
Pendiente de la cuenca Método Alvord (min)	1.34	$S=Dcn^2Lcn/A$	Indica que la pendiente en la cuenca en general es baja.	Relaciona directamente el desnivel entre curvas de nivel.

Fuente: Elaboración propia

➤ **Etapa de Recopilación de información**

Esta etapa consistió en:

Recopilación de datos hidrológicos:

- Para la recopilación de datos hidrológicos se seleccionó las estaciones hidrológicas más próximas al ámbito de estudio.

Estaciones como SENAMHI, Electro Andes e IGP y Electro Perú fueron tomadas en consideración al recopilar datos de estaciones cercanas con características similares a la Unidad Hidrográfica de Canipaco, incluyendo altitud, fisiografía y clima. Estas estaciones son utilizadas por el Instituto Geofísico del Perú (IGP) en la cuenca del río Mantaro para procesar datos climáticos para la investigación científica.

Tabla 8. Ubicación de estaciones Pluviométricas

ESTACIÓN	ESTE	NORTE	ALTITUD	DEPART.	PROV.	PERI ODO	FUENTE
Cercapuquio	465126	8631045	4,390	Junín	Huancayo	1962 - 2004	Electro Perú
Chilicocha	455303	8599946	4,200	Huancavelica	Huancavelica	1962 - 2004	Electro Perú
Huancalpi	473735	8609276	3,800	Huancavelica	Huancavelica	1965 - 2002	SENAMHI
Huichicocha	441616	8611429	4,660	Junín	Huancayo	1964 - 2004	Electro Perú
Laive	460793	8645521	3,990	Junín	Chupaca	1963 - 2002	SENAMHI
Palaco	467661	8636261	3,650	Junín	Huancayo	1969 - 2004	Electro Perú
Telleria	486617	8631552	3,050	Huancavelica	Huancavelica	1964 - 2004	Electro Perú

Fuente: IGP Atlas Climático de precipitación y temperaturas del aire en la cuenca Mantaro

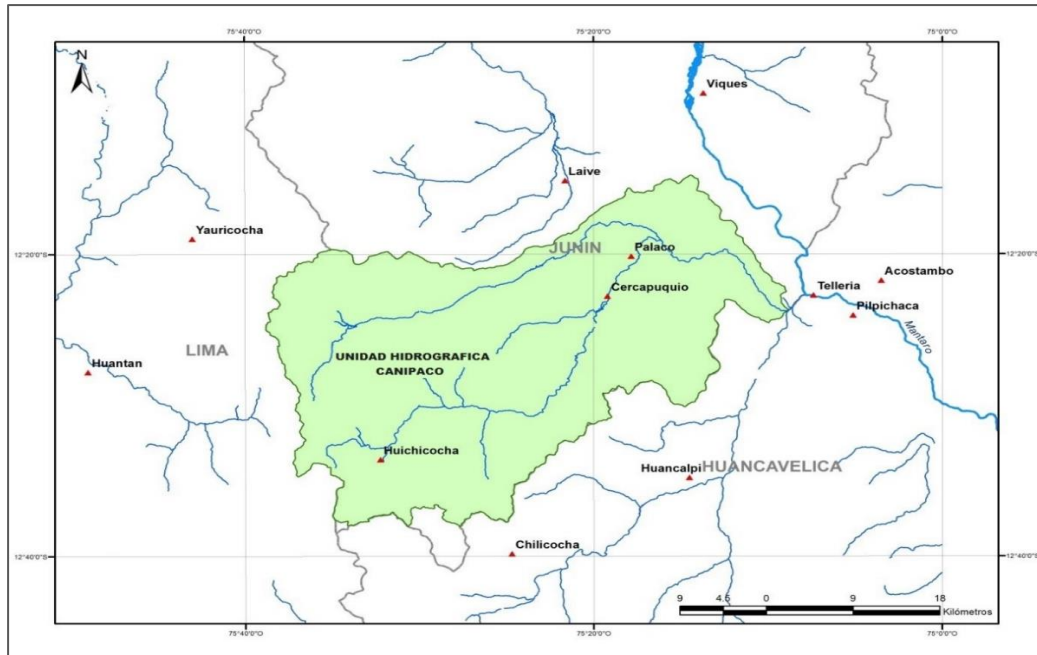


Figura 7. Ubicación de estaciones Pluviométricas e hidrométricas

Fuente: IGP

- Se elaboró una base datos para procesar la información con la ayuda de los métodos convencionales.

Variables Meteorológicas

Temperatura. - La estación de Laive y Huancalpi, situada dentro de los límites del ámbito región de estudio, proporciona a la Unidad Hidrográfica de Canipaco los datos de temperatura más característicos. Este valor fluctúa entre 5,10 °C en julio y 10,12 °C en octubre. Por ser administradas por el SENAMHI, se considera a las estaciones de Laive y Huancalpi al ser las más cercanas.

Tabla 9. Temperatura media mensual

ESTACIONES	MESES													MEDIA
	T °C	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
Huancalpi	Max	16,38	15,28	15,46	16,15	17,48	18,4	17,28	17,91	17,16	21,86	18,16	17,22	17.39
	Min.	5,23	4,96	5,29	4,84	3,39	-2,60	-1,86	-1,09	3,22	3,98	4,42	4,77	2.88
Laive	Max.	15,11	14,36	16,23	14,34	14,07	15,05	13,55	15,54	13,75	14,77	14,86	13,12	14.56
	Min.	3,53	3,43	3,29	-2,35	-3,59	-9,49	-8,58	-7,36	0,04	-0,15	-0,88	2,1	-1.67
Promedio		10.06	9.51	10.07	8.25	7.84	5.34	5.10	6.25	8.54	10.12	9.14	9.30	8.29

Fuente: SENAMHI

Humedad relativa. – La humedad relativa no se ha medido en las estaciones existentes en la cuenca del Bajo Canipaco. Como referencia, aquí hay un registro de la estación Huayao en la cuenca del río Cunas. La humedad relativa varía durante los meses de lluvia (noviembre a marzo), varía de 27,6% a 28,9%, en cambio en los meses de estiaje varía de 21.4% a 24%.

Tabla 10. Humedad media mensual

ESTACIÓN	MESES												ANUAL
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	
Huayao	27,0	27,9	28,9	26,8	24,0	21,8	21,4	23,1	25,5	27,2	27,6	29,1	25.9

Fuente: SENAMHI

Evaporación. - La evaporación fue registrado únicamente en la estación de Huayao. En el año varía en 39,4 mm/mes a 105,2 mm/mes. Evidenciándose una evaporización alta en la época de estiaje.

Tabla 11. Evaporación media mensual

ESTACIÓN	MESES												ANUAL
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	
Huayao	46,2	39,4	39,0	54,8	105,2	81,7	87,6	95,3	82,7	83,6	76,7	58,0	850,1

Fuente: SENAMHI

Velocidad del viento. - Este parámetro varía de 4,00 m/s a 6,06 m/s, teniendo se mayor valor en noviembre y menor valor en febrero.

Tabla 12. Velocidad del viento

ESTACIÓN	MESES												ANUAL
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	
Huancalpi	4,67	3,00	4,75	5,86	5,60	3,67	4,00	4,63	3,67	3,94	5,38	3,86	4,42
Laive	5,21	5,00	4,08	3,90	4,32	4,70	4,19	4,90	5,20	5,39	6,73	5,87	4,69
Promedio	4,94	4,00	4,42	4,88	4,96	4,19	4,10	4,77	4,44	4,67	6,06	4,87	4,56

Fuente: SENAMHI

Horas del sol. - Con un valor medio plurianual de 7:27 horas diarias, la media mensual de horas de sol diarias oscila entre las 8:00 horas de julio y las 5:47 horas de marzo. Estos valores son típicos a lo largo de la estación lluviosa, mientras que las horas de sol diarias son inferiores durante la estación seca. La fluctuación a lo largo de un año medio se muestra en la tabla siguiente.

Tabla 13. Horas de sol media mensual

ESTACIÓN	MESES												ANUAL
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	
Huayao	5,9	5,6	5,5	7,2	8,6	8,8	9,0	8,5	7,6	7,1	7,5	6,2	87,2

Fuente: SENAMHI

Evapotranspiración. – Se calculó la evapotranspiración con la ayuda de la metodología de Penman-Monteith. Los datos de humedad relativa, horas del sol y evaporación son de la estación de Huayao.

Tabla 14. Evapotranspiración

ESTACIÓN	MESES												ANUAL
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	
Huayao	4,3	4,2	4,0	3,9	3,8	3,7	3,7	4,0	4,0	4,4	4,3	4,4	4,1

Fuente: SENAMHI

Se consideró el registro de los datos de precipitación total consistentes (corregidos) de la Unidad hidrográfica Canipaco, procesados por Electroperú S.A.

A continuación, se presenta la información procesada de las 7 estaciones (Telleria, Chilicocha, Huancalpi, Laive, Palaco, Huichicocha y Sercapucio) operado por Electro Perú S.A. (45)

Tabla 15. Precipitación total mensual corregida estación pluviométrica Chilicocha

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	P. A.
1965	165.8	173.2	182.2	72.8	18.4	7.3	6.9	20.9	36.5	63.8	72.8	91.0	911.6
1966	135.4	141.4	148.8	59.5	14.9	6.0	5.5	16.9	29.8	52.0	59.5	74.4	744.1
1967	163.8	171.1	180.0	72.0	18.0	7.3	6.7	20.4	36.1	62.8	72.0	90.0	900.2
1968	159.8	166.8	175.6	70.2	17.6	7.1	6.5	19.8	35.2	61.4	70.2	87.8	878.0
1969	152.4	159.1	167.5	67.0	16.8	6.8	6.2	18.9	33.5	58.5	67.0	83.7	837.4
1970	145.5	151.9	159.9	63.9	16.0	6.4	5.9	18.2	32.0	55.9	63.9	79.9	799.4
1971	143.1	149.5	157.3	62.9	15.7	6.3	5.8	17.9	31.5	55.0	62.9	78.6	786.5
1972	179.7	187.7	197.5	79.0	19.8	8.0	7.3	22.3	39.5	69.0	79.0	98.7	987.5
1973	209.1	218.4	229.8	91.9	23.0	9.3	8.5	26.0	46.0	80.3	91.9	114.9	1149.1
1974	161.9	169.1	177.9	71.2	17.8	7.2	6.6	20.1	35.6	62.2	71.2	89.0	889.8
1975	160.1	167.2	176.0	70.4	17.6	7.1	6.5	20.0	35.2	61.5	70.4	88.0	880.0

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	P. A.
1976	143.3	149.7	157.5	63.0	15.8	6.4	5.8	17.9	31.5	55.0	63.0	78.8	787.7
1977	133.0	138.9	146.1	58.4	14.6	5.9	5.4	16.6	29.3	51.1	58.4	73.1	730.8
1978	124.9	130.5	137.3	54.9	13.7	5.5	5.1	15.6	27.5	48.0	54.9	68.7	686.6
1979	127.7	133.4	140.3	56.1	14.1	5.7	5.2	15.9	28.1	49.0	56.1	70.2	701.8
1980	136.9	143.0	150.5	60.2	15.1	6.1	5.6	17.0	30.1	52.6	60.2	75.2	752.5
1981	145.3	151.7	159.7	63.8	16.0	6.4	5.9	18.1	32.0	55.8	63.8	80.0	798.5
1982	119.3	124.6	131.1	52.4	13.1	5.3	4.8	14.9	26.3	45.8	52.4	65.5	655.5
1983	107.6	112.3	118.2	47.3	11.8	4.8	4.4	13.4	23.7	41.3	47.3	59.1	591.2
1984	140.8	147.0	154.7	61.9	15.5	6.2	5.7	17.7	31.0	54.1	61.9	77.3	773.8
1985	118.7	124.0	130.4	52.2	13.1	5.3	4.6	14.7	26.1	45.6	52.2	65.2	652.1
1986	118.8	124.0	130.5	52.2	13.1	5.3	4.8	14.8	26.1	45.6	52.2	65.3	652.7
1987	126.2	131.8	138.7	55.4	13.9	5.6	5.1	15.7	27.8	48.5	55.4	69.3	693.4
1988	134.3	140.2	147.5	59.0	14.8	5.9	5.5	16.8	29.5	51.6	59.0	73.7	737.8
1989	141.5	147.7	155.5	62.2	15.6	6.3	5.7	17.7	31.1	54.3	62.2	77.7	777.5
1990	235.5	246.0	258.8	103.5	25.9	10.4	9.6	29.4	51.8	90.5	103.5	129.5	1294.4
1991	126.8	132.4	139.4	55.7	14.0	5.6	5.2	15.8	27.9	48.7	55.7	69.7	696.9
1992	54.8	40.1	78.7	20.8	2.2	4.0	0.9	13.4	0.0	36.2	42.2	87.4	380.7
1993	93.0	221.0	100.8	149.8	0.4	10.0	0.7	26.5	14.6	58.2	52.7	163.2	890.9
1994	125.9	258.8	199.7	110.3	27.9	2.5	0.0	13.9	21.1	57.7	0.2	50.8	868.8
1995	106.7	139.7	112.4	46.5	4.8	0.0	0.0	3.5	50.2	50.1	76.0	87.3	677.2
1996	151.1	157.8	127.2	92.9	27.2	0.0	0.0	18.8	20.5	35.9	61.2	69.2	761.8
1997	146.8	136.6	61.6	53.1	3.9	0.0	0.7	25.9	40.3	55.2	92.6	139.4	756.1
1998	163.8	131.8	163.5	60.3	0.0	9.3	0.0	12.7	27.6	63.2	59.3	82.9	774.4
1999	109.0	208.3	147.0	96.8	44.1	5.4	10.2	7.0	28.2	64.9	40.9	146.4	908.2
2000	202.8	186.6	175.6	67.6	4.3	0.0	16.7	15.8	28.2	78.4	79.4	144.8	1000.2
2001	252.2	120.8	141.9	51.6	26.3	2.7	6.2	7.3	31.9	60.6	79.1	57.3	837.9

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	P. A.
2002	91.6	183.5	185.2	55.8	32.0	7.9	16.3	8.7	36.4	67.1	107.5	144.1	936.1
2003	114.1	208.3	177.0	60.8	10.2	0.2	4.7	12.5	14.6	53.1	41.2	95.4	792.1
2004	70.4	154.4	101.4	89.6	9.9	10.0	8.8	9.8	93.0	64.0	63.9	199.8	875.0
2005	87.1	144.7	139.2	75.2	5.1	0.3	0.5	0.4	31.2	34.8	41.2	123.8	683.5
Promedio	139.7	156.7	152.7	67.6	15.5	5.6	5.5	16.3	31.9	56.1	62.8	91.9	802.2
Des. Est.	39.1	38.8	36.3	21.3	8.6	2.8	3.6	5.8	13.3	11.3	18.3	32.3	231.6
Máximo	252.2	258.8	258.8	149.8	44.1	10.4	16.7	29.4	93.0	90.5	107.5	199.8	1511.0
Mínimo	54.8	40.1	61.6	20.8	0.0	0.0	0.0	0.4	0.0	34.8	0.2	50.8	263.5

Fuente: Electro Perú S.A. (2005)

**Tabla 16. Precipitación total mensual corregida estación pluviométrica
Huancalpi**

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	P. A.
1965	40.6	46.9	40.3	21.2	1.5	29.3	23.3	27.2	21.1	27.6	15.1	48.3	342.4
1966	115.8	40.2	51.7	57.0	45.4	0.2	2.7	11.8	43.2	68.8	56.2	172.7	665.7
1967	74.3	172.4	126.1	38.8	34.8	0.0	18.8	19.3	32.2	100.7	114.9	147.6	879.9
1968	92.3	121.6	90.4	49.2	0.0	18.6	4.8	24.2	22.2	92.4	20.1	19.3	555.1
1969	40.4	9.4	44.6	17.1	13.4	9.3	0.0	6.2	6.7	55.8	21.9	61.8	286.6
1970	87.8	42.7	109.8	85.3	70.6	0.0	2.1	3.2	49.2	47.4	35.8	173.1	707.0
1971	158.6	189.4	108.4	55.2	17.1	49.2	49.7	41.3	5.1	62.8	56.9	102.5	896.0
1972	157.9	167.4	212.8	83.0	31.7	3.4	18.9	3.3	39.4	71.5	72.7	102.0	964.0
1973	238.4	204.8	227.4	125.0	8.7	6.3	0.0	28.0	83.0	118.3	71.0	198.0	1308.9
1974	130.3	236.8	186.7	61.4	74.7	9.3	7.3	90.4	19.5	18.3	41.0	73.4	949.1
1975	152.1	115.1	85.3	34.1	78.5	4.9	1.0	4.0	35.1	24.6	16.6	76.4	627.7
1976	129.5	252.3	77.4	33.1	32.8	40.7	12.0	26.8	39.3	11.9	71.7	62.9	790.3

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	P. A.
1977	84.6	64.5	147.7	64.4	79.6	21.8	16.6	42.5	60.3	59.7	268.0	161.0	1070.7
1978	176.5	170.4	157.6	77.9	7.5	11.9	2.1	28.4	58.1	122.1	143.9	103.1	1059.5
1979	89.9	88.2	60.5	89.6	2.1	13.3	16.9	39.4	9.2	29.0	97.8	118.5	654.4
1980	93.0	120.0	101.7	39.7	38.6	18.1	60.7	33.2	62.2	59.9	95.3	62.1	784.3
1981	109.8	176.6	91.7	76.2	3.7	9.0	28.4	104.6	73.8	101.7	107.0	105.2	987.7
1982	143.4	224.2	181.7	95.5	60.7	43.3	43.0	62.7	31.7	93.5	72.4	39.0	1091.1
1983	50.8	25.5	72.8	41.5	34.8	19.0	1.0	6.8	108.4	110.4	44.8	61.9	577.7
1984	165.9	62.3	119.0	47.5	22.7	17.9	19.2	19.5	67.1	31.6	46.9	171.9	791.5
1985	80.9	83.9	95.9	25.6	18.4	23.6	5.4	2.1	29.1	22.4	26.8	76.6	490.6
1986	148.7	264.1	180.3	101.9	48.6	8.0	29.0	25.4	80.6	67.4	62.9	99.3	1116.2
1987	125.2	92.1	61.0	15.1	5.9	11.4	29.4	37.2	15.6	36.0	34.0	39.4	502.3
1988	84.7	39.3	35.1	23.2	21.5	16.0	6.9	26.3	16.1	60.0	66.5	68.5	464.1
1989	110.3	81.2	51.0	19.6	8.2	17.6	24.2	26.0	23.5	82.9	58.7	56.2	559.4
1990	83.9	53.9	32.3	30.4	54.5	93.4	71.2	61.0	128.0	198.4	254.8	130.7	1192.5
1991	77.8	38.3	72.9	43.0	70.3	109.3	9.9	13.9	26.8	138.8	93.5	121.3	815.8
1992	76.9	68.4	38.6	30.9	26.2	178.0	24.7	56.8	26.5	309.9	137.3	189.4	1163.6
1993	313.3	223.5	203.6	217.5	45.8	28.0	73.7	66.9	114.7	250.9	313.9	234.7	2086.5
1994	254.2	306.8	230.2	92.5	39.1	12.0	36.9	39.7	40.7	50.0	53.6	134.9	1290.6
1995	124.1	145.0	153.4	65.1	11.4	0.3	14.7	8.1	75.5	53.9	88.8	200.0	940.1
1996	298.5	284.8	214.2	105.8	24.0	10.2	17.6	30.2	49.8	89.5	128.3	208.2	1460.8
1997	184.6	216.1	88.9	66.2	37.9	3.9	4.3	110.6	53.9	95.7	70.6	126.9	1059.4
1998	224.3	147.3	149.1	111.7	3.8	16.8	0.0	26.1	14.7	60.8	81.4	164.8	1000.6
1999	119.6	196.2	138.9	122.3	17.9	13.2	4.8	2.6	45.7	81.9	54.4	189.5	986.6
2001	103.0	103.4	91.9	48.2	19.5	20.4	16.7	23.2	40.5	72.1	61.8	76.6	677.1
2002	108.8	246.2	222.3	66.7	28.6	4.8	111.8	20.0	83.4	106.5	98.3	107.2	1204.4
2003	85.4	105.7	158.6	92.3	8.9	5.8	7.2	37.7	31.4	26.3	69.2	143.0	771.3

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	P. A.
2004	65.5	188.3	82.6	5.5	20.9	16.3	19.2	24.8	67.4	100.7	72.1	202.9	865.9
2005	105.4	86.6	88.8	21.9	24.5	2.0	4.5	14.6	43.8	96.5	33.1	116.9	638.3
Promedio	127.7	137.5	117.1	62.4	29.9	22.9	21.0	31.9	46.9	82.7	83.2	118.7	881.9
Des. Est.	64.4	80.8	60.0	40.6	22.9	33.7	23.9	26.2	29.6	59.8	65.1	55.8	562.9
Máximo	313.3	306.8	230.2	217.5	79.6	178.0	111.8	110.6	128.0	309.9	313.9	234.7	2534.3
Mínimo	40.4	9.4	32.3	5.5	0.0	0.0	0.0	2.1	5.1	11.9	15.1	19.3	141.0

Fuente: Electro Perú S.A. (2005)

Tabla 17. Precipitación total mensual corregida estación pluviométrica Tellería

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	P. A.
1965	111.7	124.8	92.3	46.5	15.8	10.3	10.3	20.3	49.0	64.7	66.0	92.1	703.8
1966	92.6	99.8	74.8	37.8	13.3	8.8	8.1	16.8	40.5	53.2	54.8	75.6	576.1
1967	99.7	107.5	81.0	40.8	13.6	9.5	8.9	18.2	43.0	56.5	57.4	80.2	616.3
1968	113.8	121.4	90.2	46.7	14.8	10.6	9.3	19.7	48.5	60.9	65.2	89.9	691.0
1969	73.6	79.3	58.5	30.5	9.6	6.7	6.0	12.3	31.4	39.7	42.1	58.6	448.3
1970	98.4	105.6	78.0	39.9	13.0	8.7	7.8	16.3	41.3	52.4	55.4	77.6	594.4
1971	62.1	67.4	50.2	25.3	8.2	5.6	5.0	10.6	26.0	33.5	35.8	49.2	378.9
1972	89.6	97.8	73.8	37.5	12.2	8.3	7.3	15.3	38.5	49.1	52.5	71.5	553.4
1973	163.1	149.2	121.4	37.5	2.6	15.1	9.6	40.2	41.2	63.1	52.8	53.8	749.6
1974	54.2	108.7	67.5	23.1	3.0	17.5	0.0	46.6	5.4	35.8	25.7	39.8	427.3
1975	96.3	101.2	80.5	21.5	15.8	3.3	1.5	24.3	80.3	73.4	54.4	54.7	607.2
1976	115.4	46.6	63.8	23.7	1.6	17.2	2.4	8.8	44.9	3.2	28.1	16.0	371.7
1977	59.6	70.0	73.1	64.0	43.9	0.0	0.0	1.8	74.2	25.0	102.4	120.0	634.0
1978	155.7	121.8	10.0	12.9	3.4	9.1	19.2	6.2	68.2	50.1	40.9	66.2	563.7
1979	47.5	86.5	113.4	48.4	21.3	8.0	11.9	0.0	0.0	29.0	6.3	35.1	407.4

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	P. A.
1980	32.0	36.0	48.5	9.2	4.6	0.0	0.0	0.0	16.7	39.9	56.8	37.5	281.2
1981	138.9	128.4	56.5	17.3	29.1	0.0	0.0	40.5	35.1	110.7	47.6	64.5	668.6
1982	111.0	108.0	65.0	30.1	1.3	20.4	0.0	23.4	26.9	82.8	85.6	72.7	627.2
1983	69.6	49.2	177.0	31.0	8.6	14.1	0.0	17.3	51.9	39.2	74.4	78.1	610.4
1984	129.4	173.0	77.0	77.2	8.0	9.3	0.0	29.7	26.1	41.8	103.2	66.5	741.2
1985	53.6	92.7	63.4	47.5	20.9	31.0	0.0	0.0	111.0	40.0	31.9	81.8	573.8
1986	117.3	141.1	114.0	84.1	18.6	0.0	9.4	15.8	45.6	52.2	53.3	153.8	805.2
1987	131.6	58.0	25.5	14.4	28.2	20.2	10.2	14.1	40.2	64.6	28.6	90.3	525.9
1988	117.6	93.9	96.5	61.3	7.0	0.0	0.0	0.0	0.0	50.7	36.5	107.0	570.5
1989	109.7	93.8	132.1	46.7	16.8	22.3	0.0	0.0	41.0	63.1	52.5	53.6	631.6
1990	89.2	99.6	73.7	37.1	12.6	8.2	8.2	16.2	39.2	51.7	52.8	73.7	562.2
1991	89.8	100.5	74.4	37.5	12.7	12.7	7.5	0.0	80.7	20.6	47.7	43.6	527.7
1992	69.0	86.7	59.6	25.7	0.6	12.0	10.3	35.1	25.3	59.7	52.1	26.7	462.8
1993	99.8	52.2	50.5	26.2	4.4	7.7	29.2	17.1	31.0	9.3	65.1	60.5	453.0
1994	152.3	128.9	56.8	38.3	4.6	4.0	0.0	10.1	16.4	70.8	25.7	82.8	590.7
1995	76.8	101.1	84.4	37.4	7.6	4.9	8.8	11.2	29.7	23.4	50.3	114.2	549.8
1996	68.2	131.6	70.8	47.8	4.5	0.0	0.8	7.8	18.8	25.9	88.9	94.5	559.6
1997	106.9	102.4	54.3	47.5	0.3	2.0	3.9	24.6	50.0	34.0	64.7	83.8	574.4
1998	72.6	70.2	46.0	18.7	0.2	0.0	0.0	16.8	19.8	79.8	26.5	77.7	428.3
1999	60.8	127.9	78.8	62.3	8.5	5.0	6.4	4.1	60.1	51.7	56.6	60.0	582.2
2000	83.7	128.8	91.1	49.4	35.7	1.7	14.0	21.0	18.6	107.4	19.5	66.4	637.3
2001	122.4	83.6	95.9	28.3	28.4	10.8	42.0	2.8	34.3	41.5	86.9	51.6	628.5
2002	69.5	123.3	95.2	24.4	16.9	3.5	31.9	30.4	77.1	82.5	65.3	86.8	706.8
2003	73.5	79.6	98.0	60.5	23.0	0.0	0.4	42.0	38.6	45.0	63.8	97.3	621.7
2004	28.3	132.8	69.6	12.0	10.4	21.9	9.3	6.4	45.5	55.9	90.7	107.1	589.9
2005	57.4	82.0	82.2	36.3	20.2	1.6	6.0	9.5	19.3	84.0	58.0	82.3	538.8

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	P. A.
Promedio	91.8	99.8	77.2	37.7	12.8	8.6	7.5	15.9	39.8	51.7	54.3	73.1	570.1
Des. Est.	32.7	29.8	28.7	17.2	10.1	7.5	9.2	12.6	22.9	23.2	22.0	26.6	242.3
Máximo	163.1	173.0	177.0	84.1	43.9	31.0	42.0	46.6	111.0	110.7	103.2	153.8	1239.4
Mínimo	28.3	36.0	10.0	9.2	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	3.2	6.3	16.0	109.2

Fuente: Electro Perú S.A. (2005)

Tabla 18. Precipitación total mensual corregida estación pluviométrica Laive

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	P. A.
1965	81.5	286.8	130.1	38.9	26.7	0.0	24.7	20.8	38.4	10.8	57.6	79.3	795.6
1966	96.3	110.0	47.2	66.1	26.5	2.3	0.0	17.7	51.4	190.1	104.8	154.8	867.2
1967	105.7	138.0	158.4	39.9	36.1	6.3	12.6	29.5	84.4	98.5	21.1	121.0	851.5
1968	99.6	85.7	114.3	81.2	24.7	2.0	11.0	16.0	61.1	93.5	69.7	118.1	776.9
1969	41.1	64.6	51.7	21.4	11.4	0.9	5.4	7.9	56.5	69.1	54.8	121.8	506.6
1970	65.7	72.7	59.6	22.6	12.2	4.1	5.9	0.9	84.7	57.2	29.4	171.3	586.3
1971	147.2	163.6	145.7	30.2	15.2	5.0	5.3	24.8	7.3	80.8	43.5	185.9	854.5
1972	147.8	207.3	220.8	153.4	10.8	1.0	26.9	2.4	21.4	40.0	94.8	139.3	1065.9
1973	275.3	239.1	226.1	72.3	13.7	17.9	18.1	29.1	86.5	100.4	27.1	146.2	1251.8
1974	223.5	207.4	102.7	30.5	20.4	11.3	3.6	49.8	23.6	52.2	12.4	45.4	782.8
1975	59.1	137.0	126.2	16.9	70.4	7.3	2.3	13.9	80.2	55.0	66.9	144.2	779.4
1976	152.2	145.6	98.5	11.7	39.6	27.8	1.4	29.8	45.0	18.9	32.1	99.7	702.3
1977	127.7	144.1	102.4	71.5	36.7	0.0	0.0	2.3	58.9	44.1	160.7	96.4	844.8
1978	36.0	46.1	34.8	14.1	9.6	2.5	17.6	2.5	65.0	70.9	122.1	104.2	525.4
1979	55.9	149.0	171.5	38.7	22.5	12.6	15.8	26.0	20.2	34.5	109.3	79.7	735.7
1980	112.0	92.6	140.4	88.2	23.4	0.9	18.5	25.9	18.4	30.4	42.9	119.9	713.5
1981	222.7	265.1	65.6	58.6	0.0	1.7	0.0	61.5	49.5	77.3	101.3	103.5	1006.8

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	P. A.
1982	161.9	122.1	100.1	37.6	21.1	10.5	30.8	70.1	275.3	188.6	239.9	63.0	1321.0
1983	177.2	137.8	296.6	54.9	57.4	48.5	69.1	121.9	157.3	143.9	250.5	182.9	1698.0
1984	170.6	121.2	73.3	6.6	11.3	4.7	3.3	6.2	14.8	81.8	35.5	81.0	610.3
1985	68.8	46.0	40.6	28.9	8.5	3.7	4.8	6.3	110.9	37.8	55.2	92.1	503.6
1986	239.5	194.4	198.9	160.4	37.3	0.3	17.0	48.3	55.0	37.4	32.4	127.8	1148.7
1987	268.7	158.8	100.4	32.1	21.8	39.0	33.9	27.9	17.4	82.9	49.9	133.7	966.5
1988	222.9	135.1	131.7	114.5	31.3	0.0	0.0	0.1	39.6	94.2	47.5	128.5	945.4
1989	129.2	81.1	147.8	61.7	0.0	11.5	1.4	32.6	27.8	52.9	49.5	90.3	685.8
1990	71.4	81.1	147.4	67.9	25.5	0.0	4.6	0.0	28.8	51.2	55.1	54.2	587.2
1991	170.6	121.2	73.3	6.6	11.3	4.7	3.3	6.2	14.8	81.8	35.5	81.0	610.3
1992	110.5	108.8	112.0	72.0	9.2	0.5	4.4	23.4	13.6	20.0	90.6	150.9	715.9
1993	236.1	128.6	103.2	21.7	0.0	0.0	0.0	0.0	6.8	40.5	21.9	100.9	659.7
1994	124.8	243.3	110.5	97.8	15.7	0.8	2.1	17.4	54.2	41.8	50.5	171.8	930.7
1995	129.2	81.1	147.8	61.7	0.0	11.5	1.4	32.6	27.8	52.9	49.5	90.3	685.8
1996	71.4	81.1	147.4	67.9	25.5	0.0	4.6	0.0	28.8	51.2	55.1	54.2	587.2
1997	170.6	121.2	73.3	6.6	11.3	4.7	3.3	6.2	14.8	81.8	35.5	81.0	610.3
1998	110.5	108.8	112.0	72.0	9.2	0.5	4.4	23.4	13.6	20.0	90.6	150.9	715.9
1999	155.4	335.0	126.4	88.2	11.4	2.0	8.2	10.4	70.0	60.6	64.3	123.7	1055.6
2000	178.3	173.7	128.4	26.2	38.1	1.9	32.0	44.8	25.0	148.6	42.2	118.9	958.2
2001	280.9	116.0	179.1	56.0	33.7	5.6	29.3	21.0	64.4	81.5	75.7	137.6	1080.8
2002	118.7	211.4	185.0	65.0	14.7	12.0	29.5	22.1	51.4	111.6	126.6	167.9	1115.9
2003	146.7	145.2	151.9	104.8	15.9	0.0	7.5	36.2	43.0	28.9	45.5	232.9	958.5
2004	61.5	183.7	96.0	13.8	32.3	19.5	4.9	18.1	29.9	69.3	59.6	174.0	762.6
2005	140.3	101.2	82.8	44.2	6.9	0.0	13.9	22.2	4.6	94.4	34.2	113.1	657.8
Promedio	140.6	143.7	123.5	54.3	20.7	7.0	11.8	23.4	49.8	70.2	69.3	120.3	834.6
Des. Est.	65.8	65.2	54.0	37.0	15.0	10.5	13.8	23.2	47.8	41.6	51.5	40.8	466.4

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	P. A.
Máximo	280.9	335.0	296.6	160.4	70.4	48.5	69.1	121.9	275.3	190.1	250.5	232.9	2331.6
Mínimo	36.0	46.0	34.8	6.6	0.0	0.0	0.0	0.0	4.6	10.8	12.4	45.4	196.6

Fuente: Electro Perú S.A. (2005)

Tabla 19. Precipitación total mensual corregida estación pluviométrica Palaco

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	P. A.
1965	46.0	128.0	104.5	14.0	0.0	0.0	37.5	10.8	35.7	9.7	64.5	100.6	2516.3
1966	17.6	56.5	80.6	36.6	25.4	1.6	0.0	8.7	42.5	115.2	65.0	154.9	604.6
1967	36.1	126.6	209.1	23.5	27.6	3.7	25.0	22.0	59.5	121.5	26.9	60.2	741.7
1968	101.2	61.8	40.7	24.8	18.4	30.3	9.5	46.0	34.2	55.4	30.9	71.0	524.2
1969	40.3	88.8	70.3	35.5	11.5	5.1	28.3	14.7	57.8	53.2	77.8	66.2	549.5
1970	97.0	82.7	48.7	71.2	10.0	7.1	3.1	10.2	66.8	35.2	33.7	122.5	588.2
1971	121.9	74.8	85.1	21.3	4.9	15.7	2.9	19.1	25.2	31.2	46.6	95.1	543.8
1972	106.0	128.1	88.0	75.3	8.6	2.0	21.2	9.4	28.5	38.0	33.7	49.2	588.0
1973	94.2	140.5	89.3	43.1	6.3	11.1	6.8	26.2	68.2	74.1	38.1	62.7	660.6
1974	91.8	168.0	107.8	43.3	5.2	22.1	14.1	47.7	25.9	50.2	21.5	49.3	646.9
1975	107.2	94.0	133.7	28.0	78.9	4.3	4.4	29.7	65.7	51.8	59.0	123.2	779.9
1976	93.1	122.1	58.3	37.0	38.8	33.7	8.3	20.0	21.2	21.4	34.6	45.2	533.7
1977	106.7	75.6	106.1	54.9	33.3	6.7	3.7	0.0	37.9	37.8	120.3	129.2	712.2
1978	199.6	125.6	82.6	67.6	14.8	8.6	13.2	5.5	56.9	52.3	108.9	73.4	809.0
1979	103.0	83.0	88.2	29.0	13.6	0.0	8.5	27.2	0.0	29.0	64.5	87.6	533.6
1980	74.2	84.4	121.2	10.8	15.3	0.0	17.0	27.2	32.5	122.8	62.4	69.5	637.3
1981	140.4	169.1	53.6	56.9	24.5	0.0	0.0	41.5	41.9	81.0	83.4	56.4	748.7
1982	98.4	95.0	54.1	46.8	3.3	0.0	2.6	24.0	51.2	47.3	141.0	70.3	634.0
1983	134.4	79.3	88.5	33.2	20.7	6.9	4.0	0.0	52.0	42.0	68.8	41.5	571.3

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	P. A.
1984	151.5	280.4	81.1	29.6	3.0	22.6	0.0	20.0	9.2	44.9	102.9	101.6	846.8
1985	50.2	87.1	106.5	74.6	24.2	32.0	2.1	0.0	91.2	30.0	34.2	79.3	611.4
1986	166.0	141.7	100.8	85.2	26.4	0.0	9.6	46.5	40.5	39.4	46.0	116.3	818.4
1987	148.4	113.5	81.2	17.3	19.0	28.3	18.0	0.0	0.0	16.5	55.0	62.0	559.2
1988	72.0	99.1	112.7	47.7	3.7	0.0	0.0	0.0	55.7	64.8	18.3	76.9	550.9
1989	158.6	166.4	178.0	71.2	9.5	23.7	0.0	5.5	38.5	68.1	59.4	95.0	873.9
1990	109.1	117.0	97.3	46.0	17.7	6.6	9.9	13.1	39.4	52.6	59.2	89.4	657.3
1991	107.2	72.0	109.9	59.7	61.0	12.8	6.2	2.0	25.1	17.6	71.5	42.4	587.4
1992	54.1	78.5	64.1	16.9	1.4	13.6	9.0	15.4	14.6	78.1	27.7	36.3	409.7
1993	202.3	110.6	85.3	38.7	3.2	0.6	12.1	0.0	54.3	120.1	116.4	82.8	826.4
1994	190.9	157.6	112.0	106.0	19.0	5.5	0.9	9.0	28.9	33.9	30.5	98.5	792.7
1995	43.4	96.7	133.8	3.7	10.7	0.0	0.9	4.8	42.7	35.3	36.2	142.6	550.8
1996	107.1	124.3	97.9	32.4	5.6	0.8	5.2	19.0	30.6	58.3	52.5	82.9	616.6
1997	83.8	92.9	93.1	44.0	11.0	5.0	9.9	43.4	61.6	53.5	30.6	102.0	630.8
1998	146.0	69.3	56.3	72.5	6.1	8.6	0.0	22.8	16.1	76.3	60.8	27.6	562.4
1999	89.2	97.4	67.8	72.2	3.3	1.4	9.3	1.6	8.2	50.0	55.5	79.5	535.4
2000	108.6	160.4	116.3	12.2	6.0	9.2	33.7	26.2	48.7	109.4	32.4	107.7	770.8
2001	237.2	137.1	122.8	53.6	27.6	6.9	1.8	10.0	53.1	58.2	62.9	131.2	902.4
2002	88.0	144.8	136.8	41.4	18.6	2.1	21.4	22.3	56.8	104.9	127.3	131.6	896.0
2003	139.5	108.3	88.8	88.3	15.4	1.5	7.3	36.9	25.9	27.6	42.3	127.4	709.2
2004	25.8	125.8	65.5	18.5	37.0	23.8	8.9	10.4	46.8	61.0	51.4	150.9	625.8
2005	86.6	115.4	68.7	53.4	18.1	2.6	2.2	5.6	16.2	98.4	36.9	92.1	596.2
Promedio	106.7	114.2	94.8	44.8	17.3	8.9	9.2	17.2	39.2	57.8	58.3	87.4	655.8
Des. Est.	49.7	40.6	33.3	24.0	15.8	10.1	9.4	14.3	20.1	30.6	30.4	32.9	311.0
Máximo	237.2	280.4	209.1	106.0	78.9	33.7	37.5	47.7	91.2	122.8	141.0	154.9	1540.4
Mínimo	17.6	56.5	40.7	3.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	9.7	18.3	27.6	174.1

Fuente: Electro Perú S.A. (2005)

**Tabla 20. Precipitación total mensual corregida estación pluviométrica
Huichicocha**

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	P. A.
1965	137.9	160.8	126.9	68.5	26.2	6.8	8.5	13.5	33.0	71.1	66.8	126.2	846.2
1966	145.5	169.7	133.9	72.3	27.7	7.1	8.9	14.3	34.8	75.0	70.5	133.2	892.9
1967	139.8	162.9	128.6	69.4	26.6	6.9	8.6	13.7	33.4	72.0	67.7	127.8	857.4
1968	129.1	150.5	118.8	64.2	24.6	6.3	7.9	12.7	30.9	66.5	62.7	118.0	792.2
1969	137.2	160.0	126.3	68.2	26.1	6.7	8.4	13.5	32.8	70.7	66.5	125.6	842.0
1970	133.0	155.0	122.4	66.1	25.3	6.5	8.2	13.1	31.8	68.5	64.4	121.5	815.8
1971	124.7	145.4	114.8	62.0	23.7	6.1	7.7	12.2	29.8	64.3	60.5	114.1	765.3
1972	121.9	142.1	112.2	60.6	23.2	6.0	7.5	12.0	29.2	62.8	59.0	111.4	747.9
1973	127.8	149.0	117.6	63.5	24.3	6.3	7.8	12.5	30.6	65.9	61.9	116.8	784.0
1974	126.6	147.6	116.5	62.9	24.1	6.2	7.8	12.4	30.3	65.2	61.4	115.7	776.7
1975	123.8	144.4	114.0	61.5	23.6	6.1	7.6	12.2	29.6	63.8	60.0	113.2	759.8
1976	125.7	146.5	115.7	62.5	23.9	6.2	7.7	12.3	30.1	64.7	60.8	114.9	771.0
1977	136.3	158.9	125.4	67.7	25.9	6.7	8.4	13.4	32.6	70.2	66.1	124.6	836.2
1978	127.9	149.1	117.7	63.6	24.3	6.3	7.8	12.6	30.6	66.0	62.0	116.9	784.8
1979	118.3	137.8	108.8	58.8	22.5	5.8	7.3	11.6	28.3	60.9	57.3	108.1	725.5
1980	123.7	144.1	113.8	61.4	23.5	6.1	7.6	12.1	29.6	63.7	60.0	113.0	758.6
1981	136.9	159.5	126.0	68.0	26.0	6.7	8.4	13.4	32.7	70.5	66.5	125.1	839.7
1982	141.5	165.0	130.2	70.3	26.9	6.9	8.7	13.9	33.9	73.0	68.6	129.4	868.3
1983	138.0	160.9	127.0	68.6	26.2	6.8	8.5	13.5	33.0	71.1	66.9	126.1	846.6
1984	180.6	210.5	166.2	89.7	34.2	8.9	11.1	17.7	43.2	93.1	87.5	165.1	1107.8
1985	130.8	152.5	120.4	65.0	24.9	6.4	8.0	12.8	31.3	67.4	63.6	119.6	802.7
1986	146.9	171.3	135.2	73.0	27.9	7.2	9.0	14.4	35.2	75.7	71.2	134.5	901.5

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	P. A.
1987	125.7	146.5	115.7	62.5	23.9	6.2	7.7	12.3	30.1	64.8	60.9	115.0	771.3
1988	116.8	136.2	107.5	58.0	22.2	5.7	7.2	11.5	27.9	60.2	56.6	106.8	716.6
1989	132.7	154.6	122.1	65.9	25.2	6.5	8.1	13.0	31.7	68.4	64.3	121.4	813.9
1990	185.3	216.0	170.5	92.1	35.2	9.1	11.4	18.2	44.3	95.4	89.8	169.4	1136.7
1991	116.5	135.8	107.2	57.9	22.1	5.7	7.1	11.4	27.9	60.0	56.4	106.5	714.5
1992	97.8	114.0	90.0	48.6	18.6	4.8	6.0	9.6	23.4	50.4	47.4	89.4	600.0
1993	164.1	202.4	106.8	108.6	50.1	23.9	10.4	15.2	38.0	101.6	93.3	137.3	1051.7
1994	153.1	145.5	154.9	99.9	41.2	7.8	3.5	0.9	22.9	43.8	38.0	117.2	828.7
1995	69.9	128.9	171.7	46.4	6.6	0.9	0.0	5.5	41.4	76.2	71.8	109.5	728.8
1996	140.3	162.0	120.0	35.3	27.4	0.0	0.0	18.0	36.3	45.4	44.8	99.5	729.0
1997	139.1	123.0	67.1	35.9	18.0	2.1	0.5	25.2	38.4	54.8	89.3	120.7	714.1
1998	180.7	145.9	93.7	49.0	28.7	10.6	0.0	0.0	19.3	70.9	57.4	75.4	731.6
1999	130.5	165.7	102.3	89.1	21.1	6.4	13.6	0.9	30.7	74.2	37.7	105.1	777.3
2000	208.2	206.4	140.5	65.1	22.0	1.4	22.8	50.9	26.0	77.6	46.1	118.6	985.6
2001	209.9	126.5	135.9	39.4	28.8	5.8	5.2	7.7	32.5	45.3	69.7	112.2	818.9
2002	74.4	124.1	163.8	84.6	23.5	5.5	11.5	7.4	37.3	84.4	117.5	153.6	887.6
2003	88.6	150.3	142.3	95.4	17.0	0.0	19.6	11.6	21.3	76.4	48.9	124.9	796.3
2004	40.0	187.0	75.6	48.2	19.9	13.1	9.7	16.5	40.9	71.7	65.1	184.6	772.3
2005	83.4	114.4	108.9	71.8	12.6	3.9	0.3	2.3	16.5	54.1	37.7	100.6	606.5
Promedio	132.0	154.4	122.3	66.4	25.0	6.4	8.0	12.9	31.5	68.2	64.0	121.2	812.3
Des. Est.	33.1	23.7	22.3	16.0	6.9	3.7	4.4	7.7	5.9	12.1	15.3	19.8	170.9
Máximo	209.9	216.0	171.7	108.6	50.1	23.9	22.8	50.9	44.3	101.6	117.5	184.6	1301.9
Mínimo	40.0	114.0	67.1	35.3	6.6	0.0	0.0	0.0	16.5	43.8	37.7	75.4	436.4

Fuente: Electro Perú S.A. (2005)

**Tabla 21. Precipitación total mensual corregida estación pluviométrica
Cercapuquio**

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	P. A.
1965	54.1	181.0	130.2	53.3	29.2	0.6	12.2	20.9	39.4	66.4	73.3	97.0	757.6
1966	118.6	93.4	78.6	48.1	35.6	6.8	5.4	12.3	28.0	86.1	109.2	146.6	768.7
1967	122.5	162.5	196.3	50.7	30.5	8.6	20.3	19.8	48.7	135.0	34.2	63.8	892.9
1968	121.8	94.2	91.3	33.6	45.1	19.7	8.8	39.2	34.8	76.4	71.2	104.4	740.5
1969	50.3	131.9	96.8	63.9	10.4	6.4	27.3	14.2	54.7	58.0	64.6	168.2	746.7
1970	142.8	80.2	99.3	140.6	23.4	1.1	6.8	7.2	95.5	55.2	8.1	115.3	775.5
1971	88.4	133.6	99.9	59.8	7.6	2.7	0.0	2.1	2.3	46.8	37.1	86.6	566.9
1972	108.2	108.1	109.2	121.6	23.6	1.7	11.9	0.9	19.7	0.5	0.9	0.0	506.3
1973	130.1	193.5	152.0	110.6	11.5	17.1	17.4	20.7	66.8	66.9	75.5	50.6	912.7
1974	134.9	117.6	119.6	76.3	5.7	0.0	21.1	26.5	23.5	33.6	45.7	67.7	672.2
1975	114.0	114.9	209.5	63.9	105.7	3.1	5.2	17.9	46.7	38.5	57.8	104.6	881.8
1976	130.0	156.2	123.2	43.3	12.4	33.7	7.7	21.9	60.3	6.5	45.0	90.0	730.2
1977	99.9	140.5	157.6	83.5	54.4	0.0	2.3	0.7	76.7	43.0	164.4	100.6	923.6
1978	182.3	130.9	114.3	51.8	1.9	3.7	0.0	0.0	75.6	51.1	152.6	106.4	870.6
1979	91.4	180.3	182.2	58.3	23.2	0.0	11.0	14.0	7.0	34.3	36.5	99.4	737.6
1980	102.0	129.6	156.8	52.7	16.2	0.0	32.5	3.2	33.2	163.6	95.6	129.4	914.8
1981	203.9	157.6	145.2	119.8	10.0	0.0	0.0	65.0	73.2	131.9	109.3	119.3	1135.2
1982	82.1	174.7	98.8	86.8	1.5	0.0	0.0	40.1	35.6	77.1	96.3	104.4	797.4
1983	68.9	83.0	123.0	100.8	25.4	11.3	8.2	0.0	69.0	31.8	25.5	59.0	605.9
1984	194.4	153.0	162.6	60.0	29.2	90.6	0.0	21.1	20.0	106.6	125.1	114.2	1076.8
1985	138.2	102.1	99.8	102.1	34.7	31.0	7.7	0.0	59.8	10.0	39.3	124.2	748.9
1986	197.8	161.3	217.5	143.2	18.8	0.0	0.0	13.4	42.4	26.8	30.5	100.1	951.8
1987	130.3	175.6	121.5	19.3	25.4	5.1	12.4	0.0	7.0	26.1	87.2	64.7	674.6
1988	94.7	134.2	166.0	63.9	65.6	0.0	0.0	0.0	0.0	66.6	69.7	101.5	762.2
1989	217.1	182.2	167.7	25.5	7.0	20.0	7.0	45.0	10.0	128.0	48.0	70.6	928.1
1990	98.8	110.9	107.8	58.0	20.4	8.3	7.0	12.1	32.5	51.0	53.0	77.8	637.6

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	P. A.
1991	90.5	101.6	98.7	53.1	18.7	7.6	6.4	11.1	29.8	46.8	48.5	71.2	584.0
1992	72.6	81.5	97.1	42.6	15.0	6.1	5.1	8.9	23.9	37.5	38.9	57.1	486.3
1993	160.9	180.6	175.4	94.4	33.2	13.5	11.4	19.7	52.9	83.0	86.1	126.8	1037.9
1994	137.6	154.5	150.0	80.8	28.4	11.5	9.8	16.9	45.3	71.0	73.7	108.3	887.8
1995	127.2	142.8	138.7	74.7	26.3	10.7	8.9	15.6	41.9	65.6	68.1	100.1	820.6
1996	129.0	144.8	140.6	75.7	26.6	10.8	9.2	15.8	42.4	66.6	69.1	101.5	832.1
1997	138.8	155.9	151.4	81.5	28.7	11.6	9.8	17.0	45.7	71.7	74.3	109.3	895.7
1998	134.7	151.3	146.9	79.1	27.8	11.3	9.6	16.5	44.3	69.5	72.2	106.1	869.3
1999	136.5	153.2	148.8	80.1	28.2	11.4	9.7	16.7	44.9	70.4	73.3	107.4	880.6
2000	145.2	163.0	158.4	85.3	30.0	12.2	10.2	17.8	47.8	75.0	77.8	114.3	937.0
2001	137.0	153.8	149.4	80.5	28.3	11.5	9.7	16.8	45.1	70.7	73.4	107.9	884.1
2002	124.5	139.7	135.7	73.1	25.7	10.4	8.8	15.3	41.0	64.2	66.6	98.0	803.0
2003	113.6	127.5	123.8	66.7	23.4	9.5	8.1	13.9	37.4	58.6	60.8	89.5	732.8
2004	116.4	130.7	127.0	68.4	24.0	9.8	8.3	14.3	38.3	60.1	62.3	91.6	751.2
2005	105.5	149.5	109.1	61.9	13.9	1.9	0.2	0.0	30.0	89.7	36.0	158.4	756.1
Promedio	124.1	139.4	136.0	72.9	25.7	10.3	8.7	15.5	40.8	63.9	66.7	97.9	801.8
Des. Est.	37.7	30.1	33.0	27.7	18.1	15.1	7.1	13.4	21.1	34.1	33.5	29.9	142.7
Máximo	217.1	193.5	217.5	143.2	105.7	90.6	32.5	65.0	95.5	163.6	164.4	168.2	1135.2
Mínimo	50.3	80.2	78.6	19.3	1.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5	0.9	0.0	486.3

Fuente: Electro Perú S.A. (2005)

Así mismo contando con la información de las 7 estaciones pluviométricas, cercanas y/o dentro del ámbito de la Unidad Hidrográfica Canipaco, con el uso del Software Arc GIS 10.8, se realizó el análisis de las Isoyetas mensuales, del período de 1965 al año 2005.

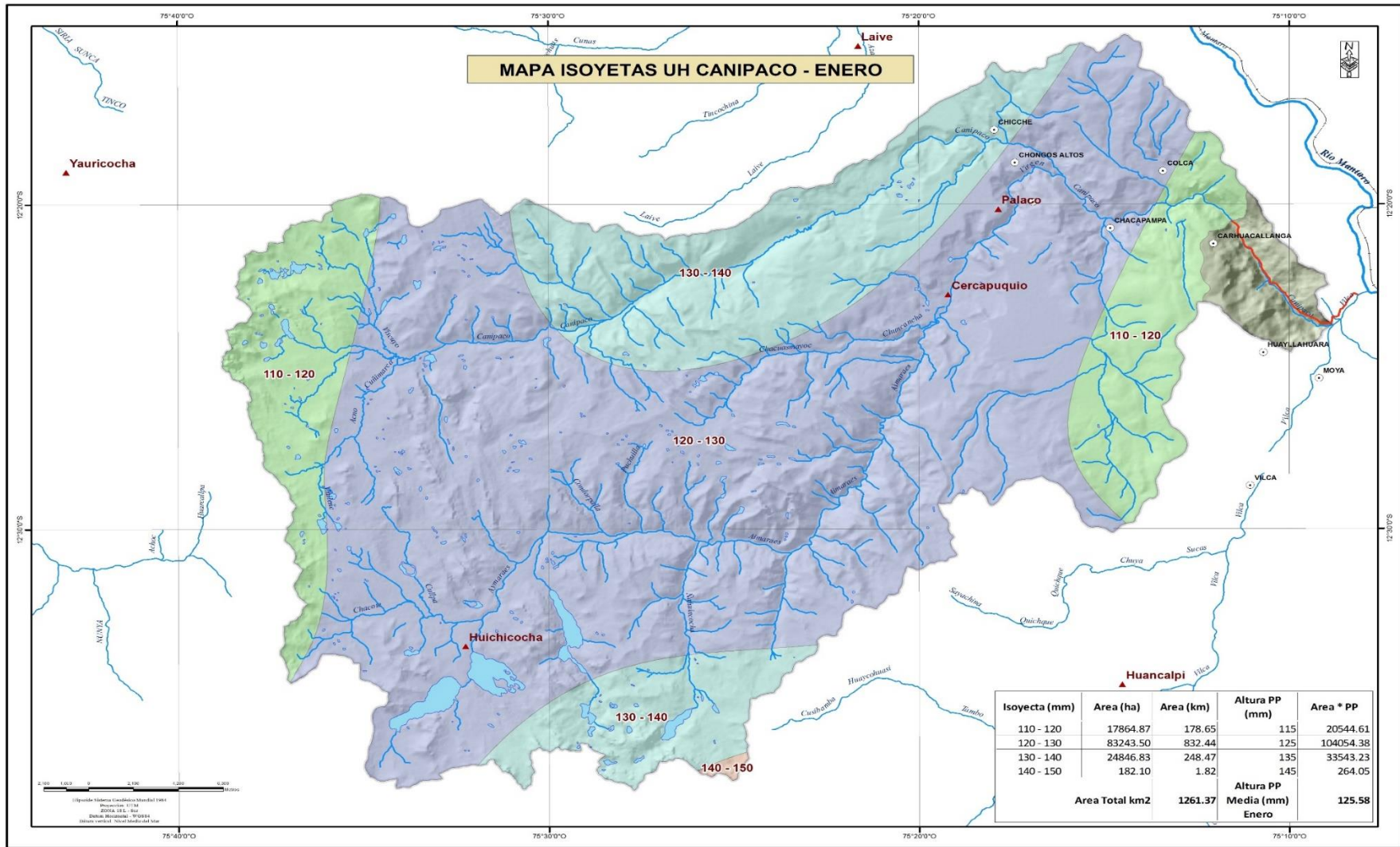


Figura 8. Mapa de Isoyetas en el Canipaco

Fuente: Elaboración propia

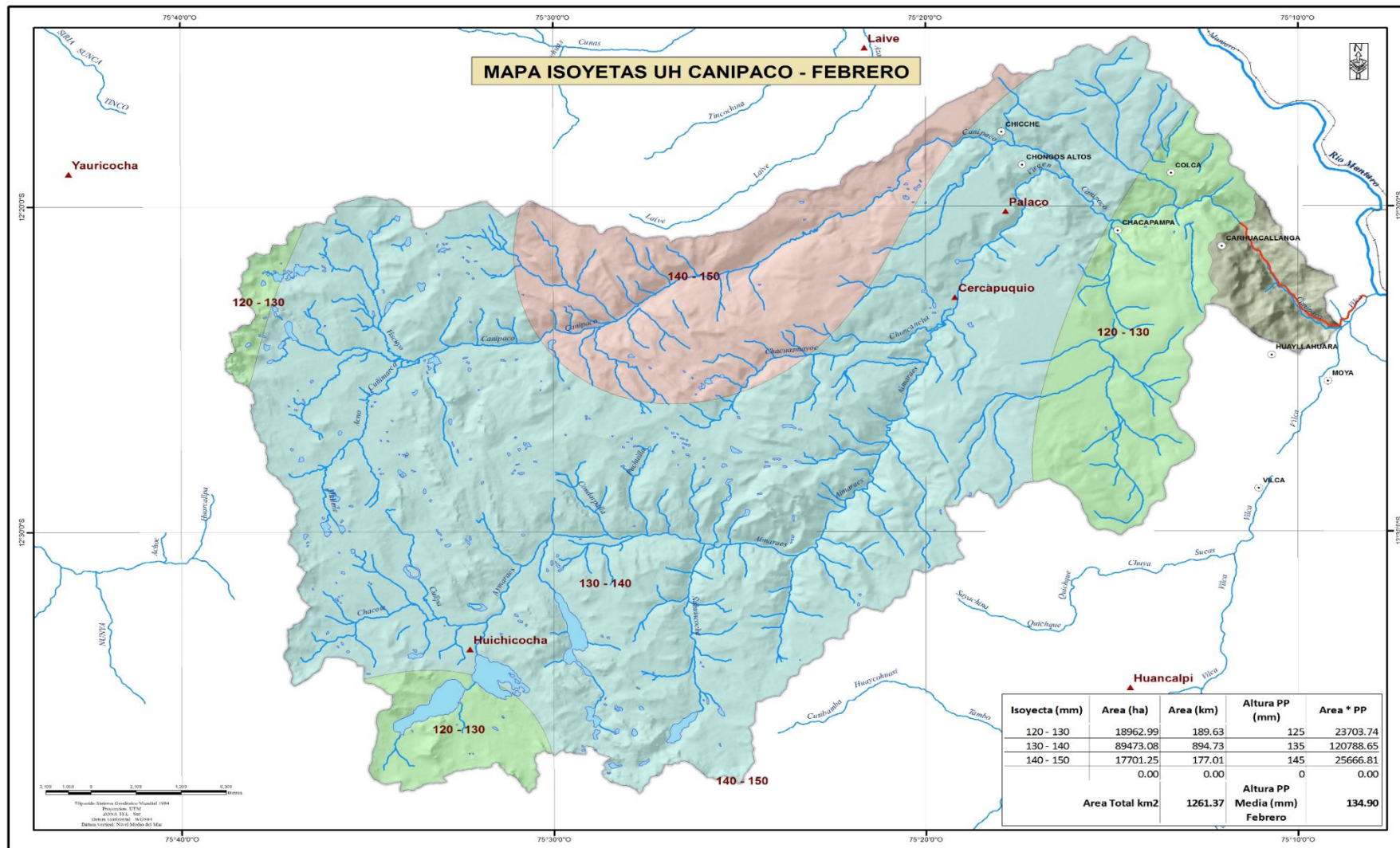


Figura 9. Plano de Isoyetas de la Unidad Hidrográfica Canipaco para el mes de febrero

Fuente: Elaboración propia.

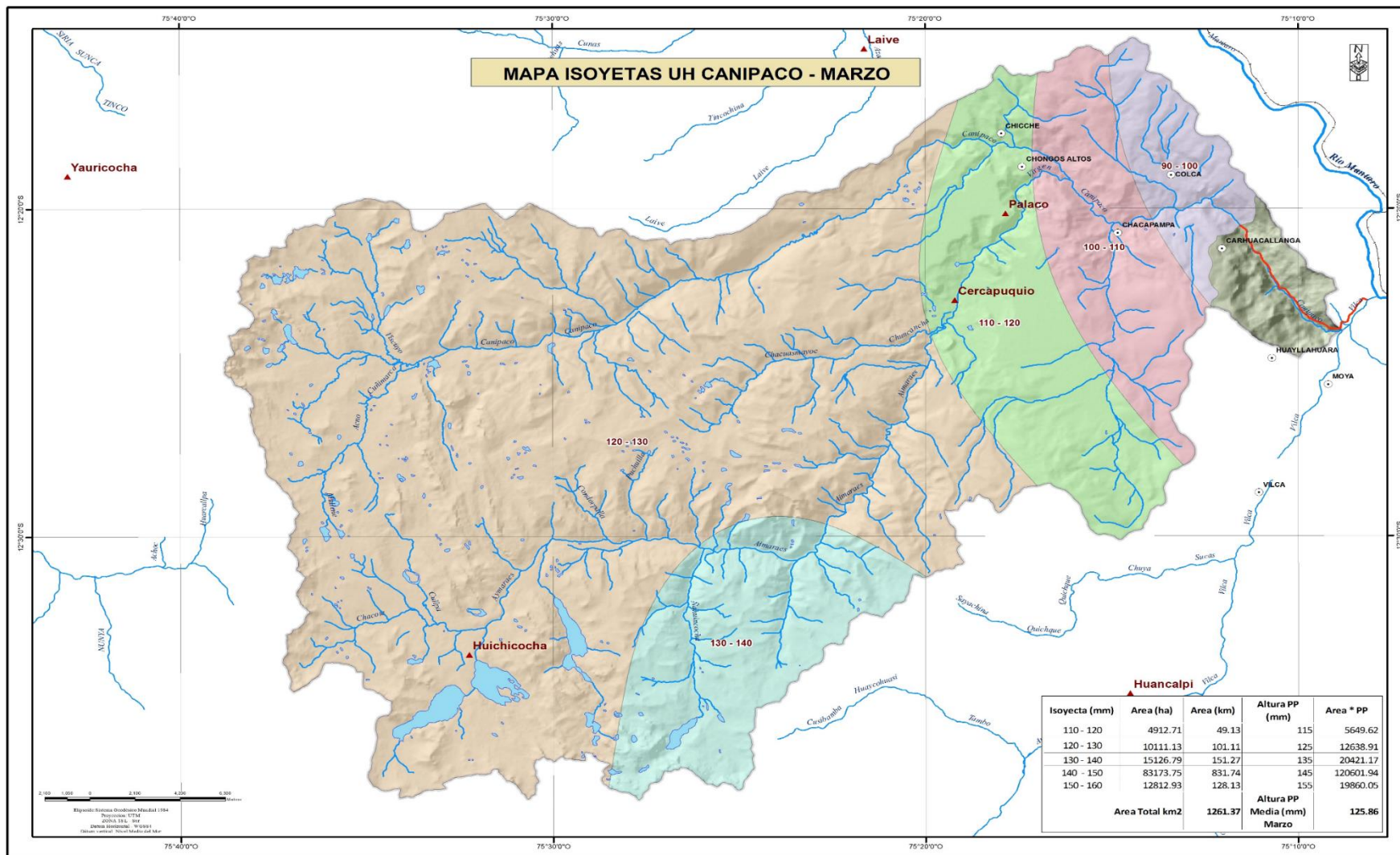


Figura 10. Plano de Isoyetas de la Unidad Hidrográfica Canipaco para el mes de marzo

Fuente: Elaboración propia.

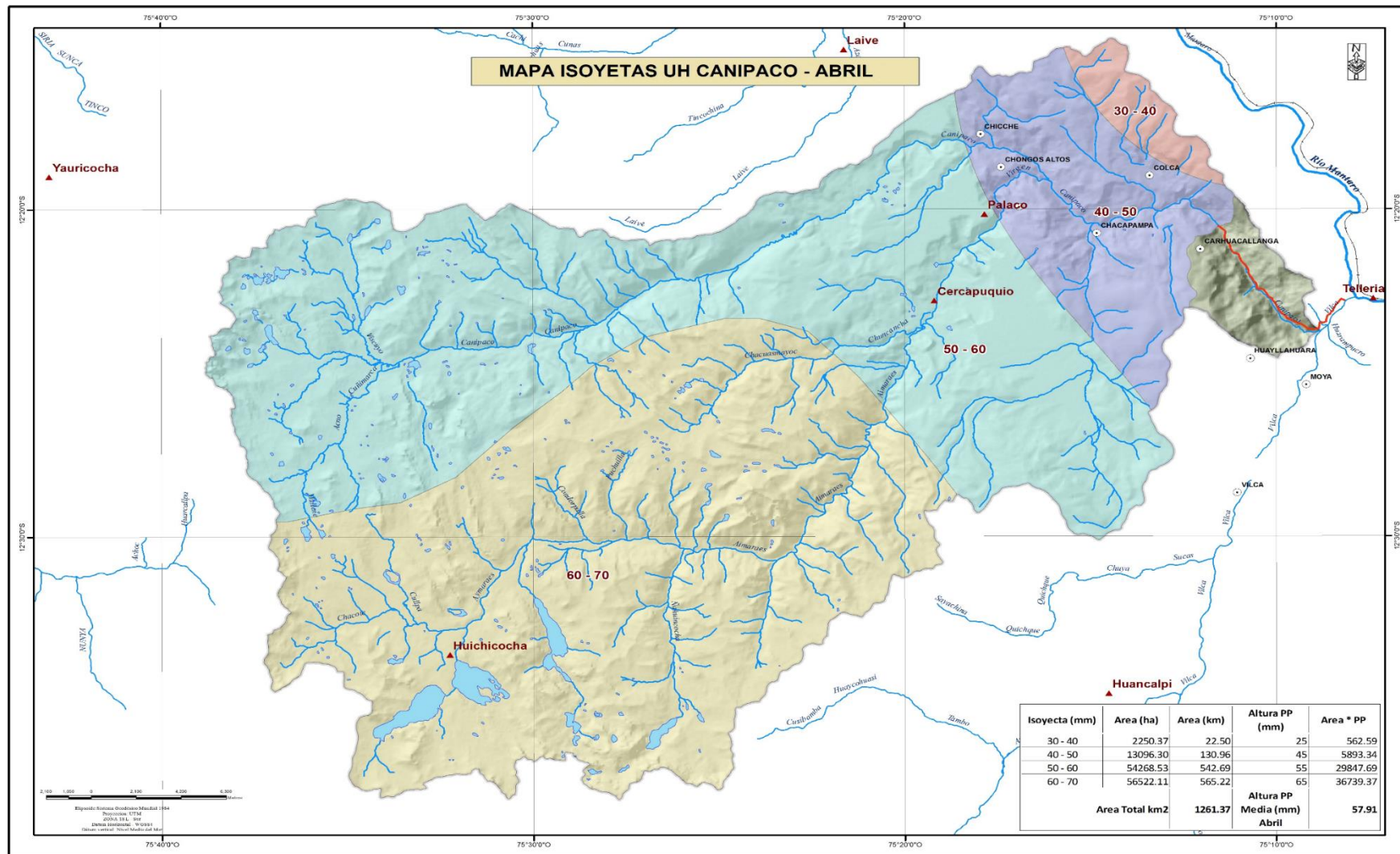


Figura 11. Plano de Isoyetas de la Unidad Hidrográfica Canipaco para el mes de abril

Fuente: Elaboración propia.

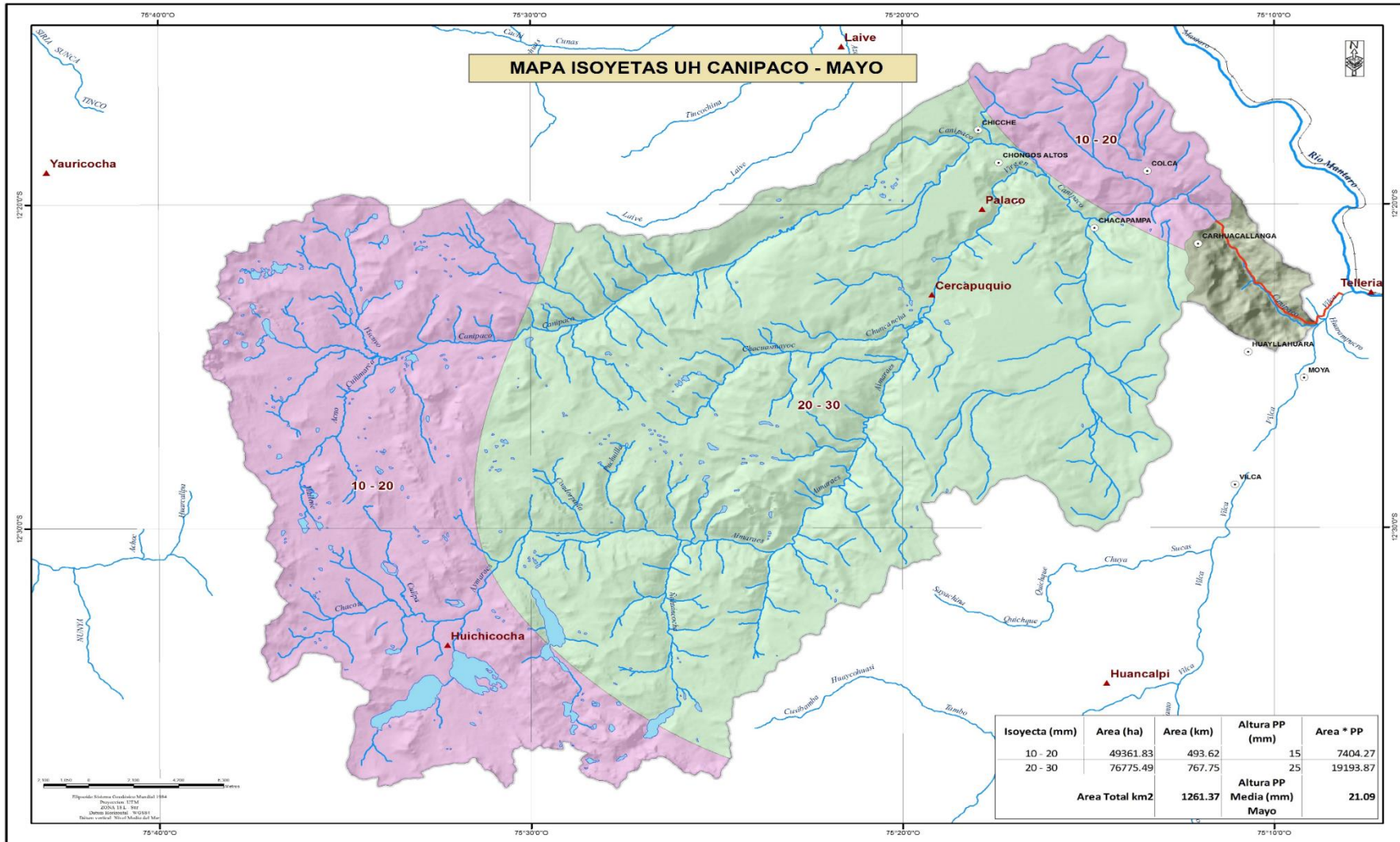


Figura 12. Plano de Isoyetas de la Unidad Hidrográfica Canipaco para el mes de mayo

Fuente: Elaboración propia.

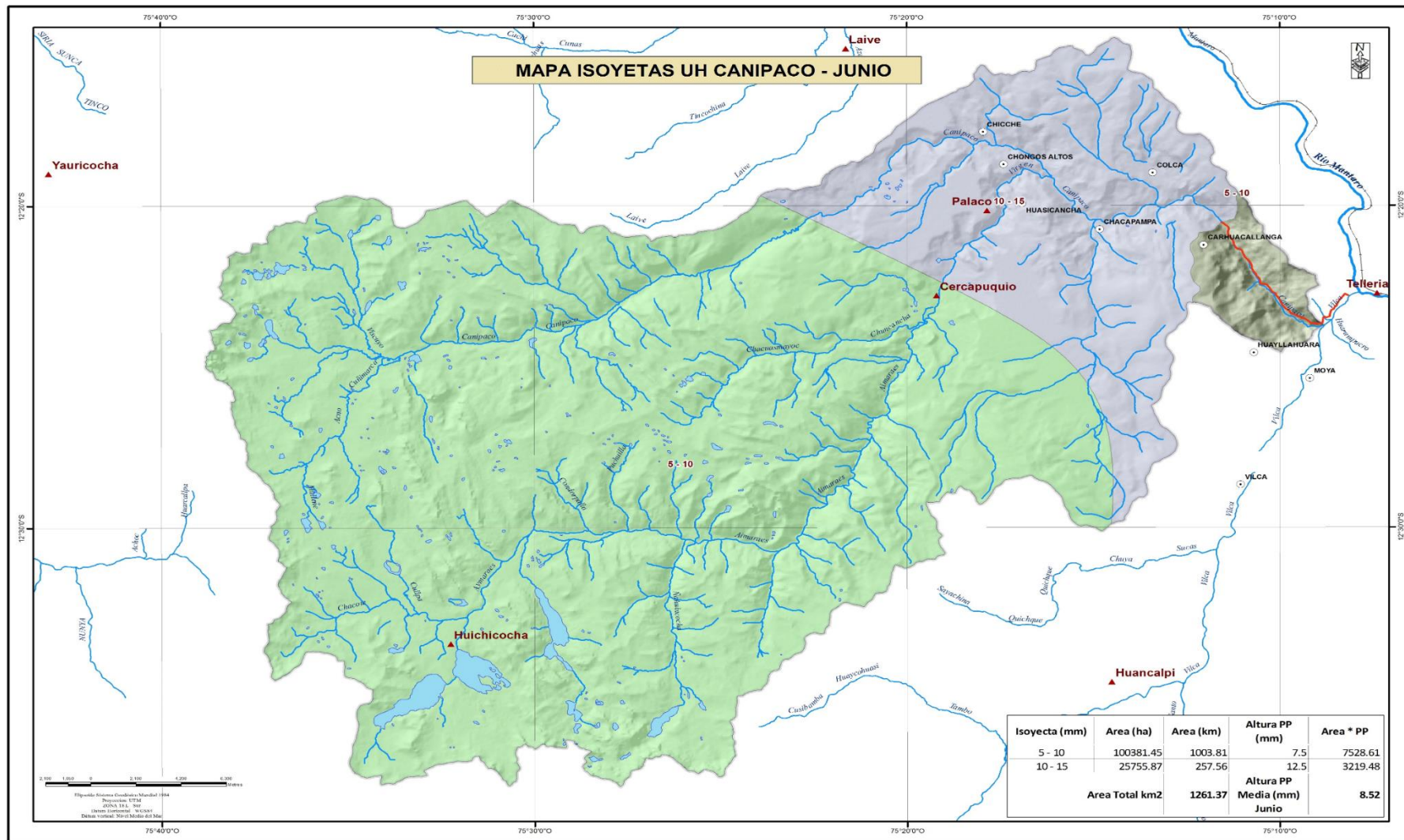


Figura 13. Plano de Isoyetas de la Unidad Hidrográfica Canipaco para el mes de junio

Fuente: Elaboración propia.

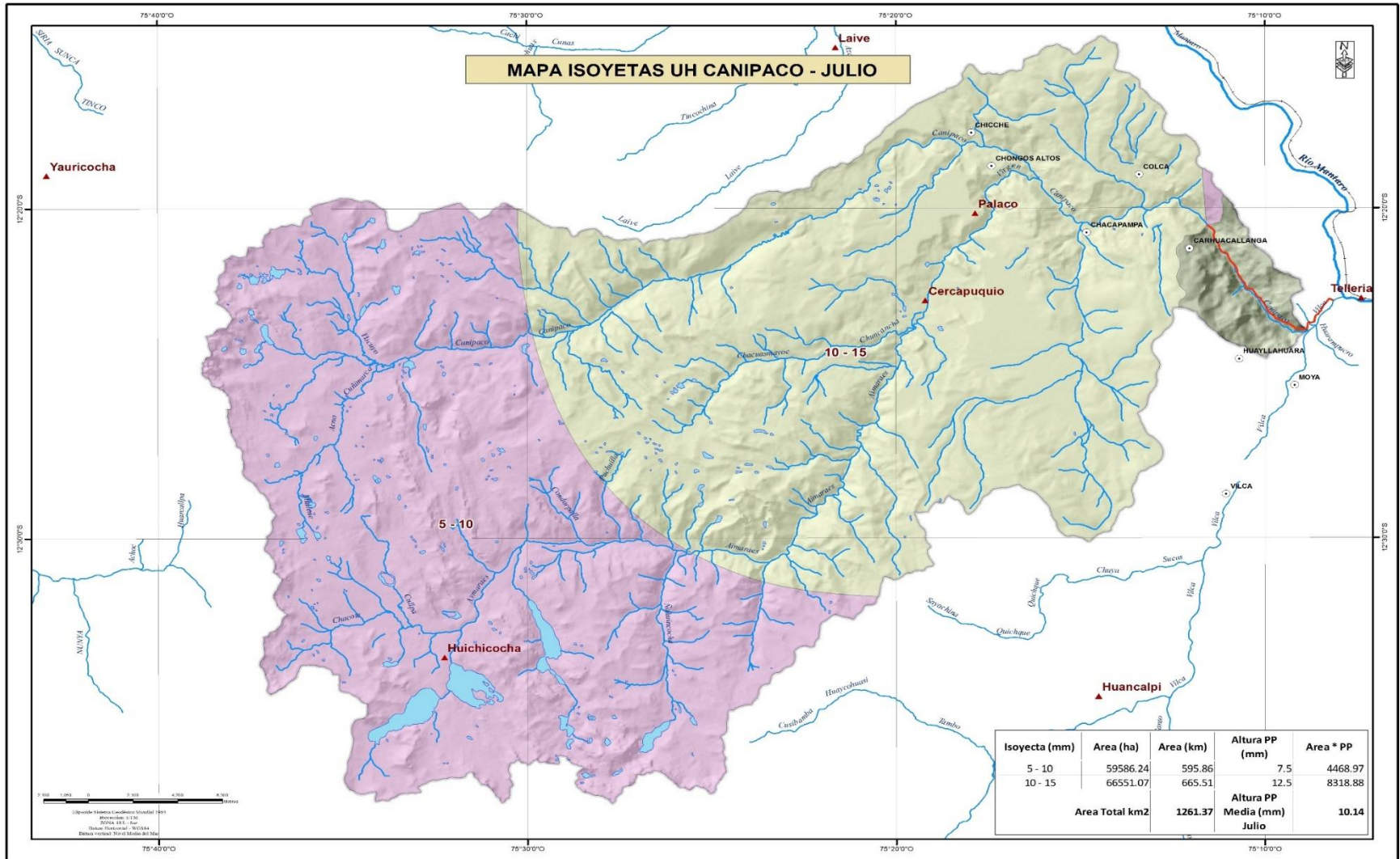


Figura 14. Plano de Isoyetas de la Unidad Hidrográfica Canipaco para el mes de julio

Fuente: Elaboración propia.

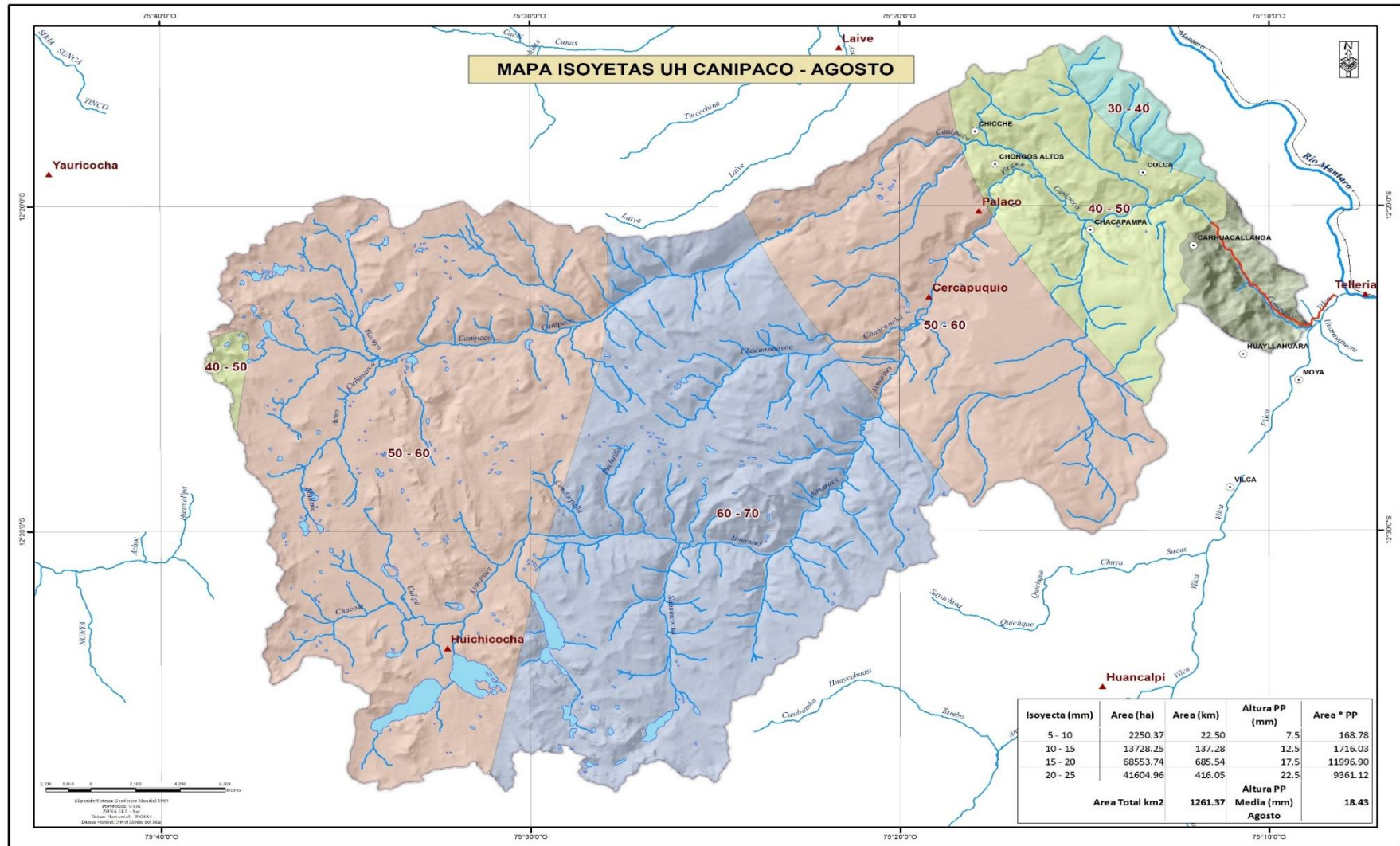


Figura 15. Plano de Isoyetas de la Unidad Hidrográfica Canipaco para el mes de agosto

Fuente: Elaboración propia.

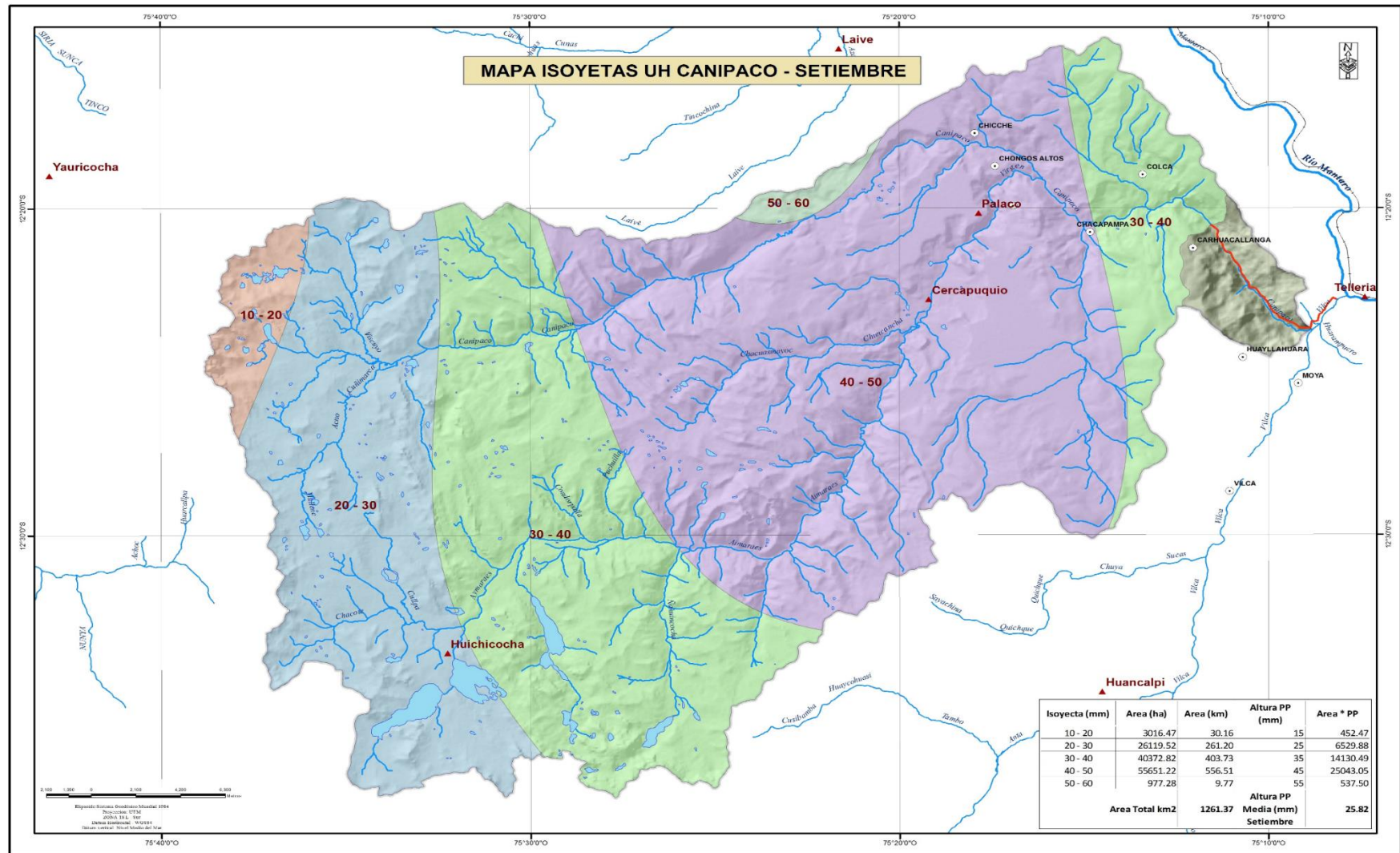


Figura 16. Plano de Isoyetas de la Unidad Hidrográfica Canipaco para el mes de setiembre

Fuente: Elaboración propia.

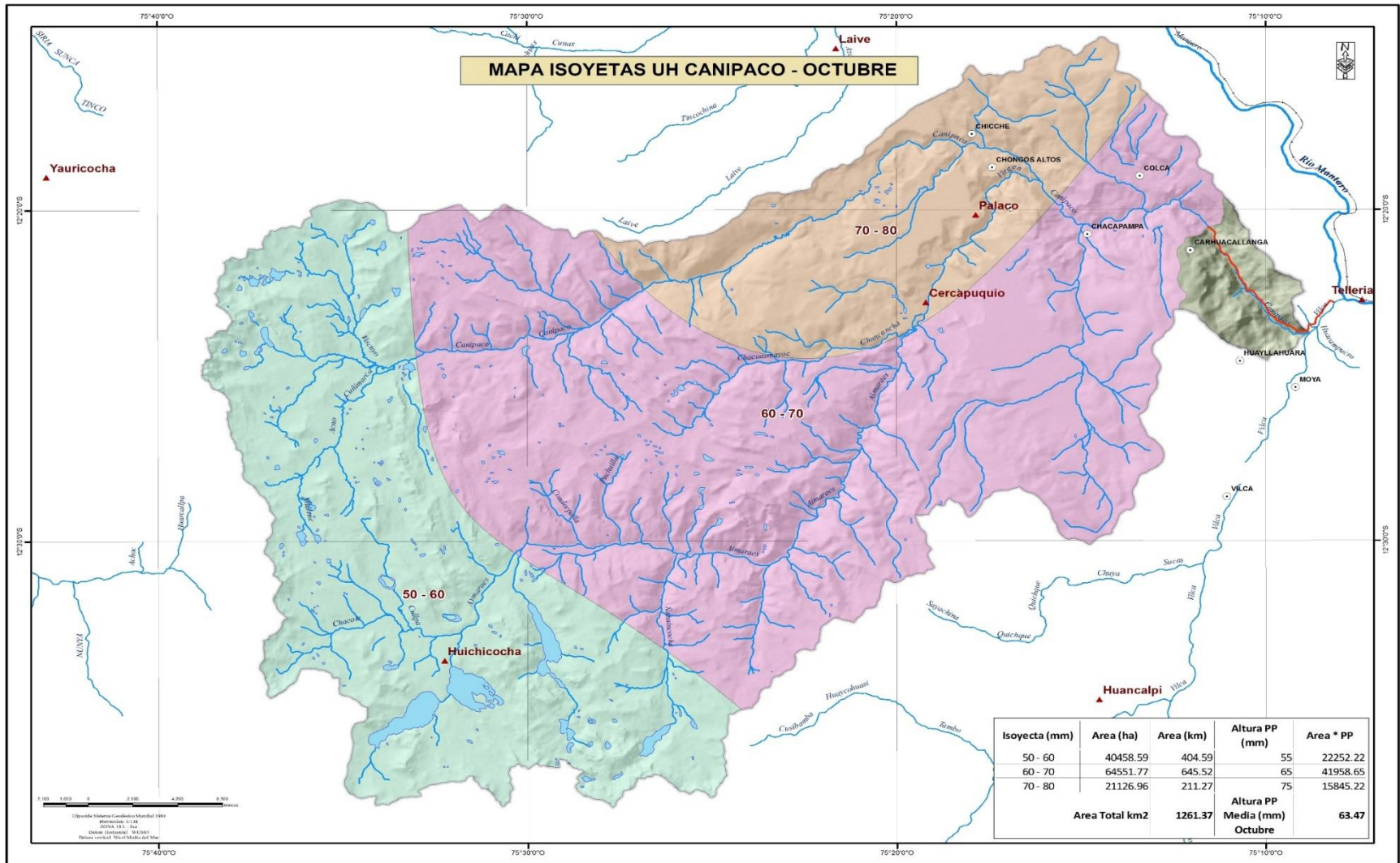


Figura 17. Plano de Isoyetas de la Unidad Hidrográfica Canipaco para el mes de octubre

Fuente: Elaboración propia.

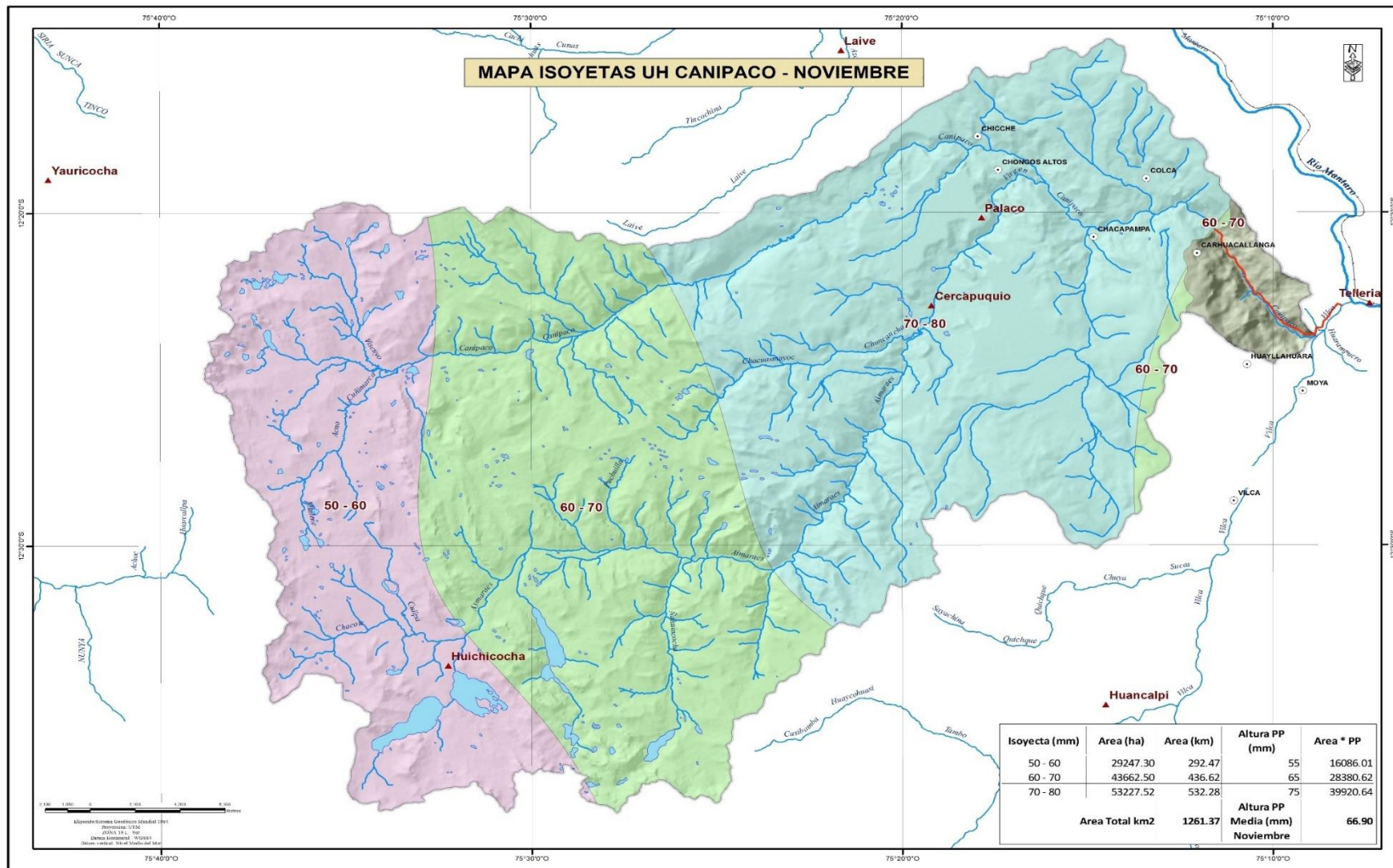


Figura 18. Plano de Isoyetas de la Unidad Hidrográfica Canipaco para el mes de octubre

Fuente: Elaboración propia.

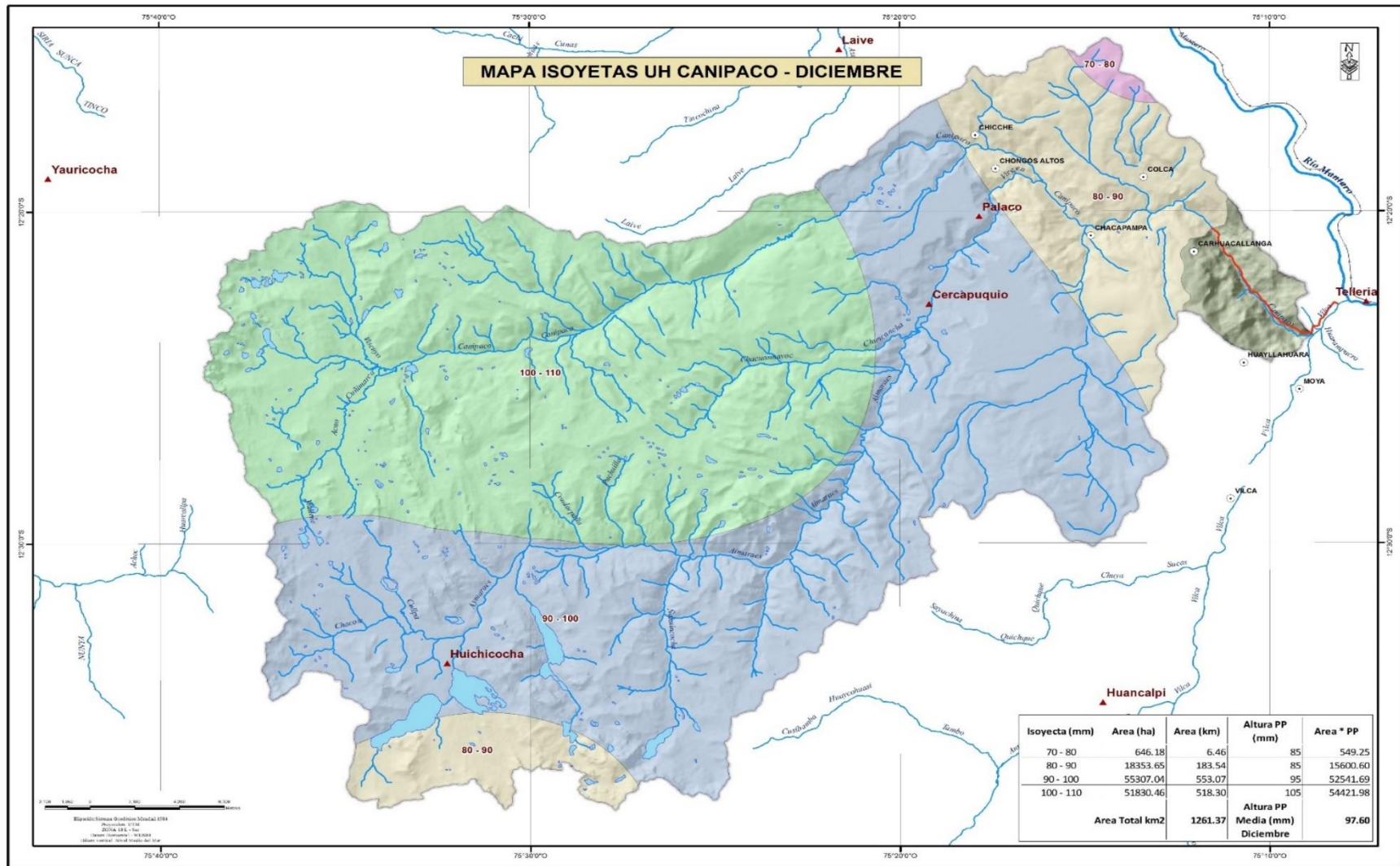


Figura 19. Plano de Isoyetas de la Unidad Hidrográfica Canipaco para el mes de octubre

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 22. Estimación de la precipitación total mensual por la generación de Isoyetas en relación lluvia – altitud (mm) (1960 – 2005)

Mes	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Promedio Anual	P.A.
PP	125.58	134.90	125.86	57.91	21.09	8.52	10.14	18.43	25.82	63.47	66.90	97.60	63.02	756.20

Fuente: Elaboración propia a partir de base de datos

La generación de lámina de precipitación mensual es a partir de las Isoyetas, por el método de ponderación lluvia - altitud a partir de las estaciones presentes en la unidad hidrográfica y exteriores, logrando obtener láminas de precipitación, parecidas a las registradas en la siguiente tabla.

Tabla 23. Precipitación Total Mensual Completa y Consistente (mm) – Año Promedio histórica (1965 – 2005)

ESTACIÓN	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Promedio Anual	P.A.
Chilicocha	139.67	156.71	152.68	67.56	15.46	5.56	5.52	16.33	31.91	56.08	62.84	91.86	66.85	802.19
Huancalpi	127.67	137.53	117.08	62.44	29.86	22.91	21.01	31.90	46.85	82.71	83.24	118.68	73.49	881.89
Telleria	91.81	99.83	77.20	37.67	12.82	8.59	7.45	15.93	39.79	51.65	54.26	73.05	47.50	570.06
Laive	140.61	143.72	123.46	54.28	20.72	6.96	11.78	23.37	49.81	70.23	69.35	120.32	69.55	834.60
Palaco	106.70	114.15	94.81	44.83	17.28	8.94	9.23	17.18	39.21	57.76	58.33	87.41	54.65	655.83
Huichicocha	131.97	154.36	122.31	66.38	25.02	6.45	7.95	12.88	31.55	68.24	64.01	121.18	67.69	812.30
Cercapuquio	124.09	139.35	136.04	72.91	25.67	10.28	8.72	15.48	40.81	63.86	66.75	97.90	66.82	801.84
PROMEDIO MENSUAL	123.22	135.09	117.66	58.01	20.98	9.95	10.24	19.01	39.99	64.36	65.54	101.49	63.79	765.53

Fuente: Electroperú S.A. (2005)

De los datos de precipitación completa y consistente elaborado por Electroperú S.A. en el período de 1965 al año 2005, la precipitación media total acumulada se tiene **765.23 milímetros**, existiendo una leve diferencia por la precipitación media total acumulada generada por las Isoyetas cuyo valor es de **756.20 milímetros**.

Recopilación de información de las estaciones pluviométricas operadas por Electroperú S.A.:



Figura 20. Estación de aforo de la regla linnimétrica: Canipaco, Yulapuquio y Quillón, en la Unidad Hidrográfica Canipaco – operadas por Electro Perú S.A.

- Se realizó la recopilación, análisis de información y se generó una base de datos en formato Excel sobre los datos de precipitación consistente o corregida por Electroperú S.A., el cual nos resultó de gran utilidad para el presente estudio.

➤ **Etapas de Gabinete**

Una vez obtenidos los datos registrados por Electroperú S.A. sobre los períodos históricos, se procedió a calcular y evaluar los caudales de diseño generados por los 03 métodos tradicionales, así como la contrastación de resultados de cada método con los caudales registrados en la estación hidrométrica de Quillón y consistenciados por Electroperú (1977 – 2005).

Es importante precisar que para la determinación de los caudales aplicando los respectivos modelos se utilizó los datos de precipitación Total Mensual de la Unidad Hidrográfica Canipaco (1977 – 2005), los cuales se presenta a continuación:

Tabla 24. Precipitación Total Mensual (mm) – Unidad Hidrográfica Canipaco (1977 – 2005)

Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Total
1977	99.90	140.50	157.60	83.50	54.40	0.00	2.30	0.70	76.70	43.00	164.40	100.60	923.60
1978	182.30	130.90	114.30	51.80	1.90	3.70	0.00	0.00	75.60	51.10	152.60	106.40	870.60
1979	91.40	180.30	182.20	58.30	23.20	0.00	11.00	14.00	7.00	34.30	36.50	99.40	737.60
1980	102.00	129.60	156.80	52.70	16.20	0.00	32.50	3.20	33.20	163.60	95.60	129.40	914.80
1981	203.90	157.60	145.20	119.80	10.00	0.00	0.00	65.00	73.20	131.90	109.30	119.30	1135.20
1982	82.10	174.70	98.80	86.80	1.50	0.00	0.00	40.10	35.60	77.10	96.30	104.40	797.40
1983	68.90	83.00	123.00	100.80	25.40	11.30	8.20	0.00	69.00	31.80	25.50	59.00	605.90
1984	194.40	153.00	162.60	60.00	29.20	90.60	0.00	21.10	20.00	106.60	125.10	114.20	1076.80
1985	138.20	102.10	99.80	102.10	34.70	31.00	7.70	0.00	59.80	10.00	39.30	124.20	748.90
1986	197.80	161.30	217.50	143.20	18.80	0.00	0.00	13.40	42.40	26.80	30.50	100.10	951.80
1987	130.30	175.60	121.50	19.30	25.40	5.10	12.40	0.00	7.00	26.10	87.20	64.70	674.60
1988	94.70	134.20	166.00	63.90	65.60	0.00	0.00	0.00	0.00	66.60	69.70	101.50	762.20
1989	217.10	182.20	167.70	25.50	7.00	20.00	7.00	45.00	10.00	128.00	48.00	70.60	928.10
1990	98.80	110.90	107.80	58.00	20.40	8.30	7.00	12.10	32.50	51.00	53.00	77.80	637.60
1991	90.50	101.60	98.70	53.10	18.70	7.60	6.40	11.10	29.80	46.80	48.50	71.20	584.00
1992	72.60	81.50	97.10	42.60	15.00	6.10	5.10	8.90	23.90	37.50	38.90	57.10	486.30
1993	160.90	180.60	175.40	94.40	33.20	13.50	11.40	19.70	52.90	83.00	86.10	126.80	1037.90
1994	137.60	154.50	150.00	80.80	28.40	11.50	9.80	16.90	45.30	71.00	73.70	108.30	887.80
1995	127.20	142.80	138.70	74.70	26.30	10.70	8.90	15.60	41.90	65.60	68.10	100.10	820.60
1996	129.00	144.80	140.60	75.70	26.60	10.80	9.20	15.80	42.40	66.60	69.10	101.50	832.10
1997	138.80	155.90	151.40	81.50	28.70	11.60	9.80	17.00	45.70	71.70	74.30	109.30	895.70
1998	134.70	151.30	146.90	79.10	27.80	11.30	9.60	16.50	44.30	69.50	72.20	106.10	869.30

Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Total
1999	136.50	153.20	148.80	80.10	28.20	11.40	9.70	16.70	44.90	70.40	73.30	107.40	880.60
2000	145.20	163.00	158.40	85.30	30.00	12.20	10.20	17.80	47.80	75.00	77.80	114.30	937.00
2001	137.00	153.80	149.40	80.50	28.30	11.50	9.70	16.80	45.10	70.70	73.40	107.90	884.10
2002	124.50	139.70	135.70	73.10	25.70	10.40	8.80	15.30	41.00	64.20	66.60	98.00	803.00
2003	113.60	127.50	123.80	66.70	23.40	9.50	8.10	13.90	37.40	58.60	60.80	89.50	732.80
2004	116.40	130.70	127.00	68.40	24.00	9.80	8.30	14.30	38.30	60.10	62.30	91.60	751.20
2005	105.50	149.50	109.10	61.90	13.90	1.90	0.20	0.00	30.00	89.70	36.00	158.40	756.10

Fuente: Electroperú S.A. (2005)

Tabla 25. Precipitación Total Mensual máxima, media y mínima (mm) – Unidad Hidrográfica Canipaco (1977 – 2005)

Mes	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Total
Máximo	217.10	182.20	217.50	143.20	65.60	90.60	32.50	65.00	76.70	163.60	164.40	158.40	1135.20
Media	130.06	142.98	140.41	73.23	24.55	11.03	7.36	14.86	39.75	67.18	72.90	100.66	824.95
Mínimo	68.90	81.50	97.10	19.30	1.50	0.00	0.00	0.00	0.00	10.00	25.50	57.10	486.30

Fuente: Electroperú S.A. (2005)

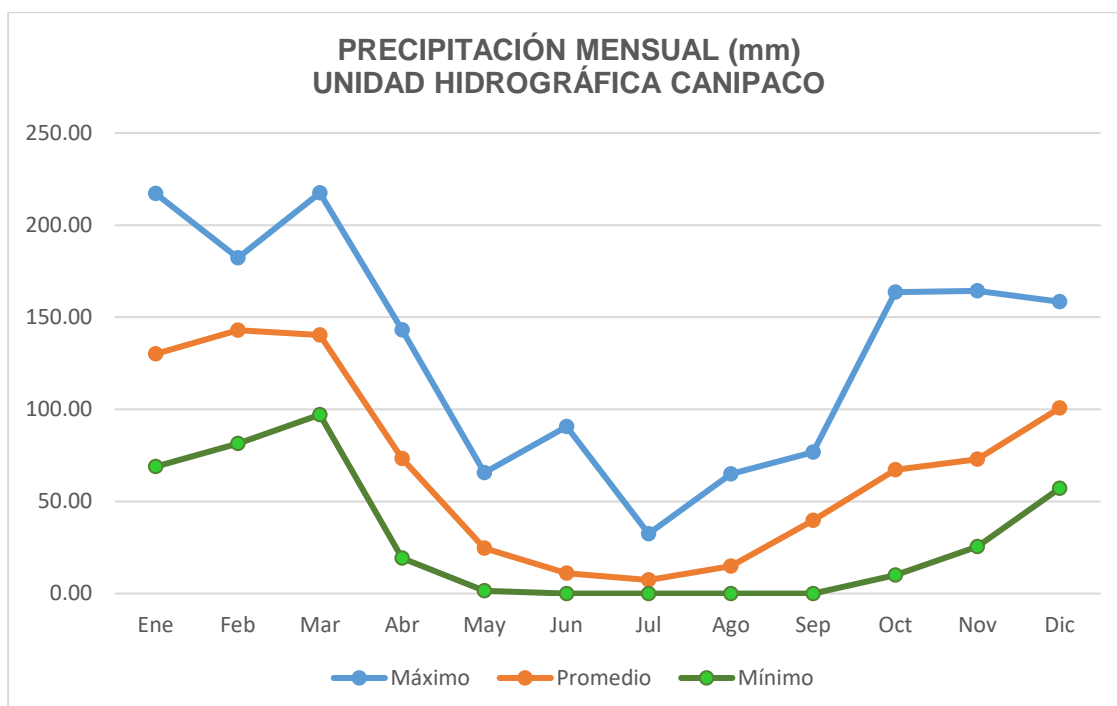


Figura 21. Precipitación Mensual (mm) – Unidad Hidrográfica Canipaco (1977 – 2005)

Fuente: Elaboración propia

Tabla 26. Precipitación Máxima Diaria Mensual (mm) – Unidad Hidrográfica Canipaco (1981 – 2005)

Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
1981	11.75	16.00	12.46	12.59	4.07	1.06	0.45	4.43	9.83	5.85	5.47	14.11
1982	9.82	12.82	16.47	9.65	10.34	2.94	0.61	6.89	9.58	9.15	12.36	18.62
1983	20.26	13.45	13.12	6.55	7.93	2.68	1.35	0.81	12.82	17.88	15.64	17.15
1984	16.52	13.33	9.95	7.82	2.44	6.12	1.15	2.06	3.44	8.86	12.98	15.06
1985	9.95	9.35	7.66	2.10	1.98	0.93	2.36	8.95	13.74	12.30	10.98	12.96
1986	20.83	21.98	11.67	8.91	2.48	0.38	0.46	3.58	11.23	12.80	7.54	10.78
1987	9.84	23.81	11.57	9.33	1.61	2.43	1.82	11.46	9.84	10.27	7.91	12.42
1988	15.25	15.32	12.67	10.20	7.30	1.21	2.97	2.41	6.87	10.39	7.39	11.27
1989	15.52	23.37	8.70	11.75	7.28	11.79	5.04	10.12	4.77	5.73	12.40	17.72
1990	13.09	22.74	12.66	4.56	10.56	2.93	6.11	5.55	9.57	17.88	6.61	19.93

Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
1991	14.63	12.09	11.26	16.06	3.50	2.26	1.09	2.13	5.02	12.21	17.76	6.13
1992	19.31	20.66	8.77	4.92	2.63	4.24	2.04	0.89	10.33	8.93	12.19	11.29
1993	9.26	17.75	5.99	5.93	1.60	2.24	0.89	1.86	13.55	9.15	7.47	10.75
1994	18.93	19.27	14.85	10.65	3.86	1.50	3.05	1.02	8.69	9.02	7.50	12.21
1995	14.76	20.88	17.54	9.56	1.30	1.94	0.46	3.04	6.29	16.02	18.02	7.23
1996	13.55	15.25	10.34	11.98	1.38	0.80	1.89	8.10	7.22	12.31	17.64	12.52
1997	15.00	10.81	20.00	5.92	15.31	3.42	0.69	5.45	9.35	23.24	5.73	5.99
1998	18.55	10.20	13.41	7.66	14.10	1.20	5.76	0.50	6.78	11.21	5.39	14.80
1999	14.19	18.32	16.83	7.12	6.76	7.20	4.91	8.02	21.38	12.73	5.86	7.77
2000	7.31	15.13	21.51	9.02	9.38	3.20	6.91	10.22	6.31	10.80	4.66	17.52
2001	19.64	14.74	13.28	12.37	14.63	0.59	0.23	1.58	2.15	4.98	10.24	12.71
2002	10.09	19.86	11.33	8.89	3.29	1.52	4.79	0.81	13.67	9.56	10.89	22.06
2003	15.65	18.53	16.43	10.64	3.75	1.62	8.62	10.24	5.69	15.52	11.26	13.19
2004	13.12	12.48	18.20	11.74	11.59	2.21	4.02	0.31	6.72	14.70	8.17	11.13
2005	20.68	14.33	11.23	16.30	5.10	3.17	2.78	2.35	6.53	8.63	18.92	15.78
PP. Máx. Período 1981-2005	20.83	23.81	21.51	16.30	15.31	11.79	8.62	11.46	21.38	23.24	18.92	22.06

Fuente: <http://observatoriomantaro.ana.gob.pe:84/>; marzo 2024.

A continuación, se describe detalladamente el procedimiento metodológico utilizado para aplicar las fórmulas de los tres modelos hidrológicos propuestos:

Modelo Lutz Scholz, por su estructura determinista para determinar el escurrimiento mensual en años normales y estructura probabilística para generar series extendidas de escurrimiento (Traverso, 2018) citado en (1) .

Para la aplicación de este modelo se tomará en cuenta: La ecuación del balance hídrico, la precipitación efectiva, el coeficiente de agotamiento, el coeficiente de escurrimiento, el factor de retención de la cuenca, almacenamiento hídrico, abastecimiento de retención, lo que

permitirá la determinación y generación de caudales mensuales por año y para periodos extendidos de tiempo.

Los procedimientos realizados para hacer correr el método de Lutz Scholz se detallan a continuación:

- Generación de descargas para la Unidad Hidrográfica Canipaco – Método Propuesto por la Misión Técnica Alemana

Para ello se determinará los parámetros del modelo, tanto para su etapa determinística como la estocástica, con los cuales se realizará la generación de caudales medios mensuales.

- a) Aportación de caudales para un año promedio

Tabla 27. Cálculo del Coeficiente de Escorrentía

Método de la Misión alemana		Método de L Turc	
Precipitación media anual	824.95	Temperatura Media Anual: T	18.90
ETP total anual	1379.3	Coeficiente de Temperatura: L	1110.06
		Déficit de Escurrimiento: D	684.55
Coeficiente de escorrentía	0.18	Coeficiente de Escorrentía: C	0.17
$c=3.16*10^{12}*P^{(-0.571)}*E^{(-3.686)}$			

Fuente: Elaboración propia

Tabla 28. Características generales de la Unidad Hidrográfica

Área de la Cuenca: A	1293.80	km ²
Altitud media de la Cuenca: H	4390.00	msnm
Pendiente media de la Cuenca	0.20	m/m
Precipitación Media Anual: P	824.95	mm/año
Evaporación total Anual: ETP	1379.30	mm/año

Temperatura Media Anual: T	18.90	°C
Déficit de Escurrimiento: D	684.55	mm/año
Coefficiente de Escorrentía: Ce	0.17	
Coefficiente de Agotamiento: a	0.01	
Relación de Caudales (30 días): bo	0.70	
Área de lagunas, nevados y acuíferos: Ca	19.14	km2
Gasto Mensual de Retención: R	4.64	mm/año

Fuente: Elaboración propia

Ec. 36: (1)

$$R = \frac{Ca * AR * LA + AL * LL + AN * LN}{AR}$$

Tabla 29. Coeficiente de agotamiento (a)

Coeficiente de agotamiento (a)	
Cuencas con agotamiento rápido	Retención entre 50 y 80 mm/año y vegetación poco desarrollada (puna)
$a = -0.00252(LnAR) + 0.030$	0.011943346
Cuencas con agotamiento mediano	Retención mediana 80 m/año y vegetación mezclada (pastos, bosques y terrenos cultivados)
$a = -0.00252(LnAR) + 0.026$	0.007943346
Cuencas con agotamiento reducido	Debido a la alta retención >100 mm/año y vegetación mezclada.
$a = -0.00252(LnAR) + 0.023$	0.004943346

Fuente: Gamero y Sipion (2022)

Tabla 30. Aportación de caudales para un año promedio

MES	N° días / mes	PRECIPITACIÓN MENSUAL				CONTRIBUCIÓN DE LA RETENCIÓN				CAUDALES GENERADOS	
		P Total mm/mes	PE II mm/mes	PE III mm/mes	PE mm/mes	Gasto		Abastecimiento		CMi mm/mes	CMi m3/s
						bi	Gi (mm/mes)	ai	Ai (mm/mes)		
Enero	30	130.1	30.3	70.4	27.6		0.0	0.300	1.4	26.18	13.067
Febrero	28	143.0	36.2	83.3	33.1		0.0	0.300	1.4	31.68	16.944
Marzo	31	140.4	35.0	80.7	32.0		0.0	0.050	0.2	31.74	15.333
Abril	30	73.2	9.5	28.0	8.2	0.699	1.5		0.0	9.77	4.875
Mayo	31	24.5	2.4	5.5	2.2	0.477	1.1		0.0	3.29	1.591
Junio	30	11.0	1.2	2.8	1.1	0.341	0.8		0.0	1.89	0.941
Julio	31	7.4	0.8	1.9	0.8	0.227	0.5		0.0	1.27	0.616
Agosto	31	14.9	1.6	3.6	1.5	0.157	0.3		0.0	1.82	0.877
Septiembre	30	39.7	3.8	9.1	3.5	0.117	0.3		0.0	3.75	1.870
Octubre	31	67.2	8.1	23.2	7.1	0.075	0.2	0.100	0.5	6.78	3.273
Noviembre	30	72.9	9.4	27.7	8.2		0.0	0.000	0.0	8.15	4.069
Diciembre	31	100.7	17.9	57.4	15.3		0.0	0.250	1.2	14.09	6.808

Fuente: Elaboración propia

Precipitación Total Promedio (P Total):

A partir de los valores promedios mensuales durante el período 1977 – 2005 de la Unidad Hidrográfica Canipaco.

Tabla 31. Precipitación Total Promedio

Mes	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Total
Media	130.06	142.98	140.41	73.23	24.55	11.03	7.36	14.86	39.75	67.18	72.90	100.66	824.95

Fuente: Electroperú S.A.

Precipitación Efectiva (PE):

Para ello se considera el método propuesto por la misión técnica alemana “Bureau of Reclamation”

Tabla 32. Coeficiente de Cálculo Precipitación Efectiva

Coefic.	Curva I	Curva II	Curva III
a0	-0.047000	-0.106500	-0.417700
a1	0.009400	0.147700	0.379500
a2	-0.000500	-0.002900	-0.010100
a3	0.000020	0.000050	0.000200
a4	-5.00E-08	-2.00E-07	-9.00E-07
a5	2.00E-10	2.00E-10	1.00E-09

Fuente: Bureau of Reclamation

Para el cálculo de PE de las curvas II y III se utiliza la ecuación 27, si el límite superior de precipitación efectiva no se encuentre dentro del rango de valores de cada curva según la tabla 31, si esta se encontrara dentro de dicho rango sólo se realizará la fórmula especificada en dicha tabla según sea el caso.

Ec. 37: (1)

$$PE_{(curvas)} = a_0 + a_1P + a_2P^2 + a_3P^3 + a_4P^4 + a_5P^5$$

Así mismo para el cálculo de la Precipitación Efectiva (P.E.) se tiene la siguiente ecuación:

Ec. 38:

$$PE = C1 * PE II + C2 * PE III$$

Donde:

$$C1 = (Ce + P - PE III) / (PE II - PE III)$$

$$C2 = (Ce + P - PE II) / (PE III - PE II)$$

Tabla 33. Límite superior para la Precipitación Efectiva:

Curva	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-120.6 para P > 127.0 mm/mes

Fuente: Bureau of Reclamation

Gasto de la retención (Gi)

El gasto de retención de la cuenca se dio entre los meses de abril a octubre, por ser un período considerado como estación seca.

Tabla 34. Gasto de la retención (Gi)

Mes	Nº días/mes	bi	Gi (mm/mes)
Enero	30		
Febrero	28		
Marzo	31		

Mes	N° días/mes	bi	Gi (mm/mes)
Abril	30	0.699	1.5
Mayo	31	0.477	1.1
Junio	30	0.341	0.8
Julio	31	0.227	0.5
Agosto	31	0.157	0.3
Septiembre	30	0.117	0.3
Octubre	31	0.075	0.2
Noviembre	30		
Diciembre	31		

Fuente: Elaboración propia

Ec. 39:

$$Gi = R * bi / \Sigma bi$$

Dónde:

Gi : Gasto de la retención

bi : Relación de descarga mes actual y mes anterior

R : Gasto mensual de retención

Abastecimiento Mensual (Ai)

Conforme a lo detallado en la tabla 32, podemos mencionar que los meses de noviembre a marzo se da el abastecimiento y no gasto. Los resultados del cálculo de abastecimiento durante la época de precipitación se detallan en la siguiente tabla:

Tabla 35. Abastecimiento Mensual (Ai)

Mes	N° días/mes	ai	Ai (mm/mes)
Enero	30	0.300	1.4
Febrero	28	0.300	1.4
Marzo	31	0.050	0.2
Abril	30		
Mayo	31		
Junio	30		
Julio	31		
Agosto	31		
Septiembre	30		
Octubre	31	0.100	0.5
Noviembre	30	0.000	0.0
Diciembre	31	0.250	1.2

Fuente: Elaboración propia

Ec. 40:

$$A_i = a_i * R$$

Dónde:

Ai : Abastecimiento Mensual

ai: coeficiente de abastecimiento

R : Gasto mensual de retención

Tabla 36. Cálculo de los coeficientes de correlación para el año promedio

Qt	Qt-1	PE
26.18	14.093	27.6
31.68	26.18	33.1
31.74	31.68	32.0
9.77	31.74	8.2
3.29	9.77	2.2
1.89	3.29	1.1
1.27	1.89	0.8
1.82	1.27	1.5
3.75	1.82	3.5
6.78	3.75	7.1
8.15	6.78	8.2
14.09	8.15	15.3

Fuente: Elaboración propia

La fórmula siguiente da el caudal mensual para el año medio (CMi):

Ec. 41:

$$CMi = PE + Gi - Ai$$

Dónde:

CMi : Caudal mensual año promedio

PE : Precipitación Efectiva

Gi : Gasto de la retención

Ai : Abastecimiento Mensual

b) Generación de caudales para períodos extendidos

Precipitación Efectiva

Para la Generación de caudales extendidos, se determinará la precipitación efectiva de la cuenca para la Unidad Hidrográfica Canipaco.

Ec. 42:

$$COEF = \frac{PE}{P\ TOTAL}$$

**Tabla 37. Precipitación efectiva mensual (mm) – Unidad Hidrográfica
Canipaco**

AÑO	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Total
1977	21.2	32.5	35.9	9.4	5.0	0.0	0.2	0.1	6.7	4.5	18.4	15.2	149.1
1978	38.6	30.3	26.0	5.8	0.2	0.4	0.0	0.0	6.6	5.4	17.1	16.1	146.5
1979	19.4	41.7	41.5	6.5	2.1	0.0	1.2	1.4	0.6	3.6	4.1	15.1	137.1
1980	21.6	30.0	35.7	5.9	1.5	0.0	3.4	0.3	2.9	17.2	10.7	19.6	148.9
1981	43.2	36.5	33.1	13.4	0.9	0.0	0.0	6.4	6.4	13.9	12.2	18.1	184.1
1982	17.4	40.4	22.5	9.7	0.1	0.0	0.0	4.0	3.1	8.1	10.8	15.8	132.0
1983	14.6	19.2	28.0	11.3	2.3	1.2	0.9	0.0	6.1	3.3	2.9	8.9	98.7
1984	41.2	35.4	37.0	6.7	2.7	9.3	0.0	2.1	1.8	11.2	14.0	17.3	178.7
1985	29.3	23.6	22.7	11.5	3.2	3.2	0.8	0.0	5.2	1.1	4.4	18.8	123.8
1986	41.9	37.3	49.5	16.1	1.7	0.0	0.0	1.3	3.7	2.8	3.4	15.2	173.0
1987	27.6	40.6	27.7	2.2	2.3	0.5	1.3	0.0	0.6	2.7	9.8	9.8	125.1
1988	20.1	31.0	37.8	7.2	6.0	0.0	0.0	0.0	0.0	7.0	7.8	15.4	132.3
1989	46.0	42.1	38.2	2.9	0.6	2.0	0.7	4.4	0.9	13.5	5.4	10.7	167.5
1990	20.9	25.7	24.5	6.5	1.9	0.8	0.7	1.2	2.9	5.4	5.9	11.8	108.2
1991	19.2	23.5	22.5	6.0	1.7	0.8	0.7	1.1	2.6	4.9	5.4	10.8	99.1
1992	15.4	18.9	22.1	4.8	1.4	0.6	0.5	0.9	2.1	3.9	4.3	8.7	83.6

AÑO	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Total
1993	34.1	41.8	39.9	10.6	3.0	1.4	1.2	1.9	4.6	8.7	9.6	19.2	176.2
1994	29.2	35.7	34.2	9.1	2.6	1.2	1.0	1.7	4.0	7.5	8.2	16.4	150.7
1995	27.0	33.0	31.6	8.4	2.4	1.1	0.9	1.5	3.7	6.9	7.6	15.2	139.3
1996	27.3	33.5	32.0	8.5	2.4	1.1	1.0	1.6	3.7	7.0	7.7	15.4	141.2
1997	29.4	36.1	34.5	9.1	2.6	1.2	1.0	1.7	4.0	7.5	8.3	16.6	152.0
1998	28.6	35.0	33.5	8.9	2.5	1.2	1.0	1.6	3.9	7.3	8.1	16.1	147.6
1999	28.9	35.4	33.9	9.0	2.6	1.2	1.0	1.6	3.9	7.4	8.2	16.3	149.5
2000	30.8	37.7	36.1	9.6	2.7	1.2	1.1	1.8	4.2	7.9	8.7	17.3	159.0
2001	29.0	35.6	34.0	9.0	2.6	1.2	1.0	1.7	4.0	7.4	8.2	16.3	150.1
2002	26.4	32.3	30.9	8.2	2.3	1.1	0.9	1.5	3.6	6.8	7.4	14.8	136.3
2003	24.1	29.5	28.2	7.5	2.1	1.0	0.8	1.4	3.3	6.2	6.8	13.6	124.4
2004	24.7	30.2	28.9	7.7	2.2	1.0	0.9	1.4	3.4	6.3	7.0	13.9	127.5
2005	22.4	34.6	24.8	6.9	1.3	0.2	0.0	0.0	2.6	9.4	4.0	24.0	130.3

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 38. Coeficiente de precipitación efectiva promedio (mm) – Unidad
Hidrográfica Canipaco**

MES	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
COEF	0.212	0.231	0.228	0.112	0.091	0.102	0.105	0.099	0.088	0.105	0.112	0.152

Fuente: Elaboración propia

Números aleatorios

En el presente estudio se generó los números aleatorios de distribución uniforme acuerdo al siguiente detalle:

Tabla 39. Números aleatorios generados con distribución normal período 1977

- 2005

AÑO	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
1977	-0.6312	-0.6348	0.089	1.1228	-1.7908	0.6473	1.1583	-0.8902	-0.2883	-0.3483	-0.7125	-2.2122
1978	-0.7295	0.4903	0.7579	-0.2284	0.8273	-1.3687	-0.0656	1.3655	-0.6792	-1.9321	0.5763	0.2595
1979	-1.4123	1.0832	-0.6637	-0.622	-0.6788	-0.0134	0.768	-0.7931	0.1664	-0.459	0.9754	0.6381
1980	1.4074	0.241	0.8574	-0.3488	2.4493	0.1185	-0.423	0.1575	-0.2467	-0.237	0.6365	0.4566
1981	-0.2319	-3.0765	-0.8049	1.9478	-0.5623	-0.6817	-1.0344	0.105	-0.8579	0.0023	-0.7501	-1.0661
1982	1.5242	0.1078	-0.8787	0.5601	-0.0315	0.5533	-0.2126	0.7781	0.7479	0.0341	-0.2791	-0.1542
1983	1.4375	0.5704	0.0583	0.6708	-0.7943	-1.4301	0.7231	0.0737	1.3047	1.7908	-0.5002	-1.9691
1984	0.3225	-0.2718	-0.2964	-1.1578	0.0895	0.382	-0.0492	0.1979	1.6178	-0.443	-1.3765	0.1593
1985	1.4089	-0.8536	0.3046	0.2592	-0.6362	-0.0985	0.5725	0.2565	0.7909	-2.0375	1.0284	-0.2326
1986	0.6021	0.6092	0.1755	1.5908	-1.702	0.3981	-0.0544	1.762	-0.2476	-0.9995	0.8387	1.1563
1987	0.6117	-0.8383	0.282	1.5124	-1.0195	1.153	-0.838	0.8935	1.5068	0.0098	0.4569	-1.0999
1988	-0.0787	-0.3655	-0.6387	0.7811	-0.606	0.8294	-1.1011	0.1774	-0.8707	0.8777	-0.4123	-1.0572
1989	0.692	-0.962	0.4236	-2.2779	0.1901	0.2601	-1.6444	-1.4197	0.2559	-2.2134	-0.1764	0.0397
1990	0.8179	0.4608	-0.2073	-0.1587	-0.856	-0.4219	2.7047	1.4024	1.4289	0.7303	0.2222	0.3766
1991	0.8605	0.3632	0.1741	-0.8561	0.5238	1.6117	0.4457	0.1121	-0.0357	-1.4017	0.4997	1.6699
1992	0.5825	2.3231	0.876	-1.9643	-0.107	-1.244	1.0318	-1.0958	-1.4553	-1.4157	0.5309	2.1494
1993	2.0007	-0.83	0.6975	0.801	-1.6224	-0.2147	1.0952	-1.1908	-0.6919	-0.4996	-0.9035	0.355
1994	1.2178	0.1347	0.3277	-0.2507	-1.4785	-0.5257	1.2452	0.7849	-0.1895	0.1408	0.7778	0.4068
1995	1.0448	-0.1908	0.4445	-1.348	2.1645	-0.322	-1.0383	0.6003	-0.1246	1.3165	-1.5763	1.2323
1996	-1.0166	0.6852	0.2793	0.2145	0.7372	-0.8367	0.1956	-0.9873	0.5326	-2.1903	-0.0113	0.1024
1997	0.5422	-1.0153	1.0474	-0.0995	0.1494	1.478	0.6848	0.7448	-1.2329	-1.4369	1.2921	0.4666
1998	0.9105	0.7622	-0.9952	-0.781	-6E-05	1.5756	-0.804	-0.4407	0.0472	0.3032	-1.3832	-0.2197
1999	0.2879	0.2427	1.2192	-0.5215	-0.5588	0.0536	-1.463	-0.8079	-0.2937	0.1617	-0.3247	-0.3997
2000	-0.4071	0.5639	-0.2472	0.4483	0.4717	-0.8773	-1.6501	1.1569	-1.7331	-0.2696	0.4528	0.8874
2001	0.7772	-0.406	-0.2748	-0.4946	-1.1047	0.2384	0.4009	-1.7691	0.5161	1.1588	0.4569	0.2566
2002	-0.5097	-1.4992	-0.1025	0.2799	-1.9612	-0.5499	-0.2893	-0.0164	0.1591	-0.9223	0.7275	0.2034
2003	-0.9728	1.1323	-0.0289	-1.1504	0.9233	-1.2683	0.7118	-0.232	-0.0391	0.8524	0.0333	-0.8381
2004	-0.0571	2.2758	2.2853	0.8091	0.174	-1.8617	1.442	0.0085	1.2235	-0.6344	1.3263	-1.2036

AÑO	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
2005	0.4457	-0.8887	-0.4338	0.1836	1.5384	0.0924	1.5239	-1.3698	-1.295	-0.1635	0.1637	1.878
MEDIA	0.395	0.007	0.163	-0.037	-0.182	-0.080	0.139	-0.015	0.001	-0.353	0.089	0.077
DESV	0.8637	1.0892	0.7104	1.0173	1.1185	0.9194	1.0643	0.9322	0.908	1.0631	0.7979	1.0446

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 40. Descargas medias mensuales generadas (m³/s) Unidad Hidrográfica
Canipaco**

AÑO	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Prom
1977	20.35	30.32	34.70	11.27	5.62	0.79	0.66	0.48	6.44	4.90	17.19	15.27	12.3
1978	36.08	30.10	25.84	7.44	1.08	0.80	0.43	0.41	6.34	5.66	16.06	15.97	12.2
1979	18.87	39.07	40.35	9.15	2.95	0.59	1.45	1.73	1.06	3.69	4.30	14.17	11.4
1980	20.77	28.72	34.41	8.15	2.30	0.54	3.46	0.91	3.06	16.03	11.10	18.74	12.4
1981	40.42	35.94	32.57	14.78	2.26	0.54	0.42	6.17	6.56	13.29	12.28	17.43	15.2
1982	17.22	37.80	23.26	10.78	1.28	0.48	0.41	3.94	3.46	7.89	10.59	15.31	11.0
1983	14.56	18.62	26.80	12.44	3.36	1.66	1.27	0.47	5.85	3.80	3.21	8.62	8.4
1984	37.89	34.81	36.04	9.03	3.42	8.94	1.02	2.32	2.11	10.58	13.67	16.86	14.7
1985	27.82	23.54	22.42	12.26	4.10	3.51	1.35	0.48	5.11	1.70	4.44	17.55	10.4
1986	39.19	36.61	47.37	18.19	3.23	0.61	0.43	1.59	3.83	3.18	3.66	14.21	14.3
1987	26.14	38.63	27.95	4.35	2.78	1.04	1.62	0.50	0.97	2.91	9.31	9.83	10.5
1988	19.05	29.56	36.35	9.43	6.42	0.84	0.44	0.41	0.41	6.68	7.84	14.71	11.0
1989	42.64	41.20	37.55	5.66	1.37	2.30	1.19	4.46	1.48	12.56	6.10	10.39	13.9
1990	19.88	24.79	24.16	7.95	2.63	1.33	1.13	1.53	3.04	5.41	6.07	11.37	9.1
1991	18.37	22.76	22.14	7.32	2.43	1.26	1.06	1.44	2.82	4.99	5.60	10.44	8.4
1992	14.91	18.34	21.50	6.21	2.04	1.09	0.93	1.23	2.35	4.09	4.57	8.46	7.1
1993	31.52	40.05	39.03	12.68	4.01	1.92	1.59	2.24	4.69	8.53	9.62	18.27	14.5
1994	27.81	34.37	33.45	10.92	3.49	1.69	1.42	1.98	4.08	7.37	8.28	15.65	12.5
1995	25.65	31.80	30.96	10.13	3.26	1.61	1.34	1.86	3.80	6.83	7.69	14.51	11.6

AÑO	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Prom
1996	25.90	32.23	31.37	10.25	3.29	1.62	1.35	1.88	3.84	6.94	7.79	14.71	11.8
1997	27.78	34.67	33.75	11.01	3.53	1.69	1.43	1.99	4.12	7.44	8.34	15.81	12.6
1998	27.08	33.68	32.76	10.70	3.42	1.66	1.41	1.94	4.00	7.23	8.13	15.36	12.3
1999	27.41	34.08	33.18	10.82	3.46	1.67	1.39	1.95	4.05	7.31	8.24	15.55	12.4
2000	29.06	36.24	35.29	11.50	3.67	1.77	1.47	2.07	4.27	7.76	8.73	16.51	13.2
2001	27.56	34.22	33.32	10.88	3.49	1.68	1.40	1.98	4.06	7.34	8.26	15.61	12.5
2002	25.12	31.13	30.29	9.90	3.20	1.56	1.32	1.82	3.74	6.70	7.53	14.22	11.4
2003	22.96	28.45	27.67	9.09	2.95	1.47	1.24	1.70	3.44	6.15	6.92	13.02	10.4
2004	23.41	29.14	28.38	9.30	3.01	1.50	1.27	1.73	3.51	6.29	7.05	13.32	10.7
2005	21.37	32.88	25.01	8.41	2.13	0.70	0.44	0.41	2.76	9.04	4.64	22.20	10.8
Prom.	26.09	31.85	31.30	10.00	3.11	1.62	1.19	1.78	3.63	6.97	8.18	14.62	26.09

Fuente: Elaboración propia

Intercepción: b1	0.381	R ² ajustado	0.99948
Qt-1: b2	0.072	Error típico (S)	0.29264
PE: b3	0.895		

Modelo Matemático: $Qt = b1 + b2 * Qt - 1 + b3 * PE + Z * S * (1 - R^2)^{0.5}$

- **Modelo Témez**, el cual tomará en cuenta una variedad de ecuaciones matemáticas para la regulación de los procesos de transferencia hídrica, teniendo entre ellos: el cálculo del excedente, evapotranspiración y la humedad del suelo, infiltración, aporte de acuíferos, aporte total, para el funcionamiento de este modelo se requiere tomar en cuenta 04 parámetros tales como: capacidad máxima de humedad del suelo, capacidad máxima de infiltración, parámetro del excedente, coeficiente de agotamiento.

Para el cálculo de la descarga máxima de diseño mediante este modelo se siguió el siguiente proceso metodológico establecido en el Manual de Hidrología, Hidráulica y Drenaje (RD N° 20-2011 MTC/14).

Tabla 41. Datos conocidos de la Unidad Hidrográfica Canipaco

Parámetro	Unidad	Magnitud
Elevación máxima de la unidad hidrográfica	m	1120
Elevación mínima de la unidad hidrográfica	m	0
Pendiente media de la unidad hidrográfica	%	6.42
Elevación máxima de la corriente principal	m	122.56
Elevación mínima de la corriente principal	m	94.16
Longitud de la corriente principal	Km	152.5
Pendiente de la corriente principal	%	0.131
Área drenada	Km ²	1293.82

Fuente: Elaboración propia

Tabla 42. Precipitación Máxima Diaria Mensual (mm) de la Unidad hidrográfica Canipaco, registrada durante el período (1981 – 2005

Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
20.83	23.81	21.51	16.30	15.31	11.79	8.62	11.46	21.38	23.24	18.92	22.06

Fuente: <http://observatoriomantaro.ana.gob.pe:84/>; marzo 2024.

Tabla 43. Tiempo de Concentración (t_c) - horas

Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
70.00	70.00	70.00	70.00	70.00	70.00	70.00	70.00	70.00	70.00	70.00	70.00

Fuente: Elaboración propia

$$t_c = 0.3 \left(\frac{L}{S^{0.25}} \right)^{0.76} \quad (26)$$

Tabla 44. Coeficiente de uniformidad (K)

Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
1.935	1.935	1.935	1.935	1.935	1.935	1.935	1.935	1.935	1.935	1.935	1.935

Fuente: Elaboración propia

Ec. 44:

$$K = 1 + \frac{t_c^{1.25}}{t_c^{1.25} + 14} \quad (26)$$

Tabla 45. Coeficiente de simultaneidad o Factor reductor de lluvia para estimar la precipitación máxima diaria corregida sobre la cuenca (K_A)

Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
0.7925	0.7925	0.7925	0.7925	0.7925	0.7925	0.7925	0.7925	0.7925	0.7925	0.7925	0.7925

Fuente: Elaboración propia

Ec. 45:

$$K_A = 1 - \frac{\log A}{15} \quad (26)$$

Tabla 46. Precipitación Máxima Corregida sobre la cuenca (P)

Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
16.51	18.87	17.05	12.92	12.13	9.34	6.83	9.08	16.94	18.42	14.99	17.48

Fuente: Elaboración propia

Ec. 46:

$$P = K_A * P_d \quad (26)$$

Tabla 47. Intensidad de Precipitación (I)

Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
0.31	0.35	0.32	0.24	0.22	0.17	0.13	0.17	0.31	0.34	0.28	0.32

Fuente: Elaboración propia

Ec. 47:

$$I = \left(\frac{P}{24}\right) * (11)^{\frac{28^{0.1} - T_c^{0.1}}{28^{0.1} - 1}} \quad (26)$$

Tabla 48. Coeficiente de Escorrentía (C)

Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
0.22	0.26	0.23	0.15	0.13	0.07	0.01	0.06	0.22	0.25	0.19	0.23

Fuente: Elaboración propia

Ec. 48:

$$C = \frac{(P_d - P_0) * (P_d - 23P_0)}{(P_d + 11 * P_0)^2} \quad (26)$$

Tabla 49. Descarga Máxima de Diseño m³/s (Q)

Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
46.08	62.55	49.68	24.67	20.64	8.51	0.86	7.56	48.99	59.27	36.48	52.67

Fuente: Elaboración propia

Ec. 49:

$$Q = 0.278 CIAK \quad (26)$$

- **Producto PISCO**, La extensión OASIS del sitio SENAMHI emplea el enfoque GR2m, que se basa en los datos del producto reticulado Pisco, para adquirir los caudales. Se trata de una base de información reticulada mensual y diaria con periodos de registro amplios, que permitirá obtener datos de precipitación en la unidad hidrográfica.

Los caudales mensuales son generados por el modelo GR2m. Utilizando una función de producción y una función de transferencia, esta tecnología convierte la precipitación en escorrentía.

El depósito de suelo y el depósito de agua por gravedad son los dos depósitos estructurales. En la figura 22 se representa el diseño del modelo GR2m, que tiene en cuenta los procesos hidrológicos primarios que producen la escorrentía. "P" corresponde a la precipitación media de la cuenca, "P1" a la escorrentía superficial, "E" a la evapotranspiración actual, "P2" a la infiltración profunda, "S" al almacenamiento del embalse de suelo al inicio del período de análisis, "R" al volumen de almacenamiento del embalse de agua por gravedad y "Q" al caudal a la salida de la cuenca. El embalse de suelo tiene una capacidad máxima de almacenamiento de X_1 , mientras que el embalse de gravedad tiene una capacidad máxima de almacenamiento de 60 mm.

El método GR2m trabaja únicamente con dos parámetros (precipitación y evapotranspiración), esta metodología se aplica cuando existe escasa data de la cuenca, GR2m es una metodología agregado que simula caudales mensualizados.

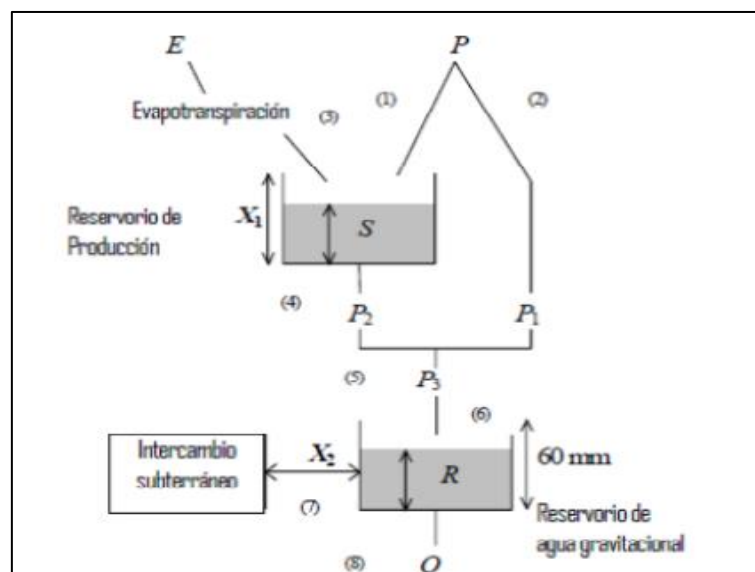


Figura 22. Representación gráfica del método GR2m

Fuente: http://www.imefen.uni.edu.pe/Temas_interes/modhidro_6.pdf

En el presente estudio se toma la **subcuenca con código 3022**, ya que es la cuenca que coincide con el área de estudio (UH Canipaco).

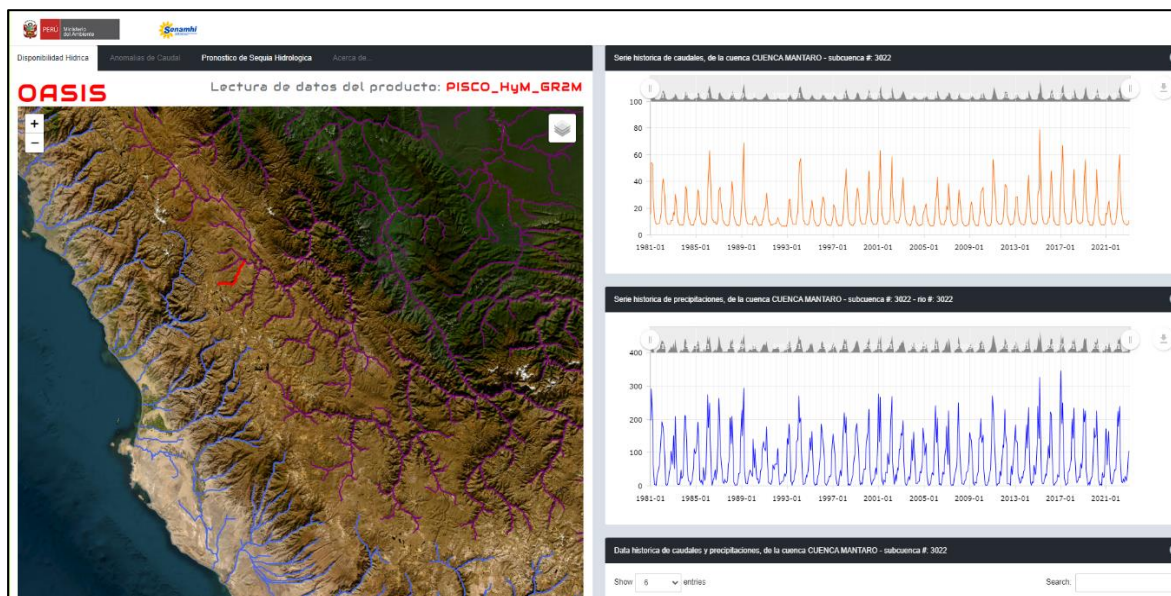


Figura 23. Lectura de datos del producto PISCO_HyM_GR2m

Fuente: <https://idesepe.senamhi.gob.pe/oasisweb/servicio/data/3022>

Para la determinación de caudales se obtuvo del portal virtual de SENAMHI – PISCO – GR2m, los datos de precipitación, temperatura y evapotranspiración, a partir del cual el mismo sistema nos da la descarga de los caudales generados para la Unidad Hidrográfica Canipaco tal y como se detalla a continuación:

Tabla 50. Precipitación Unidad Hidrográfica Canipaco (mm) – PISCO Gr2m

Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic
1981	156.12	158.27	92.69	35.41	2.08	0.55	0.50	20.14	20.22	51.62	68.50	141.16
1982	153.73	90.69	118.34	48.51	0.53	1.10	1.63	13.66	45.35	77.68	85.95	56.57
1983	171.19	85.14	201.89	30.27	2.35	7.40	0.88	1.41	18.04	28.79	27.23	91.98
1984	228.53	146.88	208.13	42.48	15.97	16.15	1.96	8.22	10.76	58.30	55.33	127.72
1985	184.12	104.91	121.71	77.06	11.98	4.66	3.26	5.50	16.99	23.22	31.73	102.65
1986	223.04	128.75	228.00	79.97	6.50	0.29	1.89	18.96	25.51	24.45	22.28	117.97
1987	264.76	121.14	94.08	23.98	10.39	8.68	16.12	11.71	10.34	35.67	47.21	95.96
1988	193.26	113.38	164.35	67.64	14.09	1.50	0.25	1.24	21.11	67.74	31.63	151.02

Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic
1989	252.46	185.55	246.72	60.94	10.20	11.23	3.27	26.55	29.69	119.35	48.26	58.51
1990	141.83	82.62	121.06	48.18	17.38	24.17	5.90	12.11	55.23	114.47	70.79	142.70
1991	130.98	108.02	231.57	65.90	10.35	7.32	5.63	4.76	24.20	92.37	53.32	80.88
1992	84.32	107.84	124.29	30.06	8.43	11.48	7.37	12.66	17.16	84.26	34.69	69.47
1993	154.15	144.98	203.09	117.03	16.34	5.82	7.73	15.41	26.63	108.56	126.80	168.57
1994	287.83	209.84	226.78	93.54	19.68	6.97	3.14	8.77	26.85	69.13	43.40	107.03
1995	117.38	120.02	223.75	44.80	17.01	5.61	6.92	6.95	38.87	62.03	61.32	127.44
1996	190.40	162.95	139.11	57.86	12.39	1.06	2.69	10.86	26.35	54.58	39.29	124.83
1997	139.21	155.92	112.04	32.44	9.59	1.96	1.06	24.88	33.11	57.50	78.68	150.74
1998	183.50	211.75	161.23	52.29	2.79	6.62	0.13	9.08	11.37	77.18	55.55	110.60
1999	119.17	231.07	162.38	87.00	12.58	4.13	6.50	4.61	49.18	72.59	54.28	145.83
2000	137.09	129.10	187.47	38.16	14.31	1.87	13.47	15.96	16.00	90.81	31.16	134.75
2001	236.94	86.75	225.84	38.93	14.27	2.72	16.65	7.34	35.46	71.93	89.78	80.84
2002	95.59	196.45	225.72	63.19	13.80	5.12	30.10	10.27	43.22	81.71	98.60	129.08
2003	128.72	137.11	182.61	54.70	9.89	1.49	2.62	18.25	24.44	33.02	44.14	202.58
2004	60.20	102.93	100.01	25.90	6.47	9.55	9.80	13.83	36.43	67.90	71.53	207.70
2005	86.03	85.78	119.27	35.02	7.30	0.67	2.57	6.14	26.83	70.69	28.15	149.27
2006	200.98	122.34	190.93	53.06	3.11	7.34	1.72	17.66	34.07	55.40	80.10	139.94
2007	141.75	59.42	216.76	64.70	9.21	0.68	2.73	3.02	27.14	65.88	47.29	115.19
2008	193.69	141.95	71.65	33.59	5.92	9.30	2.72	11.03	15.74	62.56	42.68	92.46
2009	122.08	127.12	106.95	62.43	13.19	2.04	10.14	11.74	19.67	68.83	138.56	169.07
2010	197.18	109.11	175.64	46.15	4.48	2.49	1.50	5.07	11.44	58.97	43.41	130.37
2011	141.11	220.24	133.91	82.68	9.54	0.25	6.78	5.38	45.51	51.46	60.19	148.22
2012	103.15	176.55	141.66	112.01	6.67	8.24	5.05	1.76	44.21	50.89	73.72	132.90
2013	141.99	117.62	96.33	34.63	19.91	5.71	9.64	24.53	23.24	66.02	43.21	124.14
2014	155.50	106.86	212.91	62.24	11.82	2.42	8.65	8.27	45.67	50.80	33.43	125.23
2015	193.16	120.41	239.94	78.73	13.90	6.75	3.28	16.00	30.71	42.28	53.33	136.27
2016	93.38	212.85	207.04	76.33	8.99	3.54	4.06	8.16	13.58	55.99	23.46	95.83
MEDIA	161.24	136.73	167.11	57.16	10.37	5.47	5.79	11.16	27.79	64.57	56.64	124.60
DESV.EST	53.75	44.16	51.89	23.37	5.03	4.96	5.95	6.65	12.15	22.77	27.05	34.57

Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic
MAX	287.83	231.07	246.72	117.03	19.91	24.17	30.10	26.55	55.23	119.35	138.56	207.70
MIN	60.20	59.42	71.65	23.98	0.53	0.25	0.13	1.24	10.34	23.22	22.28	56.57

Fuente: SENAMHI – PISCO



Figura 24. Precipitación UH Canipaco (mm) – PISCO

Fuente: Elaboración propia

Tabla 51. Temperatura mínima UH Canipaco (mm) – PISCO Gr2m

Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic
1981	1.69	2.70	1.86	-0.45	-3.46	-5.52	-4.37	-3.37	-1.83	0.26	0.74	1.86
1982	1.89	2.28	1.66	-0.35	-4.58	-4.63	-5.05	-3.10	-0.96	0.96	2.02	1.14
1983	1.74	1.81	2.75	0.97	-2.36	-3.79	-3.41	-0.98	-0.62	-0.84	-0.53	1.29
1984	1.62	2.59	2.52	0.74	-2.63	-2.86	-4.77	-3.92	-2.72	1.04	0.99	1.24
1985	1.21	2.06	1.62	0.51	-2.30	-4.33	-6.02	-3.64	-1.20	-1.50	-0.03	1.72
1986	2.22	2.15	1.83	0.55	-4.45	-4.64	-5.40	-3.92	-1.28	-1.33	0.07	1.85
1987	2.96	1.68	0.24	-0.35	-3.15	-4.87	-5.02	-3.41	-1.02	0.12	1.95	1.48
1988	2.83	1.88	2.18	0.99	-1.47	-5.07	-4.56	-3.49	-0.71	-0.63	0.20	1.02
1989	1.70	1.82	1.73	0.24	-2.46	-3.57	-5.88	-3.62	-1.00	0.98	-0.82	-0.25
1990	2.28	0.31	0.34	-0.65	-2.38	-2.18	-4.24	-3.44	-1.51	1.47	2.28	1.92
1991	2.49	2.03	2.63	0.11	-2.39	-4.71	-5.24	-3.44	-1.75	0.65	0.09	0.01

Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic
1992	1.14	1.11	0.77	-0.53	-3.03	-2.65	-4.94	-3.84	-2.15	-0.27	-0.39	0.44
1993	1.70	1.40	1.74	1.09	-2.09	-5.02	-3.70	-3.96	-1.30	0.43	1.91	2.91
1994	2.31	2.62	1.92	0.91	-2.44	-5.05	-4.68	-3.77	-0.55	-0.70	0.84	1.69
1995	1.81	1.46	2.13	-0.42	-2.97	-4.22	-3.62	-2.38	-0.34	0.03	0.95	0.78
1996	1.93	2.33	2.07	1.43	-1.69	-4.70	-4.92	-1.65	-0.84	0.25	0.03	1.63
1997	2.44	2.06	0.87	-0.93	-2.67	-5.80	-4.71	-2.01	0.07	0.95	1.67	2.56
1998	4.18	4.02	3.23	1.07	-2.92	-2.31	-4.00	-1.52	-1.03	1.58	0.80	1.81
1999	2.33	2.90	2.54	1.35	-1.32	-4.25	-4.07	-3.44	-1.12	0.67	0.01	1.57
2000	2.58	2.46	2.04	0.21	-1.72	-3.31	-4.08	-2.07	-1.25	0.91	-1.13	1.06
2001	2.54	2.75	2.51	-0.35	-1.52	-3.55	-3.18	-3.68	0.08	1.16	1.72	1.33
2002	1.55	2.86	2.50	1.32	-1.21	-2.78	-2.24	-2.45	0.25	1.49	1.61	2.10
2003	2.62	2.71	2.51	0.81	-0.82	-3.95	-4.03	-2.42	-1.22	-0.28	-0.18	2.36
2004	2.44	2.49	2.20	0.12	-2.93	-3.89	-3.09	-2.05	0.13	1.00	0.89	2.25
2005	1.80	3.07	2.71	0.98	-2.91	-5.31	-4.26	-3.83	-0.14	1.00	0.93	2.58
2006	2.54	2.80	3.00	1.15	-3.64	-2.82	-5.21	-1.50	-0.56	1.09	2.30	2.35
2007	3.10	2.48	3.00	1.58	-1.19	-3.70	-3.03	-2.46	0.38	0.60	0.79	1.46
2008	3.24	2.20	1.14	-0.51	-3.55	-3.91	-4.63	-2.98	-1.36	1.16	1.39	1.93
2009	2.48	3.11	2.24	0.96	-1.75	-4.47	-3.39	-2.92	-0.28	0.63	2.59	2.77
2010	3.14	3.74	3.16	1.19	-1.23	-2.77	-4.60	-3.45	-0.82	0.44	0.42	2.45
2011	2.55	2.86	2.50	0.93	-1.98	-3.84	-3.98	-2.74	0.36	0.27	1.65	2.11
2012	2.06	2.59	2.17	1.63	-2.06	-3.65	-4.48	-3.66	-0.88	0.99	1.76	3.38
2013	2.61	3.16	2.82	-0.39	-0.90	-1.84	-2.80	-2.32	-1.02	1.45	1.25	2.79
2014	2.68	2.65	1.95	0.92	-1.59	-3.38	-2.89	-2.51	0.81	1.22	1.14	2.41
2015	2.08	2.44	2.51	1.74	-0.47	-2.89	-4.00	-2.68	0.60	1.53	1.50	2.15
MEDIA	2.30	2.39	2.10	0.53	-2.29	-3.89	-4.24	-2.93	-0.76	0.54	0.90	1.78
DESV.EST	0.62	0.71	0.74	0.77	0.98	1.00	0.89	0.82	0.80	0.81	0.95	0.80

Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic
MAX	4.18	4.02	3.23	1.74	-0.47	-1.84	-2.24	-0.98	0.81	1.58	2.59	3.38
MIN	1.14	0.31	0.24	-0.93	-4.58	-5.80	-6.02	-3.96	-2.72	-1.50	-1.13	-0.25

Fuente: SENAMHI – PISCO

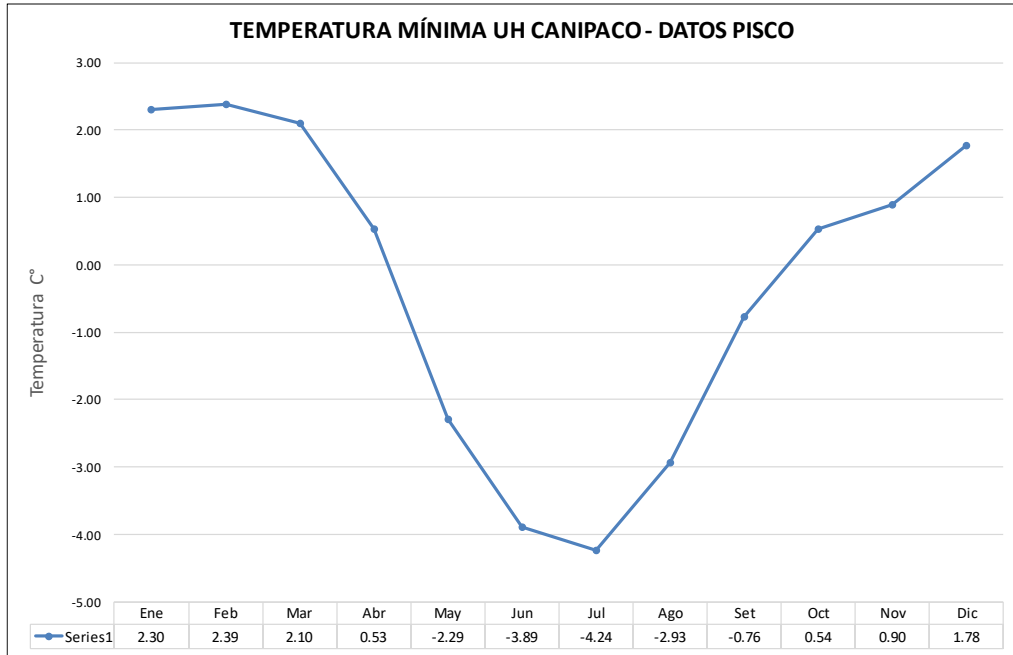


Figura 25. Temperatura Mínima UH Canipaco (mm) – PISCO

Fuente: Elaboración propia

Tabla 52. Temperatura máxima UH Canipaco (mm) – PISCO Gr2m

Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic
1981	13.47	13.07	13.50	14.45	15.28	15.08	15.82	15.41	15.65	15.72	15.58	15.45
1982	16.61	16.98	15.27	16.20	15.81	15.05	16.23	15.84	16.97	16.57	15.94	15.87
1983	16.67	15.83	16.59	15.55	14.29	16.23	15.82	16.28	16.93	15.78	13.56	15.03
1984	11.99	12.89	13.24	13.71	15.66	14.59	14.49	15.21	15.50	15.67	15.04	14.54
1985	13.40	13.00	13.49	14.02	15.04	14.15	14.31	15.97	15.27	16.25	15.23	13.54
1986	13.41	12.73	13.15	14.10	14.83	14.94	13.94	15.05	15.51	16.02	16.27	14.72
1987	13.92	14.54	14.74	15.11	15.55	15.08	16.07	16.76	17.06	16.69	16.58	15.92

Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic
1988	14.30	14.65	13.81	14.78	15.28	15.65	15.26	16.98	15.96	16.39	15.54	14.05
1989	13.21	12.13	12.09	13.56	14.36	14.51	14.49	14.88	16.02	15.46	16.39	15.93
1990	13.55	14.35	14.52	15.19	15.35	13.69	14.34	15.36	15.26	15.48	16.07	14.77
1991	15.13	14.82	13.49	14.90	15.57	15.52	15.11	16.11	15.54	15.54	15.73	15.42
1992	14.52	14.09	14.60	15.65	16.65	14.49	14.45	14.56	15.32	15.24	15.84	15.68
1993	13.71	13.50	13.05	13.70	15.03	15.42	14.86	14.84	15.06	14.85	15.67	14.45
1994	13.26	13.23	13.18	14.17	15.21	15.08	15.54	16.14	16.14	16.61	16.05	15.55
1995	14.72	14.05	13.57	15.64	15.92	15.48	15.96	17.07	15.88	16.64	16.41	14.82
1996	13.38	13.47	13.89	14.59	15.05	14.93	15.05	15.47	16.28	16.66	15.92	14.58
1997	13.35	13.21	13.97	14.31	14.84	15.75	16.21	14.70	16.45	16.84	16.47	15.94
1998	15.14	15.47	15.42	16.83	16.90	15.37	16.11	16.45	16.98	16.28	16.28	15.05
1999	14.18	12.60	12.87	13.80	14.98	15.27	14.72	15.94	15.53	14.62	16.69	14.80
2000	13.06	12.94	13.02	14.45	15.54	15.47	15.03	15.51	16.75	15.28	17.72	15.27
2001	12.70	13.34	13.24	14.66	15.30	15.05	14.93	15.39	15.74	16.28	16.34	15.85
2002	15.50	13.57	14.11	14.52	15.00	15.06	13.99	15.32	15.16	15.83	15.40	15.49
2003	14.82	14.46	13.65	14.51	14.91	15.66	15.32	15.56	15.81	16.86	17.36	14.90
2004	15.43	14.09	14.44	15.35	16.14	14.66	14.56	14.52	15.01	15.72	16.58	15.09
2005	15.16	15.03	14.79	15.67	16.48	15.93	16.13	16.63	16.04	16.03	17.36	14.80
2006	13.99	14.06	13.75	14.54	15.47	15.17	15.44	15.71	16.28	16.45	15.67	16.14
2007	15.66	15.03	13.57	14.52	15.47	15.89	14.99	16.24	15.06	16.40	16.80	15.55
2008	13.20	13.44	13.68	15.28	15.31	15.61	15.78	16.27	16.56	15.82	17.09	15.50
2009	14.13	13.54	13.58	14.38	15.24	15.76	15.31	16.41	16.80	17.07	16.27	15.13
2010	14.45	15.02	15.22	15.87	16.18	15.99	16.82	16.97	16.59	16.66	17.00	14.41
2011	13.43	12.58	13.04	14.19	15.10	15.60	15.11	16.17	15.56	16.34	17.04	14.42
2012	14.42	13.23	13.28	13.88	14.93	14.90	15.83	16.22	16.07	16.60	16.55	14.21
2013	14.50	14.05	14.64	16.03	15.47	14.47	14.42	15.70	16.33	16.06	16.92	14.69
2014	14.20	14.29	14.22	14.93	15.41	16.67	15.41	15.49	15.32	15.66	16.90	15.55
2015	13.91	14.12	13.91	13.86	15.14	16.46	16.59	16.80	17.02	16.48	17.60	15.86

Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic
MEDIA	14.18	13.93	13.90	14.77	15.39	15.27	15.27	15.83	15.98	16.08	16.28	15.11
DESV. EST	1.04	1.03	0.88	0.80	0.57	0.64	0.75	0.71	0.64	0.59	0.82	0.63
MAX	16.67	16.98	16.59	16.83	16.90	16.67	16.82	17.07	17.06	17.07	17.72	16.14
MIN	11.99	12.13	12.09	13.56	14.29	13.69	13.94	14.52	15.01	14.62	13.56	13.54

Fuente: SENAMHI – PISCO

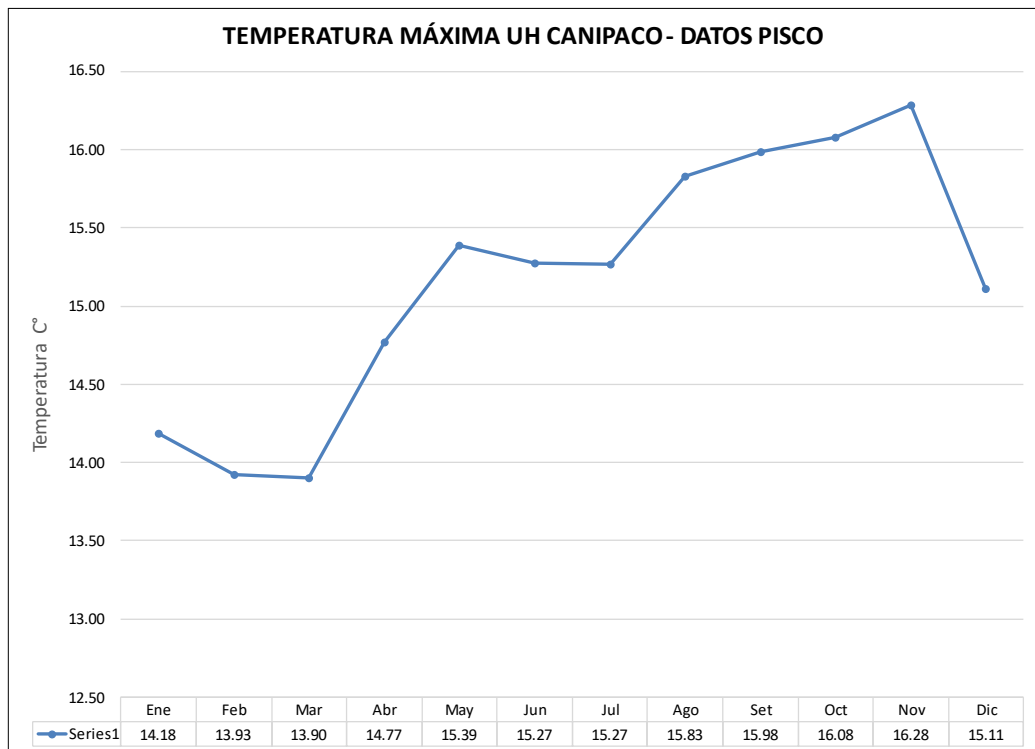


Figura 26. Temperatura Máxima UH Canipaco (mm) – PISCO

Fuente: Elaboración propia

Tabla 53. Evapotranspiración Acumulada UH Canipaco (mm) – PISCO GR2m

Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic
1981	48.73	41.43	45.55	53.43	63.02	68.49	74.77	73.67	70.34	74.47	69.44	65.44
1982	58.99	46.09	47.69	45.34	52.82	59.93	70.92	74.83	75.52	76.19	76.62	79.19
1983	74.87	59.16	55.97	48.66	48.45	48.23	59.29	68.18	70.02	72.95	69.47	72.41
1984	70.52	62.72	64.06	54.51	47.50	45.56	47.43	55.75	63.28	68.25	73.34	73.39
1985	74.10	67.04	70.20	65.47	58.62	49.50	47.79	47.16	50.58	62.56	68.04	74.30
1986	75.57	67.24	75.19	72.77	71.34	61.61	55.05	48.55	43.92	50.10	54.43	68.48
1987	72.29	66.07	73.26	73.07	72.54	68.17	65.04	56.13	47.44	48.06	46.65	53.21
1988	63.26	65.94	73.07	72.20	73.73	70.01	72.76	64.57	56.81	51.01	46.27	46.19
1989	53.03	56.09	70.81	70.46	76.53	74.34	77.61	79.33	70.57	62.52	52.58	46.60
1990	45.12	45.30	57.39	64.79	71.29	69.84	72.78	51.45	55.18	68.43	64.84	68.66
1991	70.45	59.05	67.70	61.82	55.79	46.99	42.80	39.80	45.28	58.07	60.89	65.01
1992	66.17	62.79	69.92	66.15	64.27	56.72	47.91	42.18	41.35	44.45	50.06	62.55
1993	65.89	61.93	72.18	69.95	73.26	67.79	64.07	54.26	44.31	44.12	44.89	54.18
1994	63.56	62.87	74.02	72.00	75.53	71.56	71.36	67.39	57.05	51.86	42.15	45.06
1995	51.74	54.18	67.10	69.63	70.49	67.94	70.57	69.06	63.18	60.03	49.13	46.08
1996	45.06	42.97	54.54	63.33	71.39	66.99	71.45	73.62	70.54	70.00	62.76	56.08
1997	51.28	40.65	46.33	51.82	60.89	68.23	74.40	74.38	70.94	74.81	70.89	65.67
1998	58.57	46.45	46.49	44.16	49.18	57.85	67.01	71.31	69.66	73.13	70.66	72.78
1999	69.88	56.84	55.19	45.75	45.31	45.92	54.59	62.37	66.93	70.72	70.74	70.55
2000	71.09	65.26	63.80	53.83	47.95	44.03	47.64	50.41	58.20	67.36	68.88	72.39
2001	71.06	64.05	70.60	63.20	57.60	47.60	43.24	43.37	47.74	60.55	64.29	69.62
2002	71.30	66.29	72.00	68.53	66.54	59.09	51.03	45.32	43.14	47.81	54.40	63.90
2003	68.74	64.09	69.76	66.19	68.95	65.86	61.63	54.82	43.69	40.57	43.11	53.36
2004	62.02	65.06	69.35	68.08	70.67	66.77	71.07	62.26	53.61	47.55	43.01	45.94
2005	49.77	56.60	67.70	70.98	75.34	74.92	79.30	78.59	71.81	66.61	54.11	49.68
2006	46.60	45.41	58.52	65.33	72.97	71.41	73.57	72.90	68.66	67.43	62.40	56.61
2007	48.39	40.02	47.24	52.27	63.12	67.25	71.27	72.99	68.49	71.59	67.77	63.99
2008	58.39	48.51	47.55	43.22	52.12	58.64	67.98	70.03	70.91	74.23	69.04	72.76
2009	67.93	55.04	54.24	46.05	47.78	47.78	58.04	68.16	71.29	75.53	74.17	75.72

Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic
2010	74.76	64.72	66.10	56.61	51.17	46.58	47.79	56.27	63.05	73.58	71.43	77.30
2011	78.97	70.30	73.95	66.04	59.49	49.61	47.42	46.29	49.71	60.17	66.28	74.39
2012	74.46	70.08	73.97	69.90	70.40	58.69	52.91	45.76	43.91	47.25	53.62	64.90
2013	69.87	66.13	72.60	69.79	74.16	69.83	64.79	54.93	44.89	44.04	44.39	53.03
2014	61.60	60.74	72.08	68.93	69.38	70.02	71.34	64.44	55.11	47.09	43.94	43.21
2015	52.64	53.44	67.05	69.41	72.93	71.59	77.65	73.57	66.61	61.19	51.13	46.35
2016	45.68	45.12	57.39	64.18	69.83	70.43	70.97	72.33	68.23	65.72	59.75	53.28
MEDIA	62.56	57.38	63.63	61.88	63.68	61.27	62.92	61.29	58.94	61.11	59.32	61.73
DESV.EST	10.48	9.34	9.79	9.53	10.03	9.97	11.30	11.81	11.07	11.28	10.89	11.13
MAX	78.97	70.30	75.19	73.07	76.53	74.92	79.30	79.33	75.52	76.19	76.62	79.19
MIN	45.06	40.02	45.55	43.22	45.31	44.03	42.80	39.80	41.35	40.57	42.15	43.21

Fuente: SENAMHI – PISCO

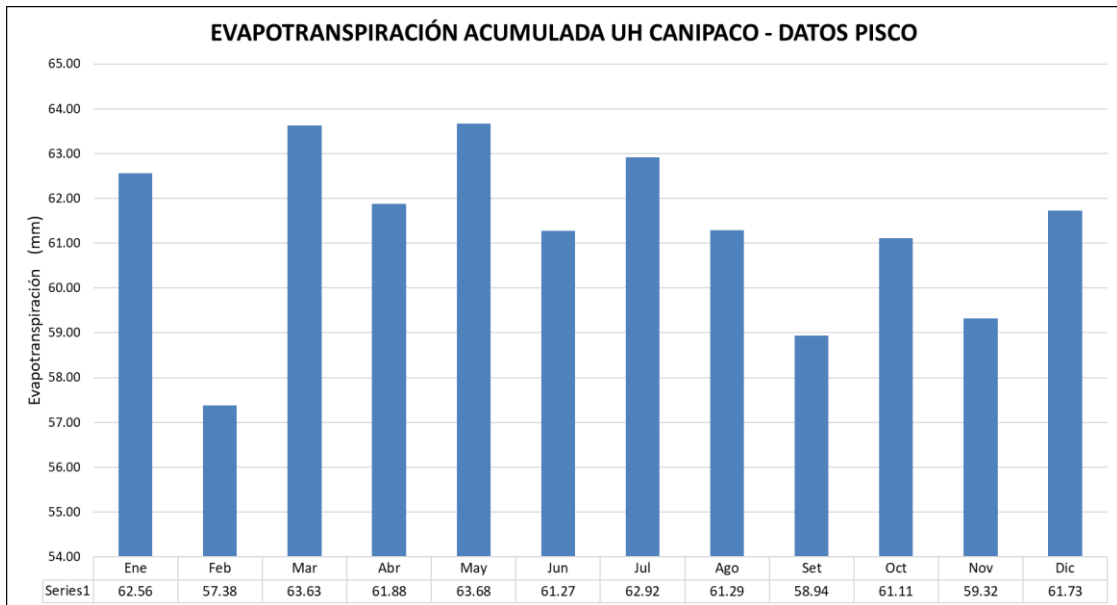


Figura 27. Evapotranspiración Acumulada UH Canipaco (mm) – PISCO

Fuente: Elaboración propia

Tabla 54. Caudales Generados (m3/s) UH Canipaco – PISCO GR2m

Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic
1981	15.7	53.9	52.9	28.4	13.8	10.3	8.1	8	8.4	8.6	10.7	17
1982	30.3	42.2	38.8	27.3	13.3	9.9	8	7.6	7.9	8.2	10.8	10.4
1983	16.7	14.7	30.2	24.6	13.3	9.9	7.9	7.1	7.8	7.1	7.2	7.6
1984	17.3	36.3	33.7	20.2	12.6	10.1	7.9	7.3	7.2	7.3	9.9	11.6
1985	14	21.2	33.9	30.1	15.1	11.1	9.1	7.6	8.5	7.4	7.5	9.9
1986	32.2	43.2	63.4	47.6	18.6	11.9	10.1	9	9.5	7.9	8.1	11
1987	33	35.6	25.3	17.9	11.6	9.4	8.2	7.4	7.1	6.6	7.3	8
1988	18.1	23.4	40	29.6	14.6	10.4	8.1	7.2	7.1	7	7.2	10.2
1989	25.9	34	69.3	29.6	14.9	11	8.6	8	8.3	8.1	8.1	7.3
1990	10.9	11.6	14.1	12.5	9.6	8.7	7.4	6.9	7.4	7.4	9.9	14
1991	17.2	20.9	31.5	24	13.1	10	8.1	7.2	7.2	7.6	8	8.2
1992	8.7	9.8	12.6	10.9	8.2	7.5	6.8	6.5	6.6	6.4	6.6	6.5
1993	9.3	14.9	26	26.7	14.1	10.1	8.3	7.6	7.6	7.8	11.6	16.6
1994	44.3	54.2	57.5	39	17.4	11.7	9	7.8	7.9	7.3	7.7	8.5
1995	13.5	17.9	26.3	18.3	11.5	9	7.6	6.9	7	6.8	7.6	9.2
1996	18.5	26.7	28.6	23.1	12.6	9.5	7.7	7.2	7.3	6.9	7.1	8.6
1997	14.6	22.8	20	14.5	9.9	8.2	7	7	7.4	7	8.2	12.8
1998	29.4	38.2	49.9	27.1	13.2	10.2	8	7.2	7.2	6.9	7.7	9.1
1999	15	30.6	35.3	31	15.5	10.8	8.7	7.5	8	8	8.3	10.5
2000	16.7	27.2	47.7	25	14.1	10.2	8.5	7.8	7.6	7.7	7.7	10.1
2001	33	34.8	63.1	26.3	14.9	10.6	8.9	7.8	8.2	7.8	9.9	9.8
2002	14	30.2	58.3	30.6	15.4	10.9	10.1	8.5	9.1	8.8	11.8	14.2
2003	22.1	31.8	43.2	27.6	14	10.1	8.1	7.6	7.6	6.9	7.3	10.4
2004	11.1	20.7	21.8	14.1	9.7	8.3	7.3	6.9	7.3	7.1	8.1	14.3

Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic
2005	18.2	20	23.2	16.4	10.5	8.5	7.2	6.7	7	6.8	6.9	8.8
2006	24.6	29.4	43.6	25.7	13	9.9	7.9	7.5	7.8	7.4	9	11.6
2007	21.7	18.5	38.5	25.6	13.4	9.8	7.9	7	7.3	7.1	7.7	8.9
2008	25.7	33.6	24.6	16.9	10.7	8.8	7.4	6.9	6.9	6.8	7.2	7.6
2009	13	21.7	24.5	19.5	11.5	9	7.7	7	7.2	7	10.6	16.2
2010	30.9	33.3	35.7	21.7	12	9.3	7.6	6.9	6.9	6.7	7.2	9.1
2011	29.8	56.6	42.8	33.7	15.3	10.6	8.5	7.5	8.1	7.5	8.5	11.5
2012	14.9	37.3	37.7	35	15	10.9	8.6	7.4	8.4	7.8	8.8	11
2013	21.2	28.6	28.6	17.7	12.1	9.5	8	7.7	7.5	7.4	7.7	9.5
2014	18.8	22.9	44.7	27.1	13.9	10.1	8.5	7.5	8.6	7.9	7.9	10.7
2015	28.5	34.3	79.3	40.7	18	12.2	9.2	8.3	8.4	7.7	9.3	12.4
2016	13.1	33	47.8	34.1	15.3	10.8	8.6	7.6	7.4	7.1	7.1	7.8
2017	37.9	49.6	67	33.7	17.6	11.6	8.8	7.7	8.1	8	8.6	9.4
2018	20.4	28.5	49.2	31.2	15.6	11.3	9.3	8.7	8.2	8.8	9	10
2019	25.6	42.5	56.3	25.7	14.4	10.4	8.5	7.3	7.3	6.9	8.1	14.4
2020	20.9	30	49.2	23.8	14.3	10.2	8.3	7.2	7.6	7.1	7.1	8.5
2021	15.8	15.4	24	25.2	14.4	10.5	8.3	7.5	7.8	7.7	11.3	12.8
2022	29.7	42.6	60.6	34	15.9	11.7	9.7	8.2	8.2	7.2	7.1	8.1
MEDIA	21.24	30.35	40.49	26.04	13.66	10.12	8.27	7.48	7.71	7.42	8.41	10.57
DESV.EST	8.29	11.53	15.98	7.77	2.32	1.06	0.75	0.53	0.62	0.58	1.39	2.61
MAX	44.3	56.6	79.3	47.6	18.6	12.2	10.1	9	9.5	8.8	11.8	17
MIN	8.7	9.8	12.6	10.9	8.2	7.5	6.8	6.5	6.6	6.4	6.6	6.5

Fuente: SENAMHI – PISCO

3.7.2. Instrumentos de recolección de datos

En recolección de información de caudales se elaboró en formato Excel base de los datos obtenidos de la Unidad Hidrográfica Canipaco, de las estaciones pluviométricas operadas por Electroperú S.A. así como de la estación hidrométrica Quillón operada por dicha institución.

3.7.2.1. Validez

“Se refiere a la exactitud con que un instrumento mide lo que se propone medir, quiere decir la eficacia de una prueba para simbolizar, describir o pronosticar el atributo que le interesa al examinador” (44).

Los instrumentos de recolección de datos utilizados para esta investigación fueron la observación de campo No Experimental y el análisis de datos registrados por Electroperú y su comparación con los caudales generados a partir de los 03 métodos convencionales propuestos para el estudio lo cual permitió el análisis documental de información hidrológica y relacionada al ámbito de estudio.

Los instrumentos son válidos porque permitieron la obtención y análisis de datos históricos como cimiento principal para determinar los caudales a partir de la aplicación de los 03 métodos convencionales, los cuales han sido utilizados en diferentes estudios a nivel internacional y nacional con fines hidro energéticos e hidrológicos.

3.7.2.2. Confiabilidad

La confiabilidad se entiende por al grado en que su aplicación repetida al mismo sujeto u objeto produce resultados iguales (44). Los modelos matemáticos empleados en el cálculo de los caudales de diseño con estas 03 metodologías convencionales son confiables porque se aplicaron las fórmulas establecidas por sus autores y tomando como ejemplo la aplicación de estudios de similares características, tomando para ello la base de datos de las estaciones hidrológicas próximas al ámbito de investigación con fines de comparación.

3.7.3. Métodos de análisis

Los métodos de análisis principalmente tienen su base en la aplicación, análisis e interpretación de los resultados obtenidos a partir de los modelos matemáticos de Lutz Scholz, Témez y el producto grillado pisco propuesto por SENAMHI, cuyas fórmulas han sido descritas detalladamente en el capítulo de marco teórico y su desarrollo en el capítulo de metodología de esta investigación. Para el análisis se realizó la comparación de los datos históricos registrados debidamente corregidos y consistenciados por Electroperú S.A. y el corrido de los modelos

matemáticos determinando el método más significativo para la elección en el cálculo de los caudales de diseño.

Cabe precisar que el análisis e interpretación de los datos registrados por Electroperú S.A. los cuales fueron consistenciados (corregidos) por la misma entidad y los resultados de caudales generados por las tres (03) metodologías convencionales fue de manera individual, ya que su aplicación fue indistinta según información requerida por cada método, es así que tenemos el siguiente detalle:

- **Método Lutz Scholz = generación de caudales medios;** por lo que para el análisis se hizo la comparación con los caudales medios registrados de la Unidad Hidrográfica Canipaco.
- **Método racional de Témez =** los cálculos se realizan con precipitaciones máximas diarias mensuales, por ende, el análisis y evaluación de caudales se realizó con los caudales máximos de la Unidad Hidrográfica Canipaco.
- **Método SENAMHI – PISCO =** con dicho método se obtuvo información de los caudales promedio, razón por la cual los análisis comparativos con los datos registrados por Electroperú se realizaron con los caudales medios.

3.7.4. Aspectos éticos

Si bien el presente estudio toma a nivel referencial, información bibliográfica obtenida de diversas fuentes tales como tesis internacionales, nacionales libros y revistas electrónicas a fin de tener la mayor cantidad de información que permita aplicar correctamente los modelos matemáticos propuestos mediante los 03 métodos convencionales, es importante indicar la información obtenida a nivel de fuentes de información secundaria de los entes competentes, estudios hechos en el referido ámbito y la obtención de datos propios de las mediciones in situ, permite la originalidad del presente estudio, así mismo cada bibliografía consultada se ha citado correctamente de acuerdo a las normas establecidas. En análisis y evaluación de los resultados producto del uso de cada metodología se ha realizado de forma independiente y clara cuyos resultados se detallan en el siguiente capítulo.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS

En el presente estudio se ha realizado la generación de caudales a través de la aplicación de 03 metodologías convencionales con la finalidad de identificar cuál de ellos tiene mayor ajuste a los caudales observados (registrados por Electroperú S.A. en la estación hidrométrica Quillón) en la cuenca hidrográfica Canipaco, cabe precisar que la comparación de caudales se realizó de manera individual y tomando en cuenta que para los métodos de Lutz Scholz y Pisco se considera como referencia los caudales medios mensuales registrados por Electroperú S.A. (2005). Sin embargo, para el método de Témez el cual considera caudales máximos, la comparación se realizará con los caudales máximos mensuales registrados por dicha entidad. Así mismo se precisa que en este capítulo presentamos los resultados finales y, los cálculos para la obtención de dichos resultados se detallan ampliamente en el capítulo de Metodología.

**Tabla 55. Caudales mensuales (m³/s) registrados en la estación de Quillón
(Período 1965 -2005) – Unidad Hidrográfica Canipaco**

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic
Máx.	36.7 2	48.53	53.49	30.87	15.59	7.77	7.67	6.70	7.16	13.00	21.66	24.40
Med.	15.9 4	24.70	26.05	14.27	7.44	4.98	4.42	3.84	3.81	4.66	6.12	8.85
Min.	2.00	4.25	5.78	4.98	2.24	1.51	1.28	1.46	1.12	2.33	1.66	2.00

Fuente: Electroperú S.A.

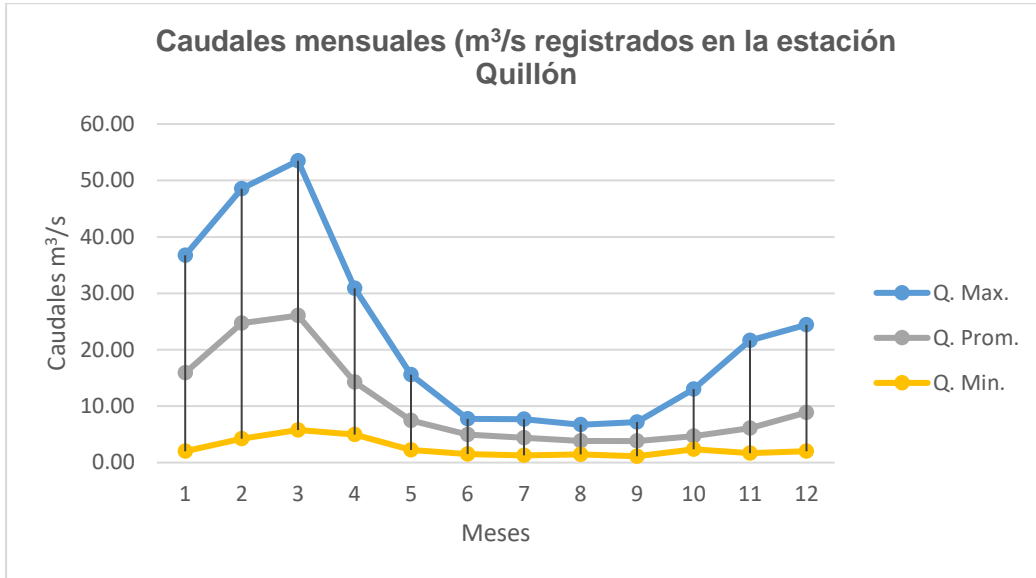


Figura 28. Caudales mensuales (m³/s) registrados en la estación de Quillón (Período 1965 -2005) – Unidad Hidrográfica Canipaco

Fuente: Elaboración propia

4.1. Determinación de caudales mensuales mediante el método Lutz Scholz

Tabla 56. Caudal Medio Mensual Generado (Lutz Scholz) v/s Caudal Medio Mensual Observado (1977-2005)

Q (m ³ /s)	MES											
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic
Q. Generado	26.09	31.85	31.30	10.00	3.11	1.62	1.19	1.78	3.63	6.97	8.18	14.62
Q. Observado	14.85	23.72	24.29	14.19	7.64	4.93	4.31	3.56	3.46	4.51	6.29	8.29

Fuente: Elaboración propia

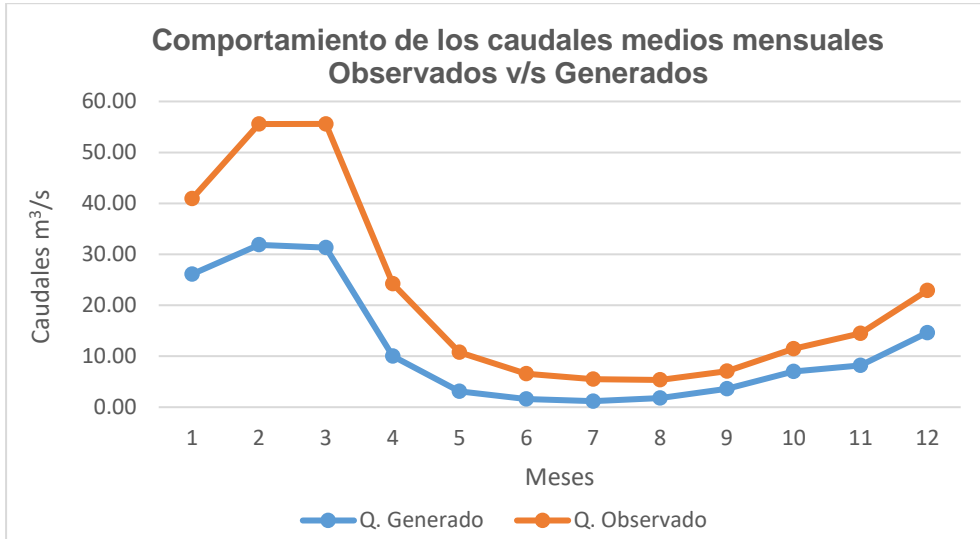


Figura 29. Comportamiento de los caudales medios mensuales Observados v/s Generados Lutz Scholz

Fuente: Elaboración propia

En la figura 29, se puede observar en el hidrograma que los caudales generados siguen un patrón similar respecto a la serie de caudales observados (Est. Quillón). Por lo que podemos incidir que los resultados obtenidos a través del modelo Lutz Scholz indican un buen ajuste en la comprobación y validación de caudales.

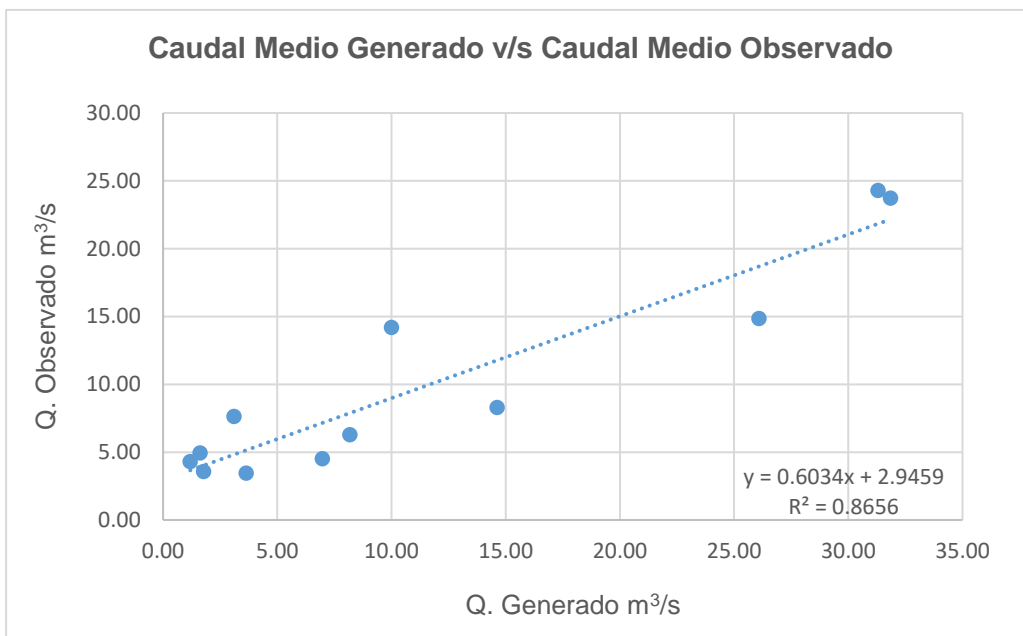


Figura 30. Factor de determinación R^2 de los caudales medios mensuales Observados v/s Generados (Lutz Scholz)

Fuente: Elaboración propia

Así mismo se ha realizado el análisis de regresión lineal y se puede apreciar en la figura 30 que el factor de determinación R^2 , es de 0.8656, lo que su proximidad al valor 1 nos explicaría que se tiene un buen ajuste o lo que se podría apreciar que el modelo aplicado es fiable.

Tabla 57. Prueba t para Caudal Medio Generado (Lutz Scholz) v/s Caudal Medio Observado Unidad hidrográfica Canipaco

	Q. Generado	Q. Observado
Media	11.6957	10.0030
Varianza	135.7528	57.0998
Observaciones	12	12
Varianza agrupada	96.4263	
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	22	
Estadístico t	0.4222	
P(T<=t) una cola	0.3385	
Valor crítico de t (una cola)	1.7171	
P(T<=t) dos colas	0.6770	
Valor crítico de t (dos colas)	2.0739	

Fuente: Elaboración propia

Así mismo en la tabla 57 del análisis estadístico de los caudales generados respecto a los caudales observados, se puede apreciar que el t estadístico es menor al valor crítico, por lo que se puede afirmar que la media poblacional de los caudales medios mensuales v/s los caudales medios mensuales observados son similares o semejantes.

4.2. Determinación de caudales mensuales mediante Producto Grillado PISCO – SENAMHI

Tabla 58. Caudal Medio Mensual Generado (PISCO) v/s Caudal Medio Mensual Observado (1965-2005)

Q (m ³ /s)	MES											
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic
Q. Generado	21.24	30.35	40.49	26.04	13.66	10.12	8.27	7.48	7.71	7.42	8.41	10.57
Q. Observado	15.94	24.70	26.05	14.27	7.44	4.98	4.42	3.84	3.81	4.66	6.12	8.85

Fuente: Elaboración propia

A diferencia de los métodos de Lutz Scholz y Témez, cuya generación de caudales mensuales se obtienen por medio de la aplicación directa de las ecuaciones planteadas para cada modelo matemático, en el método del producto grillado PISCO, la data de los caudales generados se obtienen a través de su propia plataforma accediendo al siguiente enlace “(<https://idesep.senamhi.gob.pe/oasisweb/servicio/data/3022>)” de SENAMHI – PISCO – GR2m. Es importante precisar que este modelo tiene como principio básico el modelo matemático GR2m.

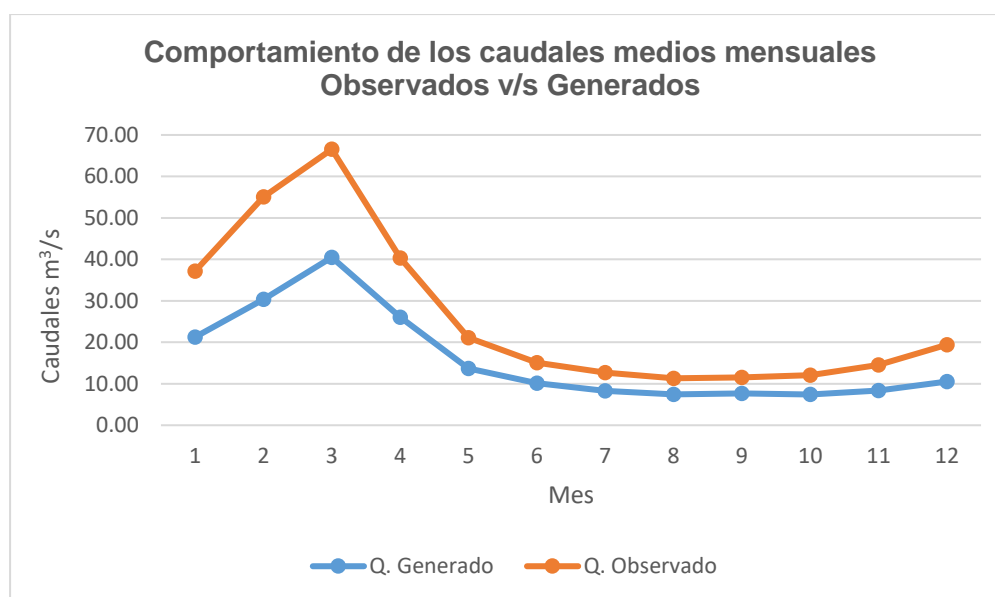


Figura 31. Comportamiento de los caudales medios mensuales Observados v/s Generados PISCO

Fuente: Elaboración propia

En la figura 31, se puede observar en el hidrograma que los caudales generados siguen un patrón similar respecto a la serie de caudales observados (Est. Quillón). Por lo que podemos incidir que los resultados obtenidos a través del modelo PISCO indican un buen ajuste en la comprobación y validación de caudales.

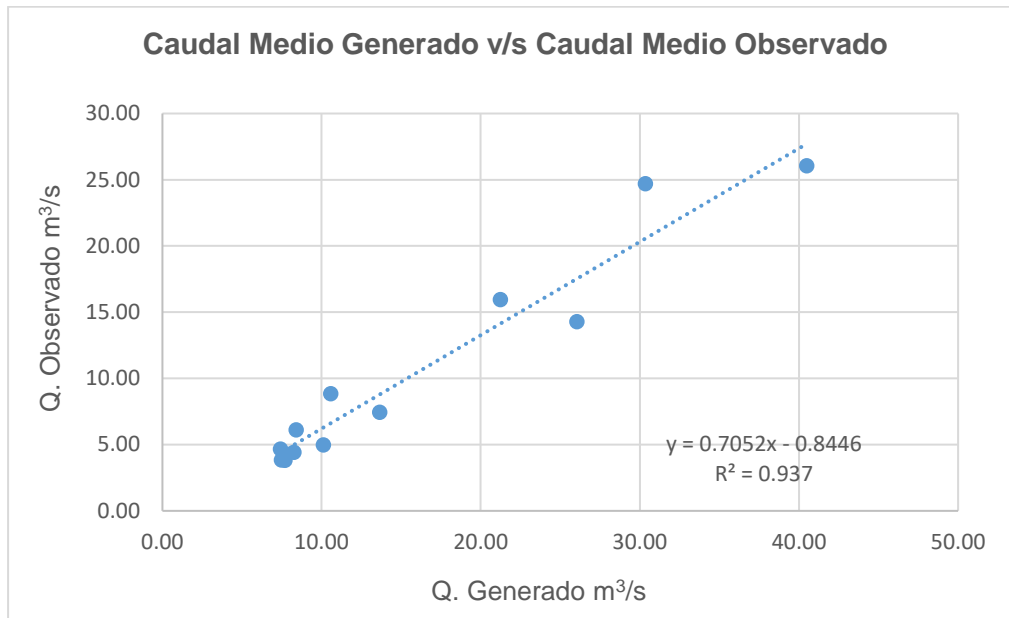


Figura 32. Factor de determinación R^2 de los caudales medios mensuales Observados v/s Generados (PISCO)

Fuente: Elaboración propia

Así mismo se ha realizado el análisis de regresión lineal y se puede apreciar en la figura 32 que el factor de determinación R^2 , es de 0.937, lo que su proximidad al valor 1 nos explicaría que se tiene un buen ajuste o lo que se podría apreciar que el modelo aplicado es fiable y más aun tomando en cuenta que este modelo genera caudales a través de una plataforma en tiempo real.

Tabla 59. Prueba t para Caudal Medio Generado (PISCO) v/s Caudal Medio Observado Unidad hidrográfica Canipaco

	Q. Generado	Q. Observado
Media	15.98	22.80
Varianza	121.4331	270.3019
Observaciones	12	12
Varianza agrupada	195.8675	
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	22	
Estadístico t	-1.1931	
P(T<=t) una cola	0.1228	
Valor crítico de t (una cola)	1.7171	
P(T<=t) dos colas	0.2455	
Valor crítico de t (dos colas)	2.0739	

Fuente: Elaboración propia

Así mismo en la tabla 59 del análisis estadístico de los caudales generados respecto a los caudales observados, se puede apreciar que el t estadístico es menor al valor crítico, por lo que se puede afirmar que la media poblacional de los caudales medios mensuales v/s los caudales medios mensuales observados son similares o semejantes.

4.3. Determinación de caudales mensuales mediante el método Témez

Tabla 60. Caudal Máximo de Diseño Generado (Témez) v/s Caudal Máximo Observado (1981-2005)

Q (m ³ /s)	MES											
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic
Q. Generado	46.08	62.55	49.68	24.67	20.64	8.51	0.86	7.56	48.99	59.27	36.48	52.67
Q. Observado	36.72	48.53	53.49	30.87	15.59	7.77	7.67	6.70	7.16	13.00	21.66	24.40

Fuente: Elaboración propia

A través del método de Témez se puede generar caudales máximos para la unidad hidrográfica en estudio, por lo que en este caso la comparación respectiva y los datos que se muestra en la tabla 60 se realiza a partir de los caudales máximos observados en la estación Quillón y los generados a partir de la precipitación máxima diaria asociada a lo registrado durante el período 1981 - 2005.

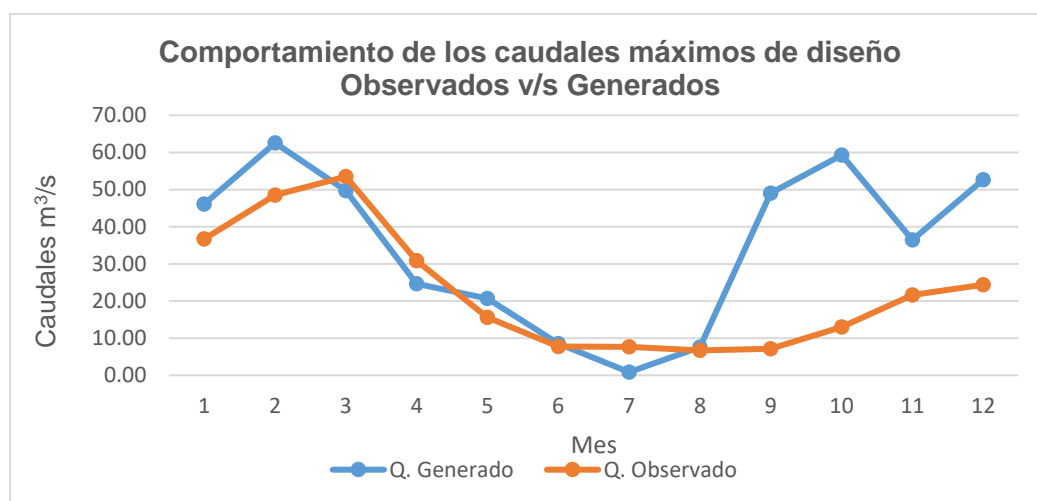


Figura 33. Comportamiento de los caudales máximos mensuales Observados v/s Generados Témez

Fuente: Elaboración propia

En la figura 33, se puede observar en el hidrograma que los caudales generados siguen un patrón indistinto respecto a la serie de caudales observados (Est. Quillón). Por lo que podemos incidir que los resultados obtenidos a través del modelo Témez no indican un buen ajuste en la

comprobación y validación de caudales máximos de la Unidad Hidrográfica respecto a los datos históricos.

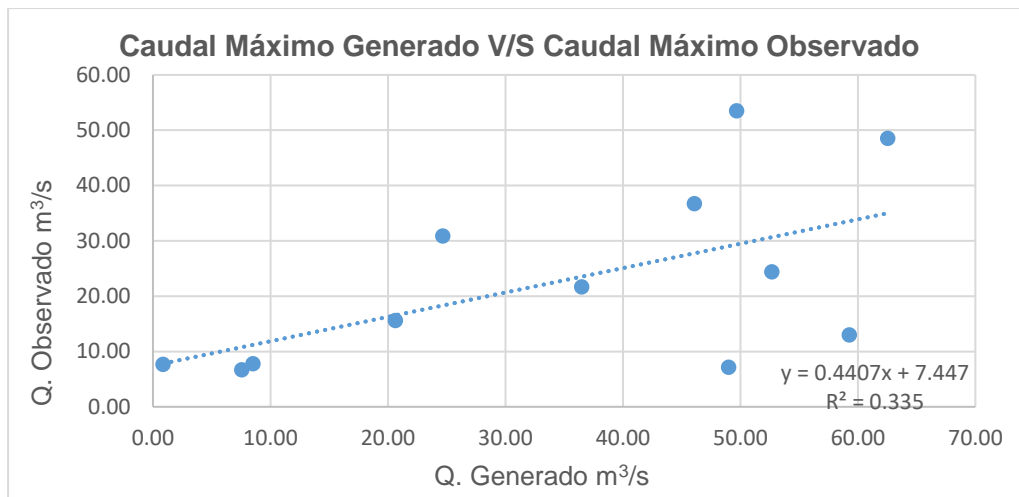


Figura 34. Factor de determinación R^2 de los caudales máximos mensuales Observados v/s Generados (Témez)

Fuente: Elaboración propia

De igual manera se ha realizado el análisis de regresión lineal y se puede apreciar en la figura 34 que el factor de determinación R^2 , es de 0.335, lo que

indicaría que el cálculo no logra modelar los datos con precisión, por lo tanto, se podría afirmar que el modelo no es fiable en este tipo de estudios.

Tabla 61. Prueba t para Caudal Máximo Generado (Témez) v/s Caudal Máximo Observado Unidad hidrográfica Canipaco

	Variable 1	Variable 2
Media	34.8297	22.79666667
Varianza	466.2254	270.3019333
Observaciones	12	12
Varianza agrupada	368.2637	
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	22	
Estadístico t	1.5359	
P(T<=t) una cola	0.0694	
Valor crítico de t (una cola)	1.7171	
P(T<=t) dos colas	0.1388	
Valor crítico de t (dos colas)	2.0739	

Fuente: Elaboración propia

Así mismo en la tabla 61 del análisis estadístico de los caudales generados respecto a los caudales observados, se puede apreciar que el t estadístico es menor al valor crítico, no logrando modelar con precisión los datos obtenidos. Por lo que su aplicación en el presente estudio no resulta fiable.

4.4. Discusión de resultados

Del cotejo de los caudales observados (estación de aforo) y generados (modelos matemáticos), se puede percibir que para los tres métodos en estudio, los patrones que siguen los hidrogramas siguen un comportamiento similar respecto a los caudales observados (registrados), así mismo al realizar el análisis del factor de determinación se puede visualizar que estos se acercan al valor uno, siendo el modelo de Témez el que mayor proximidad tiene, así mismo del análisis estadístico mediante la prueba de t de Student, podemos afirmar que los valores promedios de las poblaciones muestrales (caudales generados v/s observados) son muy similares, lo que nos

indica que los modelos aplicados son confiables para la generación de caudales en ámbitos con características semejantes a las del estudio

La comparación que realizan Cruz y Romero (2018) en su estudio “Análisis comparativo de los modelos Lluvia - Escorrentía: GR2m, Témez y Lutz-Scholz aplicados en la subcuenca del río Callazas” respecto a la aplicación de los modelos ocurre resultados muy similares al estudio realizado por Gamero y Sipión (2022), en el cual el modelo GR2m contiene los valores de eficiencia de Nash y coeficiente de correlación más alto, evidenciando que la metodología que más cerca está en los tiempos de estiaje y en los picos es el GR2m. De la misma manera mencionan que el modelo de Lutz Scholz también ha hecho esto, pero con la diferencia de que tiende a sobreestimar muchos valores máximos y exhibe un alto grado de variabilidad durante la época de estiaje. En cuanto al modelo de Témez, sucede que los valores pico sobreestiman la escorrentía durante varios meses. De manera similar, su contribución al subsuelo (escorrentía de referencia) también está sobreestimada y tiene propiedades casi constantes. Por lo que también se ajusta al caudal medio mensual (factor de eficiencia aceptable para el periodo de calibración), pero no se evidencia como buena alternativa para generar nuevas series.

Discusión 1: Caudales mensuales generados mediante el método Lutz Scholz v/s Caudales observados de la Est. Quillón (Período 1977 - 2005).

En nuestro estudio se ha determinado que el patrón que siguen los caudales generados respecto a los observados, son muy semejantes, así mismo tenemos que el factor de determinación R^2 es de 0.8656 representado un modelo con buen ajuste por su proximidad al valor 1, de igual manera se tiene en el análisis estadístico t de Student que los valores promedios de la población de caudales generados y observados son similares por cuanto el valor calculado t es menor al valor crítico de dos colas. Por lo que se determina que los resultados obtenidos a través del modelo Lutz Scholz indican un buen ajuste en la comprobación y validación de caudales.

El estudio titulado “Estimación de caudales mensuales de la subcuenca Charanal a través de modelos hidrológicos” realizado por Gamero y Sipión (2022), en el cual determinan que la metodología de Lutz Scholz, indica un ajuste “muy bueno” en la calibración y validación de caudales generados y observados, sin embargo, el resultado de Lutz Scholz es persistente la variabilidad en los periodos de avenidas.

Así mismo en la investigación desarrollada por Cruz y Romero (2018) cuyo título es “Análisis comparativo de los modelos lluvia escorrentía: GR2m, Témez y Lutz-Scholz aplicados en la subcuenca del río Callazas” en el Hidrograma de los caudales promedio mensuales del modelo

Lutz Scholz se observa que los promedios mensuales simulados y observados son muy parecidos y que la contribución es muy dinámica.

Como se perciben los resultados producto de la estimación de caudales aplicando el método matemático propuesto por Lutz Scholz, muestran un patrón semejante respecto a los caudales observados, así mismo a pesar de la variabilidad existente se tienen valores muy cercanos lo que indica que los ajustes realizados a través de las ecuaciones son muy buenos con respecto a los caudales determinados en la estación de Quillón. En ese contexto resulta importante indicar que el método de Lutz Scholz fue propuesto para cuencas especialmente de la sierra peruana entre las que se encuentra el departamento de Junín, razón a ello el acercamiento de los datos y comportamiento del hidrograma entre lo observado y generado.

Discusión 2: Caudales mensuales generados mediante el método PISCO SENAMHI (GR2m) v/s Caudales observados de la Est. Quillón (Período 1965 - 2005).

En nuestro estudio se ha determinado que el patrón que siguen los caudales generados respecto a los observados, son muy semejantes, así mismo tenemos que el factor de determinación R^2 es de 0.937 representado un modelo con buen ajuste por su proximidad al valor 1, de igual manera se tiene en el análisis estadístico t de Student que los valores promedios de la población de caudales generados y observados son similares por cuanto el valor calculado t es menor al valor crítico de dos colas. Por lo que se determina que los resultados obtenidos a través del modelo Pisco indican un buen ajuste en la comprobación y validación de caudales.

En el estudio titulado “Estudio comparativo para la estandarización de precipitaciones en la cuenca Chichlarazo aplicando la metodología Pisco versus convencional”, podemos apreciar que de acuerdo con esta investigación se llega a concluir que la metodología Pisco es muy poco confiable en relación al método convencional debido a que los datos de precipitaciones de la base de datos del SENAMHI no se encuentra actualizada al 2021, tal y como lo mencionan Fanzo y Joyo (2021) en dicho estudio.

En el estudio realizado por Coy (2017), titulado “Ajuste y validación del modelo precipitación – escorrentía gr2m aplicado a la subcuenca nevado – Bogotá” indica que el modelo GR2m únicamente trabaja con dos parámetros y simula caudales mensualizados, transformando la precipitación en escorrentía aplicando dos funciones (producción y transferencia). Verificándose que existe una estrecha relación entre el caudal y la precipitación simulado con una correlación de Pearson de 0.82 aproximadamente, comprobando que, a mayor precipitación, mayor capacidad del tanque de producción y por todo ello se obtiene un mayor caudal.

Discusión 3: Caudales mensuales generados mediante el método Témez v/s Caudales observados de la Est. Quillón (Período 1981 - 2005).

En nuestro estudio se ha determinado que el patrón que siguen los caudales generados respecto a los observados, son muy indistintos, así mismo tenemos que el factor de determinación R^2 es de 0.335 representado un modelo que no logra modelar con precisión los datos, de igual manera se tiene en el análisis estadístico t de Student que los valores promedios de la población de caudales generados y observados son diferentes por cuanto el valor calculado t es menor al valor crítico de dos colas. Por lo que se determina que los resultados obtenidos a través del modelo Témez no indican un buen ajuste en la comprobación y validación de caudales. **Cabe precisar en este caso que las comparaciones se realizan con los caudales máximos**, ya que el modelo nos permite generar caudales máximos para una determinada unidad hidrográfica.

Respecto al modelo Témez en la fase de calibración muestra estadísticos poco favorables, evidenciado en su valor de eficiencia, este método es insuficiente para estimar valores pico, como sucede en las épocas de avenida, siendo el modelo de Témez una opción no adecuada para el estudio titulado “Estimación de Caudales mensuales de la Sub Cuenca Charanal a través de modelos hidrológicos” en Piura realizado por Gamero y Sipión (2022). Algo muy similar a nuestro estudio dónde se tiene que el modelo no resulta confiable para la Unidad Hidrográfica Canipaco.

Así mismo en el estudio desarrollado por Murillo y Navarro (2011), sobre la Aplicación de la metodología de Témez para determinar el aporte superficial y subterránea del sistema hidrológico Cornisa-Vega de Granada para poder implementar un método de uso conjunto en Madrid – España, el modelo de Temes proporciona la esorrentía total en estado natural capturada en una unidad hidrológica determinada y separa los componentes superficiales de las aguas subterráneas. Los resultados proporcionados por el modelo están limitados tanto por los datos iniciales como por los datos utilizados durante la fase de calibración. Esto se debe al pequeño número y la baja calidad de los datos y, por lo tanto, a cierto grado de incertidumbre.

CONCLUSIONES

No se acepta la hipótesis general debido a que los caudales de diseño (medios y/o máximos) generados con fines hidroenergéticos para la Unidad Hidrográfica Canipaco, a través del uso de las tres (3) metodologías convencionales sólo 02 de ellas se ajustan con mayor proximidad a la información registrada (caudales medios) en la estación hidrométrica Quillón, siendo así los métodos de Lutz Scholz y Pisco modelos muy confiables y que se pueden utilizar en cuencas que con escasa o nula información hidrológica. Sin embargo, no sucede lo mismo con Témez por no tener un buen ajuste respecto a la información registrada. Es importante precisar que en el estudio se ha realizado una comparación de los caudales generados (ya sean medios o máximos) a través de la aplicación de los modelos con la información registrada por Electroperú S.A. en el ámbito de estudio, más no es una comparación entre los 3 modelos hidrológicos.

Se acepta la primera hipótesis específica planteada debido a que el caudal de diseño generado aplicando la metodología de Lutz Scholz con fines hidroenergéticos se ajusta con mayor proximidad a la información registrada por la estación hidrométrica Quillón de la Unidad Hidrográfica Canipaco, Junín 2022. Por tener un factor de determinación $R^2 = 0.8656$, y del análisis estadístico se concluye que la media poblacional de los caudales medios mensuales v/s los caudales medios mensuales observados son similares o semejantes. Así mismo al ser un modelo desarrollado para cuencas de la sierra peruana muestra un buen desempeño.

Se acepta la segunda hipótesis específica debido a que el caudal de diseño generado aplicando la metodología de SENAMHI – PISCO con fines hidroenergéticos se ajusta con mayor proximidad a la información registrada por la estación hidrométrica Quillón de la Unidad Hidrográfica Canipaco, Junín 2022. Por tener un factor de determinación $R^2 = 0.937$, y del análisis estadístico se concluye que la media poblacional de los caudales medios mensuales v/s los caudales medios mensuales observados son similares o semejantes. Asimismo, puede ser usada en zonas donde no se cuenten con registros de estaciones, ya que la información descargada tiene buena correlación con los datos registrados del SENAMHI.

Se rechaza la tercera hipótesis específica (el caudal de diseño aplicando el método Témez con fines hidroenergéticos varía significativamente en la Unidad Hidrográfica Canipaco) debido a que el caudal de diseño aplicando el método Témez con fines hidroenergéticos no se ajusta a la información registrada por la estación hidrométrica Quillón de la Unidad Hidrográfica Canipaco, Junín 2022. Por tener un factor de determinación $R^2 = 0.335$, y del análisis estadístico se concluye que la media poblacional de los caudales máximos de diseño generados v/s los caudales máximos observados difieren entre sí.

RECOMENDACIONES

Para unidades hidrográficas con semejantes características a la del presente estudio se recomienda el uso de las metodologías convencionales de Lutz Scholz y SENAMHI – PISCO en la generación de caudales de diseño, por ser modelos altamente confiables, no siendo recomendado el uso del modelo Témez por presentar variabilidad en los caudales observados.

La aplicación y selección de los modelos hidrológicos debe realizarse considerando aquellos modelos usados en ámbitos de estudio con características semejantes al área a estudiar, lo que permitirá obtener una mejor calidad de resultados, cómo es el caso de la metodología Lutz Scholz, que fue aplicado en zonas de semejante característica en diferentes cuencas de la sierra peruana.

Se recomienda el uso del producto grillado PISCO, en zonas que no cuenten con información hidrológica de las estaciones de SENAMHI, pues el comportamiento de los caudales generados, así como la población promedio de los caudales observados son muy similares de acuerdo a lo demostrado por el factor de determinación y la prueba de hipótesis.

No se recomienda el uso del método de Témez, en zonas que no cuenten con información hidrológica de las estaciones de SENAMHI, pues el comportamiento de los caudales generados, así como la población máxima de los caudales observados son muy diferentes de acuerdo a lo demostrado por el factor de determinación y la prueba de hipótesis.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. **Gamero, Oscar y Sipion, Diego.** Estimación de caudales mensuales de la subcuenca Charanal a través de modelos hidrológicos. Universidad de Piura, Piura : 2022.
2. **Cruz, Erwin y Romero, Jean.** Análisis comparativo de los modelos lluviaescorrentía: gr2m, Temez y Lutz-Scholz aplicados en la subcuenca del río Callazas. Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, Lima : 2018.
3. **Campos, Geraldine.** Aplicación de los modelos hidrológicos GR2M y SMAP para la generación de caudales medios mensuales en subcuencas no aforadas. Caso de estudio: Cuencas Jequetepeque, Chancay - Lambayeque y Piura. Univesidad San Ignacio de Loyola, Lima : 2021.
4. **Oñate-Valdivieso, Fernando., y otros.** Calibración, validación y evaluación de un modelo hidrológico concentrado en un área montañosa al sur del Ecuador. Artículo Científico. Ecuador : Agrocienza, 2016. Vol. 50 (8).
5. **Pizarro, R., y otros.** Aplicación de dos Modelos de Simulación Integral Hidrológica, para la estimación de caudales medios mensuales, en dos cuencas de Chile central. Nota Técnica. Chile : Bosque (Valdivia) , 2005. Vol. 26 (2).
6. **Murillo, Navarro.** Aplicación del modelo de Temez a la determinación de la aportación superficial y subterránea del sistema hidrológico Cornisa - Vega de Granada para su implementación en un modelo de uso conjunto. Madrid : Boletín Geológico y Minero, 2011, Vol. 122 (3).
7. **Sánchez, Belén.** Revisión, Análisis y Actualización del Modelo de Temez en el Ámbito de las Comarcas de la Marina Alta y la Marina Baja (Alicante). Universidad Politecnica de Valencia, Valencia : 2011.
8. **Baquero, William y Ramírez, Anderson.** Evaluación del concepto de período de retorno y del análisis de frecuencia de eventos extremos bajo condiciones no estacionarias. Universidad Santo Tomás, Bogota D.C. : 2019.
9. **Coy, Luisa.** Ajuste y validación del modelo de precipitación - escorrentía GR2m aplicado a la Subcuenca Nevado. Universidad Santo Tomás, Bogotá : 2017.
10. Generación de caudales medios mensuales de la cuenca Grande (Mashcón) impactada por actividad mienra. **Huamán, José y Rodríguez, Segundo.** 2 (2017), Cajamarca : Universidad Nacional de Cajamarca, 2018, Vol. 16.

11. **Palacios, Claudia.** Caudales de Diseño en el Río Piura y su Variación Histórica ante el Fenómeno El Niño. Universidad de Piura, Piura : 2010.
12. **Marmolejo, Sheyla.** Cálculo de precipitaciones y caudales de diseño de sistemas de drenaje pluvial urbano en zonas de Huancavelica, Junín y Ayacucho. Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima : 2018.
13. **Liendo, Diana y Neyra., Alvaro.** Modelación Probabilística de las Crecientes Máximas en ríos de La Vertiente Peruana del Pacífico. Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, Lima : 2019.
14. **Yelisseth, Zambrana.** Plan de Manejo y Gestión de la Subcuenca del río San Francisco. Universidad Nacional Agraria - Nicaragua, Nicaragua : 2008.
15. **ANA, Autoridad Nacional de Agua.** "Delimitación y Codificación de Unidades Hidrográficas del Perú". Lima : s.n., 2012.
16. **Chuque, Edwin y Ayllon, Elvir.** Estudio Técnico y Económico del Potencial Hidroenergético de la Cuenca de Lircay para la instalación de una central Hidroeléctrica de 9100 kW, Angaraes - Huancavelica. Universidad Nacional del Centro del Perú, Huancayo : 2012.
17. **Arias, Frham.** Estimación del balance hídrico superficial para evaluar la variación de almacenamiento del agua en la cuenca Crisnejas durante el período 1985 - 2010. Universidad San Ignacio de Loyola, Lima : 2022.
18. **Castillo, Moisés y Inoñán, Raúl.** Determinación del balance hídrico en la cuenca del río Chicama, región La Libertad, 2016. Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, Lima : 2018.
19. **Díaz, Lizeth y Alarcon, Jairo.** Estudio hidrológico y balance hídrico para determinar la oferta y la demanda de agua de la cuenca de la quebrada Niscota para un acueducto interveredal en Nunchía, Casanare. Universidad Católica de Colombia, Bogotá D.C. : 2018.
20. **Vintimilla, Ana y Zhungo, Jenny.** Estudio hidrometeorológico y análisis de caudales de crecientes en la cuenca hidrográfica del río Catarama. Universidad de Cuenca, Cuenca - Ecuador : 2013.
21. **Tarazona, Hugo.** Modelamiento hidrológico de la cuenca del Río Ica con fines de prevención de inundaciones en la ciudad de Ica. Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima : 2016.

22. **Fanzo, Edwin y Joyo, Kevin.** Estudio comparativo para la estandarización de precipitaciones en la Cuenca Chicllarazo aplicando la metodología Pisco Versus Convencional. Universidad Ricardo Palma, Lima : 2021.
23. **Canaza, Milner y Gamarra, Elisabam.** Alteración de los caudales del río Asmayacu por la presencia de los fenómenos del niño y de la niña en los últimos 30 años para la determinación de las probables zonas de inundación en la cuenca Asmayacu - Curahuasi. Universidad Andina del Cusco, Cusco : 2017.
24. **Condori, Bexhi.** Aplicación del modelo Lutz Scholz en la generación de caudales medio mensuales del río Lluscamayo para agua potable de Collana-Paucarcolla-Puno. Universidad Alas Peruanas, Juliaca : 2019.
25. **González, Charlin y Torres, Feiners.** Comprobación de la fórmula racional modificada de témez en una cuenca hidrográfica a través de un modelo didactico. Universidad Católica de Colombia, Bogotá : 2019.
26. **Ministerio de Transportes y Comunicaciones.** Manual de Carreteras: Hidrología, Hidráulica y Drenaje. Lima : Ministerio de Transportes y Comunicaciones RD N°20-2011 MTC/14, 2011.
27. **Saldaña, Luis.** Generación de Caudales Máximos a Través del Método Témez en Cuencas sin Información Pluviométrica de 24 horas, subcunca del Río Chetilano, Chota, 2021. Universidad Nacional Autónoma de Chota, Chota : 2022.
28. **Aybar, César, y otros.** Uso del producto grillado PISCO de precipitación en estudios, investigaciones y sistemas operacionales de monitoreo y pronóstico hidrometeorológico. 2017, Norma Técnica 001 SANAMHI - DHI.
29. **Ramos, Christel y Saldivar, Grecia.** Análisis de riesgo frente a máximas avenidas con el uso del producto grillado Pisco PD en las quebradas Polanco, San Lázaro, Miraflores y Mariano Merlgar en la provincia de Arequipa. Universidad Católica de Santa María, Arequipa : 2022.
30. **Porto, Aldo.** Validación del Producto Grillado Pisco de Precipitación v2.1 con la data observada de las estaciones pluviométricas del SENAMHI en la cuenca de la vertiente del Lago Titicaca - Lado Peruano. Universidad Nacional del Altiplano de Puno, Puno, Perú : 2021.

31. **Lavado, Waldo, y otros.** eruvian Interpolated data of the SENAMHI's Climatological and hydrological Observations. Precipitation v1.1. Servivio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú, s.l. : s.f.
32. **Vela, Arturo.** Comparación de las curvas de intensidad - duración - frecuencia generadas a partir de las estaciones pluviométricas y del producto grillado Pisco de precipitación en el departamento de Puno. Universidad Católica de Santa María, Arequipa : 2023.
33. **Rojo, Julián.** Estudio Hidrológico e hidraulico para diseño de puente. Betania Antioquía, Colombia : s.n., s.f.
34. **Gamarra, Hernan.** Aplicación del modelo hidrológico lutz scholz para determinar caudales medios mensuales en la sub cuenca del rio Quiroz. Universidad Nacional de Piura, Piura : 2018.
35. **Intergovernmental Panel on Climate Change IPCC,** Instituto Privado de Investigación sobre Cambio Climático. Manual de medición de caudales. Guatemala : s.n., 2017.
36. **Carmona, Abel.** Tendencias, Validación y Generación de Caudales Usando la Data Grillada Pisco para las Cuencas del río Biabo. Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima : 2019.
37. **Forero, Jesús y Rodríguez, Michael.** Evaluación de Métodos convencionales para estimación de datos faltantes de precipitación de las estaciones hidrometeorológicas de influencia en la microcuenca El cune en Villeta Cundinamarca. Universidad de La Salle, Bogotá D.C. : 2016.
38. **Hernández, Arturo, y otros.** Metodología de la investigación científica. 2020.
39. **Nohlen, Dieter.**El Método Comparativo. 2020, Revistas Jurídicas unam. mx, pág. 17.
40. **Vargas, Zoila.** La Investigación Aplicada: Una forma de conocer las realidades con evidencia científica. 1, San José, Costa Rica : Redalyc, 2009, Revista Educación, Vol. 33.
41. **Hernandez Sampieri, Roberto y Christian, Mendoza.** Metodología de la Investigación: Las Rutas Cuantitativas, Cualitativa y Mixta. México : Mc. GRAW HI, 2018.
42. **López, Pedro.**Población, Muestra y Muestreo. 08, Cochabamba : Punto Cero, 2004, Punto Cero, Vol. 09.
43. **Caro, Laura.** 7 Técnicas e Instrumentos para la Recolección de Datos. S.F.

44. **Tamayo, Carla y Silva, Irene.** Técnicas e instrumentos de recolección de datos. Universidad Católica los Ángeles de Chimbote, s.l. : Departamento Académico de Metodología de la Investigación, S.F.
45. **Electroperú S.A.** Estudio Hidrológico de la Cuenca del Mantaro. 2005.
46. **Morales, Carlos y Saavedra, Fabian.** Diseño de una pequeña central hidroeléctrica para el municipio de Pisba, Boyacá. Universidad Pedagógica de Colombia, Duitama, Boyacá : 2017.
47. **Calmet, Juan.** Planificación y Diseño de una Pequeña Central Hidroeléctrica. Universidad San Martín de Porres, Lima : 2014.
48. **Barreto, César.** Investigación Hidráulica utilizando un modelo numérico 3D de la Presa Tablones Alto - Chincas. Universidad de Piura, Piura : 2015.

ANEXOS

ANEXO 01. MATRIZ DE CONSISTENCIA

GENERACIÓN DE CAUDALES DE DISEÑO EMPLEANDO METODOLOGÍAS CONVENCIONALES CON FINES HIDRO ENERGÉTICOS EN LA UNIDAD HIDROGRÁFICA CANIPACO, JUNÍN 2022

PROBLEMA	OBJETIVO	HIPÓTESIS	VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES	Metodología
GENERAL	GENERAL	GENERAL	INDEPENDIENTE			
¿Cuánto varían los caudales de diseño empleando metodologías convencionales con fines hidro energéticos en la Unidad Hidrográfica Canipaco, Junín 2022?	Determinar la variación de caudales de diseño empleando metodologías convencionales con fines hidro energéticos en la Unidad Hidrográfica Canipaco, Junín 2022.	Los caudales de diseño empleando metodologías convencionales con fines hidro energéticos varían significativamente en la Unidad Hidrográfica Canipaco, Junín 2022.	V1: Metodologías convencionales.	D1: Método Lutz Scholz	- Balance Hídrico – Modelo determinístico (m3/s) - Datos Geoestadísticos (m3/s) - Precipitación – escorrentía (m3/s)	El método a emplear en el presente estudio es Comparativo, porque se realizará la comparación de resultados de los métodos convencionales respecto a los caudales de la estación de aforo Quillón, así mismo como técnica de recolección de datos se utilizará el análisis documental y la Observación de campo No experimental.
				D2: Metodología de SENAMHI – PISCO	- Precipitación – escorrentía (m3/s) - Temperatura (°C) - Evapotranspiración (mm)	
				D3: Método Témez	- Balance Hídrico – Modelo determinístico (m3/s) - Precipitación – escorrentía (m3/s) - Datos Geoestadísticos (m3/s)	
ESPECÍFICOS	ESPECÍFICOS	ESPECÍFICOS	DEPENDIENTE			

<p>¿Cuál es el caudal de diseño aplicando el método Lutz Scholz con fines hidro energéticos en la Unidad Hidrográfica Canipaco, Junín 2022?</p> <p>¿Cuál es el caudal de diseño aplicando la metodología de SENAMHI – PISCO con fines hidro energético en la Unidad Hidrográfica Canipaco, Junín 2022?</p> <p>¿Cuál es el caudal de diseño aplicando el método Témez con fines hidro energético en la Unidad Hidrográfica Canipaco, Junín 2022?</p>	<p>Estimar el caudal de diseño aplicando el método Lutz Scholz con fines hidro energéticos en la Unidad Hidrográfica Canipaco, Junín 2022.</p>	<p>El caudal de diseño aplicando el método Lutz Scholz con fines hidro energéticos varía significativamente en la Unidad Hidrográfica Canipaco, Junín 2022.</p>	<p>V2: Caudales de diseño</p>	<p>D1: Periodo de retorno</p>	<p>Probabilidad (período de tiempo)</p>	
				<p>D2: Caudales</p>	<p>Registros históricos (m3/s)</p>	
				<p>D3: Volúmenes</p>	<p>Registros históricos (Hm3/mes)</p>	
				<p>D4: Precipitaciones</p>	<p>Registros históricos (mm/mes)</p>	

Fuente: Elaboración Propia

**ANEXO 02. CAUDALES MENSUALES CORREGIDOS ESTACIÓN
QUILLÓN (M³/S)**

AÑO	MES												PROM
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	
1965	5.910	32.950	28.220	10.230	4.880	4.220	4.070	3.830	3.890	3.980	3.880	5.640	9.308
1966	12.900	10.890	15.780	4.980	4.120	3.830	3.780	3.410	3.020	4.060	7.270	19.970	7.834
1967	14.380	38.670	51.000	12.720	6.770	4.700	4.410	4.120	4.600	7.930	4.770	7.610	13.473
1968	16.250	11.490	21.790	8.300	4.800	4.710	4.310	4.190	4.010	4.200	6.900	8.660	8.301
1969	6.800	14.460	11.900	11.430	5.570	5.020	4.950	4.880	5.070	5.120	4.890	11.080	7.598
1970	32.010	20.600	11.260	14.380	9.700	5.340	4.850	5.060	5.920	5.170	5.310	9.440	10.753
1971	18.030	29.250	39.260	20.990	5.470	4.170	4.110	3.980	3.600	3.660	3.370	13.680	12.464
1972	26.470	39.420	45.530	30.870	8.790	6.170	4.850	4.130	4.260	4.910	4.570	7.880	15.654
1973	28.510	45.690	53.490	26.010	11.690	7.620	6.670	6.700	7.160	7.770	14.330	22.090	19.811
1974	36.720	41.400	29.660	11.650	7.180	6.090	5.520	5.450	6.010	4.810	4.420	4.610	13.627
1975	7.260	16.430	31.240	10.850	8.560	4.700	4.260	4.170	4.130	4.320	4.550	7.560	9.003
1976	17.840	23.420	24.490	11.360	6.020	4.660	4.620	4.250	4.320	4.200	4.190	4.450	9.485
1977	5.110	14.330	23.140	11.930	10.880	4.470	3.590	3.470	3.790	3.490	16.490	10.310	9.250
1978	16.470	22.280	17.570	10.250	5.060	4.370	3.720	3.930	3.820	4.140	4.900	8.300	8.734
1979	11.650	27.090	23.290	12.940	6.390	4.340	3.760	4.130	4.330	5.000	3.980	3.820	9.227
1980	10.860	22.000	5.780	6.920	3.230	3.340	3.860	2.690	3.030	13.000	8.090	7.000	7.483
1981	4.160	4.250	15.950	9.830	8.640	4.600	4.180	3.940	3.310	6.520	8.050	13.420	7.238
1982	9.420	33.180	18.310	14.550	6.910	5.120	5.010	4.980	5.000	6.330	21.660	9.320	11.649
1983	14.200	9.210	20.200	15.590	6.060	4.110	2.880	2.620	3.050	4.160	3.360	4.890	7.528
1984	19.180	33.930	44.760	17.010	10.760	6.960	5.440	5.310	4.850	6.300	9.670	19.490	15.305
1985	13.270	18.500	20.060	14.020	9.930	7.770	5.490	4.400	5.420	5.150	4.550	10.780	9.945
1986	20.440	23.680	40.000	15.000	15.590	7.210	5.070	4.320	4.510	4.590	5.560	7.110	12.757
1987	30.420	13.700	17.750	9.730	6.220	5.070	4.230	2.940	2.660	2.940	3.880	8.090	8.969
1988	17.130	19.220	23.820	22.690	13.550	6.690	3.810	4.270	3.970	3.960	3.070	4.170	10.529
1989	21.690	36.960	48.700	17.000	7.000	6.000	5.000	4.000	3.980	3.890	3.130	2.880	13.353
1990	2.000	14.000	11.000	9.000	6.000	5.000	4.000	4.000	4.000	3.000	9.000	5.000	6.333
1991	14.000	22.000	26.000	17.000	6.000	4.000	3.000	3.000	3.000	5.000	3.000	2.000	9.000

AÑO	MES												PROM
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	
1992	4.000	17.900	29.840	6.420	2.240	1.510	1.280	1.460	1.130	3.000	2.000	2.000	6.065
1993	17.950	48.530	19.510	18.010	10.030	3.580	2.530	1.970	1.970	3.730	13.730	24.400	13.828
1994	22.730	28.400	33.310	15.000	12.620	6.100	4.450	3.750	4.280	4.120	4.280	2.810	11.821
1995	9.230	16.610	31.090	17.150	5.290	3.980	3.650	3.290	3.190	3.160	3.800	6.840	8.940
1996	18.610	26.190	19.500	18.070	6.600	4.050	6.270	4.690	2.870	2.950	3.120	5.450	9.864
1997	13.730	25.430	16.080	5.730	6.240	6.110	5.010	3.820	3.290	3.240	4.360	7.440	8.373
1998	20.260	22.760	23.800	17.240	6.960	4.240	2.780	2.350	2.300	2.880	3.680	3.900	9.429
1999	6.910	30.430	25.390	17.660	7.740	4.860	7.670	5.440	5.310	5.420	3.770	8.190	10.733
2000	19.220	34.840	30.140	15.600	7.150	5.750	5.460	3.930	3.080	5.900	4.910	8.230	12.018
2001	35.040	26.960	30.230	15.660	7.350	5.270	5.900	4.150	3.860	3.640	4.020	5.010	12.258
2002	7.940	22.660	25.670	16.940	8.280	6.160	5.730	3.810	3.450	5.250	10.140	19.470	11.292
2003	19.620	30.920	29.930	21.240	10.220	6.560	6.380	3.520	2.980	4.370	8.660	8.230	12.719
2004	9.470	21.960	12.730	8.590	3.920	2.530	1.590	1.620	2.800	3.300	5.880	18.230	7.718
2005	15.900	19.910	20.810	14.710	4.800	3.310	3.120	1.560	1.120	2.330	1.660	3.530	7.730
Q. Prom.	15.944	24.695	26.048	14.274	7.444	4.983	4.421	3.842	3.813	4.656	6.118	8.853	10.42
Desv. Est.	8.528	10.118	11.342	5.384	2.842	1.334	1.299	1.098	1.223	1.844	4.123	5.700	4.57
Q. Max.	36.720	48.530	53.490	30.870	15.590	7.770	7.670	6.700	7.160	13.000	21.660	24.400	22.80
Q. Mín.	2.000	4.250	5.780	4.980	2.240	1.510	1.280	1.460	1.120	2.330	1.660	2.000	2.55

**ANEXO 03. NÚMEROS ALEATORIOS MENSUALES DETERMINADOS POR
EL MÉTODO DE LUTZ SCHOLZ**

Enero			
números aleatorios de distribución uniforme(0,1)			
			$e=Z$
u1	a	2piu2	ni
0.10819101	2.10896042	5.09133534	0.780
0.81030929	0.64859735	4.67621618	-0.023
0.74424118	0.76862231	5.00318325	0.220
0.79627948	0.67498896	5.71730334	0.570
0.90993496	0.43447015	2.56151192	-0.363
0.40767633	1.33961317	5.25071734	0.687
0.83567567	0.59919062	6.00062392	0.575
0.95502673	0.30336761	2.94797578	-0.298
0.46918382	1.23025253	6.21950065	1.228
0.98986196	0.14275701	0.52284399	0.124
0.08321301	2.22995586	4.29822887	-0.897
0.68408277	0.87140847	0.99300136	0.476
0.1580407	1.92088659	2.21130404	-1.148
0.35193915	1.44519687	5.42669	0.947
0.86368252	0.54138717	5.63369873	0.431
0.8966289	0.46714711	6.24500369	0.467
0.99392088	0.11043252	1.16061969	0.044
0.18471793	1.83789299	4.94331741	0.421
0.78675156	0.69259333	0.82561357	0.470
0.13140017	2.0146999	5.86370221	1.840
0.93323501	0.37174783	0.2579073	0.359

0.04104713	2.52706725	0.65241437	2.008
0.10383473	2.12835842	3.69552317	-1.810
0.5881594	1.03029828	6.03874927	1.000
0.96109455	0.2817179	0.39195193	0.260
0.06238094	2.35562963	1.27171027	0.694
0.2023985	1.78746566	0.56041559	1.514
0.0891927	2.19861595	4.04463452	-1.361
0.64372207	0.93860344	0.67978574	0.730
0.54433873			0.34287155
			0.73661845

Febrero			
números aleatorios de distribución uniforme(0,1)			
			e=z
u1	a	2piu2	ni
0.25765511	1.6468961	1.09183563	0.759
0.17377063	1.87083888	0.27189463	1.802
0.04327327	2.50608064	3.28021033	-2.482
0.52206047	1.14015074	5.59930355	0.884
0.89115475	0.48007745	1.84222034	-0.129
0.29319779	1.56646599	3.26796628	-1.554
0.52011177	1.14342603	5.70098571	0.955
0.90733793	0.44099958	5.38830011	0.276
0.85757259	0.55434546	3.20800203	-0.553
0.51056819	1.15950945	0.47532633	1.031
0.07565036	2.27228216	6.0043725	2.185

Febrero			
números aleatorios de distribución uniforme(0,1)			
			e=z
u1	a	2piu2	ni
0.95562333	0.30130201	2.10452375	-0.153
0.33494457	1.47904713	4.51259608	-0.294
0.71820029	0.81364217	4.82278122	0.090
0.76756768	0.72736322	3.89999439	-0.528
0.62070193	0.97663124	3.92875419	-0.689
0.62527919	0.96907897	0.88290722	0.615
0.14051872	1.98111815	3.59310525	-1.783
0.57185912	1.05722524	3.05235847	-1.053
0.4857968	1.20163625	5.83312634	1.082
0.92836872	0.38555492	4.78236495	0.027
0.76113524	0.73884264	2.79149216	-0.694
0.44427874	1.27381563	4.20136151	-0.623
0.66866589	0.89718534	4.36868214	-0.302
0.69529573	0.85254679	2.3427367	-0.595
0.37285725	1.40467763	1.64869724	-0.109
0.2623977	1.63578359	2.14370016	-0.887
0.34117968	1.46652379	2.93915589	-1.437
0.4677801	1.23268567	1.61889858	-0.059
0.5246484			-0.1454625
			1.26699667

Marzo			
números aleatorios de distribución uniforme(0,1)			
			e=z
u1	a	2piu2	ni
0.09968263	2.14744676	5.18352377	0.975
0.8249815	0.62031333	3.10924042	-0.620
0.49484983	1.18617111	4.33378187	-0.438
0.68974119	0.86190351	1.96080799	-0.328
0.31207155	1.52612108	2.93373046	-1.493
0.46691661	1.23418362	0.08134074	1.230
0.01294575	2.94855481	2.55165092	-2.450
0.40610691	1.34248936	5.27989215	0.722
0.84031897	0.58987072	5.60502874	0.459
0.89206594	0.47794397	6.24666955	0.478
0.99418601	0.10799032	1.00599526	0.058
0.16010874	1.9141066	4.67224833	-0.077
0.74360968	0.76972594	4.25624827	-0.339
0.67740137	0.88259993	1.60351617	-0.029
0.25520693	1.65268302	2.91803732	-1.612
0.46441898	1.23852183	4.39689999	-0.384
0.69978673	0.84496114	0.46194622	0.756
0.07352085	2.28481343	5.70323601	1.911
0.90769608	0.44010378	3.9564588	-0.302
0.6296885	0.96180042	3.78084692	-0.772
0.60173907	1.00790016	4.78379472	0.072
0.7613628	0.73843794	2.33425427	-0.511
0.37150724	1.40725757	4.35064268	-0.498

Marzo			
números aleatorios de distribución uniforme(0,1)			
			e=z
u1	a	2piu2	ni
0.69242467	0.85738653	3.59270878	-0.772
0.57179602	1.05732961	4.64370396	-0.073
0.73906671	0.77764656	5.34620576	0.461
0.85087308	0.56831734	5.8100074	0.506
0.92468924	0.39572101	2.15494366	-0.218
0.34296913	1.46295238	0.62632593	1.185
0.56902527			-0.07250078
			0.9178614

Abril			
números aleatorios de distribución uniforme(0,1)			
			e=z
u1	a	2piu2	ni
0.69142423	0.85907125	2.52856784	-0.703
0.40243313	1.34924151	3.87979245	-0.998
0.6174867	0.98193456	3.32319691	-0.966
0.52890198	1.1286737	4.61845985	-0.106
0.735049	0.7846249	5.00941564	0.230
0.7972714	0.67314209	1.41693762	0.103
0.2255121	1.72590931	5.12248685	0.688
0.8152672	0.63912342	3.62760833	-0.565
0.57735045	1.04814678	1.65252364	-0.086

0.26300669	1.63436581	5.01787015	0.492
0.79861697	0.67063229	4.39350736	-0.210
0.69924678	0.84587417	4.08042006	-0.500
0.6494175	0.9291711	1.15746042	0.373
0.18421512	1.83937549	4.38673101	-0.588
0.69816829	0.847697	5.8382685	0.765
0.92918712	0.38326268	5.72987871	0.326
0.91193639	0.42938338	5.04189157	0.139
0.80244009	0.66347281	4.22153779	-0.313
0.67187704	0.89182951	5.44502137	0.596
0.86660004	0.5351219	2.4143693	-0.400
0.38425791	1.38307	3.07857438	-1.380
0.48996918	1.19449804	1.05558365	0.589
0.16800096	1.88880151	3.9371535	-1.322
0.62661598	0.9668727	2.64890652	-0.852
0.42158558	1.31433062	1.02284069	0.685
0.16278977	1.90541106	3.95935344	-1.303
0.6301492	0.96103971	0.32818503	0.910
0.05223215	2.42983832	1.91947099	-0.830
0.30549258	1.54001934	4.34435673	-0.554
0.5553966			-0.1993086
			0.40920654

Mayo			
números aleatorios de distribución uniforme(0,1)			
			e=z

u1	a	2piu2	ni
0.09728673	2.15874624	2.99236305	-2.135
0.47624826	1.21804434	4.42139069	-0.349
0.70368454	0.83836164	1.85251609	-0.233
0.2948364	1.56290412	1.47037401	0.157
0.23401674	1.70432544	0.61214204	1.395
0.0974252	2.15808727	2.63487631	-1.887
0.41935261	1.31836502	1.749546	-0.234
0.27844824	1.59907666	1.04641561	0.801
0.16654183	1.89341426	1.06790946	0.913
0.16996267	1.88264519	4.86966261	0.295
0.77502906	0.71393942	4.85101521	0.099
0.77206124	0.71929327	0.805245	0.498
0.12815842	2.02706098	3.63088347	-1.789
0.5778717	1.04728545	0.34872607	0.984
0.05550135	2.40472367	0.21270327	2.351
0.0338527	2.60220545	3.56897439	-2.368
0.56801859	1.06357993	2.90864552	-1.035
0.46292423	1.24112198	0.03102193	1.241
0.00493728	3.25912264	1.87732869	-0.983
0.29878544	1.55436775	5.06439409	0.536
0.80602147	0.65672658	2.26958142	-0.422
0.36121426	1.42708373	1.10842601	0.637
0.17641107	1.86276054	2.41362158	-1.391
0.38413891	1.38329394	1.95472555	-0.518
0.31110351	1.52815549	6.22225572	1.525
0.99030044	0.13962026	5.22395212	0.068

0.83141586	0.60765974	6.1467741	0.602
0.97828719	0.2095328	4.44034531	-0.056
0.70670125	0.83324337	0.61127199	0.682
0.41932887			-0.02135462
			1.5205181

Junio			
números aleatorios de distribución uniforme(0,1)			
			e=z
u1	a	2piu2	ni
0.50219676	1.17368079	1.01541383	0.619
0.16160775	1.90923186	3.74330899	-1.574
0.59576474	1.01775186	4.19715417	-0.501
0.66799627	0.89830138	2.41015713	-0.669
0.38358752	1.38433194	4.11487188	-0.779
0.65490067	0.92007794	2.62855645	-0.802
0.41834677	1.32018528	0.1898492	1.296
0.03021537	2.64552627	3.00834605	-2.622
0.47879203	1.21366302	0.23449499	1.180
0.03732095	2.56444944	3.7322667	-2.130
0.59400731	1.02065044	5.24058706	0.514
0.83406339	0.60240498	5.43724923	0.399
0.86536307	0.53778458	5.58540368	0.412
0.88894253	0.48522715	4.31689703	-0.187
0.6870539	0.86642084	1.3315085	0.205
0.21191566	1.7615714	4.54504942	-0.293

Junio			
números aleatorios de distribución uniforme(0,1)			
			e=z
u1	a	2piu2	ni
0.72336539	0.80478669	5.61251442	0.630
0.89325732	0.47514331	2.19114026	-0.276
0.34872999	1.4515215	3.17314842	-1.451
0.50502108	1.16889274	0.32543698	1.108
0.05179478	2.43329647	1.92586326	-0.846
0.30650994	1.53785896	6.03932392	1.492
0.96118601	0.28137993	3.79843321	-0.223
0.60453801	1.00328534	2.32777168	-0.689
0.3704755	1.40923238	4.91653745	0.286
0.78248941	0.70039259	3.8550989	-0.530
0.61355661	0.98841564	1.3913617	0.176
0.22144157	1.73643111	2.66164987	-1.540
0.42361374	1.31067404	3.15540265	-1.311
0.51096738			-0.27939199
			1.18046355

Julio			
números aleatorios de distribución uniforme (0,1)			
			e=z
u1	a	2piu2	ni
0.64981833	0.92850681	4.938545	0.208
0.78599201	0.69398653	3.32154716	-0.683

Julio			
números aleatorios de distribución uniforme (0,1)			
			e=z
u1	a	2piu2	ni
0.52863941	1.12911356	5.19305185	0.522
0.82649794	0.6173457	4.51612292	-0.120
0.71876161	0.81268141	2.80144277	-0.766
0.44586242	1.27101915	4.05163047	-0.780
0.64483551	0.9367604	2.8311999	-0.892
0.45059841	1.26267873	1.149945	0.516
0.183019	1.84291361	2.07971233	-0.898
0.33099572	1.48704393	5.08229972	0.538
0.80887123	0.65133025	5.9600276	0.618
0.94856563	0.32497475	3.44411644	-0.310
0.54814687	1.09655096	1.43405078	0.149
0.22823574	1.71893936	4.32556435	-0.648
0.68843334	0.86410276	4.88607525	0.149
0.77764121	0.70921087	0.47556512	0.631
0.07568836	2.27206112	4.36902379	-0.765
0.69535011	0.85245505	4.72727896	0.013
0.75236805	0.75436018	0.15119158	0.746
0.02406283	2.73023328	6.0537132	2.659
0.96347613	0.27279138	0.15460272	0.270
0.02460573	2.72204921	0.04604527	2.719
0.00732831	3.13560511	5.32219953	1.796
0.84705238	0.57618181	0.15174099	0.570
0.02415027	2.72890441	6.18762241	2.716

Julio			
números aleatorios de distribución uniforme (0,1)			
			e=z
u1	a	2piu2	ni
0.98478839	0.17509137	4.76304706	0.009
0.75806071	0.74430075	2.03809249	-0.335
0.32437174	1.50057661	0.95307913	0.869
0.1516869	1.94213117	4.08293854	-1.143
0.52406567			0.28809645
			1.04514636

Agosto			
números aleatorios de distribución uniforme(0,1)			
			e=z
u1	a	2piu2	ni
0.16731934	1.89095272	2.8003287	-1.782
0.44568511	1.27133206	4.45852667	-0.319
0.7095949	0.82832486	3.57019795	-0.753
0.56821332	1.0632576	2.38665619	-0.774
0.37984724	1.39139218	4.23913426	-0.634
0.67467759	0.88715313	4.53203295	-0.159
0.72129376	0.80834249	0.77263253	0.579
0.122968	2.04735494	5.87108818	1.876
0.93441052	0.36834605	2.98735003	-0.364
0.47545041	1.2194201	0.22269111	1.189
0.03544231	2.58451119	1.79903836	-0.585

0.28632518	1.58153541	4.72007327	0.012
0.75122124	0.75637964	0.41764204	0.691
0.06646964	2.32852313	0.49069414	2.054
0.07809621	2.25823546	2.60425864	-1.940
0.41447967	1.32720109	3.95509386	-0.912
0.62947127	0.9621591	2.91469919	-0.937
0.4638877	1.23944567	4.47103995	-0.296
0.71158645	0.82493439	2.31642335	-0.560
0.36866936	1.41269605	2.60213417	-1.212
0.41414155	1.32781585	5.89524073	1.229
0.93825451	0.35702671	3.83034504	-0.276
0.60961692	0.99491157	3.5320427	-0.920
0.56214074	1.07331546	3.14607227	-1.073
0.50071178	1.1762012	5.68804261	0.974
0.90527798	0.4461238	4.90365944	0.085
0.78043981	0.70412734	3.93897718	-0.492
0.62690622	0.96639362	2.69981505	-0.874
0.42968791	1.29976623	1.05130086	0.645
0.50938919			-0.19062621
			1.09496831

Setiembre			
números aleatorios de distribución uniforme(0,1)			
			e=z
u1	a	2piu2	ni
0.13976334	1.98383705	4.52833326	-0.363

0.72070494	0.80935217	1.62843577	-0.047
0.259173	1.64332559	4.51994148	-0.314
0.71936935	0.81164075	0.6759431	0.633
0.10757943	2.11164665	1.08989237	0.977
0.17346135	1.87179083	2.23889912	-1.160
0.35633103	1.4365898	1.01223259	0.761
0.16110144	1.91087469	1.70720538	-0.260
0.27170954	1.61432441	2.59291871	-1.377
0.41267486	1.33048506	2.37944384	-0.962
0.37869936	1.39356566	0.45200661	1.254
0.07193892	2.29431379	3.50440867	-2.145
0.55774266	1.08060873	0.80469832	0.749
0.12807142	2.02739598	4.5887899	-0.250
0.73032689	0.79279638	5.72269418	0.671
0.91079294	0.4322955	4.8124585	0.043
0.76592477	0.73030313	2.78111775	-0.683
0.4426276	1.27673528	3.69615423	-1.085
0.58825984	1.03013254	5.06959292	0.360
0.80684889	0.6551624	1.69009915	-0.078
0.26898701	1.62055065	4.17026276	-0.836
0.66371638	0.90542847	2.79362571	-0.851
0.4446183	1.27321571	3.51060769	-1.188
0.55872926	1.07897197	0.5284616	0.932
0.08410708	2.22515822	2.81482891	-2.107
0.44799289	1.26726313	6.00303128	1.218
0.95540987	0.30204254	1.02969291	0.156
0.16388033	1.90190368	0.72616682	1.422

0.11557277	2.07742866	0.87816102	1.327
0.42779708			-0.11048785
			0.75553791

Octubre			
números aleatorios de distribución uniforme(0,1)			
			e=z
u1	a	2piu2	ni
0.86381319	0.54110765	4.06339612	-0.327
0.64670807	0.93365979	4.44764989	-0.244
0.70786381	0.83126838	5.81551599	0.742
0.92556595	0.39331893	1.24840817	0.125
0.19868987	1.79778204	5.90209086	1.669
0.93934474	0.35375905	5.1832029	0.160
0.82493043	0.62041312	4.34757517	-0.221
0.69193646	0.85820877	4.76681567	0.047
0.7586605	0.74323737	5.04653943	0.244
0.80317982	0.66208256	1.52334542	0.031
0.24244739	1.68343135	0.81491478	1.155
0.12969741	2.0211636	2.52486011	-1.649
0.40184303	1.35032866	5.33748744	0.790
0.84948552	0.5711819	0.80611762	0.395
0.1282973	2.0265266	0.97439067	1.138
0.15507873	1.93071094	0.84692679	1.279
0.13479227	2.0020092	2.31772241	-1.360
0.36887611	1.41229913	2.23607208	-0.872

Octubre			
números aleatorios de distribución uniforme(0,1)			
			e=z
u1	a	2piu2	ni
0.35588109	1.43746904	0.51053531	1.254
0.08125403	2.2406137	6.25926078	2.240
0.99618996	0.08737634	1.51376113	0.005
0.240922	1.68717636	2.55841906	-1.408
0.40718409	1.34051475	2.16185954	-0.747
0.34406983	1.46076052	0.30756813	1.392
0.04895087	2.45639494	6.16104359	2.438
0.98055825	0.19815765	4.26547935	-0.086
0.67887054	0.88014185	1.62931043	-0.051
0.2593122	1.6429988	3.93108461	-1.157
0.62565008	0.96846686	5.42751106	0.635
0.51000185			0.26264225
			1.01367691

Noviembre			
números aleatorios de distribución uniforme(0,1)			
			e=z
u1	a	2piu2	ni
0.85159424	0.56682468	2.7523803	-0.524
0.43805391	1.28484497	5.03653427	0.409
0.80158745	0.66507324	5.6921693	0.552

Noviembre			
números aleatorios de distribución uniforme(0,1)			
			e=z
u1	a	2piu2	ni
0.90593476	0.44449518	3.87545505	-0.330
0.61679639	0.98307306	5.13535303	0.404
0.81731491	0.63518629	2.5366113	-0.522
0.40371328	1.34688556	1.03680588	0.686
0.16501239	1.89828064	4.00116155	-1.239
0.63680315	0.95004705	0.41138076	0.871
0.06547313	2.33500128	0.65895746	1.846
0.10487609	2.12366461	0.23618802	2.065
0.0375904	2.56164263	2.11176257	-1.319
0.33609667	1.47672372	2.61626009	-1.278
0.41638975	1.32373226	5.73525157	1.130
0.9127915	0.42719501	3.25844448	-0.424
0.51859633	1.14597511	5.65866127	0.930
0.90060181	0.45758511	3.08321604	-0.457
0.49070793	1.19323609	2.46653163	-0.932
0.39255978	1.36752802	2.47305048	-1.073
0.39359729	1.36559658	0.45866372	1.224
0.07299843	2.28793242	5.59902951	1.773
0.89111114	0.48017939	1.1113779	0.213
0.17688087	1.86133222	1.98782319	-0.754
0.31637115	1.51712837	1.62906602	-0.088
0.2592733	1.6430901	4.95061887	0.388
0.78791362	0.69045899	5.93825858	0.650

Noviembre			
números aleatorios de distribución uniforme(0,1)			
			e=z
u1	a	2piu2	ni
0.945101	0.33604608	5.21589604	0.162
0.8301337	0.61019425	2.31012814	-0.411
0.36766745	1.41462109	5.35073693	0.843
0.5121911			0.16526768
			1.1111868

Diciembre			
números aleatorios de distribución uniforme(0,1)			
			e=z
u1	a	2piu2	ni
0.87450632	0.5178721	3.5835819	-0.468
0.57034344	1.05973258	5.51390492	0.761
0.87756317	0.51108969	6.21941701	0.510
0.98984865	0.14285118	5.00965819	0.042
0.79731	0.67307016	1.78986752	-0.146
0.2848656	1.58476358	4.8982055	0.293
0.77957179	0.70570602	5.16508451	0.309
0.82204681	0.62603185	4.51697129	-0.122
0.71889663	0.81245025	3.02086871	-0.807
0.48078506	1.21023548	5.05290577	0.404
0.80419305	0.66017563	1.42511458	0.096
0.2268135	1.72257202	4.96158793	0.425

0.7896594	0.68724605	2.46269792	-0.535
0.39194963	1.368665	2.06724151	-0.652
0.32901094	1.49108302	3.61818811	-1.325
0.57585118	1.0506246	2.73234825	-0.964
0.43486571	1.29051772	5.3468751	0.765
0.85097961	0.56809701	2.86103603	-0.546
0.45534696	1.25434891	1.28004501	0.360
0.20372501	1.78380726	5.97641564	1.701
0.95117387	0.31641241	0.50717406	0.277
0.08071907	2.24355986	2.984409	-2.216
0.47498233	1.22022757	2.39239097	-0.893
0.38075996	1.38966624	1.67183035	-0.140
0.26607944	1.62724329	2.77550878	-1.519
0.44173491	1.27831556	2.27207749	-0.825
0.36161152	1.42631329	0.86924921	0.921
0.13834499	1.988972	3.12806124	-1.989
0.49784524	1.1810724	5.49469812	0.833
0.54659944			-0.18800466
			0.68371024

ANEXO 04. REGISTRO FOTOGRÁFICO



Fotografía N° 01. Unidad Hidrográfica Canipaco



Fotografía N° 02. Vista del Río Canipaco punto de captación – tramo Chilcay



Fotografía N° 03. Punto de Anastomosis del Río Canipaco y el río Vilca, estación Quillón



Fotografía N° 04. Estación hidrométrica Quillón, operada por Electroperú S. A.