

UNIVERSIDAD DE HUANUCO
FACULTAD DE INGENIERIA
PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERIA CIVIL



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

TESIS

**“COMPARACIÓN DE CAUDALES MEDIOS MENSUALES
APLICANDO EL MÉTODO LUTZ SCHOLZ Y UNA
ESTACIÓN HIDROMÉTRICA, EN LA MICROCUENCA DEL
RÍO HIGUERAS, HUÁNUCO 2017 - 2018”**

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

AUTOR: Teodoro Loarte, Daisy Cecilia

ASESOR: Boyanovich Ordoñez, Lili Tatiana

HUÁNUCO – PERÚ

2022

U

TIPO DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN:

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

LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN: Análisis estructural, hidráulica y sanitaria

AÑO DE LA LÍNEA DE INVESTIGACIÓN (2018-2019)

CAMPO DE CONOCIMIENTO OCDE:

Área: Ingeniería, Tecnología

Sub área: Ingeniería civil

Disciplina: Ingeniería civil

DATOS DEL PROGRAMA:

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

Código del Programa: P07

Tipo de Financiamiento:

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

DATOS DEL AUTOR:

Documento Nacional de Identidad (DNI): 72874135

DATOS DEL ASESOR:

Documento Nacional de Identidad (DNI): 41948561

Grado/Título: Maestra en gestión pública

Código ORCID: 0000-0003-1751-1336

DATOS DE LOS JURADOS:

N°	APELLIDOS Y NOMBRES	GRADO	DNI	Código ORCID
1	Jacha Rojas, Johnny Prudencio	Maestro en ingeniería de sistemas e informática con mención en: gerencia de sistemas y tecnologías de información	40895876	0000-0001-7920-1304
2	Guarniz Flores, Joel Luis	Maestro en ingeniería, con mención en: gestión ambiental y desarrollo sostenible	46064394	0000-0003-1651-8683
3	Trujillo Ariza, Yelen Lisseth	Maestro en medio ambiente y desarrollo sostenible, mención en gestión ambiental	70502371	0000-0002-5650-3745

D

H

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

En la ciudad de Huánuco, siendo las **8:00** horas del día **jueves 24 de febrero de 2022**, mediante la plataforma Google Meet, en cumplimiento de lo señalado en el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad de Huánuco, se reunieron los **Jurados Calificadores** integrado por los docentes:

- MG. JOHNNY PRUDENCIO JACHA ROJAS - PRESIDENTE
- MG. JOEL LUIS GUARNIZ FLORES - SECRETARIO
- MG. YELEN LISSETH TRUJILLO ARIZA - VOCAL

Nombrados mediante la RESOLUCIÓN No 396-2022-D-FI-UDH, para evaluar la Tesis intitulada: "COMPARACIÓN DE CAUDALES MEDIOS MENSUALES APLICANDO EL MÉTODO LUTZ SCHOLZ Y UNA ESTACIÓN HIDROMÉTRICA, EN LA MICROCUENCA DEL RÍO HIGUERAS, HUÁNUCO 2017 - 2018", presentado por el (la) Bachiller. TEODORO LOARTE, DAISY CECILIA, para optar el Título Profesional de Ingeniero(a) Civil.

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

Habiendo absuelto las objeciones que le fueron formuladas por los miembros del Jurado y de conformidad con las respectivas disposiciones reglamentarias, procedieron a deliberar y calificar, declarándolo(a) APROBADA por UNANIMIDAD con el calificativo cuantitativo de 15 y cualitativo de BUENO (Art. 47).

Siendo las 9:01 horas del día jueves 24 del mes de febrero del año 2022, los miembros del Jurado Calificador firman la presente Acta en señal de conformidad.



Presidente



Secretario



Vocal

DEDICATORIA

Comienzo consagrandome esta tesis con respeto y amor a mis progenitores por darme la vida, energías positivas e incentivarme a llevar a cabo este anhelado sueño y siempre de la mano de Dios, agradecerle por estar presente en cada momento de mi vida, por darme una familia maravillosa, sin tu presencia no hubiera podido realizar todo esto, lo único que te puedo pedir es que nunca me dejes y siempre seas mi guía.

A mis padres CEFERINO LINDER TEODORO LEANDRO Y MARIA LOLINA LOARTE CHAVEZ, por el apoyo incansable, por la comprensión, por su sacrificio, mi agradecimiento a quienes les debo toda mi vida.

A mis hermanas: KATHERIN Y SAMIRA, por su apoyo moral, por motivarme a nunca dejarme vencer.

AGRADECIMIENTO

- Un afectuoso gracias a mi alma mater Universidad Privada de Huánuco, haciendo un mayor énfasis a la Carrera Profesional que decidí seguir una vez culminado mis estudios secundarios, la carrera de Ingeniería Civil, por permitirme realizar mis estudios superiores y por darme las enseñanzas necesarias para ejercer mi profesión en beneficio de la sociedad y servir así a mi patria.
- A la Ing. Lili Tatiana Boyanovich Ordoñez. Asesora de la presente tesis por compartir su conocimiento con mi persona y darme su apoyo.
- Mis cordiales gracias a todos los Pedagogos de la Facultad que compartieron sus conocimientos de forma generosa a lo largo de mi formación profesional aportando de alguna u otra forma al progreso de esta tesis.
- Mi gratitud a mi padre por compartir sus conocimientos como Ingeniero Civil con mi persona y contribuir al avance de esta tesis; de la misma manera quisiera agradecer a mis familiares, que de una u otra manera me motivaron a nunca rendirme y siempre cumplir los objetivos que me proponga en busca de mi superación profesional.

ÍNDICE

DEDICATORIA.....	ii
AGRADECIMIENTO.....	iii
ÍNDICE.....	iv
ÍNDICE DE TABLAS.....	vi
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xi
ÍNDICE DE FORMULAS.....	xiii
RESUMEN.....	xiv
ABSTRACT.....	xv
INTRODUCCIÓN.....	xvi
CAPITULO I.....	11
1 PLANTEAMIENTO DE INVESTIGACIÓN.....	11
1.1. Descripción del problema.....	11
1.2. Formulación del problema.....	13
1.2.1. Problema general.....	13
1.2.2. Problemas específicos.....	13
1.3. Objetivo general.....	14
1.4. Objetivos específicos.....	14
1.5. Justificación de la investigación.....	14
1.5.1. De ingeniería.....	14
1.5.2. Institucional.....	15
1.5.3. Social y económico.....	15
1.6. Limitación de la investigación.....	15
1.6.1. Delimitación.....	16
1.7. Viabilidad de la investigación.....	16
1.7.1. Viabilidad metodológica.....	17
1.7.2. Accesibilidad.....	17
1.7.3. Recursos.....	17

CAPITULO II.....	18
2 MARCO TEÓRICO	18
2.1. Antecedentes de la investigación	18
2.1.1. Nivel internacional.....	18
2.1.2. Nivel nacional.....	20
2.2. Bases teóricas.....	24
2.2.1. La cuenca hidrográfica.....	24
2.2.2. Modelos hidrológicos	25
2.2.3. Método Lutz Scholz para generación de caudales medios mensuales.....	26
2.2.4. Precipitación media mensual	39
2.3. Definiciones conceptuales.....	40
2.4. Hipótesis	41
2.5. Variable.....	42
2.5.1 Caudal medio mensual	42
2.6. Operacionalización de variables.....	43
CAPITULO III.....	44
3 METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN	44
3.1. Tipo de investigación.....	44
3.1.1. Enfoque	44
3.1.2. Alcance o nivel	45
3.1.3. Diseño	45
3.2. Población y muestra.....	46
3.3. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	47
3.4. Técnicas para el procesamiento de análisis de la información	48
CAPITULO IV	50
4 RESULTADOS	50
4.1. Procesamiento de datos.....	50
4.1.1. Metodología del modelo	50

4.1.2. Generaciones de caudales	61
4.1.3. Prueba de normalidad	95
4.1.4. Prueba de homogeneidad	96
4.1.5. Análisis descriptivo	96
4.2. Contrastación de hipótesis o prueba de hipótesis	97
4.2.1. Prueba de hipótesis	97
4.2.2. Hipótesis específicas	98
CAPITULO V	104
5 DISCUSIÓN DE RESULTADOS	104
5.1. Contrastación de los resultados con todos las referencias bibliográficas de las bases teóricas	104
CONCLUSIONES	118
RECOMENDACIONES	120
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	121
ANEXOS	123

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 01. Coeficientes a i del polinomio de quinto grado.....	33
Tabla 02. Límite superior para la precipitación efectiva (PE)	33
Tabla 03. Almacenamiento hídrico.....	36
Tabla 04. Límite Valores de “coeficiente de abastecimiento”	38
Tabla 05. Registro pluviométrico.....	39
Tabla 06. Operacionalización de variables del estudio	43
Tabla 07. CO Yanahuanca - AED de precipitación total mensual (mm)	53
Tabla 08. CO Jacas Chico - AED de precipitación total mensual (mm).....	53
Tabla 09. CO Huánuco - AED de precipitación total mensual (mm).....	53
Tabla 10. CO Dos de mayo - AED de precipitación total mensual (mm)	54
Tabla 11. CO Carpish - AED de precipitación total mensual (mm).....	54
Tabla 12. Método de estimación de datos faltantes	55
Tabla 13. CO Yanahuanca – precipitación total mensual	55
Tabla 14. CO Yanahuanca - completación de datos faltantes.....	55
Tabla 15. CO Yanahuanca - datos faltantes completados de precipitación total mensual (mm/mes)	55
Tabla 16. Estación de CO Yanahuanca - consistencia	56
Tabla 17. Estación de CO Jacas Chico - consistencia	56
Tabla 18. Estación de CO Huánuco - consistencia	57
Tabla 19. Estación de CO Dos de mayo - consistencia	57
Tabla 20. Estación de CO Carpish - consistencia	58
Tabla 21. CO Yanahuanca - precipitación media.....	58
Tabla 22. CO Jacas Chico - precipitación media	59
Tabla 23. CO Huánuco - precipitación media.....	59
Tabla 24. CO Dos de mayo - precipitación media	60
Tabla 25. CO Carpish - precipitación media.....	60
Tabla 26. Precipitación media (mm/mes) de la zona - método promedio aritmético.....	61
Tabla 27. Precipitación media (mm/mes) del mes de Enero por Método de Thiessen.....	63

Tabla 28. Precipitación media (mm/mes) del mes de Febrero por Método de Thiessen	63
Tabla 29. Precipitación media (mm/mes) del mes de Marzo por Método de Thiessen	63
Tabla 30. Precipitación media (mm/mes) del mes de Abril por Método de Thiessen	63
Tabla 31. Precipitación media (mm/mes) del mes de Mayo por Método de Thiessen	64
Tabla 32. Precipitación media (mm/mes) del mes de Junio por Método de Thiessen	64
Tabla 33. Precipitación media (mm/mes) del mes de Julio por Método de Thiessen	64
Tabla 34. Precipitación media (mm/mes) del mes de Agosto por Método de Thiessen	64
Tabla 35. Precipitación media (mm/mes) del mes de Setiembre por Método de Thiessen	65
Tabla 36. Precipitación media (mm/mes) del mes de Octubre por Método de Thiessen	65
Tabla 37. Precipitación media (mm/mes) del mes de Noviembre por Método de Thiessen	65
Tabla 38. Precipitación media (mm/mes) del mes de Diciembre por Método de Thiessen	65
Tabla 39. Precipitación media (mm/mes) de la zona - método de Thiessen	66
Tabla 40. Precipitación media (mm/mes) del mes de Enero por Método Isoyetas	67
Tabla 41. Precipitación media (mm/mes) del mes de Febrero por Método Isoyetas	68
Tabla 42. Precipitación media (mm/mes) del mes de Marzo por Método Isoyetas	68
Tabla 43. Precipitación media (mm/mes) del mes de Abril por Método Isoyetas	69
Tabla 44. Precipitación media (mm/mes) del mes de Mayo por Método Isoyetas	69

Tabla 45. Precipitación media (mm/mes) del mes de Junio por Método Isoyetas	70
Tabla 46. Precipitación media (mm/mes) del mes de Julio por Método Isoyetas	70
Tabla 47. Precipitación media (mm/mes) del mes de Agosto por Método Isoyetas	70
Tabla 48. Precipitación media (mm/mes) del mes de Setiembre por Método Isoyetas	71
Tabla 49. Precipitación media (mm/mes) del mes de Octubre por Método Isoyetas	71
Tabla 50. Precipitación media (mm/mes) del mes de Noviembre por Método Isoyetas	72
Tabla 51. Precipitación media (mm/mes) del mes de Diciembre por Método Isoyetas	72
Tabla 52. Precipitación media (mm/mes) de la zona - método de Isoyetas..	73
Tabla 53. Cuadro comparativo de precipitación media del método promedio aritmético, de Thiessen y de isoyetas	74
Tabla 54. Coeficientes a_i , para calcular la precipitación efectiva.....	75
Tabla 55. Límite superior para la precipitación efectiva (PE)	76
Tabla 56. Precipitación promedio mensual (mm/mes) en la microcuenca Higueras - método aritmético.....	78
Tabla 57. Precipitación promedio mensual (mm/mes) en la microcuenca Higueras - método Thiessen.....	79
Tabla 58. Precipitación promedio mensual (mm/mes) en la microcuenca Higueras - método isoyetas	80
Tabla 59. Coeficiente de escurrimiento teniendo en cuenta la precipitación promedio anual determinada con el método promedio aritmético y la temperatura media anual.....	82
Tabla 60. Coeficiente de escurrimiento teniendo en cuenta la precipitación promedio anual determinada con el método Thiessen y la temperatura media anual.....	82

Tabla 61. Coeficiente de escurrimiento teniendo en cuenta la precipitación promedio anual determinada con el método isoyetas y la temperatura media anual.....	82
Tabla 62. Almacenamiento hídrico.....	83
Tabla 63. Área de pantanos existentes en la microcuenca del rio Higueras	84
Tabla 64. Área de Lagos existentes en la microcuenca del Higueras	84
Tabla 65. Áreas de aguas subterráneas del cauce	85
Tabla 66. Gastos de retención hídrica	87
Tabla 67. Gasto de retención hídrica desde los meses de abril a octubre ...	87
Tabla 68. Límite valores de “coeficiente de abastecimiento” en porcentaje.	88
Tabla 69. Coeficiente de abastecimiento (a i)	88
Tabla 70. Abastecimiento de retención de la microcuenca en el mes.	89
Tabla 71. Caudal generado por el método de Lutz Scholz teniendo en cuenta que la precipitación media fue determinada con el método promedio aritmético.....	90
Tabla 72. Caudal generado por el método de Lutz Scholz teniendo en cuenta que la precipitación media fue determinada con el método Thiessen	91
Tabla 73. Caudal generado por el método de Lutz Scholz teniendo en cuenta que la precipitación media fue determinada con el método isoyetas.....	92
Tabla 74. Comparación del caudal generado con el aforo Higueras	93
Tabla 75. Caudal generado que más cerca se encuentra al aforo del rio Higueras.	94
Tabla 76. Prueba de normalidad de datos	95
Tabla 77. Prueba de homogeneidad de varianzas	96
Tabla 78. Descripción para la variable caudal medio mensual.....	96
Tabla 79. ANOVA de un factor para los caudales medio mensuales aplicando el modelo Lutz Scholz y una estación hidrométrica en la microcuenca del río Higueras	98
Tabla 80. Prueba de post hoc de Tukey para los caudales medio mensuales aplicando el modelo Lutz Scholz - método aritmético y una estación hidrométrica.....	99

Tabla 81. Prueba de post hoc de Tukey para los caudales medio mensuales aplicando el modelo Lutz Scholz - método isoyetas y una estación hidrométrica.....	100
Tabla 82. Prueba de post hoc de Tukey para los caudales medio mensuales aplicando el modelo Lutz Scholz - método Thiessen y una estación hidrométrica.....	101
Tabla 83. Prueba de post hoc de Tukey para los caudales medio mensuales aplicando el modelo Lutz Scholz-los métodos aritmético, de isoyetas, de Thiessen y una estación hidrométrica.....	103

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 01. Curvas de la precipitación efectiva produce escurrimiento.....	34
Figura 02. Poblacion de estudio del proyecto de investigacion	47
Figura 03. Consistencia de la estación CO Yanahuanca	56
Figura 04. Consistencia de la estación CO Jacas Chico	57
Figura 05. Consistencia de la estación CO Huánuco	57
Figura 06. Consistencia de la estación CO Dos de mayo	58
Figura 07. Consistencia de la estación CO Carpish	58
Figura 08. Estación CO Yanahuanca - precipitación media	59
Figura 09. Estación CO Jacas Chico - precipitación media	59
Figura 10. Estación CO Huánuco - precipitación media	60
Figura 11. Estación CO Dos de mayo - precipitación media	60
Figura 12. Estación CO Carpish - precipitación media	61
Figura 13. Precipitación media de la zona mediante el método Promedio Aritmético	62
Figura 14. Método de Thiessen	66
Figura 15. Método de Thiessen - precipitación media.....	66
Figura 16. Plano de isoyetas	67
Figura 17. Método de Isoyetas.....	73
Figura 18. Método de isoyetas - precipitación media	73
Figura 19. Comparación de las precipitaciones medias	74
Figura 20. Curvas de la precipitación efectiva que produce escurrimiento...	76
Figura 21. Área de pantanos existentes en la microcuenca del rio Higueras.	84
Figura 22. Comparación del caudal generado aplicando el método Lutz Scholz vs el aforo Higueras - método promedio aritmético.	90
Figura 23. Comparación del caudal generado aplicando el método Lutz Scholz vs el aforo Higueras - método Thiessen.	91
Figura 24. Comparación del caudal generado aplicando el método Lutz Scholz vs el aforo Higueras - método isoyetas	92
Figura 25. Comparación de los caudales generados-diagrama de barras de columna.....	93

Figura 26. Comparación del caudal generado - diagrama de línea	94
Figura 27. Prueba de normalidad de datos	95
Figura 28. Estaciones metereológicas.....	137

ÍNDICE DE FORMULAS

Fórmula 01. Ecuación general de balance hidrológico del modelo.....	28
Fórmula 02. Ecuación fundamental del balance hídrico por meses.....	29
Fórmula 03. Polinomio de quinto grado	32
Fórmula 04. Coeficiente de escurrimiento (C).....	34
Fórmula 05. Coeficiente de escurrimiento.....	35
Fórmula 06. Deficit de escurrimiento	35
Fórmula 07. Coeficiente de temperatura (L).....	35
Fórmula 08. Coeficiente de agotamiento (a)	36
Fórmula 09. Gasto de retención hídrica (Gi)	37
Fórmula 10. Abastecimiento de retención de la cuenca (Ai)	38
Fórmula 11. Caudal mensual para el año promedio	38
Fórmula 12. Método de Regresión Lineal	39
Fórmula 13. Método Promedio Aritmético.....	61
Fórmula 14. Método Polígono de Thiessen	62

RESUMEN

La investigación trata de la comparación de caudales medio mensuales hallados aplicando el método de Lutz Scholz vs los caudales medio mensuales de una estación hidrométrica en la microcuenca del río Higueras, por un periodo de 2 años correspondientes a los años 2017 - 2018.

La investigación es tipo aplicada, dentro del cual tiene un enfoque cuantitativo, tiene un nivel descriptivo comparativo y cuyo diseño es no experimental transversal; donde la población está constituida por 05 estaciones meteorológicas (CO Yanahuanca, CO Jacas Chico, CO Huánuco, CO Dos de mayo y CO Carpish) y 01 estación hidrométrica (rio Higueras), representando estos mismos la muestra, y tienen un muestreo no probabilístico de tipo intencional. Los datos meteorológicos se recolectaron de forma directa del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú de la dirección zonal No. 10 - Huánuco, cuyo instrumento fue la ficha de datos meteorológicos del año hidrológico 2017 y 2018, cuya validez y confiabilidad de la información no fue necesario por ser datos de fuentes confiables.

Los resultados fueron procesados a través de los programas Excel y SPSS v22 y el análisis estadístico inferencial de aceptación o rechazo mediante la prueba de ANOVA, en la cual se comprobó que los caudales medio mensuales hallados aplicando el método de Lutz Scholz vs los caudales medio mensuales existentes en una estación hidrométrica en la microcuenca del rio Higueras, en el periodo 2017-2018 coinciden; con un nivel de significación de 0.91 el cual es mayor al 0.05 establecido como regla de decisión. Por lo tanto, se evidencia probabilísticamente a un nivel de confianza del 95% que el método de Lutz Scholz es óptimo para calcular caudales medio mensuales en cualquier microcuenca o cuenca que no presente información o estación hidrométrica.

Palabras clave: caudal, caudales medio mensuales, método de Lutz Scholz, estación hidrométrica, microcuenca.

ABSTRACT

The objective of this research was to explain and analyze the comparison of average monthly flows applying the Lutz Scholz Method and a hydrometric station, in the microbasin of the Higuera river, Huánuco 2017 - 2018.

The type of research was applied, with a quantitative approach of comparative descriptive level, whose design was not cross-sectional experimental; The population consisted of 05 meteorological stations (CO Yanahuanca, CO Jacas Chico, CO Huánuco, CO Dos de mayo and CO Carpish) and 01 hydrometric station (río Higuera). The sample was equal to the population, with a non - probabilistic sampling, of intentional type. For data collection, the technique of recognition of direct information from the National Service of Meteorology and Hydrology of Peru was applied and information on data collection, response and reliability of the instrument was not necessary by itself data from reliable sources.

The results were processed through the Excel and SPSS v22 programs and inferential analysis was carried out using the one - way ANOVA test, in which it was verified that the monthly media applied the Lutz Scholz model and a hydrometric station in the micro river basin of the Higuera River, in the period 2017 - 2018 coincident; This comparison was made using the analysis of variance test (ANOVA), whose level of significance was 0.91, higher than 0.05 established as a decision rule.

Therefore, a confidence level of 95 % is probabilistically evidenced by the calculation of the monthly means of communication applying the model. Lutz Scholz can be used in micro-basins where there is no hydrometric station, since the data will be the same.

Keywords: flow, monthly media, Lutz Scholz method, hydrometric station, micro-basin.

INTRODUCCIÓN

La tesis tiene como fin explicar y analizar la comparación de caudales medio mensuales hallados aplicando el método Lutz Scholz y una estación hidrométrica, en la microcuenca del río Higueras, Huánuco 2017 - 2018, para determinar la precipitación en la microcuenca Higueras se ha efectuado mediante los métodos aritméticos, de isoyetas y de Thiessen; luego de validar estadísticamente se ha usado el método - Lutz Scholz para el cálculo de caudales medio que se genera en la microcuenca Higueras y cuyas aguas discurren por su cauce, cuyo punto de control es el mismo punto donde se encuentra el limnómetro que administra SENAMHI - Dirección Zonal No. 10 - Huánuco.

La investigación se ha ordenado teniendo como base la reglamentación general de grados y títulos de la Universidad Privada de Huánuco y va del capítulo uno al capítulo cinco:

El primer capítulo tratará del problema de la investigación, en la cual examinarán el problema, su formulación del problema, se planteará los objetivos de la investigación y luego se justificará la investigación y se mencionará las limitaciones que tiene la investigación, así como su viabilidad, cuyos aspectos nos va permitir perfeccionar, estructurar, contextualizar el problema de la investigación.

El segundo capítulo se desarrollará en base al marco teórico, se analizarán todos sus antecedentes tanto los internacionales como los nacionales, se evaluarán sus bases teorías consideradas válidas para este estudio, se estudiarán sus definiciones conceptuales y luego se planteará la hipótesis como punto de partida del estudio; posteriormente se considerará las variables del estudio las cuales son propiedades susceptibles de medir y observar y finalmente culminaremos con la tabla de operación de variables.

El tercer capítulo comprende la parte metodológica de la investigación, en el cual se estudiará el tipo, se elegirá el conjunto que representará a la población y muestra, así como también se elegirán instrumentos y técnicas de recolección de datos.

El cuarto capítulo abarcará el resultado del estudio previo procesamiento, así como también la verificación de la hipótesis y la prueba de hipótesis cada quien con sus correspondientes interpretaciones.

El quinto capítulo presentará la discusión de los resultados, verificación del resultado del trabajo en campo en base a los referentes bibliográficos y posteriormente la presentación de hipótesis.

También como una síntesis de los objetivos e hipótesis planteadas, presentarán todo lo referente a las conclusiones y recomendaciones correspondientes.

En último lugar se indicarán lo referente a las bibliografías, adicionando todo anexo perteneciente al estudio.

CAPITULO I

1. PLANTEAMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN

1.1. Descripción del problema

Siempre que se quiera administrar un recurso natural, es necesario obtener información tanto de su cantidad como de su calidad. En este caso el recurso agua, es fundamental para el desarrollo, por lo que hace indispensable determinar su disponibilidad. El aprovechamiento de los recursos hídricos, se restringe debido a un factor cuando la información de las variables de precipitación y descargas son escasas. Otros factores, entre ellos el económico y la falta de interés en implementar estaciones hidrometeorológicas por parte de los organismos del estado, hacen a que no podamos conocer con aproximación el potencial hídrico de las cuencas (Quispe, 2014, p. 2).

En el Perú, el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología tiene por función generar y proveer conocimientos e información de los fenómenos meteorológicos, hidrológicos y climáticos de modo que sea oportuna, confiable y accesible en bien de los peruanos. Con el ánimo de propagar información confiable y de calidad, también es el encargado de operar, controlar, organizar y mantener en conformidad con las Normas Técnicas de la Organización Meteorológica Mundial, la Red Nacional conformada por más de 900 estaciones meteorológicas – Hidrológicas (Presidencia del Consejo de Ministros, s. f.).

En la sierra del Perú las cuencas altas, mayormente en la parte más alejada del área urbana, existe una carencia de estaciones hidrométricas, así mismo la red de estaciones meteorológicas no es suficiente y su distribución y lejanía obstaculizan las actividades de observación, monitoreo y la toma de datos, de igual manera la información hidrogeológica y del uso de suelo es no representativa y se expresa como una restricción para cualquier estudio hidrológico. Sin embargo, hay metodologías de modelación las cuales resumen el proceso del ciclo hidrológico, y aunque no necesitan muchos parámetros de entrada tienen experiencias optimas en varios lugares, de los cuales presentan algunas características parecidas con muchas de las

cuencas alto andinas de nuestro país. Existen varios modelos hidrológicos y lo nombraremos a continuación: Témez, GR2m y Lutz Scholz dichos modelos están definidos como una representación aproximada del ciclo hidrológico, resumiendo los factores anteriormente mencionados. No obstante, el modelo Lutz Scholz es representativo, dado que se presenta como una ocasión única para demostrar su aplicabilidad y cabe mencionar que fue desarrollado previamente en 19 cuencas alto andinas (Cruz & Romero, 2018, pp. 4-5).

Al estar hablando de descargas es necesario conocer su definición, que viene a ser las aguas que discurren por el cauce de un río, los cuales se pueden medir, cuantificar y valorar por lo regular mensualmente; asimismo se interpreta por generación a la valoración del valor numérico de una variable meteorológica en función de otras variables a través de un procedimiento establecido con anterioridad esto quiere decir que existe una dependencia, siendo las variables meteorológicas principales las siguientes: temperatura, precipitación, caudal, velocidad del viento y humedad relativa; cabe indicar que para estimar caudales se hará uso de modelos hidrológicos, los cuales se presentan de dos formas: determinístico cuando figura una realidad a escala; por ejemplo, todo lo que entra a un sistema necesariamente tiene que salir del sistema y estocástico cuando incluye una variable aleatoria; por ejemplo, todo lo que entra al sistema no sale del sistema necesariamente (Mamani, 2015, p. 2).

Con la presente investigación se pretende aplicar el modelo Lutz Scholz para obtener los caudales medio mensuales teniendo en cuenta la información de las 5 estaciones meteorológicas para posteriormente compararlos con los datos de los caudales pertenecientes a una estación hidrométrica que en este estudio está ubicado en el río Higuera, con el fin de identificar las diferencias que existen entre dichos caudales y determinar si coinciden o no coinciden.

Se cuenta con información histórica disponible brindada por el SENAMHI dirección zonal No. 10 – Huánuco de los caudales medio mensuales de la estación de aforo existente ubicada en este estudio en la microcuenca del río Higuera conforme a los años 2017 – 2018; sin embargo, no se cuenta con estaciones hidrométricas en la zona del estudio, no obstante, existen en otros

lugares cercanos o adyacentes a la microcuenca los cuales presentan similitudes geográficas y de altitud. Es a raíz de la poca información meteorológica e hidrométrica a nivel nacional y regional por lo que surgió la necesidad de realizar esta investigación con el propósito de identificar las diferencias existentes al comparar los resultados de caudal obtenidos utilizando el Método Lutz Scholz con el caudal de una estación hidrométrica, en este caso consideraremos la del río Higuera, brindada por el SENAMHI dirección zonal No. 10 - Huánuco para los periodos 2017 - 2018.

1.2. Formulación de problema

1.2.1. Problema general

¿Coincidirán el resultado de la comparación de caudales medio mensuales hallados aplicando el método Lutz Scholz versus los caudales encontrados en una estación hidrométrica, en la microcuenca del río Higuera, Huánuco 2017 - 2018?

1.2.2. Problemas específicos

- ¿Cuáles serán los caudales medio mensuales aplicando el método Lutz Scholz - método aritmético y una estación hidrométrica, en la microcuenca del río Higuera, Huánuco?
- ¿Cuáles serán los caudales medio mensuales aplicando el método Lutz Scholz - método isoyetas y una estación hidrométrica, en la microcuenca del río Higuera, Huánuco?
- ¿Cuáles serán los caudales medio mensuales aplicando el método Lutz Scholz - método de Thiessen y una estación hidrométrica, en la microcuenca del río Higuera, Huánuco?
- ¿Existirán diferencias entre los caudales medio mensuales aplicando el método Lutz Scholz - los métodos aritmético, de isoyetas, de Thiessen y una estación hidrométrica, en la microcuenca del río Higuera, Huánuco?

1.3. Objetivo general

Explicar y analizar la comparación de caudales medio mensuales aplicando el método Lutz Scholz y la estación hidrométrica, en la microcuenca del río Higueras, Huánuco 2017 – 2018.

1.4. Objetivos específicos

- Determinar los caudales medio mensuales aplicando el método Lutz Scholz - método aritmético y la estación hidrométrica, en la microcuenca del río Higueras, Huánuco.
- Determinar los caudales medio mensuales aplicando el método Lutz Scholz - método isoyetas y la estación hidrométrica, en la microcuenca del río Higueras, Huánuco.
- Determinar los caudales medio mensuales aplicando el método Lutz Scholz - método de Thiessen y la estación hidrométrica, en la microcuenca del río Higueras, Huánuco.
- Determinar las diferencias entre los caudales medio mensuales aplicando el método Lutz Scholz - los métodos aritmético, de isoyetas, de Thiessen con una estación hidrométrica, en la microcuenca del río Higueras, Huánuco.

1.5. Justificación de la investigación

1.5.1. De ingeniería

De ingeniería a la necesidad que se tiene el conocer los caudales, los cuales son de suma trascendencia para el planteamiento de un sistema hidráulico, para diseñar canales para riego, sistemas para agua potable, muros de contención, centrales hidroeléctricas, puentes, defensas rivereñas, construcción de presas y represas; siendo estos producto de la comparación de caudales medio mensuales hallados aplicando el método Lutz Scholz versus los encontrados en una estación hidrométrica que para este estudio se encuentra ubicada en el río Higueras (punto de aforo), Huánuco 2017 – 2018.

1.5.2. Institucional

La comparación del caudal medio mensual existente en la estación hidrométrica (punto donde se encuentra el limnómetro) respecto al caudal medio mensual determinado aplicando el modelo Lutz Scholz en la microcuenca considerada para el presente estudio denominada río Higuera, es de suma importancia este modelo hidrológico ya que está demostrado según estudios realizados en otros proyectos que el modelo Lutz Scholz genera caudales medio mensuales más cercanos a los caudales medio mensuales en la estación de aforo, por ende, los caudales medio mensuales que se generaron son los más aproximados y confiables, posteriormente estos datos serán usados por las siguientes instituciones: Autoridad Nacional del Agua (ANA) y Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología más conocido como el SENAMHI.

1.5.3. Social y económico

El proyecto se realizó en la microcuenca de Higuera con una comparación del caudal medio mensual existente en una estación de aforo con respecto al caudal medio mensual calculado aplicando el modelo Lutz Scholz, con el cual se obtendrán datos más aproximados y confiables, esto será de importancia porque va a permitir conocer los posibles caudales, así mismo esta información es de gran utilidad para las autoridades ya que podrán tomar las acciones correspondientes con fines de planificación hidráulica por los posibles impactos positivos y negativos de los eventos máximos en bien de la población de Huánuco.

1.6. Limitaciones de la investigación

Escasez de investigaciones en el ámbito local, para la contrastación de las hipótesis de dichas investigaciones vs los resultados logrados productos de la presente investigación.

La obtención de información climatológica registrado por el SENAMHI dirección zonal No. 10 – Huánuco tanto dentro de la microcuenca como fuera de ella, tiene un costo promedio de S/ 44.75 por año y por la

cantidad de datos que se va a requerir es una limitante económica para efectuar la presente investigación.

El SENAMHI no cuenta con registros de medición de caudales medio mensuales anteriores al año 2017 en la estación hidrométrica considerada para el presente estudio denominada río Higueras, asimismo cabe mencionar que tampoco cuenta con caudales medio mensuales de los años 2019, 2020 y 2021; por ende, lo mencionado anteriormente representa una limitación para el desarrollo de esta investigación, razón por la cual no se desarrolló esta investigación en un mayor periodo de tiempo.

1.6.1. Delimitación

Delimitación espacial, el presente estudio se encuentra delimitada en la microcuenca del río Higueras y presenta como cuello de la microcuenca a la estación hidrométrica considerada para el presente estudio denominada río Higueras dicha estación pertenece al SENAMHI, la microcuenca considerada para el presente estudio tiene un área de 70406.92 Ha, perímetro 154.69 Km, cota mínima de 1900 m.s.n.m y una cota máxima de 4450 m.s.n.m.

Delimitación temporal, la presente investigación se desarrolló para un periodo de 2 años correspondientes a los años 2017 y 2018, para lo cual se obtuvo información hidrométrica respecto al caudal medio mensual e información pluviométrica respecto a la precipitación total mensual, dicha información brindada por el SENAMHI va hacer posible que podamos comparar los caudales medio mensuales hallados aplicando el método Lutz Scholz vs los caudales medio mensuales existentes en la estación hidrométrica considerada para el presente estudio denominado río Higueras.

1.7. Viabilidad de la Investigación

Las dimensiones pertenecientes a la viabilidad del estudio, cumplen satisfactoriamente y son:

1.7.1. Viabilidad metodológica

Se empleó el método científico para el progreso del presente estudio, ya que presenta un alcance descriptivo - comparativo, que permitió al investigador identificar las diferencias del resultado de los caudales medio mensuales hallados aplicando el método Lutz Scholz vs los caudales medio mensuales en una estación hidrométrica en la microcuenca considerada para el presente estudio denominada río Higueras, Huánuco 2017 – 2018, dichos resultados deberán ser descritos y luego comparados (Hernández & et al, 2010) con los caudales de aforo efectuados con el limnómetro. Así mismo se empleó el método analítico que representa la fragmentación de una totalidad, separándolo en elementos para estudiar las causas, la naturaleza y los efectos. (Eumed.net, s. f.), luego este modelo será aplicado en otras microcuencas que no tienen aforos con limnómetro o que no cuenten con estaciones hidrométricas.

1.7.2. Accesibilidad

Se logró las regulaciones correspondientes con el Servicio Nacional de Meteorología - Hidrología Huánuco (SENAMHI) dirección zonal No. 10 - Huánuco, para acceder a la información fidedigna y contar con el acceso a la información necesaria para el avance del presente estudio, por ende, esta dimensión se considera viable.

1.7.3. Recursos

- Recurso material. Se entregaron y distribuyeron todos los materiales necesarios para el adecuado desarrollo del presente estudio; por ende, su viabilidad es evidente.
- Potencial humano. Se tuvo todos los conocimientos adecuados para levantar y procesar la información necesaria para ejecutar el estudio; por esa razón, en torno al potencial humano se declara viable.

CAPITULO II

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de la investigación

Con respecto a estudios relacionados a la presente investigación que trata sobre la comparación de caudales medio mensuales hallados aplicando el método de Lutz Scholz vs los caudales medio mensuales existentes en una estación hidrométrica, pues a la fecha no se tiene muchas referencias bibliográficas respecto al tema de investigación; sin embargo, existen ciertos antecedentes relacionados al presente estudio lo cual nos da cierta esperanza para llevar a cabo dicho estudio.

2.1.1. Nivel internacional

Poveda & et al (2002). *Predicción de caudales medios mensuales en ríos colombianos usando métodos no lineales* (tesis de maestría). Universidad Nacional de Colombia, Medellín, Colombia. La investigación tiene como finalidad generar energía eléctrica en Colombia aplicando distintos métodos no lineales correspondiente a la predicción de caudales medio mensuales como son MARS, redes neuronales (ANN), regresión lineal múltiple (RLM) y PREBEO, en base a la evaluación de 5 ríos, los cuales tienen los siguientes nombres: Betania, Nare Salvajina, Alicachín, Guavio y San Carlos, toda esta investigación se llevará a cabo usando ventanas de predicción de mediano y largo plazo de 3, 5 y 12 meses respectivamente.

Generalmente los resultados aplicando métodos no lineales son superiores a los resultados aplicando métodos lineales markovianos motivo por el cual se usaron los métodos no lineales en el presente estudio ya que incluyen la persistencia hidrológica y la influencia de fenómenos macro climáticos como ENSO, QBO, NAO, etc. El método PREVEO es una de las metodologías más usadas para la predicción de caudales basados en la transformación de onditas y se aplica para descomponer las señales en las bandas frecuenciales las cuales son

particularidades de la variabilidad temporal de la hidroclimatología de Colombia.

Primero se aplicó todos los métodos no lineales considerados para el estudio, segundo se cuantifico los errores de predicción, tercero se compara el desempeño de los modelos mediante medidas de error de pronóstico en la validación, cuarto se dividen y analizan los resultados por terciles de la distribución de probabilidad acumulada y por último se cuantifica la bondad del pronóstico en pie del error cuadrático medio, de todo lo mencionado anteriormente se concluyó que el método PREVEO es el más óptimo ya que da los mejores pronósticos, presenta valores menores de los errores de predicción, tiene versatilidad de uso, presenta capacidad predictiva, y porque es superior a los resultados obtenidos al aplicar las otras metodologías no lineales.

González & Banderas (2015). *Estudio Comparativo de Tres Metodologías para el Manejo y Cálculo de Caudales Ambientales en el Río Santiago, Nayarit, México*. Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, México. La investigación tiene por objetivo comparar tres métodos para calcular los caudales ambientales en el río Santiago dependiendo en parte de la conductividad, oxígeno, sólidos disueltos, vegetación del río Santiago, velocidad de la corriente y profundidad, de los cuales una vez realizado el estudio se determinó que la velocidad de la corriente, la profundidad y el sustrato fueron las variables que más potenciaron el porcentaje de variación de las tres metodologías; la primera es el método Tennant cuyo objetivo es el cálculo de los caudales ambientales para lo cual se considerará los promedios mensuales y anuales en un periodo de tiempo de 10 años anteriores a la construcción de la presa y la variación climatológica estacional, el segundo es el método simulación del hábitat cuyas siglas son PHABSIM, aplicado para la regulación en las presas Aguamilpa y San Rafael con el fin de determinar la cantidad de hábitat cuando el flujo en el río Santiago cambia, el tercero es el método análisis multivariados el cual tiene por objetivo calcular los escenarios de caudal óptimo y describir el hábitat pluvial para las

especies del río Santiago en base a los análisis multivariados de componentes principales y clusters.

2.1.2. Nivel nacional

Cruz & Romero (2018). *Análisis comparativo de los modelos lluvia escorrentía: gr2m, Témez y Lutz-Scholz aplicados en la subcuenca del río Callazas* (tesis de grado). Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, Lima, Perú. El estudio tuvo como finalidad determinar qué modelo presenta el mejor comportamiento ante el proceso de transformación de lluvia a escorrentía para lo cual realizó un análisis de comparación de los modelos GR2M, Témez y Lutz Scholz en la subcuenca del río Callazas, teniendo en cuenta ciertos criterios estadísticos como la eficiencia hidrológica y el coeficiente de Nash, este estudio determinó que el modelo que presenta el mejor funcionamiento es el modelo GR2M, con un resultado de 0.85, seguido del modelo Lutz Scholz con 0.78 y por último el modelo Témez con 0.52.

Najarro (2015). *Calibración del modelo Lutz Scholz y generación de caudales extendidos aplicado a la cuenca del río Chacco* (tesis de grado). Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, Ayacucho, Perú. La tesis tuvo como objetivo calibrar los parámetros del modelo considerado en el presente estudio y generar caudales mensuales medio en la cuenca del río Chacco, para lograr este objetivo se tuvo que seguir un procedimiento, se determinó las propiedades morfométricas, se identificó las estaciones pluviométricas en el área de estudio obteniendo los registros de precipitación promedio mensual y los registros de caudales en la estación hidrométrica ubicada en el puente Chacco, con la finalidad de aplicar el modelo considerado para el presente estudio denominado Lutz Scholz y así generar caudales mensuales medio en la cuenca de estudio, para lo cual se desarrolló tanto en el componente determinístico para calcular caudales mensuales medio en el año promedio, como en el componente estocástico para la generación sintética de caudales, obteniendo la ecuación de caudal $Q_t = 20.539 -$

$0.105Q_{t-1} + 0.597P_e + S$, el coeficiente de determinación R^2 y 0.54 de nivel de significancia.

Julcamoro (2017). *Evaluación de la disponibilidad del recurso hídrico en la microcuenca del río el Tuyo en el distrito de Catilluc, provincia de San Miguel – Cajamarca, 2017* (tesis de grado). Universidad Nacional de Cajamarca, Cajamarca, Perú. La investigación tiene como fin evaluar la disponibilidad del agua en la microcuenca considerada para el presente estudio denominada río el Tuyo, usando el modelo Lutz Scholz, para lo cual se tuvo que seguir un debido procedimiento donde se analizó la información hidrológica y cartográfica a través de parámetros estadísticos, dicho procedimiento se llevó a cabo para el cálculo de un caudal apto para el diseño y así aplicar el modelo Lutz Scholz cuya función fue convertir la precipitación media mensual en caudal medio mensual haciendo uso de la precipitación efectiva, gasto de retención hídrica y abastecimiento de retención de la microcuenca, de modo que la relación entre el caudal medio mensual y la precipitación sea directa es decir que ambos serán menores en meses de estiaje y mayores en meses de lluvia. De la investigación se dedujo que el modelo Lutz Scholz en este estudio presenta ciertas restricciones respecto a la geomorfología de la microcuenca ya que el caudal en los meses de marzo fue de $2.75 \text{ m}^3/\text{seg}$ y abril fue de $1.88 \text{ m}^3/\text{seg}$. La conclusión del estudio fue que se puede lograr caudales medio mensuales que superen la masa anual media de $10.53 \text{ m}^3/\text{seg}$ en un periodo de retorno de 5 años.

Quispe (2014). *Generación de caudales medios mensuales en la cuenca del río Huancané mediante un modelo paramétrico* (tesis de grado). Universidad Nacional del Altiplano. Puno, Perú. El estudio tiene por finalidad generar los caudales medio mensuales haciendo uso de un modelo paramétrico en la cuenca del río Huancané para un periodo de 47 años, el presente estudio usó el modelo denominado SEAMOD, para lo cual se tuvo que seguir un adecuado procedimiento donde se ubica las estaciones pluviométricas dentro de la cuenca de estudio; se analiza

las características geomorfológicas e hidrológicas de la cuenca, con el cual se determinan las variables y parámetros del modelo a usar; se examina la información hidrometeorológica; se analiza el periodo de 47 años en el cual 25 años se usaron para el proceso de calibración y 22 años para el proceso de validación y generación de caudales del modelo, dicho procedimiento se efectuó para aplicar el modelo SEAMOD en la cuenca de estudio.

Esta investigación nace a raíz de la escases de registros de variables hidrometeorológicas en el Perú, razón por la cual se requiere del uso de técnicas y modelos para comprender el comportamiento espacial y temporal de dichas variables, en este estudio se usó el modelo SEAMOD y la técnica de Rosenbrock para determinar los parámetros más óptimos teniendo en cuenta la información hidrometeorológica y la característica física de la cuenca del río Huancané. Se dedujo del estudio que el modelo usado es perfecto para determinar caudales en cualquier punto del área de estudio ya que se obtuvo una correlación de 0.81, asimismo se llegó a la conclusión que en el análisis de bondad calculados por las pruebas estadísticas T y F, no existen diferencias estadísticamente significativas entre la media y la desviación estándar, con una probabilidad del 95%.

Mamani (2015). *Generación de descargas medias mensuales de la cuenca del río Coata mediante el método determinístico - estocástico Lutz Scholz* (tesis de grado). Universidad Nacional del Altiplano, Puno, Perú. La investigación tiene como objetivo generar caudales medio mensuales haciendo uso de un método determinístico estocástico en la cuenca de estudio conocida con el nombre de río Coata para un periodo de 45 años, el presente estudio uso el método denominado Lutz Scholz, su población está constituida por 06 estaciones meteorológicas (Santa Lucia, Lampa, Pampahuta, Cabanillas, Quillisani y Juliaca) y 01 estación de aforo de caudal medio mensual (puente Unocolla), para el desarrollo del presente estudio se seguirá un adecuado procedimiento donde se hizo una comparación estadística de los caudales medio mensuales generados y los caudales de la estación de aforo; se analizó los saltos

en el histograma, en el cual se determinó que no presenta saltos; se analizó la consistencia de la información pluviométrica, en el cual se determinó que los registros históricos de precipitación media mensual y anual de las estaciones meteorológicas son consistentes y homogéneos; dicho procedimiento se llevó a cabo para aplicar el método Lutz Scholz. De los resultados se dedujo que la media de los caudales medio mensuales generados y la media de los caudales medio mensuales aforado son estadísticamente iguales, asimismo sucede con la desviación estándar son estadísticamente iguales.

Herrera (2015). *Generación y calibración de caudales medios mensuales mediante el modelo gr2m, en la cuenca del río Coata* (tesis de grado). Universidad Nacional del Altiplano, Puno, Perú. La investigación tiene como objetivo generar caudales medio mensuales y calibrar dichos caudales haciendo uso de un modelo considerado para el presente estudio en la cuenca del río Coata y en la microcuenca del río verde para un periodo de 48 años, el presente estudio uso el modelo denominado GR2M, su población está constituida por 14 estaciones meteorológicas (Llally, Ayaviri, Pucara, Pampahuta, Cabanillas, Quillisani, Lampa, Juliaca, Crucero alto, Santa Lucia, Paratia, Ichuña, Capachica y Condoroma) y 02 estaciones hidrométricas (puente Coata – Unocolla y puente río Verde), cabe recalcar que en este estudio también se usó el método Lutz Scholz para efectuar la comparación de eficiencias para lo cual se tuvo en consideración el análisis de la información hidrometeorológica donde se determinó que este estudio no presenta saltos ni tendencias en los registros históricos por lo cual se procedió a completarlos y extenderlos; posteriormente se determinó las eficiencias con el estadístico Nash – Sutcliffe tanto en la calibración como en la validación del modelo GR2M en la cuenca del río Coata así como también en la microcuenca del río Verde dando como resultado eficiencias mayores al 50%, llegando a la conclusión que tanto el modelo GR2M como el modelo Lutz Scholz son óptimos para la generación de caudales.

Ticona (2013). *Implementación de redes neuronales en el modelo de generación de caudales de Scholz aplicado en cuencas hidrográficas del Perú* (tesis de grado). Universidad Nacional de Ingeniería, Lima, Perú. La investigación tiene como objetivo implementar el modelo considerado en el presente estudio aplicando los principios de una red neuronal en las cuencas hidrográficas del Perú, la población está constituida por cuatro cuencas ubicadas en el altiplano sur, selva sur y selva norte. Esta investigación nace a raíz de la falta de información hidrometeorológica para generar caudales por lo cual se hará uso del método de Scholz, para el desarrollo del presente estudio se seguirá un adecuado procedimiento donde se obtiene la precipitación acumulada mensual, se estima la precipitación efectiva con el método USBR, se calcula el coeficiente de escurrimiento llevando a cabo dicho procedimiento con la finalidad de obtener los coeficientes de la ecuación de balance hídrico. De la investigación se llegó a la conclusión que las redes neuronales mejoran los resultados de los caudales obtenidos en un inicio con el modelo de Scholz.

2.2. Bases teóricas

2.2.1. La cuenca hidrográfica

Najarro (2015), afirma que “La cuenca hidrográfica es una superficie delimitada de forma natural, donde toda precipitación ocurrida en esa superficie delimitada va generar un caudal de salida a un único punto de drenaje. Las cuencas hidrográficas también son unidades fundamentales donde ocurre el fenómeno físico de la transformación de precipitación en escorrentía presentando un comportamiento complejo, esta transformación dependerá del tipo de suelo, ubicación, uso de suelo y cobertura, etc. Las cuencas hidrográficas están formadas por una gran cantidad de superficie por ende presentan parámetros de dimensiones mayores, y su análisis dependerá del uso del sistema de información geográfica (SIG), la cual es de importancia para la obtención de los parámetros e indicadores principales de la cuenca” (p. 8).

Julcamoro (2017), afirma que “el funcionamiento de una cuenca es similar a la de un colector, ya que toda la precipitación pluvial recibida la transforma en escurrimiento, esta transformación va a generar pérdidas de agua y esta pérdida de agua dependerá de las condiciones climatológicas y características físicas de la cuenca, cabe mencionar que cuencas vecinas que presentan las mismas condiciones climáticas pueden llegar a tener regímenes de flujo totalmente distintos esto debido a los parámetros geomorfológicos” (p. 15).

2.2.2. Modelos hidrológicos

Al respecto, Quispe (2014), manifiesta que un modelo es la representación aproximada de un sistema real, por ende, un modelo hidrológico se define como la representación aproximada del ciclo hidrológico.

Un modelo hidrológico se presenta en dos clases: modelo físico, se encarga de representar a escala el ciclo hidrológico y modelo abstracto, representa al ciclo hidrológico en forma matemática.

El modelo abstracto o también conocido como modelo matemático desde el punto de vista de la hidrología se define como una ecuación del sistema hidrológico encargado de relacionar las variables de entrada y de salida; asimismo el modelo abstracto es de suma importancia en la práctica, ya que estudiando la operación del sistema hidrológico y conociendo las entradas es posible predecir su salida; las variables pueden ser funciones del tiempo o espacio así como también pueden ser variables probabilística o aleatorias y más aun tratándose de la lluvia como variable de entrada que es un fenómeno altamente aleatorio (Citado en Vásquez, 1997, p. 5).

Cabe recalcar que un modelo practico generalmente es aquel que considera una o dos fuentes de variación, pero solo en algunos casos idealizados los fenómenos hidrológicos varían con las tres dimensiones del tiempo y espacio, y de manera simultánea con las cinco fuentes de variación (aleatoriedad, tres dimensiones, tiempo).

Los modelos hidrológicos pueden clasificarse teniendo en cuenta las formas en que se lleva a cabo esta simplificación, existiendo tres decisiones que deben tomarse en cuenta: ¿las variables del modelo serán o no aleatorias?, ¿las variables del modelo variarán en el espacio o serán uniformes?, ¿las variables del modelo variarán en el tiempo o serán constantes?

Igualmente Quispe (2014), indica que “un modelo del sistema hidrológico es una aproximación al sistema real, donde las variables de entrada y salida pueden ser valoradas y su estructura está compuesta por un conjunto de ecuaciones encargadas de relacionar las entradas y salidas” (Citado en Chow, 1994, p. 5).

Clasificación de modelos hidrológicos

Al respecto, Chow (1994), manifiesta que “los modelos hidrológicos se presentan en dos categorías” (Citado en Quispe, 2014, pp. 5-9):

a. Modelos físicos

Estos modelos son aquellos que representan a escala el ciclo hidrológico, es decir representan en una escala reducida al sistema hidrológico; por ejemplo, el modelo hidráulico del vertedero de una presa, modelos análogos que vienen a ser aquellos que utilizan otro sistema físico, pero presentan propiedades semejantes a las del prototipo.

b. Modelos Abstractos

Los modelos abstractos representan al ciclo hidrológico en forma matemática, estos modelos están definidos como una ecuación del sistema hidrológico encargado de relacionar las variables de entrada y de salida, dichas variables pueden ser funciones del tiempo o espacio, así como también pueden ser variables probabilísticas o aleatorias y más aun tratándose de la lluvia como variable de entrada que es un fenómeno altamente aleatorio.

2.2.3. Método Lutz Scholz para generación de caudales medios mensuales

Este método fue desarrollado en los años de 1979 – 1980 por el científico alemán cuyo nombre es Lutz Scholz por lo cual se denomina método de Lutz Scholz exclusivamente para cuencas de la sierra peruana que no cuenten con suficiente información hidrométrica en cooperación técnica de la Republica de Alemania a través del Plan Meris II.

En el presente estudio el método de Lutz Scholz es fundamental porque nos va a permitir calcular los caudales medio mensuales para compararlo con los caudales medio mensuales existentes en una estación hidrométrica considerada para el presente estudio denominada rio Higueras y ver si dichos caudales coinciden o no coinciden, a continuación, se indicarán definiciones relacionadas a dicho método:

Najarro (2015) afirma que “a raíz de la falta de registros históricos en las estaciones hidrométricas de los ríos de la sierra peruana surge la idea de este modelo utilizado fundamentalmente para estimar caudales medio mensuales, es por eso que los textos considerados en las referencias bibliográficas son nacionales asimismo los reportes técnicos se obtienen de entidades nacionales encargadas de la implementación para el aprovechamiento racional de los recursos hídricos, entre estas entidades tenemos: el Ministerio de Agricultura, el Servicio Nacional de Metereología e Hidrología del Perú y la Autoridad Nacional del Agua” (p. 9, 11).

Para la implementación del modelo los procedimientos a seguir son los siguientes:

1. Cálculo de los parámetros morfométricos y estocásticos necesarios donde suceden los hechos que producen una escorrentía promedio.
2. Se estableció modelos parciales de los parámetros para la obtención de caudales en cuencas que no cuentan con una estación o información hidrométrica.
3. Se calibró el modelo y se genera caudales extendidas a través de un proceso Markoviano teniendo en cuenta la precipitación efectiva del mes actual con el caudal del mes anterior.

Ticona (2013) señala que a causa de la ausencia de registros históricos de caudal en ríos de la sierra peruana, surge la idea de este modelo Lutz Scholz implementado con el fin de pronosticar caudales medio mensuales; asimismo, es un modelo combinado porque está compuesto de dos estructuras, estructura determinista porque se encarga de calcular los caudales mensuales para el año promedio (balance hídrico – modelo determinístico) y estructura estocástica porque va a generar series extendidas de caudal (proceso Markoviano – modelo estocástico); estos modelos se desarrollan teniendo en cuenta parámetros físicos y meteorológicos de la cuenca, los cuales pueden obtenerse mediante mediciones cartográficas y de campo; dichos parámetros sirven para calcular la precipitación efectiva; cabe señalar que el modelo de Lutz Scholz tuvo su uso inicial en proyectos de riego para posteriormente ser usados en estudios hidrológicos para diversos tipos de proyectos (p. 25).

Asimismo, señala ciertos parámetros a considerar (pp. 25-31):

a. Metodología del modelo

➤ **Ecuación general del Balance hidrológico del modelo**

Esta ecuación tiene por objetivo obtener los parámetros de escorrentía del año promedio en la cuenca de estudio teniendo en cuenta la información procesada pluviométrica del entorno geográfico cercano o similar, para este objetivo se aplicará el método de balance hídrico mensual propuesto por Fisher y se expresa en mm/mes, la ecuación presenta la siguiente forma:

$$\boxed{CM_i = P_i - D_i + G_i - A_i} \dots\dots\dots (I)$$

A continuación, se detallará cada uno de los elementos de la ecuación:

CM i: caudal mensual (mm/mes)

P i: precipitación total mensual (mm/mes)

D i: déficit de escorrentía (mm/mes)

G i: aporte del acuífero punto de salida (mm/mes)

A_i : abastecimiento del acuífero punto de entrada (mm/mes)

En el hipotético caso que el aporte sea igual al abastecimiento de acuíferos la retención de la cuenca será la misma para el año promedio; por ende, reemplazamos $P_i - D_i$ por PE_i , y la ecuación fundamental del balance hídrico por meses será de la siguiente forma:

$$CM_i = PE_i + G_i - A_i \dots\dots\dots (II)$$

De la fórmula anterior, se detallará el nombre del elemento indicado a continuación:

PE_i : precipitación efectiva mensual (mm/mes)

➤ **Precipitación sobre la cuenca**

Uno de los parámetros meteorológicos más importantes es la precipitación, la cual se origina por las corrientes húmedas que suben a la atmosfera a través de la evaporación, en la atmosfera las temperaturas predominantes son frías, por tanto, este choque de temperaturas provoca la caída de lluvias por efecto del enfriamiento brusco. Las lluvias pueden ser solidas o liquidas siempre que varíen entre los 3500 a 5000 m.s.n.m, por lo general las alturas y precipitaciones guardan cierta relación por eso se cumple que a alturas mayores las precipitaciones son sólidas.

En la presente investigación, el método Thiessen se utilizó para determinar la precipitación promedio en la cuenca, donde las estaciones pluviométricas pertenecientes a la cuenca de estudio tendrán sus correspondientes áreas de influencia, de acuerdo con la metodología usada en el Plan Meris II.

➤ **Tratamiento de datos meteorológicos**

En este tratamiento se efectuará el análisis de consistencia de la información, en consideración con los registros hidrometeorológicos disponibles, los cuales son: precipitación total y caudal medio mensual de cada una de las estaciones pluviométricas que se encuentran ubicadas tanto dentro como fuera de la cuenca de estudio.

En la presente investigación, la información hidrometeorológica de la microcuenca de Higuera empleadas en este estudio fue obtenida de SENAMHI- Zonal 10 Huánuco, Ucayali y Loreto (parte sur), mediante una solicitud de compra exclusivo para esta investigación.

➤ **Análisis de consistencia de la información**

Se analizará la consistencia de la información de todas las estaciones pluviométricas.

En la presente investigación se analizarán todas las estaciones pluviométricas; tanto las que se encuentran dentro de la microcuenca de estudio siendo este el caso de la estación CO Jacas chico, como las que se encuentran fuera de dicha microcuenca siendo este el caso de las estaciones CO Huánuco, CO Yanahuanca, CO Carpi y CO Dos de mayo.

Análisis de doble masa

El análisis permite la identificación de algunos saltos, es decir se encarga de separar los periodos que presentan información confiable de los periodos que presentan información deficiente, el análisis se desarrollará teniendo en cuenta los siguientes pasos:

- Se calcula los datos de precipitación total y los datos de caudales medio acumulados ambos mensuales de todas las estaciones pluviométricas consideradas para el estudio de una cuenca y se obtiene la estación promedio.
- Luego se obtiene las figuras de doble masa correspondientes a la relación de los datos de precipitación mensual acumulada y de la estación promedio del grupo, contra los datos de cada una de las estaciones pluviométricas pertenecientes al estudio de una cuenca.
- Se selecciona la estación modelo, quien es aquella que presente menores saltos dentro de cada grupo.
- Se realiza las figuras de doble masa de todas las estaciones pluviométricas consideradas para el estudio de la cuenca contra los

datos de la estación modelo, en caso que presente quiebres bruscos, se contrastará con otras estaciones de modo podamos identificar de manera adecuada y correcta la confiabilidad de la estación modelo en dicho período. Cabe mencionar que en el presente estudio no se realizó ninguna corrección a la estación modelo.

Análisis estadístico

Este análisis está definido como un proceso de inferencia que se encarga de relacionar el comportamiento homogéneo de la media y varianza de los diferentes periodos de información, este proceso se logra haciendo uso de las pruebas estadísticas T Student y F de Fisher con la finalidad de establecer a un nivel de significancia del 95% si existe diferencia estadística entre la media y desviación estándar de los dos periodos de información considerados; cabe mencionar para estas pruebas se consideran los parámetros estadísticos T_c y F_c , los cuales están definidos como descriptores del comportamiento encargado de la relación de las muestras de longitud N_1 y N_2 de los periodos en análisis. Los valores de T_c y F_c se comparan con los valores teóricos límites esperados los cuales son obtenidos de las tablas estadísticas a una probabilidad del 95% y aun nivel de significancia del 5%, estos presentaran $N_1, N_2, 2$ grados de libertad para la prueba T Student y $N_1 + N_2 - 1$ grados de libertad para la prueba F de Fisher; de lo mencionado anteriormente se deduce que si $|T_c| < T_t$ y $F_c < F_t$, esto quiere decir que el salto de la media y desviación estándar no es significativo aunque presente quiebres en el diagrama de doble masa, pero si el resultado es todo lo contrario a lo anteriormente mencionado, se deberá realizar las correcciones necesarias.

Análisis de tendencias

Para determinar las tendencias lineales se tendrá que estudiar la relación que existe entre el coeficiente de correlación lineal respecto la precipitación total mensual y anual, con la finalidad de verificar si dicha relación resulta significativa o no, para esto se tendrá que realizar una comparación entre el estadístico T de Student a un nivel de significancia

del 95% y con N – 2 grados de libertad donde N viene a ser el número de años de registro y el estadístico calculado T c, siempre y cuando se cumpla que T c < T t, aun nivel de significancia del 5 % y con N – 2 grados de libertad, de lo mencionado anteriormente se deduce que “ r “ no es significativamente diferente de cero, por ende, la tendencia no existe.

➤ **Cálculo de la precipitación efectiva**

La precipitación efectiva está definida como el agua de lluvia que genera el escurrimiento superficial, para este cálculo se prefirió optar por el método United States Bureau of Reclamation (USBR); asimismo cabe indicar que la precipitación efectiva es de importancia para el cálculo del coeficiente de escurrimiento promedio, el cual está definido como la relación que existe entre la precipitación efectiva respecto la precipitación total.

La tesis tiene como fin explicar y analizar la comparación de caudales medio mensuales hallados aplicando el método Lutz Scholz y una estación hidrométrica, en la microcuenca del río Higuera, Huánuco 2017 - 2018; aquí es donde viene a tallar la precipitación efectiva en la microcuenca Higuera el cual se efectuará mediante los métodos aritméticos, de isoyetas y de Thiessen.

Para el desarrollo de la investigación es importante calcular la precipitación efectiva, dicho calculo será más fácil si primero se determina un polinomio de quinto grado, el cual presenta la siguiente forma:

$$PE = a_0 + a_1 P + a_2 P^2 + a_3 P^3 + a_4 P^4 + a_5 P^5 \dots\dots\dots(III)$$

A continuación, se indicará el nombre de cada uno de los elementos pertenecientes a la fórmula antes mencionada:

PE: precipitación efectiva (mm/mes)

P: precipitación total mensual (mm/mes)

a_i: coeficiente del polinomio.

En el siguiente cuadro, se muestran tres tipos de curvas denominadas curva I, curva II y curva III para los coeficientes a_i, que hacen posible alcanzar cada valor del coeficiente de escurrimiento “C”, el cual está predeterminado entre 0.15 y 0.45 por interpolación.

Tabla 01. Coeficientes a_i del polinomio de quinto grado

Coeficientes	Curva I	Curva II	Curva III
a ₀	-0.018	-0.021	-0.028
a ₁	-0.0185	0.1358	0.2756
a ₂	0.001105	-0.002296	-0.004103
a ₃	-1.204E-05	4.349E-05	5.534E-05
a ₄	1.44E-07	-8.90E-08	1.24E-07
a ₅	-2.85E-10	-8.79E-11	-1.42E-09

Fuente: Plan Meris II, 1980

Los polinomios que se usarán para calcular la precipitación efectiva presentan un límite de aplicación, y en el siguiente cuadro, se aprecian los valores límite superiores para la precipitación efectiva.

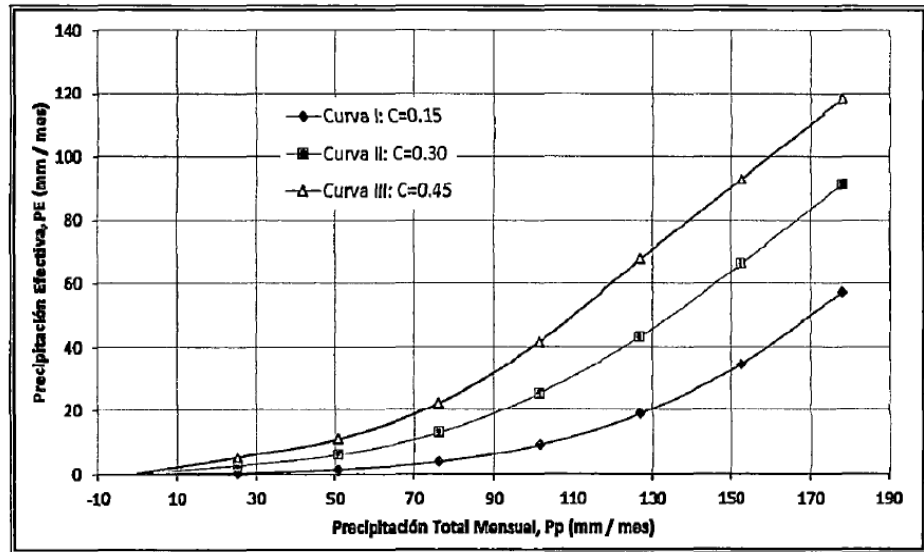
Tabla 02. Límite superior para la precipitación efectiva (PE)

Curva #	Ecuación	Rango
CURVA I	PE = P - 120.6	P >= 177.8 mm / mes
CURVA II	PE = P - 86.4	P >= 152.4 mm / mes
CURVA III	PE = P - 59.7	P >= 127.0 mm / mes

Fuente: Plan Meris II, 1980

En el siguiente Figura, se observa la relación que existe entre la precipitación efectiva y la precipitación total, en base al coeficiente de escurrimiento, según el método USBR.

Figura 01. Curvas de la precipitación efectiva que produce escurrimiento



Fuente: (Ticona, 2013 p. 30)

El volumen anual de la precipitación efectiva será igual al caudal anual en la cuenca o microcuenca correspondiente siempre y cuando exista relación entre la precipitación efectiva y precipitación total, de lo mencionado anteriormente se refleja en la siguiente fórmula:

$$C = \frac{Q}{P} = \sum_{i=1}^{12} \frac{PE_i}{P} \quad \dots \dots \dots (IV)$$

A continuación, se mencionará a cada uno de los elementos correspondientes a la fórmula del coeficiente de escurrimiento:

C: coeficiente de escurrimiento.

Q: caudal anual.

P: precipitación total anual.

PE i: precipitación efectiva mensual

El modelo cuenta con parámetros mencionados anteriormente de los cuales los más importantes serán detallados a continuación:

Precipitación efectiva

Es parte de la precipitación, que discurre por la superficie o subsuperficie de la tierra convertida en caudal que es la fuente de agua u oferta de agua que ofrece una cuenca.

a). Coeficiente de escurrimiento

El coeficiente de escurrimiento está definido como la relación que existe entre la precipitación efectiva respecto la precipitación total, para este cálculo se optó por fórmula de L. Turc:

$$C = \frac{P - D}{P} \dots\dots\dots (V)$$

A continuación, se indicará el nombre de cada uno de los elementos correspondientes a la fórmula antes mencionada:

C: coeficiente de escurrimiento (mm/año)

P: precipitación total anual (mm/año)

D: déficit de escurrimiento (mm/año)

Para obtener el coeficiente de escurrimiento se tendrá que determinar el valor de "D" para lo cual se hará uso de la siguiente expresión:

$$D = P \frac{1}{\left(0.9 + \frac{P^2}{L^2}\right)^{\left(\frac{1}{2}\right)}} \dots\dots\dots (VI)$$

De la expresión del déficit de escurrimiento se indicará el nombre de cada uno de sus elementos:

L: coeficiente de temperatura

T: temperatura media anual (°C)

$$L = 300 + 25(T) + 0.05(T)^3 \dots\dots\dots (VII)$$

b). Coeficiente de agotamiento

El coeficiente de agotamiento "a" es de importancia para el cálculo de los caudales medio mensuales y se determinará teniendo en cuenta los datos hidrométricos, cabe indicar que el coeficiente de agotamiento oscila alrededor de un promedio por lo que no es constante durante la estación seca, en algunos casos se puede desprestigiar la variación del coeficiente de agotamiento por lo cual se hará uso de un valor promedio del dicho coeficiente; asimismo este coeficiente presenta una dependencia del área de una cuenca y lo expresa en forma logarítmica.

El agotamiento rápido se produce, por la retención entre 50 y 80 mm/año cuando la vegetación es poco desarrollada (puna).

Así tenemos la siguiente ecuación para el coeficiente de agotamiento:

$$a = -0.00252 * LnAR + 0.030 \dots\dots\dots (VIII)$$

A continuación, se mencionará cada uno de los elementos de la ecuación anterior:

a: coeficiente de agotamiento por día.

AR: área de cuenca de estudio.

c). Almacenamiento Hídrico

El almacenamiento hídrico es aquel encargado de producir el efecto de retención en la cuenca de estudio y se expresan en milímetros sobre dicha cuenca; entre los almacenes naturales se pueden distinguir tres tipos con mayor importancia:

- Los acuíferos
- Las lagunas y pantanos
- Los nevados

Los valores del almacenamiento hídrico producido por el efecto de la retención en la cuenca son recomendados por el Modelo elaborado por Plan Meris II (Misión Técnica Alemana) más conocido como modelo Lutz Scholz y a continuación tenemos un cuadro de resumen:

Tabla 03. Almacenamiento hídrico

TIPO	LAMINA ACUMULADA mm/año		
NAPA FREÁTICA	Pendiente de la cuenca		
	2%	8%	15%
	300	250	200
LAGUNAS, PANTANOS	500		
NEVADOS	500		

Fuente: PLAN MERIS II - Generación de caudales mensuales en la sierra peruana
- LUTZ SCHOLZ.

d). Gasto de la retención hídrica (Gi)

La contribución mensual de la retención para la estación seca se calcula experimentalmente teniendo como base los datos históricos de la cuenca en estudio, mediante la siguiente fórmula: (Aguirre M., 1999).

$$G_i = \left(\frac{b_i}{\sum_{i=1}^m b_i} \right) \times R \dots\dots\dots (IX)$$

De la fórmula mencionada anteriormente se indicará el nombre de cada uno de sus elementos:

G i: gasto de retención hídrica respecto al mes i (mm/mes).

R: retención de la cuenca (mm/año)

m: número de meses de estiaje.

B i: coeficiente de gasto de retención hídrica.

f). Abastecimiento de la retención de la cuenca (Ai)

Este abastecimiento está definido como el volumen de agua que retiene la cuenca de estudio durante la época de lluvias; teniendo como fin alimentar las aguas del rio en épocas de estiaje para lo cual almacena de forma natural el agua en acuíferos, lagunas, pantanos y nevados como reserva hídrica.

La lámina de agua que entra en la reserva de la cuenca se muestra en forma de un déficit mensual de la precipitación efectiva mensual, su cálculo se realiza mediante la siguiente ecuación:

$$A_i = a_i R \dots\dots\dots (X)$$

De la ecuación mencionada anteriormente se indicará el nombre de cada uno de sus elementos:

A_i: abastecimiento de la retención respecto al mes *i* (mm/mes).

a_i: coeficiente de abastecimiento.

R: retención de la cuenca (mm/año).

i: mes del año, de 1 a 12.

Coeficientes de almacenamiento hídrico durante la época de lluvias.

Tabla 04. Límite Valores de “coeficiente de abastecimiento” en porcentaje.

REGION	Ene	Feb	Mar	Oct	Nov	Dic	Σ
CUZCO	40	20	0	0	5	35	100
HUANCAVELICA	30	20	5	10	0	35	100
JUNIN	30	30	5	10	0	25	100
CAJAMARCA	20	25	35	25	-5	0	100

Fuente: Generación de caudales mensuales en la sierra peruana – Programa nacional de pequeñas y medianas irrigaciones – Plan Meris II, marzo 1980.

g). Caudal mensual para el año promedio

La lámina de agua correspondiente al caudal mensual para el año promedio se determina mediante la ecuación del balance hídrico sobre la base de la precipitación efectiva, gasto de retención hídrica y abastecimiento de retención de la cuenca de estudio.

$$CM_i = PE_i + G_i - A_i \dots\dots\dots (XI)$$

A continuación, se detallará el nombre de cada uno de los elementos de la ecuación anterior:

CM_i: caudal del mes *i* (mm/mes).

PE_i: precipitación efectiva del mes *i* (mm/mes).

G_i: gasto de retención hídrica del mes *i* (mm/mes).

A_i: abastecimiento de retención de la cuenca del mes *i* (mm/mes).

2.2.4. Precipitación media mensual

Es el agua en estado físico disponible en la naturaleza, proveniente de la atmosfera que cae en la estación pluviométrica en promedio al mes.

La precipitación media mensual se va a calcular siguiendo ciertos pasos indicados a continuación.

- **Análisis Exploratorio de Datos (AED):** primero se realizará el AED a las estaciones seleccionadas siempre y cuando estén operativas y completas.

- **Completación de información de datos faltantes:** los datos de precipitación acumulada mensual adquiridos del SENAMHI a veces están incompletos para lo cual se deberá completar haciendo uso de ciertos métodos. En el presente estudio la única estación metereológica que se encuentra incompleta es la estación CO Yanahuanca con respecto a la precipitación total mensual.

- **Extensión:** las estaciones tienen datos de los últimos 2 años de registro pluviométrico, que corresponde a los años 2017 – 2018.

Tabla 05. Registro pluviométrico

AÑO	Precipitación						
	Estación 01	Estación 02	Estación 03	Estación 04	Estación 05	Estación 06	Estación 07
2017	■	■	■	■	■	■	■
2018	■	■	■	■	■	■	■

Fuente: Elaborado por el tesista

Para extender los datos mensuales y anuales se hará uso del método de regresión lineal, cabe recalcar que es uno de los métodos más utilizados.

- **Método de Regresión Lineal:** Se busca formar una regresión y correlación lineal con la estación patrón, mediante una ecuación lineal de dos variables.

$$y = a + bx \dots\dots\dots (XII)$$

y: precipitación aproximada.

x: precipitación de la estación patrón.

a, b: constantes de regresión lineal.

2.3. Definiciones conceptuales

Cuenca hidrográfica: superficie terrestre donde convergen las aguas que se forman y que fluyen por intermedio de valles y quebradas formando de este modo una red de drenajes o afluentes encargados de alimentar a un desagüe principal denominado río principal de la cuenca.

Microcuenca: son áreas naturales menores que las cuencas delimitadas por las altas cumbres o línea divisoria de agua o *divortium aquarum*, donde las aguas caídas de la precipitación se recolectan formando cauces y así el cauce mayor representará la microcuenca. En esta área de terreno se produce el ciclo hidrológico, las aguas recorrerá por sus cauces, se producirá la carga, recarga y almacenamiento de agua para ser utilizado en consumo humano y animal, para los sistemas de riego agrícolas, para producir energía eléctrica, etc. Por ello la preservación de las cuencas hidrográficas es importantísima para el desarrollo integral de nuestras vidas.

Agua: líquido inodoro, incoloro e insípido fundamental para la vida compuesto por dos átomos de hidrógeno (H) y un átomo de oxígeno (O), en el presente estudio este líquido es de importancia, ya que el objetivo de dicho estudio es comparar los caudales medio mensuales hallados aplicando el método de Lutz Scholz vs los caudales medio mensuales existentes en una estación hidrométrica considerada para el presente estudio.

Temperatura: Magnitud que mide las nociones de calor y frío existentes en un determinado lugar mediante un termómetro.

Precipitación: La precipitación está definida como toda forma de humedad que comienza producto de la evaporación cuando las corrientes húmedas suben a la atmósfera, donde las temperaturas son frías, por tanto, este choque de temperaturas provoca la caída de lluvias, garúas, granizadas y nevadas; asimismo también se define como la fuente primordial de agua de la superficie terrestre cuyas mediciones y análisis

son el comienzo de los estudios hidrológicos para el uso y control del agua todo esto desde el punto de vista de la ingeniería hidrológica. (Villón, 2002, p. 59)

Precipitación media mensual: Agua disponible en la naturaleza en estado físico, que viene de la atmosfera que cae en la estación pluviométrica en promedio al mes.

Caudal medio mensual: cantidad de agua que circula en un punto de aforo que cae en la estación pluviométrica en promedio al mes.

Para hallar el caudal se usará el modelo Lutz Scholz.

Modelo Lutz Scholz: Este modelo se presenta en 2 estructuras, una determinística y la otra estocástica, ya que se encarga de calcular los caudales medio mensuales para el año promedio y porque generara varios caudales por variación de precipitaciones.

2.4. Hipótesis

2.4.1 Hipótesis (H₁)

Los resultados de la comparación de caudales medio mensuales aplicando el método Lutz Scholz y una estación hidrométrica en la microcuenca del río Higueras, en el periodo 2017 - 2018 coinciden.

2.4.2 Hipótesis (H₀)

Los resultados de la comparación de caudales medio mensuales aplicando el método Lutz Scholz y una estación hidrométrica en la microcuenca del río Higueras, en el periodo 2017 - 2018 no coinciden.

2.4.3 Hipótesis Especifica

- Los resultados de los caudales medio mensuales aplicando el método Lutz Scholz - método aritmético y una estación hidrométrica, en la microcuenca del río Higueras, Huánuco coinciden.
- Los resultados de los caudales medio mensuales aplicando el método Lutz Scholz - método isoyetas y una estación hidrométrica, en la microcuenca del río Higueras, Huánuco coinciden.

- Los resultados de los caudales medio mensuales aplicando el método Lutz Scholz - método de Thiessen y una estación hidrométrica, en la microcuenca del río Higueras, Huánuco coinciden.
- Los resultados de las comparaciones entre los caudales medio mensuales aplicando el método Lutz Scholz - los métodos aritmético, de isoyetas, de Thiessen y una estación hidrométrica, en la microcuenca del río Higueras, Huánuco coinciden.

2.5. Variable

La variable no cambia, es por eso que solo tiene una variable, no es que se va a medir el método y la estación; sino que se va a utilizar como instrumentos tanto al método y a la estación para medir el caudal medio mensual, el cual puede ser más o menos eso ya dependerá del periodo.

2.5.1 Caudal medio mensual

2.6. Operacionalización de variables (dimensiones e indicadores)

En la tabla 06 se presenta el cuadro de variables del estudio.

Tabla 06. Operacionalización de variables

VARIABLE	DIMENSIONES	INDICADOR	ESCALA DE MEDICION
Caudal medio mensual	Método Aritmético	Caudal medio generado	De razón
	Método Isoyetas		De razón
	Método de Thiessen		De razón

Fuente: Elaborado por la tesista

CAPITULO III

3. METODOLOGIA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. Tipo de investigación

El presente estudio es tipo aplicada (Hernández & et al, 2010), entendida como la utilización de los conocimientos en la práctica.

Por ende, el tipo de investigación es aplicada, pues su objetivo directo es extender y profundizar nuestro problema de investigación que viene a ser el caudal medio mensual de conocimientos científicos vigentes con respecto a la realidad.

3.1.1. Enfoque

La investigación presenta un enfoque cuantitativo, inicia de una simple percepción que va acotándose y una vez definida se derivan los problemas y objetivos de la investigación, seguido se analiza la justificación, limitación y viabilidad de la investigación, a continuación repasa lo mencionado anteriormente y fabrica el marco teórico donde se analizan los antecedentes, bases teóricas, definiciones conceptuales, posteriormente de los problemas de la investigación se fijan las hipótesis y sus respectivas variables, proyectando una estrategia para probarlas para lo cual se emplea la técnica de recolección de datos que pone a prueba la hipótesis y mide las variables en un determinado contexto, después para obtener las mediciones se hace uso de métodos estadísticos con los cuales se elaboran patrones de comportamiento y se demuestran teorías, por ultimo realizado todo lo señalado anteriormente se separa una serie de conclusiones (Hernández & et al, 2010). La descripción clásica del término medir el cual tiene por significado asignar números a objetos y eventos teniendo en cuenta ciertas reglas (Gómez, 2005, p.121) mencionado por (Eumed.net, s. f.).

El enfoque es cuantitativo, estudia elementos que pueden ser calculados, medidos y cuantificados, siendo el principal elemento el caudal medio mensual en el punto de aforo donde se encuentra instalado un limnómetro que pertenece al SENAMHI dirección zonal No. 10 - Huánuco encargado

de su control, mantenimiento y operación, empleando el modelo matemático Lutz Scholz en la microcuenca del río Higuera.

3.1.2. Alcance o nivel

El nivel es descriptivo – comparativo (Hernández, 2014), describe contextos, entornos, fenómenos, situaciones y sucesos; y determina cómo son y cómo se manifiestan.

Descriptiva porque es necesario estudiar como son los caudales medio mensuales hallados aplicando el método de Lutz Scholz en la microcuenca del río Higuera en los periodos 2017 – 2018, donde determinará si el caudal es mínimo, promedio o máximo.

Comparativo porque va a identificar las diferencias que existen al comparar los resultados de los caudales medio mensuales determinados aplicando el método Lutz Scholz y una estación hidrométrica, en la microcuenca del río Higuera, Huánuco 2017 – 2018, dichos resultados deberán ser descritos y luego comparados.

3.1.3. Diseño

La investigación tiene un diseño no experimental transversal (Hernández Sampieri & et al, 2010); en su forma de investigación descriptiva - comparativa se define como aquella investigación que se lleva a cabo sin manipular las variables.

Referente al diseño no experimental transversal, Sampiere (2003), menciona que es donde se almacenan datos en un solo momento y tiempo único, y que tienen por objetivo describir variables y su incidencia de interrelación en un momento dado.

En este diseño se determinará el caudal medio mensual aplicando el método Lutz Scholz en la microcuenca del río Higuera para compararlo con el caudal medio mensual de la estación hidrométrica ubicada en el río Higuera, el cual ya se conoce y se obtendrá recolectando los datos mediante la técnica de recojo de información directa del SENAMHI dirección zonal No. 10 - Huánuco, cuyo instrumento es la ficha de

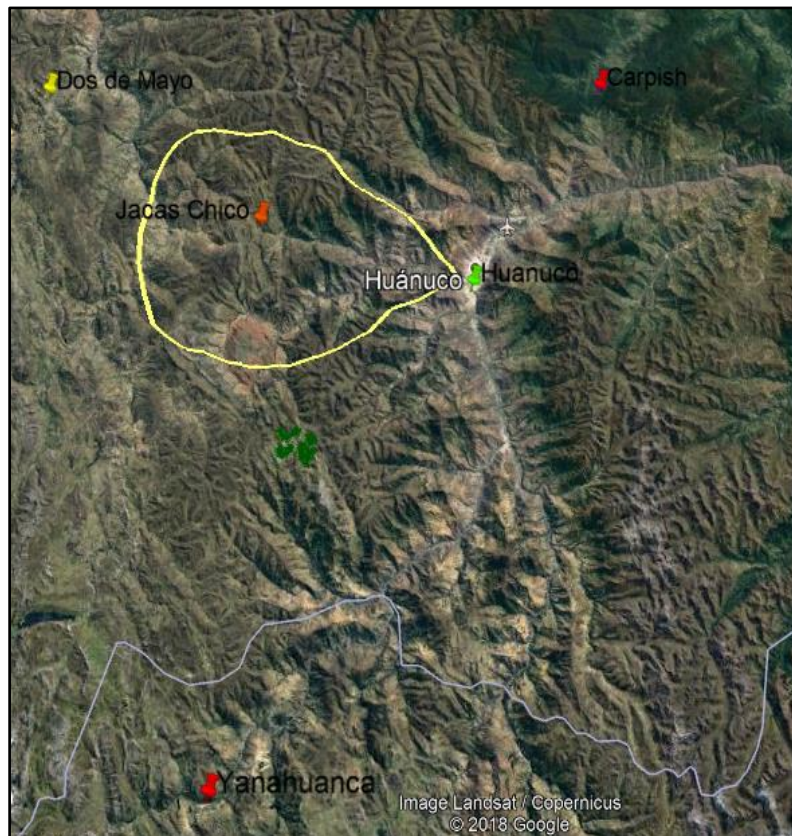
recolección de datos, así mismo la validez y confiabilidad del instrumento no fue necesario por ser datos de fuentes confiables.

3.2. Población y muestra

3.2.1. Población

La población está conformada por 05 estaciones meteorológicas (CO Yanahuanca, CO Jacas Chico, CO Huánuco, CO Dos de Mayo y CO Carpish) y 01 estación hidrométrica (rio Higueras), de los cuales 01 estación meteorológica (CO Jacas Chico) y la estación hidrométrica (Rio Higueras) están dentro del área en estudio y las otras estaciones meteorológicas están fuera de dicha área.

Figura 02. Población de estudio del proyecto de investigación



Fuente: Elaborado por la propia tesista en el programa Google Earth Pro

3.2.2. Muestra

La muestra es similar a la población, compuesto por 05 estaciones meteorológicas (CO Yanahuanca, CO Jacas Chico, CO Huánuco, CO Dos

de Mayo y CO Carpish) y 01 estación hidrométrica (Río Higueras), tipo de muestreo censal (Hernández & et al, 2010).

El tipo de selección de la muestra fue muestreo no probabilístico, de tipo intencional, utiliza seis estaciones meteorológicas las cuales son convenientes por la accesibilidad y proximidad a la microcuenca del río Higueras.

3.2.3. Unidad de análisis

Fue el caudal medio mensual, en los periodos 2017 al 2018. (Sustento Ver Anexo 02)

3.3. Técnicas e Instrumentos de recolección de datos

3.3.1. Técnicas de recolección de datos

Según las características del presente estudio se cuenta con las siguientes técnicas y son:

- **Técnica de fichaje:**

El fichaje es una técnica conceptual usada para organizar la información relacionada al tema de la investigación.

- **Técnica el recojo de información de datos secundario.**

Se usó como técnica el recojo de información directa del SENAMHI dirección zonal No. 10 - Huánuco.

3.3.2. Instrumentos de recolección de datos:

- **El Instrumento.** Se empleó la ficha de recolección de datos, en donde tomó los datos de la variable de estudio, ver anexo 02.

Validación y confiabilidad del instrumento

Los resultados de caudales medios mensuales fueron calculados con datos de 05 estaciones meteorológicas y 01 estación hidrométrica del SENAMHI dirección zonal No. 10 - Huánuco, no fue necesario validar ni obtener índices de confiabilidad, por ser datos de fuentes confiables.

3.4. Técnicas para el procesamiento de análisis de la información

3.4.1. Estadística descriptiva

- **Programas estadísticos**

La información fue adquirida de las guías de observaciones, posteriormente se transfirió a un banco de data; y uso los softwares Excel y SPSS v22 en el procesamiento de los datos obtenidos.

- **Prueba de normalidad**

Este proceso trata en verificar si los datos adquiridos de la variable dependiente de una o más muestras, persiguen o no una distribución normal. Esta prueba se efectuó ya que las variables son cuantitativas, si estas variables fueran cualitativas, no sería necesario realizar dicha prueba y se miden con: Kolmogorov – Smirnov, el contraste con Shapiro - Wilks; Anderson - Darling y el test de chi cuadrado para la bondad del ajuste (Guillén & Valderrama, 2015, p. 85).

- **Prueba de homogeneidad de varianzas**

Para que sean aproximadamente iguales se deberá de evaluar la igualdad de las varianzas para una variable calculada en los grupos donde se comparan (homogeneidad de las varianzas). Siempre que los datos cumplan con los requisitos indicados, las pruebas estadísticas paramétricas evidenciarán su máximo poder; sin embargo, si estas pruebas estadísticas se aplican a datos que no cumplan con al menos uno de los requisitos indicados pues pierden parte de su poder (Guillén & Valderrama, 2015, p. 94).

- **Análisis descriptivo**

Se procesó a través de un análisis descriptivo la información obtenida con la finalidad de obtener:

Medias de tendencia central. La media.

Medidas de variabilidad. Desviación estándar, rango, coeficiente de variabilidad, varianza.

Figura s. Los datos fueron estudiados, analizados y presentados a través de Figura s de barras y tablas para datos cuantitativos.

3.4.2. Estadística inferencia

La hipótesis se evaluó haciendo uso de la prueba estadística paramétrica y fue:

La prueba inferencial denominada **análisis de varianza (ANOVA) de un factor**, es una extensión del contraste de igualdad de medias para dos muestras independientes dicha prueba presenta un margen de error del 5%, en otras palabras, trata de comparar una cantidad de grupos en una variable cuantitativa y se aplica para contrastar la igualdad de medias de tres o más poblaciones independientes siempre y cuando cumplan con la prueba de normalidad; suponemos que para “k” poblaciones independientes, las hipótesis del contraste de igualdad de medias poblacionales son las siguientes (González & Jornet, s. f.):

$H_0: \mu_d = \mu_0 = \mu_k$; cuando son iguales las medias poblacionales.

$H_1: \mu_d \neq \mu_0$; cuando son diferentes siquiera dos medias poblacionales.

El contraste **ANOVA** presenta una variable de agrupación denominada factor quien es aquella que se encarga de ordenar las observaciones de la variable en las diferentes muestras, asimismo cabe indicar que para que este contraste se lleve a cabo se requieren “k” muestras independientes de la variable de interés.

Para la comparación de medias entre grupos (los métodos Aritmético, de Isoyetas, de Thiessen y el aforo) se ejecutó la prueba de post hoc de Tukey a un nivel de significancia del 5%.

CAPITULO IV

4. RESULTADOS

4.1. Procesamiento de datos

Se lograron los resultados en base a los caudales medio mensuales, fueron calculados con datos de 05 estaciones meteorológicas y 01 estación hidrométrica brindados por el SENAMHI dirección zonal No. 10 - Huánuco, en la microcuenca del río Higueras, para los periodos 2017 - 2018; así mismos fueron tabuladas, organizadas y sistematizadas mediante tablas y figuras, para luego ser explicadas, analizadas y evaluadas, a través de un procedimiento estadístico en los programas Excel y SPSS v22.

4.1.1. Metodología del modelo

➤ Ecuación general del balance hidrológico del modelo

Esta ecuación tiene por objetivo obtener los parámetros de escurrimiento del año promedio en la cuenca de estudio teniendo en cuenta la información procesada pluviométrica del entorno geográfico cercano o similar, para este objetivo se aplicará el método de balance hídrico mensual propuesto por Fisher y expresado en mm/mes, el cual tiene la siguiente forma:

$$CM_i = P_i - D_i + G_i - A_i$$

A continuación, se detallará cada uno de los elementos de la ecuación:

CM i: caudal mensual (mm/mes)

P i: precipitación total mensual (mm/mes)

D i: déficit de escurrimiento (mm/mes)

G i: aporte del acuífero punto de salida (mm/mes)

A i: abastecimiento del acuífero punto de entrada (mm/mes)

En el hipotético caso que el aporte sea igual al abastecimiento de acuíferos la retención de la cuenca será la misma para el año promedio;

por ende, reemplazamos $P_i - D_i$ por PE_i , y la ecuación fundamental del balance hídrico por meses será de la siguiente forma:

$$CM_i = PE_i + G_i - A_i$$

En donde:

PE_i : precipitación efectiva (mm/mes).

➤ **Precipitación sobre la cuenca**

Uno de los parámetros meteorológicos más importantes es la precipitación, la cual se origina por las corrientes húmedas que suben a la atmosfera a través de la evaporación, en la atmosfera las temperaturas predominantes son frías, por tanto, este choque de temperaturas provoca la caída de lluvias por efecto del enfriamiento brusco. Las lluvias pueden ser solidas o liquidas siempre que varíen entre los 3500 a 5000 m.s.n.m, por lo general se cumple que a mayores alturas las precipitaciones son sólidas.

El método Thiessen se utilizó para determinar la precipitación promedio en la cuenca, donde las estaciones pluviométricas pertenecientes a la cuenca de estudio tendrán sus correspondientes áreas de influencia, de acuerdo con la metodología usada en el Plan Meris II.

➤ **Tratamiento de datos meteorológicos**

En este tratamiento se efectuará el análisis de consistencia de la información, en consideración con los registros hidrometeorológicos disponibles, los cuales son: precipitación total y caudal medio mensual de cada una de las estaciones pluviométricas que se encuentran ubicadas tanto dentro como fuera de la cuenca de estudio.

En la presente investigación, la información hidrometeorológica de la microcuenca de Higuera empleadas en este estudio fue obtenida de SENAMHI- Zonal 10 Huánuco, Ucayali y Loreto (parte sur), mediante una solicitud de compra exclusivo para esta investigación.

- **Análisis exploratorio de datos (AED):** Para este análisis se han considerado estaciones pluviométricas operativas y completas, tanto

dentro de la microcuenca en estudio siendo este el caso de la estación CO Jacas chico, como fuera de dicha microcuenca siendo este el caso de las estaciones CO Huánuco, CO Yanahuanca, CO Carpish y CO Dos de mayo.

Tabla 07. CO Yanahuanca - AED de precipitación total mensual (mm/mes)

mes/año	enero	febrero	marzo	abril	mayo	junio	julio	agosto	septiembre	octubre	noviembre	diciembre
2017	244.5	128.8	283	114	70.9	21.8	6.1	22.3	119.2	74.8	115	128.8
2018	171.5	235.8	158.8	123.7	37.1	30.5	19.4	3.6	62.03	38.93	91	67.03

Fuente: elaboración propia

Tabla 08. CO Jacas Chico - AED de precipitación total mensual (mm/mes)

mes/año	enero	febrero	marzo	abril	mayo	junio	julio	agosto	septiembre	octubre	noviembre	diciembre
2017	237	162.4	215	106.5	39.6	13.8	12.9	22.8	31.6	50.3	95.5	180
2018	176.4	151.4	183.8	105.4	9.6	42.3	32.6	42.3	21.7	209.8	62.9	125.5

Fuente: elaboración propia

Tabla 09. CO Huánuco - AED de precipitación total mensual (mm/mes)

mes/año	enero	febrero	marzo	abril	mayo	junio	julio	agosto	septiembre	octubre	noviembre	diciembre
2017	244.5	128.8	283	114	70.9	21.8	6.1	22.3	119.2	74.8	115	128.8
2018	171.5	235.8	158.8	123.7	37.1	30.5	19.4	3.6	62.03	38.93	91	67.03

Fuente: elaboración propia

Tabla 10. CO Dos de mayo - AED de precipitación total mensual (mm/mes)

mes/año	enero	febrero	marzo	abril	mayo	junio	julio	agosto	septiembre	octubre	noviembre	diciembre
2017	141.8	118.9	149.2	75	39.9	18.8	4	23.1	14.7	64	125.7	140.9
2018	177.6	124	132.1	88.2	50.1	2.6	6.6	14.3	49.5	113.5	74.2	80.2

Fuente: elaboración propia

Tabla 11. CO Carpish - AED de precipitación total mensual (mm/mes)

mes/año	enero	febrero	marzo	abril	mayo	junio	julio	agosto	septiembre	octubre	noviembre	diciembre
2017	222.3	213	222.5	126.4	154.5	83.2	124.5	81.5	160.8	204.2	171.5	285.5
2018	299.7	153.7	269.6	168.4	104.6	136	174.9	111.7	35.2	384.7	158	223

Fuente: elaboración propia

- **Completación de información de datos faltantes:** los datos adquiridos del SENAMHI dirección zonal No. 10 – Huánuco de precipitación acumulada mensual en ocasiones están incompletos para lo cual se deberá de completar haciendo uso de ciertos métodos, en esta investigación la estación CO Yanahuanca es la única incompleta en consecuencia procederemos a completar mediante el método de estimación de datos faltantes.

Tabla 12. Método de estimación de datos faltantes

Pruebas/años	Pruebas A	Pruebas B
1	A1	B1
2	A2	X
X =	B1	x A2
	(A1+A2)	

Fuente: Luna & Lavado (2015)

Tabla 13. CO Yanahuanca - precipitación total mensual (mm/mes)

Mes/año	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sept.	Oct.	Nov.	Dic.
2017	244.5	128.8	283	114	70.9	21.8	6.1	22.3	119.2	74.8	115	128.8
2018	171.5	235.8	158.8	123.7	37.1	30.5	19.4	3.6			91	

Fuente: preparado por el tesista

Tabla 14. CO Yanahuanca - completación de datos faltantes de precipitación total mensual (mm/mes)

Mes/año	Abril	Septiembre	Mes/año	Abril	Octubre	Mes/año	Abril	Diciembre
2017	114	119.2	2017	114	74.8	2017	114	128.8
2018	123.7		2018	123.7		2018	123.7	
X =	119.2	62.03	X =	74.8	38.93	X =	128.8	67.03
	237.7			237.7			237.7	

Fuente: preparado por el tesista

Tabla 15. CO Yanahuanca - datos faltantes completados de precipitación total mensual (mm/mes)

Mes/año	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sept.	Oct.	Nov.	Dic.
2017	244.5	128.8	283	114	70.9	21.8	6.1	22.3	119.2	74.8	115	128.8
2018	171.5	235.8	158.8	123.7	37.1	30.5	19.4	3.6	62.03	38.93	91	67.03

Fuente: preparado por el tesista

➤ **Análisis de consistencia de la información**

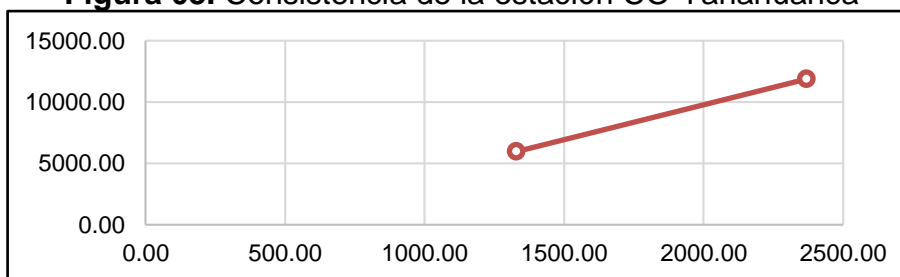
Para este análisis se han considerado estaciones pluviométricas tanto dentro de la microcuenca de Higueras siendo este el caso de la estación CO Jacas chico, como fuera de dicha microcuenca siendo este el caso de las estaciones CO Huánuco, CO Yanahuanca, CO Carpish y CO Dos de mayo.

Tabla 16. Estación CO Yanahuanca – consistencia de la precipitación total mensual (mm/mes)

Año	Prom. est. Yanahuanca	Prom. estación Yanahuanca - Jacas Chico - Huánuco - Dos de Mayo - Carpish	Acum. est. Yanahuanca	Acum Yanahuanca - Jacas Chico - Huánuco - Dos de Mayo - Carpish
2017	1329.20	5962.90	1329.20	5962.90
2018	1039.39	5907.29	2368.59	11870.19

Fuente: elaborado por el tesista

Figura 03. Consistencia de la estación CO Yanahuanca



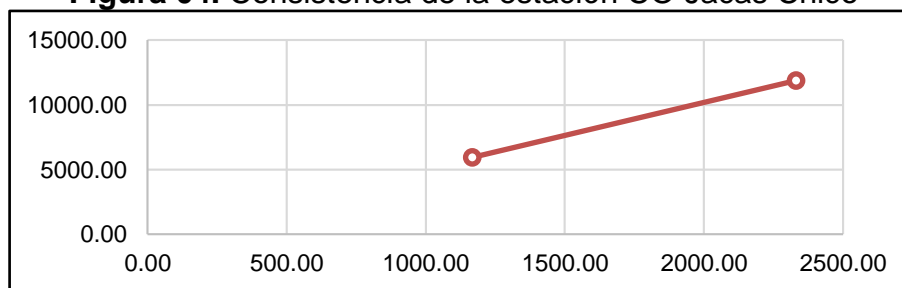
Fuente: elaboración por el tesista

Tabla 17. Estación CO Jacas Chico - consistencia de la precipitación total mensual (mm/mes)

Año	Prom. est. Jacas Chico	Prom. estación Yanahuanca - Jacas Chico - Huánuco - Dos de Mayo - Carpish	Acum. est. Jacas Chico	Acum Yanahuanca - Jacas Chico - Huánuco - Dos de Mayo - Carpish
2017	1167.40	5962.90	1167.40	5962.90
2018	1163.70	5907.29	2331.10	11870.19

Fuente: elaborado por el tesista

Figura 04. Consistencia de la estación CO Jacas Chico



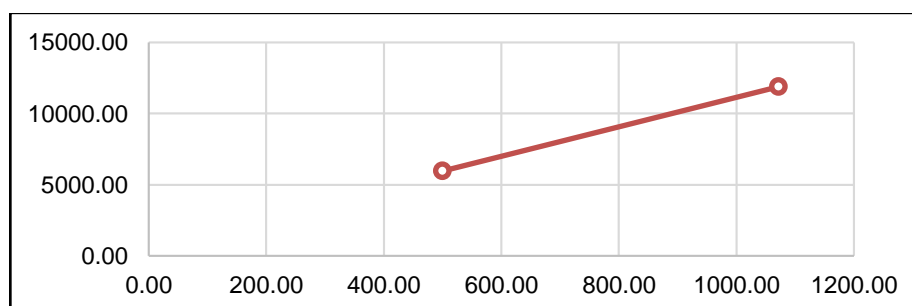
Fuente: elaborado por el tesista

Tabla 18. Estación CO Huánuco - consistencia de la precipitación total mensual (mm/mes)

Año	Prom. est. Huánuco	Prom. estación Yanahuanca - Jacas Chico - Huánuco - Dos de Mayo - Carpish	Acum. est. Huánuco	Acum Yanahuanca - Jacas Chico - Huánuco - Dos de Mayo - Carpish
2017	500.40	5962.90	500.40	5962.90
2018	571.80	5907.29	1072.20	11870.19

Fuente: elaborado por el tesista

Figura 05. Consistencia de la estación CO Huánuco



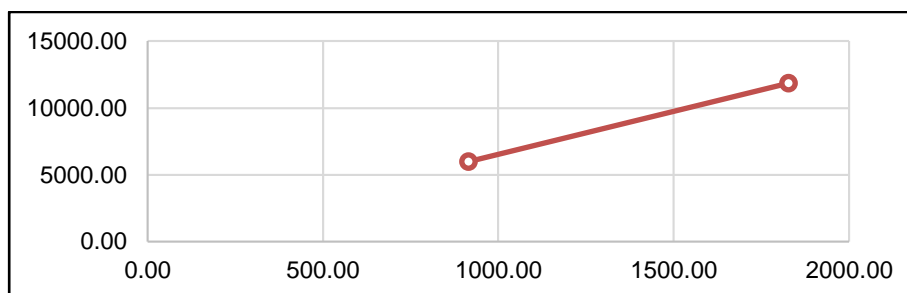
Fuente: elaborado por el tesista

Tabla 19. Estación CO Dos de mayo - consistencia de la precipitación total mensual (mm/mes)

Año	Prom. est. Dos de mayo	Prom. estación Yanahuanca - Jacas Chico - Huánuco - Dos de Mayo - Carpish	Acum. est. Dos de mayo	Acum Yanahuanca - Jacas Chico - Huánuco - Dos de Mayo - Carpish
2017	916.00	5962.90	916.00	5962.90
2018	912.90	5907.29	1828.90	11870.19

Fuente: elaborado por el tesista

Figura 06. Consistencia de la estación CO Dos de mayo



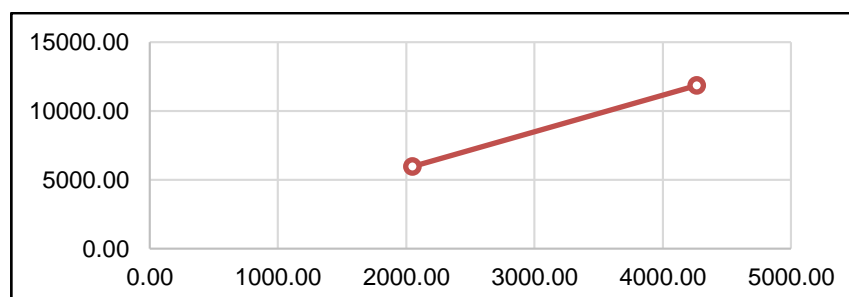
Fuente: elaborado por el tesista

Tabla 20. Estación CO Carpish - consistencia de la precipitación total mensual (mm/mes)

Año	Prom. est. Carpish	Prom. estación Yanahuanca - Jacas Chico - Huánuco - Dos de Mayo - Carpish	Acum. est. Carpish	Acum Yanahuanca - Jacas Chico - Huánuco - Dos de Mayo - Carpish
2017	2049.90	5962.90	2049.90	5962.90
2018	2219.50	5907.29	4269.40	11870.19

Fuente: elaborado por el tesista

Figura 07. Consistencia de la Estación CO Carpish



Fuente: elaborado por el tesista

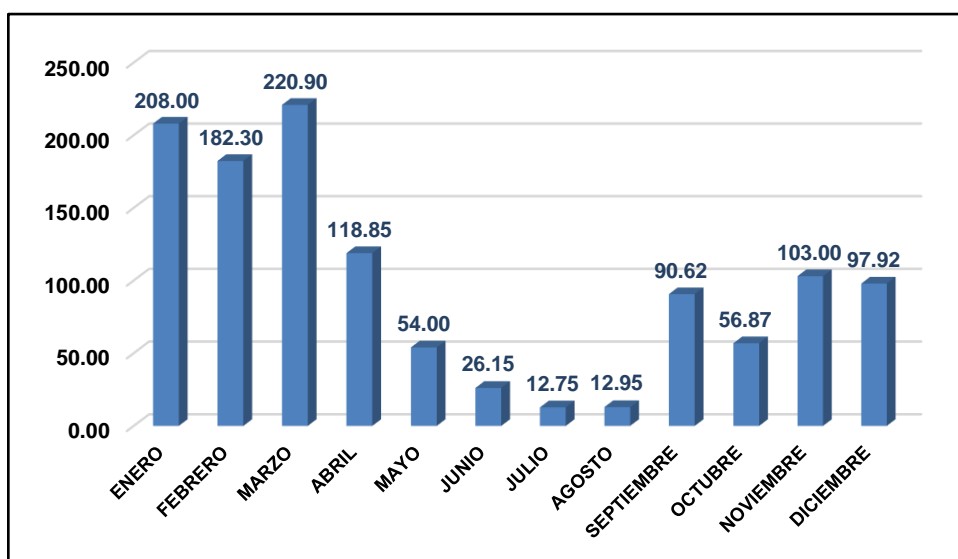
➤ **Precipitación media de las estaciones**

Tabla 21. CO Yanahuanca - precipitación media (mm/mes)

Mes/año	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sept.	Oct.	Nov.	Dic.
Precipitación Media	208	182.3	220.9	118.85	54	26.15	12.75	12.95	90.615	56.865	103.00	97.915

Fuente: elaborado por el tesista

Figura 08. Estación CO Yanahuanca - precipitación media



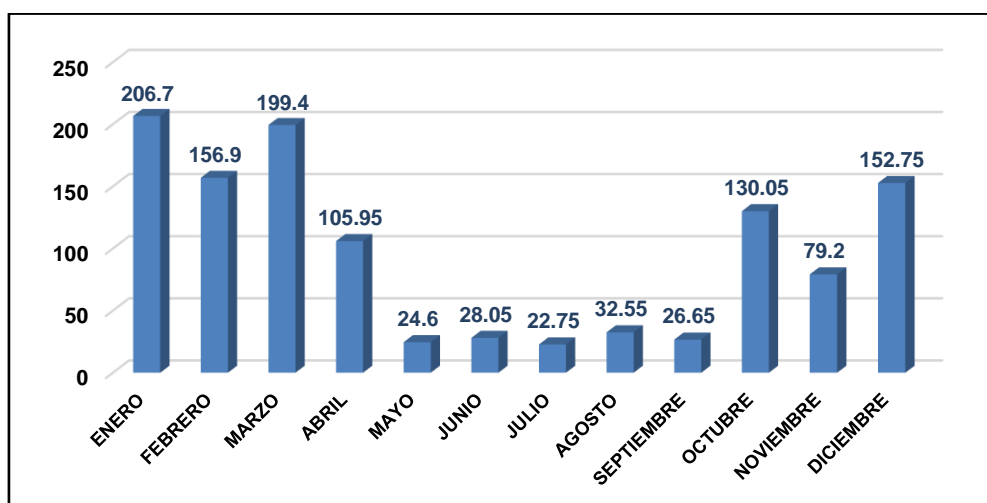
Fuente: elaborado por el tesista

Tabla 22. CO Jacas Chico - precipitación media (mm/mes)

Mes/año	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sept.	Oct.	Nov.	Dic.
Precipitación Media	206.7	156.9	199.4	105.95	24.6	28.05	22.75	32.55	26.65	130.05	79.2	152.75

Fuente: elaborado por el tesista

Figura 09. Estación CO Jacas Chico - precipitación media



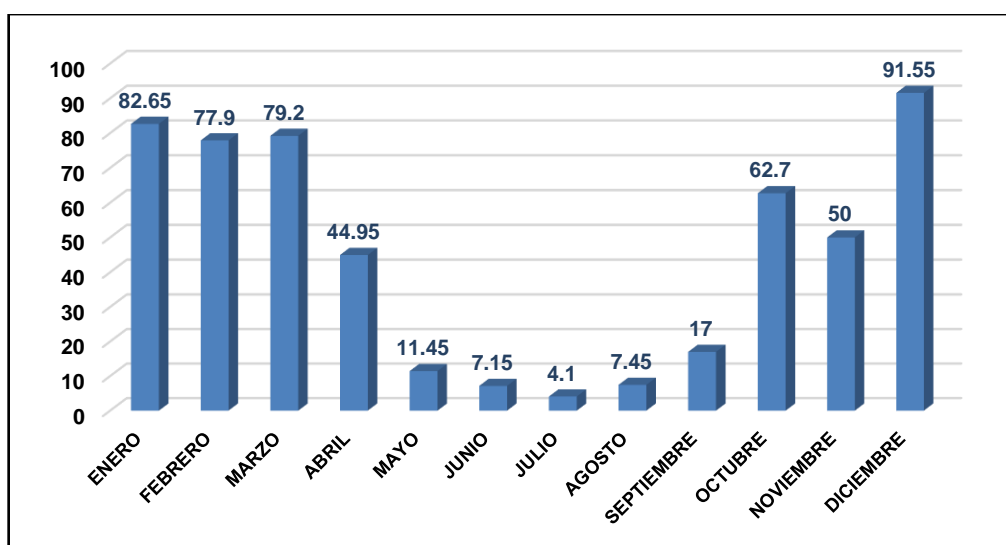
Fuente: elaborado por el tesista

Tabla 23. CO Huánuco - precipitación media (mm/mes)

Mes/año	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sept.	Oct.	Nov.	Dic.
Precipitación Media	82.65	77.9	79.2	44.95	11.45	7.15	4.1	7.45	17	62.7	50	91.55

Fuente: elaborado por el tesista

Figura 10. Estación CO Huánuco - precipitación media



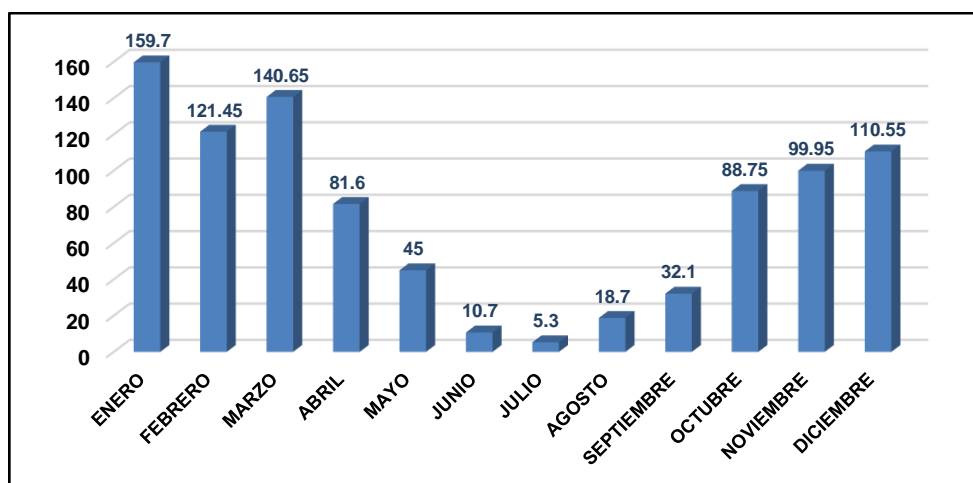
Fuente: elaborado por el tesista

Tabla 24. CO Dos de mayo - precipitación media (mm/mes)

Mes/año	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sept.	Oct.	Nov.	Dic.
Precipitación Media	159.7	121.45	140.65	81.6	45	10.7	5.3	18.7	32.1	88.75	99.95	110.55

Fuente: elaborado por el tesista

Figura 11. Estación CO Dos de mayo - precipitación media



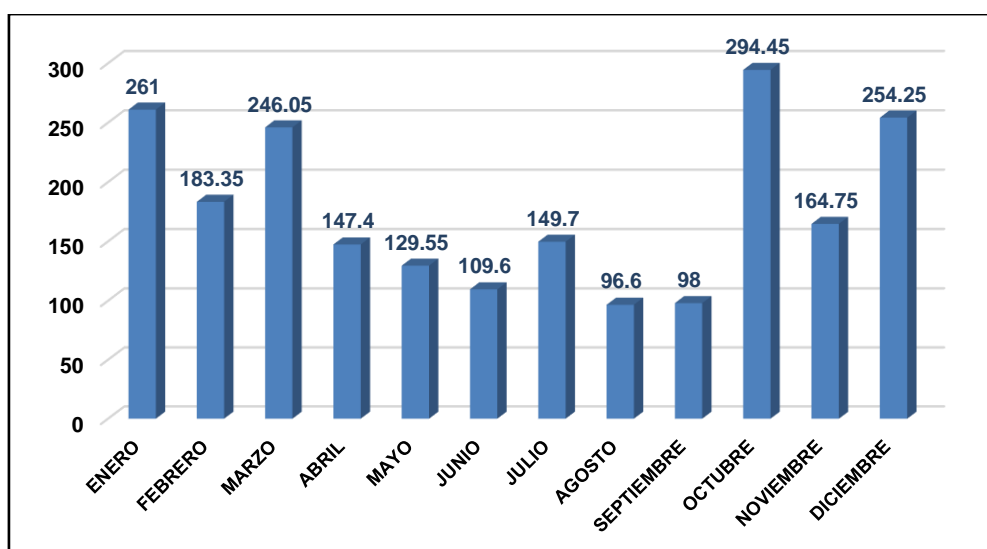
Fuente: elaborado por el tesista

Tabla 25. CO Carpish - precipitación media (mm/mes)

Mes/año	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sept.	Oct.	Nov.	Dic.
Precipitación Media	261	183.35	246.05	147.4	129.55	109.6	149.7	96.6	98	294.45	164.75	254.25

Fuente: elaborado por el tesista

Figura 12. Estación CO Carpish - precipitación media



Fuente: elaborado por el tesista

4.1.2. Generaciones de caudales:

➤ **Precipitación media:** Se determinó mediante el empleo de los métodos aritmético, de Thiessen y de isoyetas, donde se obtendrán los datos de la precipitación media de cada estación.

- Método Promedio Aritmético

Con las estaciones una vez ya localizadas y disponibles dentro de la zona de estudio, se obtendrá el promedio aritmético de las alturas de las precipitaciones registradas: (Villón, 2002, p. 77)

$$P_{med} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n P_i \dots\dots\dots(XIII)$$

P med: precipitación media de la microcuenca

P i: precipitación de la estación i

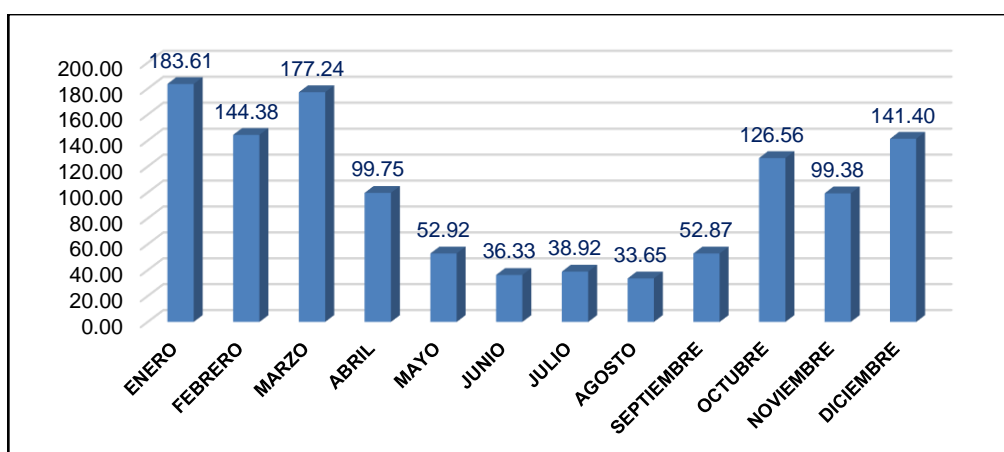
n: número de estaciones del estudio.

Tabla 26. Precipitación media (mm/mes) de la zona - método promedio aritmético

Mes/año	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sept.	Oct.	Nov.	Dic.
Promedio mensual	183.61	144.38	177.24	99.75	52.92	36.33	38.92	33.65	52.87	126.56	99.38	141.40

Fuente: elaborado por el tesista

Figura 13. Método promedio aritmético - precipitación media



Fuente: elaborado por el tesista

- **Método Polígono de Thiessen**

Con las estaciones una vez ya localizadas y disponibles dentro de la zona de estudio o fuera de ella, se delimitará la zona de influencia correspondientes a cada estación dentro del conjunto de estaciones pertenecientes al presente estudio.

Este método en el presente trabajo de investigación ubica las estaciones meteorológicas tanto las que se encuentran dentro y fuera de la microcuenca de estudio, una dichas estaciones meteorológicas con la finalidad de crear la figura geométrica de un triángulo que presente sus ángulos internos menores de 90°, posteriormente en los lados de dichos triángulos se trazaran mediatrices con la intención de crear polígonos, seguido se define el área de influencia correspondientes a cada estación meteorológica y por último se calculan dichas áreas.

La fórmula para determinar la precipitación media haciendo uso del método polígono de Thiessen será: (Villón, 2002, p. 79)

$$P_{med} = \frac{1}{A_T} \sum_{i=1}^n A_i P_i \dots\dots\dots(XIV)$$

P med: precipitación media.

A t: área total de la cuenca.

A i: área de influencia parcial del polígono de Thiessen de estación i.

P i: precipitación de la estación i.

n: número de estaciones del estudio.

Tabla 27. Precipitación media (mm/mes) del mes de enero por método de Thiessen

N°	Precip	AREA	
1	261	111568522.72	
2	159.7	592500628.06	
Área Total de la Microcuenca		704069150.78 m ²	
Precip. Media =	1.23742E+11=	175.75	mm/mes
	704069150.78		

Fuente: elaboración propia

Tabla 28. Precipitación media (mm/mes) del mes de febrero por método de Thiessen

N°	Precip	AREA	
1	183.35	111566512.75	
2	121.45	592502638.03	
Área Total de la Microcuenca		704069150.78	m ²
Precip. Media =	92415165502=	131.26	mm/mes
	704069150.78		

Fuente: elaboración propia

Tabla 29. Precipitación media (mm/mes) del mes de marzo por método de Thiessen

N°	Precip	AREA	
1	246.05	111566512.75	
2	140.65	592502638.03	
Área Total de la Microcuenca		704069150.78	m ²
Precip. Media =	1.10786E+11=	157.35	mm/mes
	704069150.78		

Fuente: elaboración propia

Tabla 30. Precipitación media (mm/mes) del mes de abril por método de Thiessen

N°	Precip	AREA	
1	147.40	111566512.75	
2	81.60	592502638.03	
Área Total de la Microcuenca		704069150.78	m ²
Precip. Media =	64793119243=	92.03	mm/mes
	704069150.78		

Fuente: elaboración propia

Tabla 31. Precipitación media (mm/mes) del mes de mayo por método de Thiessen

N°	Precip	AREA	
1	129.55	111566512.75	
2	45.00	592502638.03	
Área Total de la Microcuenca		704069150.78	m2
Precip. Media =	41116060438=	58.40	mm/mes
	704069150.78		

Fuente: elaboración propia

Tabla 32. Precipitación media (mm/mes) del mes de junio por método de Thiessen

N°	Precip	AREA	
1	109.60	111566512.75	
2	10.70	592502638.03	
Área Total de la Microcuenca		704069150.78	m2
Precip. Media =	18567468025=	26.37	mm/mes
	704069150.78		

Fuente: elaboración propia

Tabla 33. Precipitación media (mm/mes) del mes de julio por método de Thiessen

N°	Precip	AREA	
1	149.70	111566512.75	
2	5.30	592502638.03	
Área Total de la Microcuenca		704069150.78	m2
Precip. Media =	19841770941=	28.18	mm/mes
	704069150.78		

Fuente: elaboración propia

Tabla 34. Precipitación media (mm/mes) del mes de agosto por método de Thiessen

N°	Precip	AREA	
1	96.60	111566512.75	
2	18.70	592502638.03	
Área Total de la Microcuenca		704069150.78	m2
Precip. Media =	21857124463=	31.04	mm/mes
	704069150.78		

Fuente: elaboración propia

Tabla 35. Precipitación media (mm/mes) del mes de setiembre por método de Thiessen

N°	Precip	AREA	
1	98.00	111566512.75	
2	32.10	592502638.03	
Área Total de la Microcuenca		704069150.78	m2
Precip. Media =	29952852931=	42.54	mm/mes
	704069150.78		

Fuente: elaboración propia

Tabla 36. Precipitación media (mm/mes) del mes de octubre por método de Thiessen

N°	Precip	AREA	
1	294.45	111566512.75	
2	88.75	592502638.03	
Área Total de la Microcuenca		704069150.78	m2
Precip. Media =	85435368805=	121.35	mm/mes
	704069150.78		

Fuente: elaboración propia

Tabla 37. Precipitación media (mm/mes) del mes de noviembre por método de Thiessen

N°	Precip	AREA	
1	164.75	111566512.75	
2	99.95	592502638.03	
Área Total de la Microcuenca		704069150.78	m2
Precip. Media =	77601221647=	110.22	mm/mes
	704069150.78		

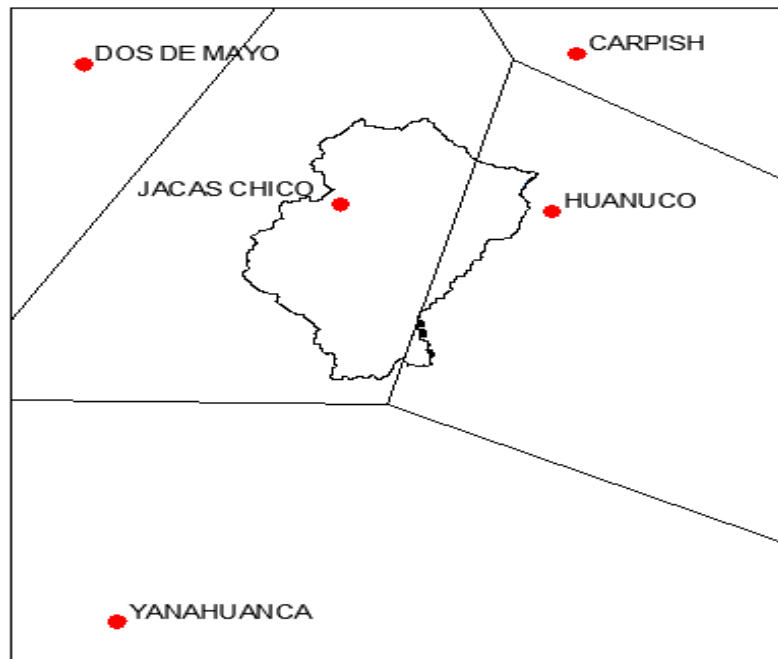
Fuente: elaboración propia

Tabla 38. Precipitación media (mm/mes) del mes de diciembre por método de Thiessen

N°	Precip	AREA	
1	254.25	111566512.75	
2	110.55	592502638.03	
Área Total de la Microcuenca		704069150.78	m2
Precip. Media =	93866952502=	133.32	mm/mes
	704069150.78		

Fuente: elaborado por el tesista

Figura 14. Método de Thiessen



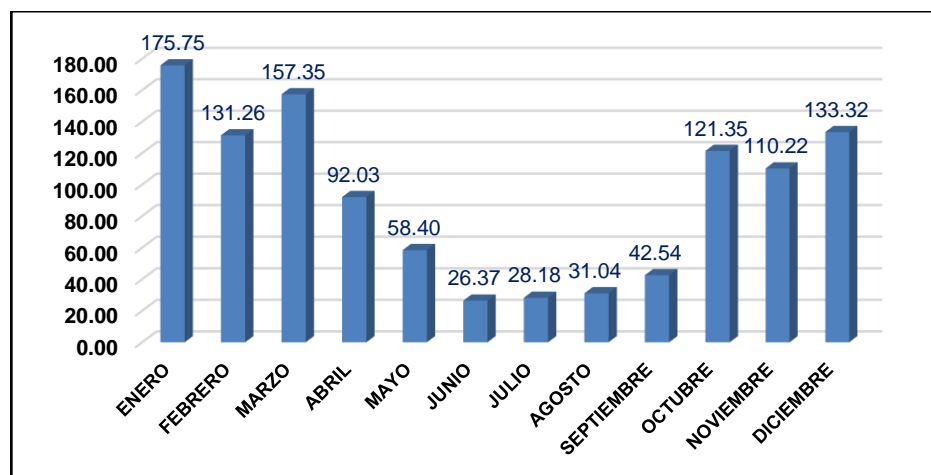
Fuente: elaboración propia

Tabla 39. Precipitación media (mm/mes) de la zona - método de Thiessen

Mes/año	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sept.	Oct.	Nov.	Dic.
Promedio mensual	175.75	131.26	157.35	92.03	58.40	26.37	28.18	31.04	42.54	121.35	110.22	133.32

Fuente: elaborado por el tesista

Figura 15. Método de Thiessen - precipitación media



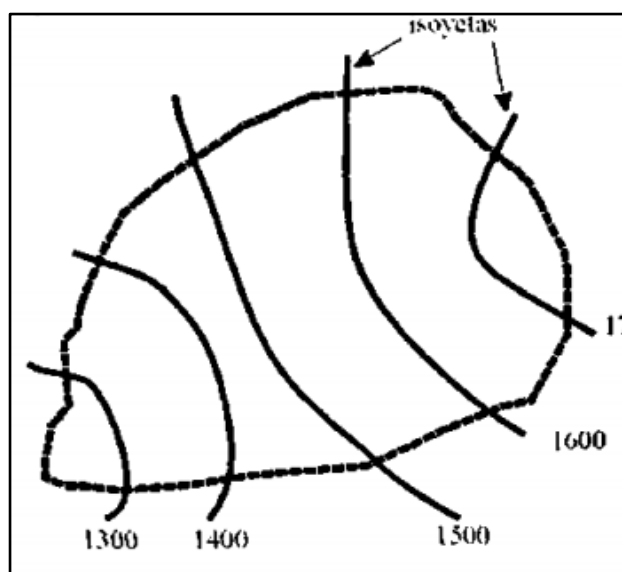
Fuente: elaborado por el tesista

- Método Isoyetas

En el método de isoyetas es necesario saber que son las isoyetas, las cuales están definidas como curvas que se encargan de unir puntos que presentan la misma precipitación, es decir la precipitación es

directamente proporcional a las curvas de nivel es por eso que cuando la precipitación es tipo orográfico, las isoyetas tienden a seguir una configuración similar a las curvas de nivel; asimismo cabe mencionar que este método es considerado como uno de los más exactos, pero requerirá de un plano de isoyetas de la precipitación registrada y ciertos criterios para trazarlo. (Villón, 2002, p. 80)

Figura 16. Plano de isoyetas



Fuente: Cálculos hidrológicos e hidráulicos en Cuencas Hidrográficas – La cuenca Hidrológica – Calculo de la precipitación media sobre una zona – Isoyetas – Máximo Villón (2002).

Tabla 40. Precipitación media (mm/mes) del mes de enero por método isoyetas

N°	Precip. Inicial	Precip. Final	AREA
1	100	105	2189818.88
2	105	110	5931839.94
3	110	115	6876831.64
4	115	120	9882414.07
5	120	125	9630502.06
6	125	130	10529951.12
7	130	135	11994044.92
8	135	140	12983766.89
9	140	145	14364046.54
10	145	150	16400726.93
11	150	155	19703708.55
12	155	160	25122713.38

13	160	165	45396032.17	
14	165	170	54050275.73	
15	170	175	71335030.98	
16	175	180	58292037.24	
17	180	185	60660252.24	
18	185	190	67964224.00	
19	190	195	60334308.20	
20	195	200	57473060.54	
21	200	205	60109352.34	
22	205	210	22844212.33	
Área Total de la Microcuenca			704069150.8	m2
Precip. Media =		1.19715E+11=	170.03	mm/mes
		704069150.8		

Fuente: elaboración propia

Tabla 41. Precipitación media (mm/mes) del mes de febrero por método isoyetas

N°	Precip. Inicial	Precip. Final	AREA	
1	95	100	4281207.90	
2	100	105	9782284.48	
3	105	110	13475973.10	
4	110	115	15483060.89	
5	115	120	18809460.29	
6	120	125	21886251.38	
7	125	130	26093716.65	
8	130	135	33996688.27	
9	135	140	50981185.64	
10	140	145	90051611.40	
11	145	150	144772404.21	
12	150	155	187301811.15	
13	155	160	87153495.40	
Área Total de la Microcuenca			704069150.8	m2
Precip. Media =		1.0082E+11=	143.20	mm/mes
		704069150.8		

Fuente: elaboración propia

Tabla 42. Precipitación media (mm/mes) del mes de marzo por método isoyetas

N°	Precip. Inicial	Precip. Final	AREA
1	95	100	4804851.16
2	100	105	7870199.06
3	105	110	10722295.83
4	110	115	10401482.92
5	115	120	11183831.64
6	120	125	12532854.37

7	125	130	13720540.55	
8	130	135	15146768.85	
9	135	140	17656839.94	
10	140	145	20781962.38	
11	145	150	30932743.56	
12	150	155	46789871.43	
13	155	160	57382484.91	
14	160	165	73737337.19	
15	165	170	56760081.26	
16	170	175	62305121.78	
17	175	180	58040739.83	
18	180	185	51492498.63	
19	185	190	48878908.81	
20	190	195	49890352.04	
21	195	200	43037384.65	
Área Total de la Microcuenca			704069150.78	m2
Precip. Media =		1.16003E+11=	164.76	mm/mes
		704069150.8		

Fuente: elaboración propia

Tabla 43. Precipitación media (mm/mes) del mes de abril por método isoyetas

Nº	Precip. Inicial	Precip. Final	AREA	
1	85	90	4464233.39	
2	90	95	16986367.14	
3	95	100	31986499.88	
4	100	105	59959190.18	
5	105	110	14847733.19	
6	110	115	348036175.72	
7	115	120	222536804.25	
8	120	125	5252147.03	
Área Total de la Microcuenca			704069150.78	m2
Precip. Media =		78768023711=	111.88	mm/mes
		704069150.8		

Fuente: elaboración propia

Tabla 44. Precipitación media (mm/mes) del mes de mayo por método isoyetas

Nº	Precip. Inicial	Precip. Final	AREA
1	20	25	13776198.82
2	25	30	90498934.47
3	30	35	99624233.81
4	35	40	124919165
5	40	45	169952175.7

6	45	50	183393330.2	
7	50	55	21905112.82	
Área Total de la Microcuenca			704069150.78	m2
Precip. Media =		27805110531=	39.49	mm/mes
		704069150.8		

Fuente: elaboración propia

Tabla 45. Precipitación media (mm/mes) del mes de junio por método isoyetas

N°	Precip. Inicial	Precip. Final	AREA	
1	20	25	16164421.03	
2	25	30	47956067.33	
3	30	35	344728878.4	
4	35	40	295219784	
Área Total de la Microcuenca			704069150.78	m2
Precip. Media =		23956921773=	34.03	mm/mes
		704069150.8		

Fuente: elaboración propia

Tabla 46. Precipitación media (mm/mes) del mes de julio por Método isoyetas

N°	Precip. Inicial	Precip. Final	AREA	
1	10	15	20817663.66	
2	15	20	81682681.79	
3	20	25	585732640.5	
4	25	30	15836164.82	
Área Total de la Microcuenca			704069150.78	m2
Precip. Media =		15304146671=	21.74	mm/mes
		704069150.8		

Fuente: elaboración propia

Tabla 47. Precipitación media (mm/mes) del mes de agosto por método isoyetas

N°	Precip. Inicial	Precip. Final	AREA	
1	10	15	14567773.46	
2	15	20	32476689.61	
3	20	25	64773316.67	
4	25	30	306824167.9	
5	30	35	285427203.1	
Área Total de la Microcuenca			704069150.78	m2
Precip. Media =		19921887581=	28.30	mm/mes
		704069150.8		

Fuente: elaboración propia

Tabla 48. Precipitación media (mm/mes) del mes de setiembre por método isoyetas

N°	Precip. Inicial	Precip. Final	AREA
1	20	25	9326952.72
2	25	30	38878699.81
3	30	35	85265478.05
4	35	40	411745928.3
5	40	45	116581934.7
6	45	50	35831443.56
7	50	55	6438713.635
Área Total de la Microcuenca			704069150.78
Precip. Media =	26485379289=		37.62
	704069150.8		

m2
mm/mes

Fuente: elaboración propia

Tabla 49. Precipitación media (mm/mes) del mes de octubre por método isoyetas

N°	Precip. Inicial	Precip. Final	AREA
1	30	35	4702760.92
2	35	40	8965061.36
3	40	45	12163268.85
4	45	50	11807041.68
5	50	55	13909549.09
6	55	60	15366381.35
7	60	65	17296897.08
8	65	70	32438944.06
9	70	75	63816143.20
10	75	80	55789679.39
11	80	85	48762194.20
12	85	90	46052494.50
13	90	95	48794169.57
14	95	100	53608093.75
15	100	105	50019013.40
16	105	110	45715912.18
17	110	115	42030712.12
18	115	120	43572181.64
19	120	125	44844908.14
20	125	130	44413744.28
Área Total de la Microcuenca			704069150.78
Precip. Media =	64240250167=		91.24
	704069150.8		

m2
mm/mes

Fuente: elaboración propia

Tabla 50. Precipitación media (mm/mes) del mes de noviembre por método isoyetas

N°	Precip. Inicial	Precip. Final	AREA
1	70	75	6698049.44
2	75	80	20036113.95
3	80	85	54016146.63
4	85	90	279494835.86
5	80	85	159524561.05
6	75	80	25415301.51
7	90	95	116002519.75
8	95	100	19762919.01
9	90	95	23118703.57
Área Total de la Microcuenca			704069150.78
Precip. Media =		60876597565=	86.46
		704069150.8	

m2
mm/mes

Fuente: elaboración propia

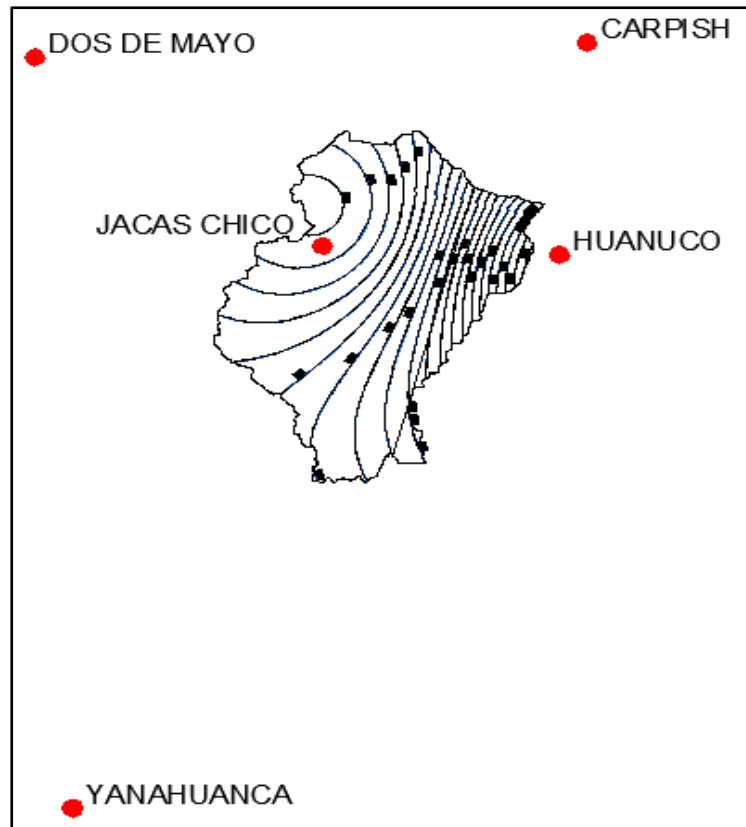
Tabla 51. Precipitación media (mm/mes) del mes de diciembre por método isoyetas

N°	Precip. Inicial	Precip. Final	AREA
1	60	65	3433056.73
2	65	70	7438835.57
3	70	75	11029526.32
4	75	80	13665524.08
5	80	85	13987215.97
6	85	90	16236492.30
7	90	95	18317680.44
8	95	100	5178565.12
9	100	105	26185511.85
10	105	110	65283539.52
11	110	115	68234096.75
12	115	120	57260464.20
13	120	125	56448034.80
14	125	130	64037038.59
15	130	135	65063584.94
16	135	140	59078264.08
17	140	145	56648778.26
18	145	150	61453081.85
19	150	155	35089859.43
Área Total de la Microcuenca			704069150.78
Precip. Media =		85767553080=	121.82
		704069150.8	

m2
mm/mes

Fuente: elaborado por el tesista

Figura 17. Método de isoyetas



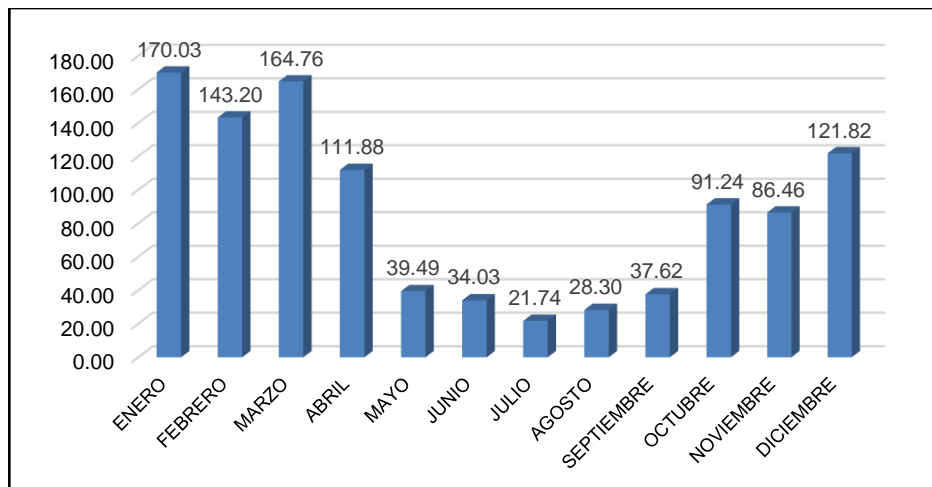
Fuente: elaborado por el tesista

Tabla 52. Precipitación media (mm/mes) de la zona - método de isoyetas

Mes/año	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sept.	Oct.	Nov.	Dic.
Promedio mensual	170.03	143.20	164.76	111.88	39.49	34.03	21.7	28.30	37.62	91.24	86.46	121.82

Fuente: elaborado por el tesista

Figura 18. Método de isoyetas - precipitación media



Fuente: elaborado por el tesista

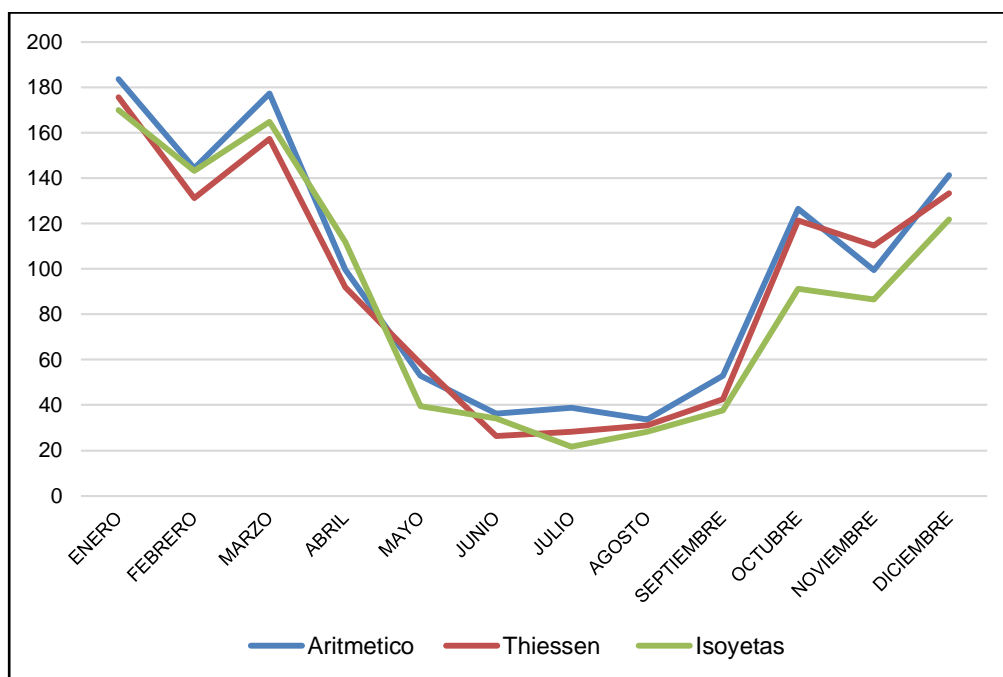
Tabla 53. Cuadro comparativo de precipitación media del método promedio aritmético, de Thiessen y de isoyetas

Método / mes	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sept.	Oct.	Nov.	Dic.
Aritmético	183.61	144.38	177.24	99.75	52.92	36.33	38.92	33.65	52.873	126.563	99.38	141.403
Thiessen	175.75	131.26	157.35	92.03	58.40	26.37	28.18	31.04	42.54	121.35	110.22	133.32
Isoyetas	170.03	143.20	164.76	111.88	39.49	34.03	21.74	28.30	37.62	91.24	86.46	121.82

Fuente: elaborado por el tesista

En la Figura 19. Se muestra la comparación de las precipitaciones medias calculadas a través de los 3 métodos, podemos deducir que en el mes de enero el método más adecuado es el de Thiessen; en febrero y marzo el método de Isoyetas; en abril y mayo el método Aritmético; en junio el método de Isoyetas; en julio, agosto, setiembre y octubre el método de Thiessen, en noviembre el método Aritmético y en diciembre el método de Thiessen.

Figura 19. Comparación de las precipitaciones medias



Fuente: elaborado por el tesista

➤ Cálculo de la precipitación efectiva

La precipitación efectiva está definida como el agua de lluvia que genera el escurrimiento superficial, para este cálculo se prefirió optar

por el método United States Bureau of Reclamation (USBR); asimismo cabe indicar que la precipitación efectiva es de importancia para el cálculo del coeficiente de escurrimiento promedio, el cual está definido como la relación que existe entre la precipitación efectiva respecto a la precipitación total.

Para el desarrollo de la investigación es importante calcular la precipitación efectiva, dicho cálculo será más fácil si primero se determina un polinomio de quinto grado, el cual presenta la siguiente forma:

$$PE = a_0 + a_1 P + a_2 P^2 + a_3 P^3 + a_4 P^4 + a_5 P^5$$

A continuación, se indicará el nombre de cada uno de los elementos pertenecientes a la fórmula antes mencionada:

PE: precipitación efectiva (mm/mes)

P: precipitación total mensual (mm/mes)

a i: coeficiente del polinomio.

En el siguiente cuadro, se muestran tres tipos de curvas denominadas curva I, curva II y curva III para los coeficientes a i, que hacen posible alcanzar cada valor del coeficiente de escurrimiento "C" el cual está predeterminado entre 0.15 y 0.45 por interpolación.

Tabla 54. Coeficientes a i, para calcular la precipitación efectiva

Coeficientes	Curva I	Curva II	Curva III
a ₀	-0.018	-0.021	-0.028
a ₁	-0.0185	0.1358	0.2756
a ₂	0.001105	-0.002296	-0.004103
a ₃	-1.204E-05	4.349E-05	5.534E-05
a ₄	1.44E-07	-8.90E-08	1.24E-07
a ₅	-2.85E-10	-8.79E-11	-1.42E-09

Fuente: Plan Meris II, 1980

Los polinomios que se usaran para el cálculo de la precipitación efectiva presentan un límite de aplicación, en el siguiente cuadro, se aprecian los valores límite superiores para la precipitación efectiva.

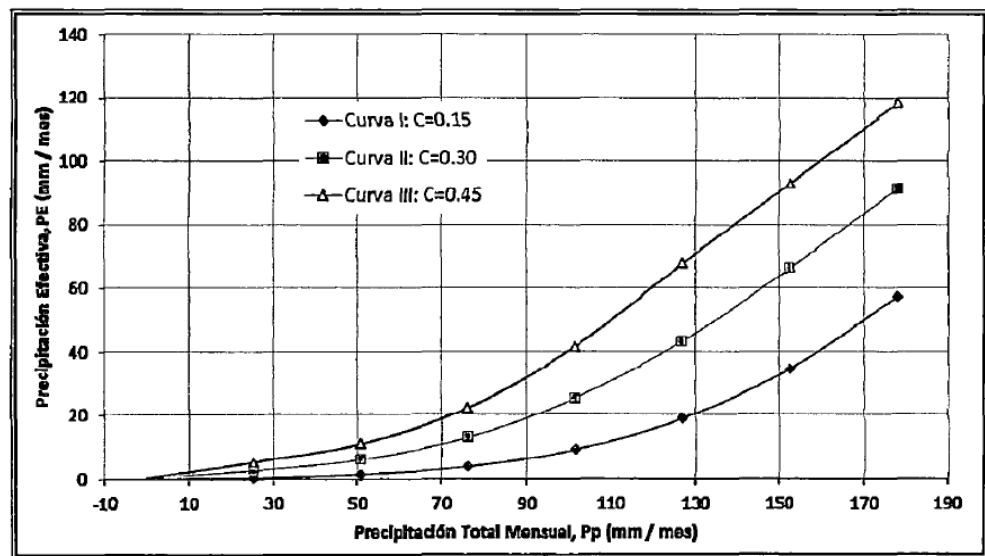
Tabla 55. Límite superior para la precipitación efectiva (PE)

Curva #	Ecuación	Rango
CURVA I	PE = P - 120.6	P >= 177.8 mm / mes
CURVA II	PE = P - 86.4	P >= 152.4 mm / mes
CURVA III	PE = P - 59.7	P >= 127.0 mm / mes

Fuente: Plan Meris II, 1980

En el siguiente Figura, se observa la relación que existe entre la precipitación efectiva y la precipitación total, en base al coeficiente de escurrimiento, según el método USBR.

Figura 20. Curvas de la precipitación efectiva que produce escurrimiento



Fuente: (Ticona, 2013 p. 30)

El volumen anual de la precipitación efectiva será igual al caudal anual en la cuenca o microcuenca correspondiente siempre y cuando exista relación entre la precipitación efectiva y precipitación total, de lo mencionado anteriormente se refleja en la siguiente fórmula.

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

A continuación, se indicará el nombre de cada uno de los elementos pertenecientes a la fórmula anterior:

C: coeficiente de esorrentía.

Q: caudal anual.

P: precipitación total anual.

PE i: precipitación efectiva mensual

Tabla 56. Precipitación promedio mensual (mm/mes) en la microcuenca Higueras - método Aritmético

Estación - Microcuenca Higueras	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sept.	Oct.	Nov.	Dic.	total
Promedio mensual	183.61	144.38	177.24	99.75	52.92	36.33	38.92	33.65	52.873	126.563	99.38	141.403	1187.019
C	0.44	0.42	0.43	0.44	0.44	0.46	0.47	0.45	0.45	0.44	0.40	0.45	
Coefficiente polinomio/Curva	iii	iii	iii	iii	iii	iii	iii	iii	iii	iii	iii	iii	
a o	0.016	0.016	0.016	0.016	0.016	0.016	0.016	0.016	0.016	0.016	0.016	0.016	
a 1	0.227	0.227	0.227	0.227	0.227	0.227	0.227	0.227	0.227	0.227	0.227	0.227	
a 2	-0.004	-0.004	-0.004	-0.004	-0.004	-0.004	-0.004	-0.004	-0.004	-0.004	-0.004	-0.004	
a 3	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
a 4	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
a 5	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
PE*	126.841	87.216	120.132	45.072	13.694	7.654	8.431	6.908	13.673	69.801	44.754	84.285	

Fuente: elaborado por el tesista

* para calcular la PE se usó la tabla 55

Meses	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sept.	Oct.	Nov.	Dic.
PE/Promedio mensual	0.69	0.60	0.68	0.45	0.26	0.21	0.22	0.21	0.26	0.55	0.45	0.60
Para > 0.45	verdadero	verdadero	verdadero	falso	falso	falso	falso	falso	falso	verdadero	falso	verdadero
P>177.8mm/mes	63.01											
P>152.4mm/mes												
P>127.0mm/mes		84.68	90.84									81.703
PE a usar en la generación de caudal	63.01	84.68	90.84	45.07	13.69	7.65	8.43	6.91	13.67	69.80	44.75	81.70

Fuente: elaborado por el tesista

Tabla 57. Precipitación promedio mensual (mm/mes) en la microcuenca Higueras - método Thiessen

Estación - Microcuenca Higueras	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sept.	Oct.	Nov.	Dic.	total
Promedio mensual	175.75	131.26	157.35	92.03	58.40	26.37	28.18	31.04	42.54	121.35	110.22	133.32	1107.811
C	0.41	0.39	0.4	0.41	0.41	0.43	0.44	0.42	0.42	0.41	0.37	0.42	
Coeficiente polinomio/Curva	iii	iii	iii	iii	iii	iii	iii	iii	iii	iii	iii	iii	
a 0	0.016	0.016	0.016	0.016	0.016	0.016	0.016	0.016	0.016	0.016	0.016	0.016	
a 1	0.227	0.227	0.227	0.227	0.227	0.227	0.227	0.227	0.227	0.227	0.227	0.227	
a 2	-0.004	-0.004	-0.004	-0.004	-0.004	-0.004	-0.004	-0.004	-0.004	-0.004	-0.004	-0.004	
a 3	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
a 4	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
a 5	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
PE*	118.592	74.353	100.047	38.614	16.283	5.142	5.549	6.235	9.615	64.794	54.383	76.363	

Fuente: elaborado por el tesista

* para calcular la PE se usó la tabla 55

Meses	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sept.	Oct.	Nov.	Dic.
PE/Promedio mensual	0.67	0.57	0.64	0.42	0.28	0.19	0.20	0.20	0.23	0.53	0.49	0.57
Para > 0.45	verdadero	verdadero	verdadero	falso	falso	falso	falso	falso	falso	verdadero	verdadero	verdadero
P>177.8mm/mes												
P>152.4mm/mes	89.35		70.95									
P>127.0mm/mes		71.56										73.62
PE a usar en la generación de caudal	89.35	71.56	70.95	38.61	16.28	5.14	5.55	6.23	9.61	64.79	54.38	73.62

Fuente: elaborado por el tesista

Tabla 58. Precipitación promedio mensual (mm/mes) en la microcuenca Higueras por el método Isoyetas

Estación - Microcuenca Higueras	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sept.	Oct.	Nov.	Dic.	total
Promedio mensual	170.03	143.20	164.76	111.88	39.49	34.03	21.74	28.30	37.62	91.24	86.46	121.82	1050.567
C	0.39	0.37	0.38	0.39	0.39	0.41	0.42	0.40	0.40	0.39	0.35	0.40	
Coeficiente polinomio/Curva	iii	iii	iii	iii	iii	iii	iii	iii	iii	iii	iii	iii	
a 0	0.016	0.016	0.016	0.016	0.016	0.016	0.016	0.016	0.016	0.016	0.016	0.016	
a 1	0.227	0.227	0.227	0.227	0.227	0.227	0.227	0.227	0.227	0.227	0.227	0.227	
a 2	-0.004	-0.004	-0.004	-0.004	-0.004	-0.004	-0.004	-0.004	-0.004	-0.004	-0.004	-0.004	
a 3	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
a 4	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
a 5	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
PE*	112.748	86.049	107.436	55.905	8.610	7.010	4.177	5.576	8.034	37.979	34.226	65.247	

Fuente: elaborado por el tesista

* para calcular la PE se usó la tabla 55

Meses	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sept.	Oct.	Nov.	Dic.
PE/Promedio mensual	0.66	0.60	0.65	0.50	0.22	0.21	0.19	0.20	0.21	0.42	0.40	0.54
Para > 0.45	verdadero	verdadero	verdadero	falso	falso	falso	falso	falso	falso	falso	falso	verdadero
P>177.8mm/mes												
P>152.4mm/mes	83.63		78.36									
P>127.0mm/mes		83.50										
PE a usar en la generación de caudal	83.63	83.50	78.36	55.90	8.61	7.01	4.18	5.58	8.03	37.98	34.23	65.25

Fuente: elaborado por el tesista

El modelo cuenta con parámetros mencionados anteriormente de los cuales los más importantes serán detallados a continuación:

Precipitación efectiva

Es parte de la precipitación, que discurre por la superficie o subsuperficie de la tierra convertida en caudal que es la fuente de agua u oferta de agua que ofrece la microcuenca del Rio Higueras.

a). Coeficiente de escurrimiento

El coeficiente de escurrimiento está definido como la relación que existe entre la precipitación efectiva respecto la precipitación total, para este cálculo se optó por fórmula de L. Turc:

$$C = \frac{P - D}{P}$$

A continuación, se indicará el nombre de cada uno de los elementos correspondientes a la fórmula mencionada anteriormente:

C: coeficiente de escurrimiento (mm/año)

P: precipitación total anual (mm/año)

D: déficit de escurrimiento (mm/año)

Para obtener el coeficiente de escurrimiento se tendrá que determinar el valor de "D" para lo cual se hará uso de la siguiente expresión:

$$D = P \frac{1}{\left(0.9 + \frac{P^2}{L^2}\right)^{\left(\frac{1}{2}\right)}}$$

De la expresión del déficit de escurrimiento se indicará el nombre de cada uno de sus elementos:

L: coeficiente de temperatura

T: temperatura media anual (°C)

$$L = 300 + 25(T) + 0.05(T)^3$$

Tabla 59. Coeficiente de escurrimiento (mm/año) calculado teniendo en cuenta la precipitación promedio anual determinada con el método promedio aritmético y la media anual de la temperatura

Coef./mes	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sept.	Oct.	Nov.	Dic.
Coef. escurrimiento	0.44	0.42	0.43	0.44	0.44	0.46	0.47	0.45	0.45	0.44	0.40	0.45

Fuente: elaboración propia

Tabla 60. Coeficiente de escurrimiento (mm/año) calculado teniendo en cuenta la precipitación promedio anual determinada con el método Thiessen y la media anual de la temperatura

Coef./mes	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sept.	Oct.	Nov.	Dic.
Coef. escurrimiento	0.41	0.39	0.4	0.41	0.41	0.43	0.44	0.42	0.42	0.41	0.37	0.42

Fuente: elaboración propia

Tabla 61. Coeficiente de escurrimiento (mm/año) calculado teniendo en cuenta la precipitación promedio anual determinada con el método isoyetas y la media anual de la temperatura

Coef./mes	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sept.	Oct.	Nov.	Dic.
Coef. escurrimiento	0.39	0.37	0.38	0.39	0.39	0.41	0.42	0.40	0.40	0.39	0.35	0.40

Fuente: elaboración propia

b). Coeficiente de agotamiento

El coeficiente de agotamiento “a” es de importancia para el cálculo de los caudales medio mensuales y se determinará teniendo en cuenta los datos hidrométricos, cabe indicar que el coeficiente de agotamiento oscila alrededor de un promedio por lo que no es constante durante la estación seca, en algunos casos se puede despreciar la variación del coeficiente de agotamiento por lo cual se hará uso de un valor promedio del dicho coeficiente; asimismo este coeficiente presenta una dependencia del área de la microcuenca del río Higuera y lo expresa en forma logarítmica.

El agotamiento rápido se produce, por la retención entre 50 y 80 mm/año cuando la vegetación es poco desarrollada (puna).

Así tenemos la siguiente ecuación para el coeficiente de agotamiento:

$$a = -0.00252 * \ln AR + 0.030$$

A continuación, se mencionará cada uno de los elementos de la ecuación anterior:

a: coeficiente de agotamiento por día.

AR: área de la microcuenca de estudio.

El coeficiente de agotamiento haciendo uso de la fórmula VIII para un área de 704.07 km²; el cual es el área de la microcuenca, es de 0.01347667.

c). Almacenamiento Hídrico

El almacenamiento hídrico es aquel encargado de producir el efecto de retención en la cuenca de estudio y se expresan en milímetros sobre dicha cuenca; entre los almacenes naturales se pueden distinguir tres tipos con mayor importancia:

- Los acuíferos
- Las lagunas y pantanos
- Los nevados

Los valores del almacenamiento hídrico producido por el efecto de la retención en la cuenca son recomendados por el Modelo elaborado por Plan Meris II (Misión Técnica Alemana) y a continuación tenemos un cuadro de resumen:

Tabla 62. Almacenamiento hídrico

TIPO	LAMINA ACUMULADA mm/año
NAPA FREÁTICA	Pendiente de la cuenca
	2% 8% 15%
	300 250 200
LAGUNAS, PANTANOS	500
NEVADOS	500

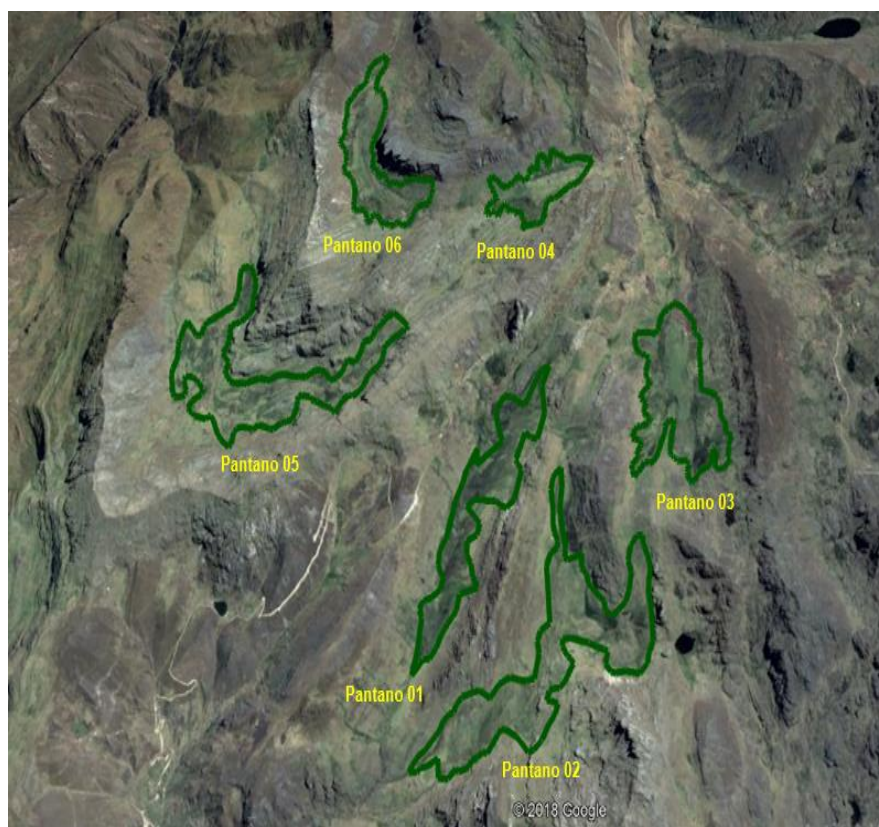
Fuente: PLAN MERIS II - Generación de caudales mensuales en la sierra peruana
- LUTZ SCHOLZ.

Tabla 63. Área de pantanos existentes en la microcuenca del río Higueras

Pantanos	Área	unidad
1	473376.411	m2
2	744177.743	m2
3	619110.789	m2
4	275854.094	m2
5	793883.924	m2
6	534348.608	m2
Área Total de pantanos	1836664.94	m2

Fuente: elaboración propia haciendo uso del ArcMap 10.3

Figura 21. Área de pantanos existentes en la microcuenca del río Higueras.



Fuente: Google Earth Pro

Tabla 64. Área de lagos existentes en la microcuenca del Higueras

LAGOS - HIGUERAS				
Nº	NOMBRE	CODIGO	AREA (M2)	PERIMETRO (ML)
0	Huacancocha	1650	18923.00	497.349131
1	Cochapampa	1650	42916.50	829.558861
2		1650	3532.00	223.317224

3		1650	60397.00	1035.510509
4		1650	15533.50	468.13935
5		1650	35712.50	800.058678
6	Chinancoha	1650	61295.00	1033.172095
7		1650	17815.50	501.9177
8		1650	25146.50	582.336578
9		1550	59092.50	938.962606
10		1651	13441.50	436.829974
11		1651	17447.00	559.201542
12		1651	18806.00	511.960887
13	Ucumaria	1651	49910.00	803.249437
14		1651	5303.50	272.994055
15		1651	4928.90	261.960022
16		1551	5894.00	287.562768
17		1551	2908.00	196.715962
TOTAL			459002.90	Ha
TOTAL			45.90	Km2

Fuente: elaboración propia haciendo uso del ArcMap 10.3

Tabla 65. Áreas de aguas subterráneas del cauce

GRID.CODE	LONGITUD (M)	KM	ANCHO PROMEDIO (KM)	AREA (KM2)
1.00	276501.76	276.50	0.05	13.83
2.00	65057.82	65.06	0.1	6.51
3.00	61282.47	61.28	0.2	12.26
4.00	37727.91	37.73	0.5	18.86
TOTAL				51.45

Fuente: elaboración propia haciendo uso del ArcMap 10.3

d). Gasto de la retención hídrica (Gi)

La contribución mensual de la retención para la estación seca se calcula experimentalmente teniendo como base los datos históricos de la cuenca en estudio, mediante la siguiente fórmula: (Aguirre M., 1999).

$$G_i = \left(\frac{b_i}{\sum_{i=1}^m b_i} \right) \times R$$

De la fórmula mencionada anteriormente se indicará el nombre de cada uno de sus elementos:

G_i: gasto de retención hídrica respecto al mes i (mm/mes).

R: retención de la microcuenca (mm/año)

m: número de meses de estiaje.

B i: coeficiente de gasto de la retención hídrica.

R i: gasto de retención hídrica de lagunas, pantanos y napa freática

G i: gasto de retención hídrica de los meses de abril a octubre considerando:

i.- La relación de descarga del mes actual y el mes anterior está dado por:

$$g_o = e^{-at}$$

Donde:

a: coeficiente de agotamiento

t: número de días de un mes (30 días)

$$e = 2.718$$

$$at = 0.404$$

$$g_o = 0.667$$

ii.- La relación de descarga del mes actual y del mes anterior para la estación seca se obtiene:

$g_i =$	(g_o)	i
abril	$g_1 =$	0.667
mayo	$g_2 =$	0.446
junio	$g_3 =$	0.297
julio	$g_4 =$	0.198
agosto	$g_5 =$	0.132
setiembre	$g_6 =$	0.088
	$\Sigma g_i =$	1.830

Donde:

$i = 1, 2, \dots, 7$ considerando del mes de abril hasta octubre.

III.- El Cálculo de los gastos de retención hídrica de los meses de estación seca está dado por:

Tabla 66. Gastos de retención hídrica

descripción	área (km2)	lamina especifica mm/año	volumen total (mm3)
Lagunas y pantanos (50%)	2.2957	500	1.1478
Acuíferos (aprox.)	0.0515	250	0.0129
Total	2.2957		1.1607

Fuente: elaboración propia haciendo uso del ArcMap 10.3

Área de la microcuenca = 704.07 km²

$R_i = \text{Volumen total (m}^3) / \text{Área de la cuenca (m}^2)$

$R_i = 0.00164855 \text{ m}$

$R_i = 1.65 \text{ mm}$

Haciendo uso de la fórmula IX se obtiene el gasto de retención hídrica:

Tabla 67. Gasto de retención hídrica desde los meses de abril a octubre

Abril	G1 =	0.60
Mayo	G2 =	0.40
Junio	G3 =	0.27
Julio	G4 =	0.18
Agosto	G5 =	0.12
Setiembre	G6 =	0.08
		1.65

Fuente: elaboración propia

f). Abastecimiento de la retención de la cuenca (A_i)

Este abastecimiento está definido como el volumen de agua que retiene la cuenca de estudio durante la época de lluvias; teniendo como fin alimentar las aguas del rio en épocas de estiaje para lo cual almacena de forma natural el agua en acuíferos, lagunas, pantanos y nevados como reserva hídrica.

La lámina de agua que entra en la reserva de la cuenca se muestra en forma de un déficit mensual de la precipitación efectiva mensual, su cálculo se realiza mediante la siguiente ecuación:

$$A_i = a_i R$$

De la fórmula mencionada anteriormente se indicará el nombre de cada uno de sus elementos:

A_i = abastecimiento de la retención respecto al mes i (mm/mes).

a_i = coeficiente de abastecimiento.

R = retención de la microcuenca (mm/año).

i = mes del año, de 1 a 12.

Coeficientes de almacenamiento hídrico durante la época de lluvias.

Tabla 68. Límite Valores de “coeficiente de abastecimiento” en porcentaje.

REGION	Ene	Feb	Mar	Oct	Nov	Dic	Σ
CUZCO	40	20	0	0	5	35	100
HUANCAVELICA	30	20	5	10	0	35	100
JUNIN	30	30	5	10	0	25	100
CAJAMARCA	20	25	35	25	-5	0	100

Fuente: Generación de caudales mensuales en la sierra peruana – Programa nacional de pequeñas y medianas irrigaciones – Plan Meris II, marzo 1980.

El abastecimiento de la retención de la cuenca A_i del mes i que se presenta en estación lluviosa entre los meses que van de octubre a marzo está dado por la siguiente ecuación:

$$A_i = a_i R_i$$

Donde:

a_i = Coeficiente de abastecimiento (Dpto. Junín)

Tabla 69. Coeficiente de abastecimiento (a)

enero	$a_1 =$	0.3
febrero	$a_2 =$	0.3
marzo	$a_3 =$	0.05
abril		
mayo		
junio		
julio		
agosto		
setiembre		
octubre	$a_4 =$	0.1
noviembre	$a_5 =$	0
diciembre	$a_6 =$	0.25
	Total =	1

Fuente: elaboración propia

$$R_i = 1.65$$

Tabla 70. Abastecimiento de retención de la microcuenca en el mes.

$$A_i = a_i R_i$$

enero	A1 =	0.49
febrero	A2 =	0.49
marzo	A3 =	0.08
abril		
mayo		
junio		
julio		
agosto		
setiembre		
octubre	A4 =	0.16
noviembre	A5 =	0.00
diciembre	A6 =	0.41

Fuente: elaboración propia

g). Caudal mensual para el año promedio

La lámina de agua correspondiente al caudal mensual para el año promedio se determina mediante la ecuación del balance hídrico sobre la base de la precipitación efectiva, gasto de la retención hídrica y abastecimiento de la retención de la cuenca de estudio.

$$CM_i = PE_i + G_i - A_i$$

De la fórmula mencionada anteriormente se indicará el nombre de cada uno de sus elementos:

CM_i: caudal del mes *i* (mm/mes).

PE_i: precipitación efectiva del mes *i* (mm/mes).

G_i: gasto de la retención hídrica del mes *i* (mm/mes).

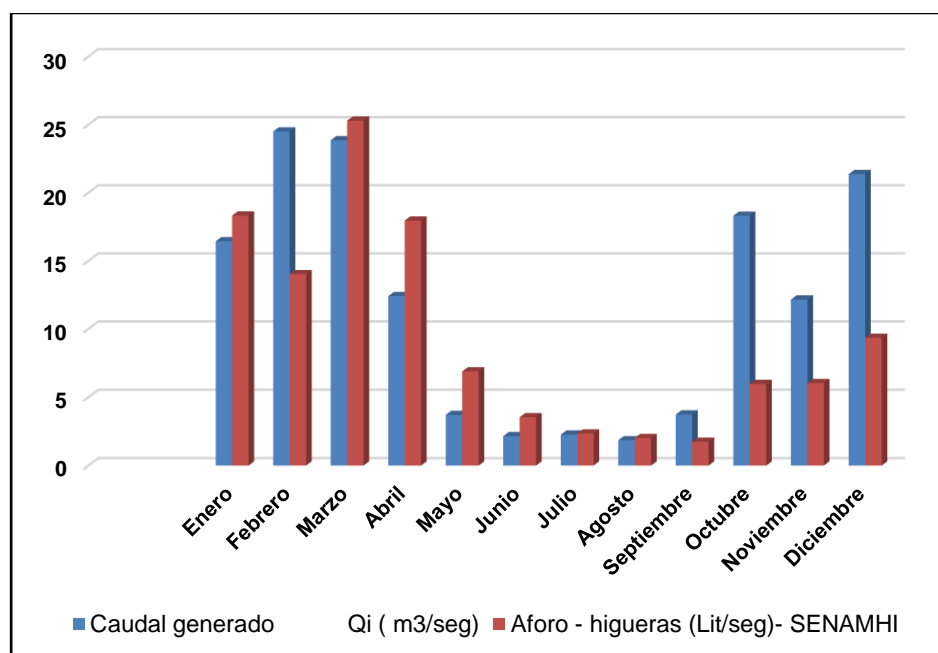
A_i: abastecimiento de la retención de la microcuenca del mes *i* (mm/mes).

Tabla 71. Caudal generado por el método de Lutz Scholz teniendo en cuenta que la precipitación media fue determinada con el método promedio aritmético

N° días	Mes	Precipitación (mm)		Contribución de retención				Q. aportación	Caudal generado Qi (m3/seg)-MA	Aforo - higueras (Lit/seg)-SENAMHI
		Media - método aritmético (mm)	Efectiva (mm)	Gasto		Abastecimiento		Cmi (mm/mes)		
				gi	Gi (mm/mes)	ai	Ai			
31	ENE	183.61	63.01			0.3	0.49	62.52	16.43	18.32
28	FEB	144.38	84.68			0.3	0.49	84.19	24.50	14.02
31	MAR	177.24	90.84			0.05	0.08	90.76	23.86	25.29
30	AB	99.75	45.07	0.667	0.60			45.67	12.41	17.95
31	MAY	52.92	13.69	0.446	0.40			14.10	3.71	6.89
30	JUN	36.33	7.65	0.297	0.27			7.92	2.15	3.54
31	JUL	38.92	8.43	0.198	0.18			8.61	2.26	2.35
31	AG	33.65	6.91	0.132	0.12			7.03	1.85	2.02
30	SEP	52.87	13.67	0.088	0.08			13.75	3.74	1.74
31	OCT	126.56	69.80			0.1	0.16	69.64	18.31	5.97
30	NOV	99.38	44.75			0	0.00	44.75	12.16	6.04
31	DIC	141.40	81.70			0.25	0.41	81.29	21.37	9.34
	Total	1187.02			1.65	1	1.65			
						Área =	704.07	Km2		

Fuente: elaboración propia

Figura 22. Comparación del caudal generado aplicando el método Lutz Scholz vs el aforo Higueras – método promedio aritmético.



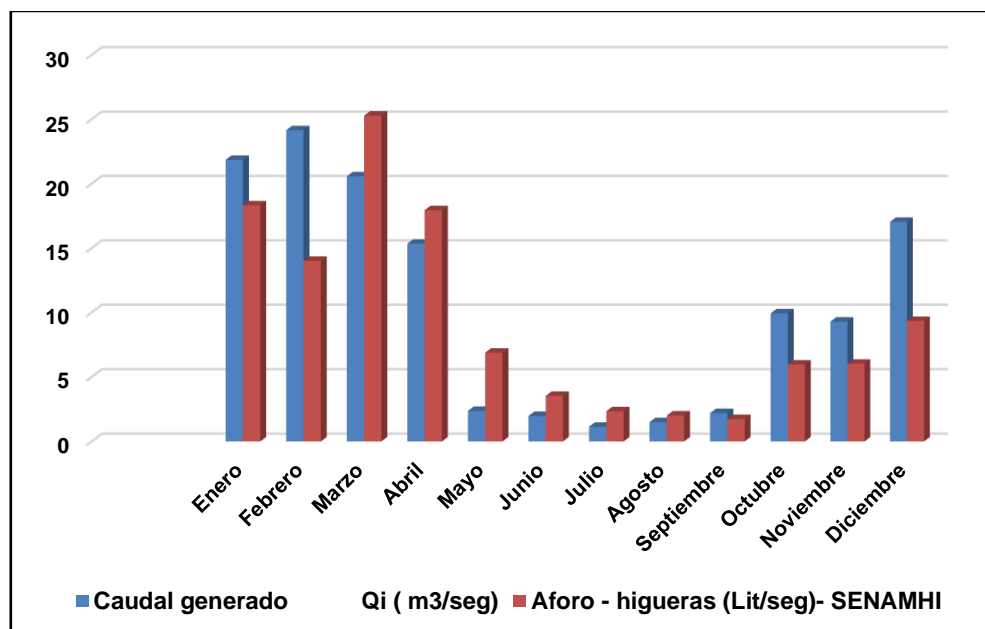
Fuente: elaborado por el tesista

Tabla 72. Caudal generado por el método de Lutz Scholz teniendo en cuenta que la precipitación media fue determinada con el método Thiessen

N° días	Mes	Precipitación (mm)		Contribución de retención				Q. aportación Cmi (mm/mes)	Caudal generado Qi (m3/seg)-MA	Aforo - higueras (Lit/seg)- SENAMHI
		Media - método Thiessen (mm)	Efectiva (mm)	Gasto		Abastecimiento				
				gi	Gi (mm/mes)	ai	Ai			
31	ENE	170.03	83.63			0.3	0.49	83.14	21.85	18.32
28	FEB	143.20	83.50			0.3	0.49	83.00	24.16	14.02
31	MAR	164.76	78.36			0.05	0.08	78.28	20.58	25.29
30	AB	111.88	55.90	0.667	0.60			56.51	15.35	17.95
31	MAY	39.49	8.61	0.446	0.40			9.01	2.37	6.89
30	JUN	34.03	7.01	0.297	0.27			7.28	1.98	3.54
31	JUL	21.74	4.18	0.198	0.18			4.36	1.15	2.35
31	AG	28.30	5.58	0.132	0.12			5.70	1.50	2.02
30	SEP	37.62	8.03	0.088	0.08			8.11	2.20	1.74
31	OCT	91.24	37.98			0.1	0.16	37.81	9.94	5.97
30	NOV	86.46	34.23			0	0.00	34.23	9.30	6.04
31	DIC	121.82	65.25			0.25	0.41	64.83	17.04	9.34
	Total	1050.55			1.65	1	1.65			
						Área =	704.07	Km2		

Fuente: elaboración propia

Figura 23. Comparación del caudal generado aplicando el método Lutz Scholz vs el aforo Higueras – método Thiessen.



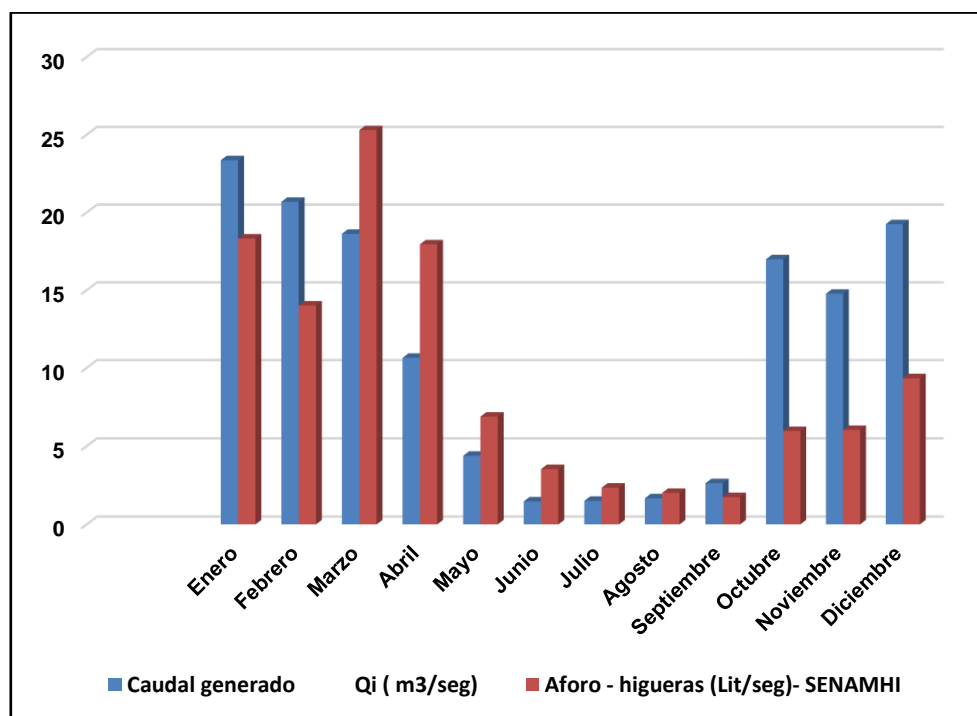
Fuente: elaborado por el tesista

Tabla 73. Caudal generado por el método de Lutz Scholz teniendo en cuenta que la precipitación media fue determinada con el método isoyetas.

N° días	Mes	Precipitación (mm)		Contribución de retención				Q. aportación Cmi (mm/mes)	Caudal generado Qi (m3/seg)-MA	Aforo - higueras (Lit/seg)-SENAMHI
		Media - método isoyetas (mm)	Efectiva (mm)	Gasto		Abastecimiento				
				gi	Gi (mm/mes)	ai	Ai			
31	ENE	175.75	89.35			0.3	0.49	88.86	23.36	18.32
28	FEB	131.26	71.56			0.3	0.49	71.06	20.68	14.02
31	MAR	157.35	70.95			0.05	0.08	70.87	18.63	25.29
30	AB	92.03	38.61	0.667	0.60			39.22	10.65	17.95
31	MAY	58.40	16.28	0.446	0.40			16.68	4.39	6.89
30	JUN	26.37	5.14	0.297	0.27			5.41	1.47	3.54
31	JUL	28.18	5.55	0.198	0.18			5.73	1.51	2.35
31	AG	31.04	6.23	0.132	0.12			6.35	1.67	2.02
30	SEP	42.54	9.61	0.088	0.08			9.69	2.63	1.74
31	OCT	121.35	64.79			0.1	0.16	64.63	16.99	5.97
30	NOV	110.22	54.38			0	0.00	54.38	14.77	6.04
31	DIC	133.32	73.62			0.25	0.41	73.21	19.24	9.34
	Total	1107.81			1.65	1	1.65			
						Área =	704.07	Km2		

Fuente: elaboración propia

Figura 24. Comparación del caudal generado aplicando el método Lutz Scholz vs el aforo Higueras – método isoyetas.



Fuente: elaboración propia

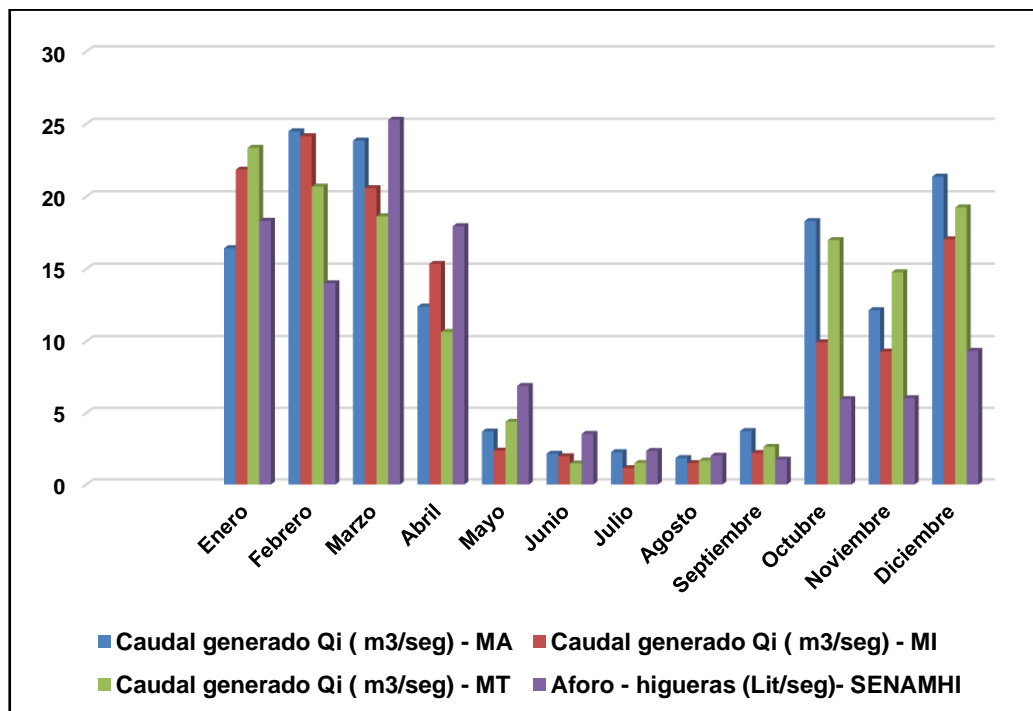
Tabla 74. Comparación del caudal generado con el aforo Higueras

Mes	Caudal generado Qi (m3/seg) - MA	Caudal generado Qi (m3/seg) - MI	Caudal generado Qi (m3/seg) - MT	Aforo - higueras (Lit/seg)- SENAMHI
Enero	16.43	21.85	23.36	18.32
Febrero	24.50	24.16	20.68	14.02
Marzo	23.86	20.58	18.63	25.29
Abril	12.41	15.35	10.65	17.95
Mayo	3.71	2.37	4.39	6.89
Junio	2.15	1.98	1.47	3.54
Julio	2.26	1.15	1.51	2.35
Agosto	1.85	1.50	1.67	2.02
Septiembre	3.74	2.20	2.63	1.74
Octubre	18.31	9.94	16.99	5.97
Noviembre	12.16	9.30	14.77	6.04
Diciembre	21.37	17.04	19.24	9.34

Fuente: elaboración propia

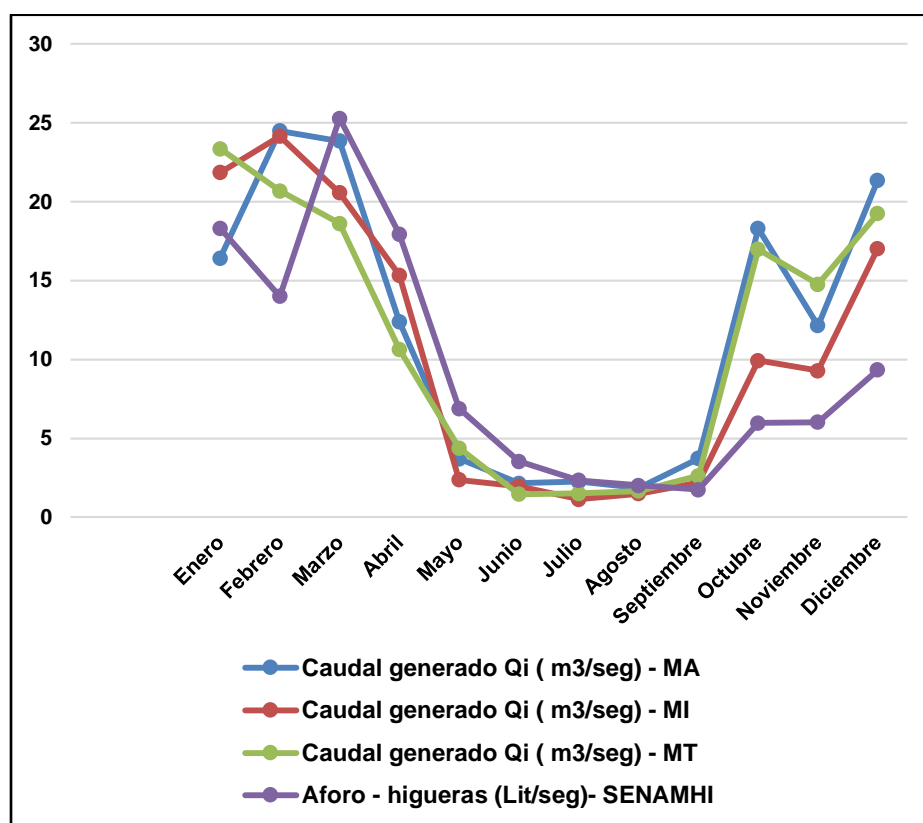
Donde:
 MA: Método Aritmético
 MI: Método Isoyetas
 MT: Método Thiessen

Figura 25. Comparación de los caudales generados - diagrama de barras de columna



Fuente: elaboración propia

Figura 26. Comparación del caudal generado - diagrama de Línea



Fuente: elaboración propia

Tabla 75. Caudal generado que más cerca se encuentra al aforo del río Higuera.

Mes	Caudal generado Qi (m3/seg) - MA	Caudal generado Qi (m3/seg) - MI	Caudal generado Qi (m3/seg) - MT	Aforo - higuera (Lit/seg)- SENAMHI	% de acercamiento del caudal generado al aforo higuera
Enero	16.43			18.32	-89.69 %
Febrero			20.68	14.02	147.56 %
Marzo	23.86			25.29	-94.33 %
Abril		15.35		17.95	-85.51 %
Mayo			4.39	6.89	-63.67 %
Junio	2.15			3.54	-60.88 %
Julio	2.26			2.35	-96.41 %
Agosto	1.85			2.02	-91.68 %
Septiembre		2.20		1.74	126.45 %
Octubre		9.94		5.97	166.53 %
Noviembre		9.30		6.04	154.04 %
Diciembre		17.04		9.34	182.42 %

Fuente: elaboración propia

4.1.3. Prueba de normalidad

Previamente de la evaluación de los resultados se realizó la prueba de normalidad de los datos para lo cual se usó el test de Shapiro-Wilk, un test apropiado para tamaños de muestra menores a 50.

H_i : La variable caudal medio mensual en la población presenta distribución Normal.

H_o : La variable caudal medio mensual en la población es distinto a la distribución Normal.

Tabla 76. Prueba de normalidad de datos

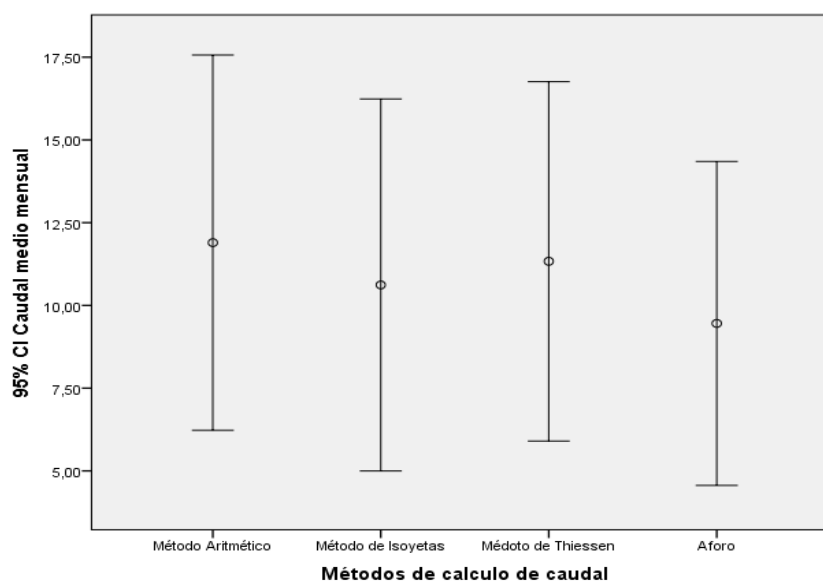
Variable	Métodos de cálculo de caudal	Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.
Caudal Medio Mensual	Método Aritmético	0.870	12	0.065
	Método de Isoyetas	0.866	12	0.058
	Método de Thiessen	0.862	12	0.052
	Aforo	0.880	12	0.088

Fuente: Elaboración propia

Interpretación

De acuerdo con la tabla 76, con una probabilidad de error superior al 5%, la variable caudal medio mensual en la población presenta distribución Normal.

Figura 27. Prueba de normalidad de datos



Fuente: Elaboración propia

4.1.4. Prueba de homogeneidad

Para probar la homogeneidad de varianzas se realizó la prueba de Levene.

H_i: La variable caudal medio mensual en la población tiene igualdad de varianza.

H_o: La variable caudal medio mensual en la población no tiene igualdad de varianza.

Tabla 77. Prueba de homogeneidad de varianzas

Estadístico de Levene	df1	df2	sig.
0.379	3	44	0.768

Fuente: elaboración propia

Interpretación

Conforme a la tabla 77, con una probabilidad de error superior al 5%, la variable caudal medio mensual en la población presenta igualdad de varianza.

4.1.5. Análisis descriptivo

Tabla 78. Descripción para la variable caudal medio mensual

Descripción		Caudal Medio Mensual
N	válido	48
	perdidos	0
media		10.83
error estándar de la media		1.19
desviación estándar		8.29
coeficiente de variación		76.53%
mínimo		1.15
máximo		25.29

Fuente: Elaborado por el tesista

Interpretación:

De conformidad con la tabla 78, se visualiza que la media para el caudal medio mensual es 10.83, tiene un error estándar de la media de 1.19, además presenta una desviación estándar de 8.29 y un coeficiente de variabilidad de 76.53%.

4.2. Contrastación de hipótesis o prueba de hipótesis

4.2.1. Prueba de hipótesis

La contrastación o prueba de hipótesis que se usó en el presente estudio se denomina la prueba de Análisis de Varianza (ANOVA) de un factor, al nivel de significación del 5% entre grupos, se usó la prueba de post hoc de Tukey para la comparación de promedios de los grupos, con el 5% para determinar el nivel de significación entre grupos.

En el presente estudio la hipótesis a contrastar es:

Hipótesis (H₁)

Los resultados de la comparación de caudales medio mensuales aplicando el modelo Lutz Scholz y una estación hidrométrica en la microcuenca del río Higueras, en el periodo 2017 - 2018 coinciden.

Hipótesis (H₀)

Los resultados de la comparación de caudales medio mensuales aplicando el modelo Lutz Scholz y una estación hidrométrica en la microcuenca del río Higueras, en el periodo 2017 - 2018 no coinciden.

Nivel de significancia teórica:

$\alpha = 0.05$, el nivel de significancia con que se trabajó en la presente investigación es del 0.05, el cual significa que habrá un nivel de confianza del 95% que la comparación de caudales medios mensuales hallados aplicando el método Lutz Scholz y los de una estación hidrométrica coincidan y el 5% restante será la probabilidad de error.

Medida de decisión:

Se rechaza la hipótesis, si $p < \alpha$ o $p < 0.05$

Estadístico de prueba:

Análisis de varianza (ANOVA) de un factor

Tabla 79. La prueba análisis de varianza (ANOVA) de un factor para los caudales medio mensuales aplicando el modelo Lutz Scholz y una estación hidrométrica en la microcuenca del río Higueras

Fuentes de variabilidad	Suma de cuadrados	gl	media cuadrática	F	Nivel de sig.
entre grupos	39.86	3	13.29	0.18	0.91
error	3,193.14	44	72.57		
total	3,233.00	47			

Fuente: Elaborado por el tesista

Interpretación:

En virtud de la tabla 79, realizado la prueba de análisis de varianza (ANOVA) de un factor para los caudales medios mensuales, el nivel de significancia establecido nos indica que aplicando el modelo Lutz Scholz y una estación hidrométrica, no existe **diferencia estadística** significativa, ya que el p - valor resulta igual a 0.91 y 0.91 es > 0.05 ; por lo tanto, los caudales medio mensuales hallados aplicando el modelo Lutz Scholz y los de una estación hidrométrica en la microcuenca del río Higueras, en el periodo 2017 - 2018 coinciden.

4.2.2. Hipótesis específicas

- **Hipótesis específica 01**

H₁ Los resultados de los caudales medio mensuales aplicando el modelo Lutz Scholz - método Aritmético y una estación hidrométrica, en la microcuenca del río Higueras, Huánuco coinciden.

H₀ Los resultados de los caudales medio mensuales aplicando el modelo Lutz Scholz - método Aritmético y una estación hidrométrica, en la microcuenca del río Higueras, Huánuco no coinciden.

Nivel de significancia teórica:

$\alpha = 0.05$, el nivel de significancia con que se trabajó en el presente estudio es del 0.05, el cual representa que habrá un nivel de confianza del 95%

que la comparación de caudales medio mensuales aplicando el modelo Lutz Scholz - método Aritmético y una estación hidrométrica coincidan y el 5% restante será la probabilidad de error.

Medida de decisión:

Se rechaza la hipótesis específica 01, si $p < \alpha$ o $p < 0.05$

Estadístico de prueba:

Prueba post hoc de Tukey

Tabla 80. Prueba de post hoc de Tukey para los caudales medio mensuales aplicando el modelo Lutz Scholz - método aritmético y una estación hidrométrica

métodos de cálculo de caudal (I)	métodos de cálculo de caudal (J)	diferencia de medias (I-J)	error estándar	nivel de sig.	95% de intervalo de confianza	
					límite inferior	límite superior
Método aritmético	Aforo	2.44	3.48	0.89	-6.85	11.73

Fuente: Elaborado por el tesista

Interpretación:

De acuerdo con la tabla 80, realizado la prueba de post hoc de Tukey para los caudales medio mensuales hallados aplicando el modelo Lutz Scholz - método aritmético y una estación hidrométrica, el nivel de significancia establecido nos indica que no existe diferencia estadística significativa, ya que el p - valor resulta igual a 0.89 y 0.89 es > 0.05 ; por lo tanto, los caudales medio mensuales hallados aplicando el modelo Lutz Scholz - método Aritmético y una estación hidrométrica, en la microcuenca del río Higuera, Huánuco coinciden.

- **Hipótesis específica 02**

H₁ Los resultados de los caudales medio mensuales aplicando el modelo Lutz Scholz - método Isoyetas y una estación hidrométrica, en la microcuenca del río Higuera, Huánuco coinciden.

H_0 Los resultados de los caudales medio mensuales aplicando el modelo Lutz Scholz - método Isoyetas y una estación hidrométrica, en la microcuenca del río Higuerras, Huánuco no coinciden.

Nivel de significancia teórica:

$\alpha = 0.05$, el nivel de significancia con que se trabajó en el presente estudio es del 0.05, el cual representa que habrá un nivel de confianza del 95% que la comparación de caudales medio mensuales aplicando el modelo Lutz Scholz - método Isoyetas y una estación hidrométrica coincidan y el 5% restante será la probabilidad de error.

Medida de decisión:

Se rechaza la hipótesis específica 02, si $p < \alpha$ o $p < 0.05$

Estadístico de prueba:

Prueba post hoc de Tukey

Tabla 81. Prueba de post hoc de Tukey para los caudales medio mensuales aplicando el modelo Lutz Scholz - método Isoyetas y una estación hidrométrica

métodos de cálculo de caudal (I)	métodos de cálculo de caudal (J)	diferencia de medias (I-J)	error estándar	nivel de sig.	95% de intervalo de confianza	
					límite inferior	límite superior
Método de isoyetas	Aforo	1.16	3.48	0.99	-8.12	10.45

Fuente: Elaborado por el tesista

Interpretación:

Basándose en la tabla 81, realizado la prueba de post hoc de Tukey para los caudales medio mensuales hallados aplicando el modelo Lutz Scholz - método Isoyetas y una estación hidrométrica, el nivel de significancia establecido nos indica que no existe diferencia estadística significativa, ya que el p - valor resulta igual a 0.99 y $0.99 > 0.05$; por lo tanto, los caudales medio mensuales hallados aplicando el modelo Lutz Scholz - método

Isoyetas y una estación hidrométrica, en la microcuenca del río Higueras, Huánuco coinciden.

- **Hipótesis específica 03**

H_1 Los resultados de los caudales medio mensuales aplicando el modelo Lutz Scholz - Método de Thiessen y una estación hidrométrica, en la microcuenca del río Higueras, Huánuco coinciden.

H_0 Los resultados de los caudales medio mensuales aplicando el modelo Lutz Scholz - Método de Thiessen y una estación hidrométrica, en la microcuenca del río Higueras, Huánuco no coinciden.

Nivel de significancia teórica:

$\alpha = 0.05$, el nivel de significancia con que se trabajó en el presente estudio es del 0.05, el cual representa que habrá un nivel de confianza del 95% que la comparación de caudales medio mensuales aplicando el modelo Lutz Scholz - método Thiessen y una estación hidrométrica coincidan y el 5% restante será la probabilidad de error.

Medida de decisión:

Se rechaza la hipótesis específica 03, si $p < \alpha$ o $p < 0.05$

Estadístico de prueba:

Prueba post hoc de Tukey

Tabla 82. Prueba de post hoc de Tukey para los caudales medio mensuales aplicando el modelo Lutz Scholz - método Thiessen y una estación hidrométrica

métodos de cálculo de caudal (I)	métodos de cálculo de caudal (J)	diferencia de medias (I-J)	error estándar	nivel de sig.	95% de intervalo de confianza	
					límite inferior	límite superior
Método Thiessen	Aforo	1.88	3.48	0.95	-7.41	11.16

Fuente: Elaborado por el tesista

Interpretación:

De conformidad con la tabla 82, realizado la prueba de post hoc de Tukey para los caudales medio mensuales hallados aplicando el modelo Lutz Scholz - método Thiessen y una estación hidrométrica, el nivel de significancia establecido nos indica que no existe diferencia estadística significativa, ya que el p - valor resulta igual a 0.95 y 0.95 es > 0.05 ; por lo tanto, los caudales medio mensuales hallados aplicando el modelo Lutz Scholz - método de Thiessen y una estación hidrométrica, en la microcuenca del río Higuera, Huánuco coinciden.

• Hipótesis específica 04

H₁ Los resultados de las comparaciones entre los caudales medio mensuales aplicando el modelo Lutz Scholz - los métodos aritmético, de isoyetas, de Thiessen y una estación hidrométrica, en la microcuenca del río Higuera, Huánuco coinciden.

H₀ Los resultados de las comparaciones entre los caudales medio mensuales aplicando el modelo Lutz Scholz - los métodos aritmético, de isoyetas, de Thiessen y una estación hidrométrica, en la microcuenca del río Higuera, Huánuco no coinciden.

Nivel de significancia teórica:

$\alpha = 0.05$, el nivel de significancia con que se trabajó en el presente estudio es del 0.05, el cual representa que habrá un nivel de confianza del 95% que la comparación de caudales medios mensuales aplicando el modelo Lutz Scholz - los métodos de Aritmético, Isoyetas, Thiessen y una estación hidrométrica coincidan y el 5% restante será la probabilidad de error.

Medida de decisión:

Se rechaza la hipótesis específica 04, si $p < \alpha$ o $p < 0.05$

Estadístico de prueba:

Prueba post hoc de Tukey

Tabla 83. Prueba de post hoc de Tukey para los caudales medio mensuales aplicando el modelo Lutz Scholz - los métodos aritmético, de isoyetas, de Thiessen y una estación hidrométrica

métodos de cálculo de caudal (I)	métodos de cálculo de caudal (J)	diferencia de medias (I-J)	error estándar	nivel de sig.	95% de intervalo de confianza	
					límite inferior	límite superior
Aforo	Método aritmético	-2.44	3.48	0.89	-11.73	6.85
	Método de isoyetas	-1.16	3.48	0.99	-10.45	8.12
	Método de Thiessen	-1.88	3.48	0.95	-11.16	7.41

Fuente: Elaborado por el tesista

Interpretación:

Conforme la tabla 83, realizado la prueba de post hoc de Tukey para los caudales medio mensuales hallados aplicando el modelo Lutz Scholz - los métodos aritmético, de isoyetas, de Thiessen y una estación hidrométrica, el nivel de significancia establecido nos indica que no existe diferencia estadística significativa, ya que los p - valor resultan que son 0.89, 0.99 y 0.95 y 0.89, 0.99 y 0.95. > 0.05 ; por lo tanto, los caudales medio mensuales aplicando el modelo Lutz Scholz - los métodos aritmético, de isoyetas, de Thiessen y una estación hidrométrica, en la microcuenca del río Higuera, Huánuco coinciden.

CAPITULO V

5. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

5.1. Contrastación de los resultados con los referentes bibliográfico de las bases teóricas

En la investigación se tiene por objetivo explicar y analizar la comparación de caudales medio mensuales aplicando el método Lutz Scholz y una estación hidrométrica, en la microcuenca del río Higueras, Huánuco 2017 - 2018.

Fundamentado en los resultados obtenidos se pudo evidenciar que los caudales medio mensuales hallados aplicando el modelo Lutz Scholz y los caudales medio mensuales existentes en una estación hidrométrica en la microcuenca del río Higueras, en el periodo 2017 - 2018 coinciden, con un nivel de significancia de 0.91 obtenido mediante la prueba análisis de varianza (ANOVA) de un factor, el cual es mayor al margen de error establecido de 0.50 (tabla 79); por ende, queda comprobado que los caudales medio mensuales aplicando el modelo Lutz Scholz y los caudales medio mensuales existentes en una estación hidrométrica, en la microcuenca del río Higueras, Huánuco 2017 – 2018 son iguales estadísticamente.

El resultado es similar con otros trabajos de investigación que se tomaron en cuenta en el capítulo II de la presente investigación como antecedentes con sus respectivos autores; por ejemplo, tenemos a continuación a los que más se asemejan a la investigación:

Cruz & Romero (2018) esta investigación tiene por título Análisis comparativo de los modelos lluvia escorrentía: GR2m, Témez y Lutz – Scholz aplicados en la subcuenca del río Callazas (tesis de grado). Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, Lima, Perú. El estudio tuvo como finalidad determinar qué modelo presenta el mejor comportamiento ante el proceso de transformación de lluvia a escorrentía para lo cual realizó un análisis de comparación de los modelos GR2M, Témez y Lutz

Scholz en la subcuenca del río Callazas, teniendo en cuenta ciertos criterios estadísticos como la eficiencia hidrológica y el coeficiente de Nash, este estudio determinó que el modelo que presenta el mejor funcionamiento es el modelo GR2M, con un resultado de 0.85, seguido del modelo Lutz Scholz con 0.78 y por último el modelo Témez con 0.52.

A diferencia del estudio anterior realizado por Cruz & Romero, que tiene por objetivo como su título lo indica comparar el comportamiento ante el proceso de transformación de lluvia a escorrentía para lo cual hizo un análisis de comparación entre tres modelos los cuales tienen por nombre GR2m, Témez y Lutz Scholz en la subcuenca considerada para este estudio denominado río Callazas, el criterio estadístico empleado en este estudio fue la eficiencia hidrológica y el coeficiente de Nash dando como resultado que el modelo que mejor comportamiento presenta durante el proceso de transformación de la precipitación en escorrentía en la cuenca de estudio es el modelo GR2m con un resultado de 0.85, seguido del modelo Lutz Scholz con 0.78 y por último el modelo Témez con 0.52; mientras que el presente estudio tiene por objetivo la comparación de caudales medio mensuales hallados aplicando el método de Lutz Scholz vs los caudales medio mensuales de una estación hidrométrica en la microcuenca del río Higueras por un periodo de 2 años, se tuvo que hacer uso de programas como Excel y SPSSv22, el análisis estadístico inferencial de aceptación o rechazo se llevó a cabo mediante la prueba análisis de varianza (ANOVA) de un factor, con la cual se comprobó que los caudales medio mensuales hallados aplicando el método de Lutz Scholz y los caudales medio mensuales existentes en una estación hidrométrica, en el periodo 2017 – 2018 coinciden con un nivel de significancia de 0.91 que es mayor al 0.05 establecido como regla de decisión, por ende se puede hacer uso de este método en cualquier microcuenca o cuenca que no presente información o estación hidrométrica; es decir en el estudio anterior se compara modelos para ver cuál es el más óptimo durante el proceso de transformación de precipitación en escorrentía, mientras que en nuestro presente estudio se tiene un modelo ya establecido para comparar caudales medio mensuales

y verificar si dicho modelo establecido es óptimo para calcular caudales medio en cualquier microcuenca o cuenca que no cuente con una estación hidrométrica.

Najarro (2015). En la investigación acerca de Calibración del modelo Lutz Scholz y generación de caudales extendidos aplicado a la cuenca del río Chacco (tesis de grado). Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, Ayacucho, Perú. La tesis tuvo como objetivo calibrar los parámetros del modelo considerado en el presente estudio y generar caudales mensuales medio en la cuenca del río Chacco, para lograr este objetivo se tuvo que seguir un procedimiento, se determinó las propiedades morfométricas, se identificó las estaciones pluviométricas en el área de estudio obteniendo los registros de precipitación promedio mensual y los registros de caudales en la estación hidrométrica ubicada en el puente Chacco, con la finalidad de aplicar el modelo considerado para el presente estudio denominado Lutz Scholz y así generar caudales mensuales medio en la cuenca de estudio, para lo cual se desarrolló tanto en el componente determinístico para calcular caudales mensuales medio en el año promedio, como en el componente estocástico para la generación sintética de caudales, obteniendo la ecuación de caudal $Q_t = 20.539 - 0.105Q_{t-1} + 0.597P_e + S$, el coeficiente de determinación R^2 y 0.54 de nivel de significancia.

A diferencia del estudio anterior realizado por Najarro, que tiene por objetivo como su título lo indica calibrar los parámetros del modelo considerado para el presente estudio denominado Lutz Scholz y generar caudales mensuales medio en la cuenca río Chacco para lograr ese resultado se tuvo que seguir un cierto procedimiento, se determinó las propiedades morfométricas, se identificó las estaciones pluviométricas en el área de estudio obteniendo los registros de precipitación promedio mensual y los registros de caudales en la estación hidrométrica ubicada en el puente Chacco, con la finalidad de aplicar el modelo Lutz Scholz y así generar caudales mensuales medio en la cuenca de estudio; mientras que el presente estudio tiene por objetivo la comparación de caudales

medio mensuales hallados aplicando el método de Lutz Scholz vs los caudales medio mensuales de una estación hidrométrica en la microcuenca del río Higuera por un periodo de 2 años, se tuvo que hacer uso de programas como Excel y SPSSv22, el análisis estadístico inferencial de aceptación o rechazo se llevó a cabo mediante la prueba análisis de varianza (ANOVA) de un factor, con la cual se comprobó que los caudales medio mensuales hallados aplicando el método de Lutz Scholz y los caudales medio mensuales existentes en una estación hidrométrica, en el periodo 2017 – 2018 coinciden con un nivel de significancia de 0.91 que es mayor al 0.05 establecido como regla de decisión, por ende se puede hacer uso de este método en cualquier microcuenca o cuenca que no presente información o estación hidrométrica; es decir en el estudio anterior se compara modelos para ver cuál es el más óptimo durante el proceso de transformación de precipitación en escorrentía mientras que en nuestro presente estudio se tiene un modelo ya establecido para comparar caudales medio mensuales y verificar si dicho modelo establecido es óptimo para calcular caudales medio en cualquier microcuenca o cuenca que no cuente con una estación hidrométrica; es decir en el estudio anterior se va a calibrar el modelo y generar caudales mensuales medio mientras que en nuestro presente estudio se va a calcular el caudal medio mensual aplicando el modelo Lutz Scholz para compararlo con el caudal medio mensual existente en una estación hidrométrica con la finalidad de verificar si este modelo es apto o no para el cálculo de caudales en cualquier cuenca o microcuenca que no cuente con información hidrométrica.

Julcamoro (2017). En la investigación que presenta como título Evaluación de la disponibilidad del recurso hídrico en la microcuenca del río el Tuyo en el distrito de Catilluc, provincia de San Miguel – Cajamarca, 2017 (tesis de grado). Universidad Nacional de Cajamarca, Cajamarca, Perú. La investigación tiene como fin evaluar la disponibilidad del agua en la microcuenca considerada para el presente estudio denominada río el Tuyo, usando el modelo Lutz Scholz, para lo cual se tuvo que seguir un debido procedimiento donde se analizó la información hidrológica y

cartográfica a través de parámetros estadísticos, dicho procedimiento se llevó a cabo para el cálculo de un caudal apto para el diseño y así aplicar el modelo Lutz Scholz cuya función fue convertir la precipitación media mensual en caudal medio mensual haciendo uso de la precipitación efectiva, gasto de retención hídrica y abastecimiento de retención de la microcuenca, de modo que la relación entre el caudal medio mensual y la precipitación sea directa es decir que ambos serán menores en meses de estiaje y mayores en meses de lluvia. De la investigación se dedujo que el modelo Lutz Scholz en este estudio presenta ciertas restricciones respecto a la geomorfología de la microcuenca ya que el caudal en los meses de marzo fue de $2.75 \text{ m}^3/\text{seg}$ y abril fue de $1.88 \text{ m}^3/\text{seg}$. La conclusión del estudio fue que se puede lograr caudales medio mensuales que superen la masa anual media de $10.53 \text{ m}^3/\text{seg}$ en un periodo de retorno de 5 años.

A diferencia del estudio anterior realizado por Julcamoro, que tiene por objetivo como su título lo indica evaluar la disponibilidad del agua en la microcuenca de río el Tuyo haciendo uso del modelo Lutz Scholz, para lo cual se siguió un proceso para analizar la información hidrológica y cartográfica mediante parámetros estadísticos con la finalidad de calcular el caudal apto para el diseño y así aplicar el modelo Lutz Scholz llegando a la conclusión que se puede lograr caudales medio mensuales que superen la masa anual media de $10.53 \text{ m}^3/\text{seg}$ en un periodo de retorno de 5 años; mientras que el presente estudio tiene por objetivo la comparación de caudales medio mensuales hallados aplicando el método de Lutz Scholz vs los caudales medio mensuales de una estación hidrométrica en la microcuenca del río Higuerras por un periodo de 2 años, se tuvo que hacer uso de programas como Excel y SPSSv22, el análisis estadístico inferencial de aceptación o rechazo se llevó a cabo mediante la prueba análisis de varianza (ANOVA) de un factor, con la cual se comprobó que los caudales medio mensuales hallados aplicando el método de Lutz Scholz y los caudales medio mensuales existentes en una estación hidrométrica, en el periodo 2017 – 2018 coinciden con un nivel de significancia de 0.91 que es mayor al 0.05 establecido como regla de

decisión, por ende se puede hacer uso de este método en cualquier microcuenca o cuenca que no presente información o estación hidrométrica; es decir en el estudio anterior se evalúa la disponibilidad hídrica en la microcuenca mediante el modelo Lutz Scholz logrando caudales medio mensuales que superan la masa anual media de 10.53 m³/seg para un periodo de retorno de 5 años mientras que en nuestro presente estudio se va a calcular el caudal medio mensual aplicando el modelo Lutz Scholz para compararlo con el caudal medio mensual existente en una estación hidrométrica con la finalidad de verificar si este modelo es apto o no para el cálculo de caudales en cualquier cuenca o microcuenca que no cuente con una estación o información hidrométrica. Quispe (2014). En la investigación que tiene como título Generación de caudales medio mensuales en la cuenca del río Huancané mediante un modelo paramétrico (tesis de grado). Universidad Nacional del Altiplano. Puno, Perú. El estudio tiene por finalidad generar los caudales medio mensuales haciendo uso de un modelo paramétrico en la cuenca del río Huancané para un periodo de 47 años, el presente estudio usó el modelo denominado SEAMOD, para lo cual se tuvo que seguir un adecuado procedimiento donde se ubica las estaciones pluviométricas dentro de la cuenca de estudio; se analiza las características geomorfológicas e hidrológicas de la cuenca, con el cual se determinan las variables y parámetros del modelo a usar; se examina la información hidrometeorológica; se analiza el periodo de 47 años en el cual 25 años se usaron para el proceso de calibración y 22 años para el proceso de validación y generación de caudales del modelo, dicho procedimiento se efectuó para aplicar el modelo SEAMOD en la cuenca de estudio. Esta investigación nace a raíz de la escases de registros de variables hidrometeorológicas en el Perú, razón por la cual se requiere del uso de técnicas y modelos para comprender el comportamiento espacial y temporal de dichas variables, en este estudio se usó el modelo SEAMOD y la técnica de Rosenbrock para calcular los parámetros más óptimos teniendo en cuenta la información hidrometeorológica y la característica física de la cuenca del río Huancané. Se dedujo del estudio que el modelo

usado es perfecto para determinar caudales en cualquier punto del área de estudio ya que se obtuvo una correlación de 0.81, asimismo se llegó a la conclusión que en el análisis de bondad calculados por las pruebas T y F, no existen diferencias estadísticamente significativas entre la media y la desviación estándar, con una probabilidad del 95%.

A diferencia del estudio anterior realizado por Quispe, que tiene por objetivo como su título lo indica generar los caudales medio mensuales haciendo uso de un modelo paramétrico denominado SEAMOD en la cuenca considerada para este estudio denominado río Huancané para un periodo de 47 años deduciendo del estudio que el modelo usado es perfecto para determinar caudales en cualquier punto del área de estudio; mientras que el presente estudio tiene por objetivo la comparación de caudales medio mensuales hallados aplicando el método de Lutz Scholz vs los caudales medio mensuales de una estación hidrométrica en la microcuenca del río Higuerras por un periodo de 2 años, se tuvo que hacer uso de programas como Excel y SPSSv22, el análisis estadístico inferencial de aceptación o rechazo se llevó a cabo mediante la prueba análisis de varianza (ANOVA) de un factor, con la cual se comprobó que los caudales medio mensuales hallados aplicando el método de Lutz Scholz y los caudales medio mensuales existentes en una estación hidrométrica, en el periodo 2017 – 2018 coinciden con un nivel de significancia de 0.91 que es mayor al 0.05 establecido como regla de decisión, por ende se puede hacer uso de este método en cualquier microcuenca o cuenca que no presente información o estación hidrométrica; es decir en el estudio anterior se genera caudales medio mensuales mediante un modelo paramétrico denominado SEAMOD en la cuenca de estudio deduciendo del estudio que el modelo usado es perfecto para determinar caudales en cualquier punto del área de estudio, mientras que en nuestro presente estudio se va a calcular el caudal medio mensual aplicando el modelo Lutz Scholz para compararlo con el caudal medio mensual existente en una estación hidrométrica con la finalidad de verificar si este modelo es apto o no para el cálculo de caudales en

cualquier cuenca o microcuenca que no cuente con una estación o información hidrométrica.

(Mamani, 2015). Esta investigación tiene por título Generación de descargas media mensuales de la cuenca del río Coata mediante el método determinístico - estocástico Lutz Scholz (tesis de grado). Universidad Nacional del Altiplano, Puno, Perú. La investigación tiene como objetivo generar caudales medio mensuales haciendo uso de un método determinístico estocástico en la cuenca considerada para el presente estudio denominado río Coata para un periodo de 45 años, el presente estudio uso el método denominado Lutz Scholz, su población está constituida por 06 estaciones meteorológicas (Santa Lucia, Lampa, Pampahuta, Cabanillas, Quillisani y Juliaca) y 01 estación de aforo de caudal medio mensual (puente Unocolla), para el desarrollo del presente estudio se seguirá un adecuado procedimiento donde se hizo una comparación estadística de los caudales medio mensuales generados y los caudales de la estación de aforo; se analizó los saltos en el histograma, en el cual se determinó que no presenta saltos; se analizó la consistencia de la información pluviométrica, en el cual se determinó que los registros históricos de precipitación media mensual y anual de las estaciones meteorológicas son consistentes y homogéneos; dicho procedimiento se llevó a cabo para aplicar el método Lutz Scholz. De los resultados se dedujo que la media de los caudales medio mensuales generados y la media de los caudales medio mensuales aforado son estadísticamente iguales, asimismo sucede con la desviación estándar son estadísticamente iguales.

A diferencia del estudio anterior realizado por Mamani, que tiene por objetivo como su título lo indica generar caudales medio mensuales haciendo uso del método Lutz Scholz en la cuenca río Coata por un periodo de 45 años, su población está constituida por 6 estaciones meteorológicas y 1 estación hidrométrica con finalidad de planeamiento hídrico y obtuvo como resultado que la media de los caudales medio mensuales generados y la media de los caudales medio mensuales

aforados son estadísticamente iguales; el presente estudio tiene por objetivo la comparación de caudales medio mensuales hallados aplicando el método de Lutz Scholz vs los caudales medio mensuales de una estación hidrométrica en la microcuenca del río Higuera por un periodo de 2 años, su población está constituida por 5 estaciones meteorológicas y 1 estación hidrométrica, para llevar a cabo esta investigación se tuvo que hacer uso de programas como Excel y SPSSv22, el análisis estadístico inferencial de aceptación o rechazo se llevó a cabo mediante la prueba análisis de varianza (ANOVA) de un factor, con la cual se comprobó que los caudales medio mensuales hallados aplicando el método de Lutz Scholz y los caudales medio mensuales existentes en una estación hidrométrica, en el periodo 2017 – 2018 coinciden con un nivel de significancia de 0.91 que es mayor al 0.05 establecido como regla de decisión, por ende se puede hacer uso de este método en cualquier microcuenca o cuenca que no presente información o estación hidrométrica.

Asimismo (Herrera, 2015) en la investigación sobre Generación y calibración de caudales medio mensuales mediante el modelo GR2M, en la cuenca del río Coata (tesis de grado). Universidad Nacional del Altiplano, Puno, Perú. La investigación tiene como objetivo generar caudales medio mensuales y calibrar dichos caudales haciendo uso de un modelo considerado para el presente estudio en la cuenca del río Coata y en la microcuenca del río verde para un periodo de 48 años, el presente estudio uso el modelo denominado GR2M, su población está constituida por 14 estaciones meteorológicas (Llally, Ayaviri, Pucara, Pampahuta, Cabanillas, Quillisani, Lampa, Juliaca, Crucero alto, Santa Lucia, Paratia, Ichuña, Capachica y Condoroma) y 02 estaciones hidrométricas (puente Coata – Unocolla y puente río Verde), cabe recalcar que en este estudio también se usó el método Lutz Scholz para efectuar la comparación de eficiencias para lo cual se tuvo en consideración el análisis de la información hidrometeorológica donde se determinó que este estudio no presenta saltos ni tendencias en los registros históricos por lo cual se procedió a completarlos y extenderlos; posteriormente se determinó las

eficiencias con el estadístico Nash – Sutcliffe tanto en la calibración como en la validación del modelo GR2M en la cuenca del río Coata así como también en la microcuenca del río Verde dando como resultado eficiencias mayores al 50%, llegando a la conclusión que tanto el modelo GR2M como el modelo Lutz Scholz son óptimos para la generación de caudales medio mensuales.

A diferencia del estudio realizado por Herrera quien generará y calibrará los caudales medio mensuales aplicando el modelo GR2m con una eficiencia superior al 50% dando como resultado que en la generación de caudales medio mensuales este modelo es óptimo para aplicarlo en cualquier cuenca, mientras que en la presente investigación se tuvo por objetivo la comparación de caudales medio mensuales hallados aplicando el método de Lutz Scholz vs los caudales medio mensuales de una estación hidrométrica en la microcuenca del río Higueras, para llevar a cabo esta investigación se tuvo que hacer uso de programas como Excel y SPSSv22, el análisis estadístico inferencial de aceptación o rechazo se llevó a cabo mediante la prueba análisis de varianza (ANOVA) de un factor, con la cual se comprobó que los caudales medio mensuales hallados aplicando el método de Lutz Scholz y los caudales medio mensuales existentes en una estación hidrométrica, en el periodo 2017 – 2018 coinciden con un nivel de significancia de 0.91 que es mayor al 0.05 establecido como regla de decisión, llegando a la conclusión que este método se puede aplicar en cualquier microcuenca o cuenca que no presente información o estación hidrométrica.

Del mismo modo nos explica Ticona (2013). En la investigación que tiene por título Implementación de redes neuronales en el modelo de generación de caudales de Scholz aplicado en cuencas hidrográficas del Perú (tesis de grado). Universidad Nacional de Ingeniería, Lima, Perú. La investigación tiene como objetivo implementar el modelo considerado en el presente estudio aplicando los principios de una red neuronal en las cuencas hidrográficas del Perú, la población está constituida por cuatro cuencas ubicadas en el altiplano sur, selva sur y selva norte. Esta

investigación nace a raíz de la falta de información hidrometeorológica para generar caudales por lo cual se hará uso del método de Scholz, para el desarrollo del presente estudio se seguirá un adecuado procedimiento donde se obtiene la precipitación acumulada mensual, se estima la precipitación efectiva con el método USBR, se calcula el coeficiente de escurrimiento llevando a cabo dicho procedimiento con la finalidad de obtener los coeficientes de la ecuación de balance hídrico. De la investigación se llegó a la conclusión que las redes neuronales mejoran los resultados de los caudales obtenidos en un inicio con el modelo de Scholz.

A diferencia del estudio anterior realizado por Ticona, que tiene por objetivo implementar el modelo considerado en el presente estudio aplicando los principios de una red neuronal en las cuencas hidrográficas del Perú, la población está constituida por cuatro cuencas ubicadas en el altiplano sur, selva sur y selva norte, llegando a la conclusión que las redes neuronales mejoran los resultados de los caudales obtenidos en un inicio calculado con el modelo de Scholz; mientras que el presente estudio tiene por objetivo la comparación de caudales medio mensuales hallados aplicando el método de Lutz Scholz vs los caudales medio mensuales de una estación hidrométrica en la microcuenca del río Higuera por un periodo de 2 años, se tuvo que hacer uso de programas como Excel y SPSSv22, el análisis estadístico inferencial de aceptación o rechazo se llevó a cabo mediante la prueba análisis de varianza (ANOVA) de un factor, con la cual se comprobó que los caudales medio mensuales hallados aplicando el método de Lutz Scholz y los caudales medio mensuales existentes en una estación hidrométrica, en el periodo 2017 – 2018 coinciden con un nivel de significancia de 0.91 que es mayor al 0.05 establecido como regla de decisión, por ende se puede hacer uso de este método en cualquier microcuenca o cuenca que no presente información o estación hidrométrica.

Poveda & et al (2002). El estudio tiene por título Predicción de caudales medios mensuales en ríos colombianos usando métodos no lineales (tesis de maestría). Universidad Nacional de Colombia, Medellín, Colombia. La

investigación tiene como finalidad generar energía eléctrica en Colombia aplicando distintos métodos no lineales correspondiente a la predicción de caudales medio mensuales como son MARS, redes neuronales (ANN), regresión lineal múltiple (RLM) y PREBEO, en base a la evaluación de 5 ríos, los cuales tienen los siguientes nombres: Betania, Nare Salvajina, Alicachín, Guavio y San Carlos, toda esta investigación se llevará a cabo usando ventanas de predicción de mediano y largo plazo de 3, 5 y 12 meses respectivamente. Generalmente los resultados aplicando métodos no lineales son superiores a los resultados aplicando métodos lineales markovianos motivo por el cual se usaron los métodos no lineales en el presente estudio ya que incluyen la persistencia hidrológica y la influencia de fenómenos macro climáticos como ENSO, QBO, NAO, etc. El método PREVEO es una de las metodologías más usadas para la predicción de caudales basados en la transformación de onditas y se aplica para descomponer las señales en las bandas frecuenciales las cuales son particularidades de la variabilidad temporal de la hidroclimatología de Colombia. Primero se aplicó todos los métodos no lineales considerados para el estudio, segundo se cuantifico los errores de predicción, tercero se compara el desempeño de los modelos mediante medidas de error de pronóstico en la validación, cuarto se dividen y analizan los resultados por terciles de la distribución de probabilidad acumulada y por último se cuantifica la bondad del pronóstico en pie del error cuadrático medio, de todo lo mencionado anteriormente se concluyó que el método PREVEO es el más óptimo ya que da los mejores pronósticos, presenta valores menores de los errores de predicción, tiene versatilidad de uso, presenta capacidad predictiva, y porque es superior a los resultados obtenidos al aplicar las otras metodologías no lineales.

A diferencia del estudio anterior realizado por Poveda & et al, que tiene como finalidad generar energía eléctrica en Colombia haciendo uso de métodos no lineales correspondientes a la predicción de caudales medio mensuales como son MARS, redes neuronales (ANN), regresión lineal múltiple (RLM) y PREBEO, en base a la evaluación de 5 ríos dando como resultado que el método PREVEO es el más óptimo ya que da los mejores

pronósticos, presenta valores menores de los errores de predicción, tiene versatilidad de uso, presenta capacidad predictiva, y porque es superior a los resultados obtenidos al aplicar las otras metodologías no lineales; mientras que el presente estudio tiene por objetivo la comparación de caudales medio mensuales hallados aplicando el método de Lutz Scholz vs los caudales medio mensuales de una estación hidrométrica en la microcuenca del río Higueras por un periodo de 2 años, se tuvo que hacer uso de programas como Excel y SPSSv22, el análisis estadístico inferencial de aceptación o rechazo se llevó a cabo mediante la prueba análisis de varianza (ANOVA) de un factor, con la cual se comprobó que los caudales medio mensuales hallados aplicando el método de Lutz Scholz y los caudales medio mensuales existentes en una estación hidrométrica, en el periodo 2017 – 2018 coinciden con un nivel de significancia de 0.91 que es mayor al 0.05 establecido como regla de decisión, por ende se puede hacer uso de este método en cualquier microcuenca o cuenca que no presente información o estación hidrométrica; es decir en el estudio anterior se generará energía eléctrica haciendo uso de métodos no lineales y se verificará que método es el más óptimo en torno a dar mejores pronósticos, presentar menores valores de los errores de predicción y otros; mientras que en nuestro presente estudio se va a calcular el caudal medio mensual aplicando el modelo Lutz Scholz para compararlo con el caudal medio mensual existente en una estación hidrométrica con la finalidad de verificar si este modelo es apto o no para el cálculo de caudales en cualquier cuenca o microcuenca que no cuente con una estación o información hidrométrica.

González & Banderas (2015). El estudio tiene por título Estudio comparativo de tres metodologías para el manejo y cálculo de caudales ambientales en el río Santiago, Nayarit, México. Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, México. La investigación tiene por objetivo comparar tres métodos para calcular los caudales ambientales en el río Santiago dependiendo en parte de la conductividad, oxígeno, sólidos disueltos, vegetación del río Santiago, velocidad de la corriente y profundidad, de los cuales una vez realizado el estudio se determinó que la velocidad de la

corriente, la profundidad y el sustrato fueron las variables que más potenciaron el porcentaje de variación de las tres metodologías; la primera es el método Tennant cuyo objetivo es el cálculo de los caudales ambientales para lo cual se considerará los promedios mensuales y anuales en un periodo de tiempo de 10 años anteriores a la construcción de la presa y la variación climatológica estacional, el segundo es el método simulación del hábitat cuyas siglas son PHABSIM, aplicado para la regulación en las presas Aguamilpa y San Rafael con el fin de determinar la cantidad de hábitat cuando el flujo en el río Santiago cambia, el tercero es el método análisis multivariados el cual tiene por objetivo calcular los escenarios de caudal óptimo y describir el hábitat pluvial para las especies del río Santiago en base a los análisis multivariados de componentes principales y clusters.

A diferencia del estudio anterior realizado por González & Banderas, que tiene como finalidad comparar tres métodos los cuales son Tennant, simulación de hábitat y análisis multivariados para calcular los caudales ambientales en el río Santiago dependiendo en parte de la conductividad, oxígeno, sólidos disueltos, vegetación del río Santiago; mientras que el presente estudio tiene por objetivo la comparación de caudales medio mensuales hallados aplicando el método de Lutz Scholz vs los caudales medio mensuales de una estación hidrométrica en la microcuenca del río Higuera por un periodo de 2 años, se tuvo que hacer uso de programas como Excel y SPSSv22, el análisis estadístico inferencial de aceptación o rechazo se llevó a cabo mediante la prueba análisis de varianza (ANOVA) de un factor, con la cual se comprobó que los caudales medio mensuales hallados aplicando el método de Lutz Scholz y los caudales medio mensuales existentes en una estación hidrométrica, en el periodo 2017 – 2018 coinciden con un nivel de significancia de 0.91 que es mayor al 0.05 establecido como regla de decisión, por ende se puede hacer uso de este método en cualquier microcuenca o cuenca que no presente información o estación hidrométrica.

CONCLUSIONES

Luego de saber cuál fue el resultado del presente estudio se llegó a las conclusiones siguientes:

1. Se comprobó que los caudales medio mensuales hallados aplicando el modelo Lutz Scholz - método aritmético y los caudales de una estación hidrométrica, en la microcuenca del río Higueras, Huánuco coinciden; dicha comparación se realizó mediante la prueba post hoc de Tukey, cuyo nivel de significancia fue de 0.89, mayor al 0.05 establecido como regla de decisión. Por lo tanto, se evidencia probabilísticamente a un nivel de confianza del 95% que el cálculo de los caudales medio mensuales hallados aplicando el modelo Lutz Scholz - método aritmético se puede utilizar en microcuencas donde no existe una estación hidrométrica, ya que los datos serán iguales.
2. Se comprobó que los caudales medio mensuales hallados aplicando el modelo Lutz Scholz - método isoyetas y los caudales de una estación hidrométrica, en la microcuenca del río Higueras, Huánuco coinciden; dicha comparación se realizó mediante la prueba post hoc de Tukey, cuyo nivel de significancia fue de 0.99, mayor al 0.05 establecido como regla de decisión. Por lo tanto, se evidencia probabilísticamente a un nivel de confianza del 95% que el cálculo de los caudales medio mensuales hallados aplicando el modelo Lutz Scholz - método isoyetas se puede utilizar en microcuencas donde no existe una estación hidrométrica, ya que los datos serán iguales.
3. Se comprobó que los caudales medio mensuales hallados aplicando el modelo Lutz Scholz - método Thiessen y los caudales de una estación hidrométrica, en la microcuenca del río Higueras, Huánuco coinciden; dicha comparación se realizó mediante la prueba post hoc de Tukey, cuyo nivel de significancia fue de 0.95, mayor al 0.05 establecido como regla de decisión. Por lo tanto, se evidencia probabilísticamente a un nivel de confianza del 95% que el cálculo de los caudales medio mensuales hallados aplicando el modelo Lutz Scholz - método Thiessen se puede

utilizar en microcuencas donde no existe una estación hidrométrica, ya que los datos serán iguales.

4. Se comprobó que los caudales medio mensuales hallados aplicando el modelo Lutz Scholz - los métodos aritmético, de isoyetas, de Thiessen para el cálculo de la precipitación de la microcuenca y los caudales de una estación hidrométrica, en la microcuenca del río Higuera, Huánuco coinciden; dicha comparación se realizó mediante la prueba post hoc de Tukey, cuyos niveles de significancia fueron de 0.89, 0.99 y 0.95 mayores al 0.05 establecido como regla de decisión. Por lo tanto, se evidencia probabilísticamente a un nivel de confianza del 95% que el cálculo de los caudales medio mensuales hallados aplicando el modelo Lutz Scholz - los métodos aritmético, de isoyetas, de Thiessen se pueden utilizar en microcuencas donde no existe una estación hidrométrica, ya que los datos serán iguales.

RECOMENDACIONES

1. A los profesionales ligados al área de ingeniería hidráulica, se recomienda hacer uso del modelo Lutz Scholz, para el cálculo de caudales medio mensuales en una microcuenca, al igual que también el método aritmético, isoyetas y Thiessen para calcular la precipitación efectiva indistintamente, en microcuencas similares a la de Higueras - Huánuco, en las que no existen una estación hidrométrica.
2. A los investigadores, que realicen estudios similares en otras regiones del país, con la finalidad de validar y/o evidenciar contraste en la línea de investigación en donde se enmarca el presente estudio; toda vez que el estudio se ha limitado en un área determinada (microcuenca del río Higueras).
3. Se les recomienda a los estudiantes universitarios de la escuela académica de ingeniería civil de la región de Huánuco, que realicen investigaciones en un mayor periodo de tiempo, con la finalidad de ampliar la validación y evidencia del modelo Lutz Scholz u otros similares.
4. Se aconseja a las Universidades, con carreras relacionadas a la escuela de ingeniería civil, que consideren dentro de su plan de estudio el cálculo de los caudales medio mensuales aplicando diferentes modelos determinísticos y estocásticos, para que sirva de base en futuras investigaciones similares.
5. Al Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI), mejorar la toma de datos de sus estaciones hidrométricas, en el caso de la estación hidrométrica de higueras no cuentan con data de periodos anteriores al 2017, esto limita realizar investigaciones de cálculo de caudales medios mensuales con mayor periodo de tiempo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Cruz, E. J., & Romero, J. A. (2018). *Análisis comparativo de los modelos lluvia escorrenfía: gr2m, Temez y Lutz-Scholz aplicados en la subcuena del río Callazas*. Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, Lima-Perú.
- Eumed.net. (s. f.). Enfoques cuantitativo, cualitativo y mixto. Recuperado 16 de noviembre de 2017, de http://www.eumed.net/tesis-doctorales/2012/mirm/cualitativo_cuantitativo_mixto.html
- González, B., M., & Jornet, J. (s. f.). *SPSS: ANOVA de un Factor*. 7.
- González, R., & Banderas, A. (2015). *Estudio Comparativo de Tres Metodologías para el Manejo y Cálculo de Caudales Ambientales en el Río Santiago, Nayarit, México*. 11.
- Guillén, O. R., & Valderrama, S. R. (2015). *Guía para elaborar la tesis universitaria escuela de Postgrado*. Recuperado de <http://andoeducandoperu.com/wordpress/wp-content/uploads/2016/01/GUIA-2015-15-October-Vf-30.pdf>
- Hernández, R., & et al. (2010). *Metodología de la investigación* (5a ed). México, D.F: McGraw-Hill.
- Hernández, R., & et al. (2014). *Metodología de la investigación*. México: McGraw-Hill.
- Herrera, J. (2015). *Generación y calibración de caudales medios mensuales mediante el modelo gr2m, en la cuenca del río Coata*. Universidad Nacional del Altiplano, Puno-Perú.
- Julcamoro, J. F. (2017). *Evaluación de la disponibilidad del recurso hídrico en la microcuenca del río el Tuyo en el distrito de Catilluc, provincia de San Miguel – Cajamarca, 2017*. Universidad Nacional de Cajamarca, Cajamarca-Perú.
- Luna, E., & Lavado, W. (2015). *Evaluación de métodos hidrológicos para la completación de datos faltantes de precipitación en estaciones de la cuenca Jetepeque, Perú*. 28, 11.

- Mamani, W. (2015). *Generación de descargas medias mensuales de la cuenca del río Coata mediante el método determinístico - estocástico Lutz Scholz*. Universidad Nacional del Altiplano, Puno-Perú.
- Najarro, D. (2015). *Calibración del modelo Lutz Scholtz y generación de caudales extendidos aplicado a la cuenca del río Chacco*. Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, Ayacucho-Perú.
- Poveda, G., & et al. (2002). *Predicción de caudales medios mensuales en ríos colombianos usando métodos no lineales*. 10.
- Presidencia del Consejo de Ministros. (s. f.). Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI). Recuperado 18 de julio de 2019, de <https://www.geoidep.gob.pe/servicio-nacional-de-meteorologia-e-hidrologia-del-peru-senamhi>
- Quispe, A. (2014). *Generación de caudales medios mensuales en la cuenca del río Huancané mediante un modelo paramétrico*. Universidad Nacional del Altiplano, Puno-Perú.
- Ticona, J. C. (2013). *Implementación de redes neuronales en el modelo de generación de caudales de Scholz aplicado en cuencas hidrográficas del Perú*. Universidad Nacional de Ingeniería, Lima-Perú.
- Villón, M. (2002). *Cálculos hidrológicos e hidráulicos en Cuencas Hidrográficas. La cuenca Hidrológica* (2da edición). Cartago-Costa Rica: Editorial Villon.

ANEXOS

Anexo 01. Matriz de consistencia

Título. Comparación de caudales medio mensuales aplicando el método Lutz Scholz y una estación hidrométrica, en la microcuenca del río Higueras,

Huánuco 2017 – 2018

PROBLEMAS PRINCIPAL	OBJETIVOS PRINCIPAL	HIPÓTESIS PRINCIPAL	OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES				TÉCNICA E INSTRUMENTO	METODOLOGÍA TIPO y NIVEL	POBLACIÓN Y MUESTRA
			VARIABLE						
			VARIABLE	DIMENSION	INDICADOR	ESCALA DE MEDICIÓN			
¿Coincidirán el resultado de la comparación de caudales medio mensuales hallados aplicando el método Lutz Scholz versus los caudales encontrados en una estación hidrométrica, en la microcuenca del río Higueras, Huánuco 2017 - 2018?	Explicar y analizar la comparación de caudales medio mensuales aplicando el método Lutz Scholz y una estación hidrométrica, en la microcuenca del río Higueras, Huánuco 2017 - 2018.	H1 Los resultados de la comparación de caudales medio mensuales aplicando el método Lutz Scholz y una estación hidrométrica en la microcuenca del río Higueras, en el periodo 2017 - 2018 coinciden. H0 Los resultados de la comparación de caudales medios mensuales aplicando el método Lutz Scholz y una estación hidrométrica en la microcuenca del río Higueras, en el periodo 2017 - 2018 no coinciden.		Método Aritmético		De razón	Técnica: Recojo de información directa, SENAMHI. Instrumento: Ficha de recolección de datos	Tipo: Por su finalidad: El tipo del estudio es aplicada. Nivel: Fue de nivel descriptivo - comparativo (Hernández, 2014)	Población: conformada por 05 estaciones meteorológicas (CO Yanahuanca, CO Jacas Chico, CO Huánuco, CO Carpish y CO Dos de mayo) y 01 estación hidrométrica (río Higueras).
ESPECIFICOS	ESPECÍFICOS	ESPECÍFICOS	Caudal medio mensual	Método Isoyetas	Caudal medio generado	De razón	Técnica: Recojo de información directa, SENAMHI. Instrumento: Ficha de recolección de datos	DISEÑO	Muestra: La muestra es similar a la población, conformada por 05 estaciones meteorológicas y 01 estación hidrométrica, es de tipo censal (Hernández & et al, 2010), y el tipo de selección de la muestra fue muestreo no probabilístico de tipo intencional.
¿Cuáles serán los caudales medio mensuales aplicando el método Lutz Scholz - método aritmético y una estación hidrométrica, en la microcuenca del río Higueras, Huánuco?	Determinar los caudales medio mensuales aplicando el método Lutz Scholz - método aritmético y una estación hidrométrica, en la microcuenca del río Higueras, Huánuco.	Los resultados de los caudales medio mensuales aplicando el método Lutz Scholz - método aritmético y una estación hidrométrica, en la microcuenca del río Higueras, Huánuco coinciden.					El diseño del presente estudio es no experimental transversal y en su forma de Investigación descriptiva comparativa se define como la investigación que se realiza sin manipular las variables		
¿Cuáles serán los caudales medio mensuales aplicando el método Lutz Scholz - método isoyetas y una estación hidrométrica, en la microcuenca del río Higueras, Huánuco?	Determinar los caudales medios mensuales aplicando el método Lutz Scholz - método isoyetas y una estación hidrométrica, en la microcuenca del río Higueras, Huánuco.	Los resultados de los caudales medios mensuales aplicando el método Lutz Scholz - método isoyetas y una estación hidrométrica, en la microcuenca del río Higueras, Huánuco coinciden.							
¿Cuáles serán los caudales medios mensuales aplicando el método Lutz Scholz - método de Thiessen y una estación	Determinar los caudales medios mensuales aplicando el método Lutz Scholz - método de Thiessen y una estación	Los resultados de los caudales medios mensuales aplicando el método Lutz Scholz - método de Thiessen y una estación hidrométrica,					De razón		

hidrométrica, en la microcuenca del río Higueras, Huánuco?	hidrométrica, en la microcuenca del río Higueras, Huánuco.	en la microcuenca del río Higueras, Huánuco coinciden.		Método de Thiessen					
¿Existirán diferencias entre los caudales medios mensuales aplicando el método Lutz Scholz - los métodos aritmético, de isoyetas, de Thiessen y una estación hidrométrica, en la microcuenca del río Higueras, Huánuco?	Determinar las diferencias entre los caudales medios mensuales aplicando el método Lutz Scholz - los métodos aritmético, de isoyetas, de Thiessen y una estación hidrométrica, en la microcuenca del río Higueras, Huánuco.	Los resultados de las comparaciones entre los caudales medios mensuales aplicando el método Lutz Scholz - los métodos aritmético, de isoyetas, de Thiessen y una estación hidrométrica, en la microcuenca del río Higueras, Huánuco coinciden.							

Fuente: Elaboración por el tesista

Anexo 02. Instrumento: ficha de recolección de datos

Precipitación total mensual (mm/mes) de la estación de Co Yanahuanca

ESTACION:	CO YANAHUANCA							DPTO:	Pasco				
LATITUD:	10°29'22.56"			SUR				PROV:	Daniel A. Carrión				
LONGITUD:	76°30'46.56"			OESTE				DIST:	Yanahuanca				
ALTITUD:	3161	msnm						Periodo:	2017-2018				
MES / AÑO	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sept.	Oct.	Nov.	Dic.	TOTAL
2017	244.50	128.80	283.00	114.00	70.90	21.80	6.10	22.30	119.20	74.80	115.00	128.80	1329.20
2018	171.50	235.80	158.80	123.70	37.10	30.50	19.40	3.60	62.03	38.93	91.00	67.03	1039.39

Fuente: SENAMHI dirección zonal No. 10 - Huánuco

Temperatura máxima mensual (C^a) de la estación de Co Yanahuanca

MES/ AÑO	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sept.	Oct.	Nov.	Dic.
2017	24.1	24	23.2	24.4	24.1	25.1	25.3	25.3	25	24.5	23.6	23.9
2018	23.4	23.3	23.2	22.8	22.8	23.6	23	22.4	12.1	11.8	26.8	11.5

Fuente: SENAMHI dirección zonal No. 10 - Huánuco

Temperatura mínima mensual (C^a) de la estación de Co Yanahuanca

MES/ AÑO	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sept.	Oct.	Nov.	Dic.
2017	5	5.1	5.2	5.3	5.2	4.9	3	3.2	4.9	5.2	5.4	5.5
2018	5.5	5.6	5.9	4.2	3.9	2.2	3.9	6.2	2.2	2.3	6.3	2.4

Fuente: SENAMHI dirección zonal No. 10 - Huánuco

Precipitación total mensual (mm/mes) de la estación de Co Jacas Chico

ESTACION:	CO JACAS CHICO							DPTO:	Huánuco				
LATITUD:	09°53'5.05"			SUR				PROV:	Yarowilca				
LONGITUD:	76°30'3.37"			OESTE				DIST:	Jacas Chico				
ALTITUD:	3724		msnm										
								Periodo:	2017-2018				
MES / AÑO	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sept.	Oct.	Nov.	Dic.	
2017	237.00	162.40	215.00	106.50	39.60	13.80	12.90	22.80	31.60	50.30	95.50	180.00	
2018	176.40	151.40	183.80	105.40	9.60	42.30	32.60	42.30	21.70	209.80	62.90	125.50	

Fuente: SENAMHI dirección zonal No. 10 - Huánuco

Temperatura máxima mensual (C^a) de la estación de Co Jacas Chico

MES/ AÑO	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sept.	Oct.	Nov.	Dic.
2017	10.5	11.3	11	11.3	11.4	11.5	11.2	11.9	11.8	13.4	13	12
2018	11.3	12.1	11.4	11.5	12.3	10.3	10.6	11	13	11.8	13	12.3

Fuente: SENAMHI dirección zonal No. 10 - Huánuco

Temperatura mínima mensual (C^a) de la estación de Co Jacas Chico

MES/ AÑO	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sept.	Oct.	Nov.	Dic.
2017	4.34	4.45	4.38	4.13	3.86	2.19	0.94	1.51	2.71	2.55	3.25	2.91
2018	2.33	3.08	3.21	2.21	1.94	0.12	1.7	2.37	2.88	4.9	5.13	4.1

Fuente: SENAMHI dirección zonal No. 10 – Huánuco

Precipitación total mensual (mm/mes) de la estación de Co Huánuco

ESTACION:	CO HUANUCO							DPTO:	Huánuco			
LATITUD:	09°57'07"			SUR				PROV:	Huánuco			
LONGITUD:	76°14'54"			OESTE				DIST:	Huánuco			
ALTITUD:	1947	msnm										
								Periodo:	2017-2018			
MES / AÑO	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sept.	Oct.	Nov.	Dic.
2017	75.90	70.90	73.70	24.90	12.30	3.00	5.80	5.10	15.90	32.30	49.40	131.20
2018	89.40	84.90	84.70	65.00	10.60	11.30	2.40	9.80	18.10	93.10	50.60	51.90

Fuente: SENAMHI dirección zonal No. 10 - Huánuco

Temperatura máxima mensual (C^a) de la estación de Co Huánuco

MES/ AÑO	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sept.	Oct.	Nov.	Dic.
2017	28.8	30.3	29.7	29.7	30.2	29.5	28.7	29.9	30	30.5	30.5	30.1
2018	30.6	30.3	28.4	29.6	28.5	29.3	28.6	29	29.3	29.3	29.5	29.9

Fuente: SENAMHI dirección zonal No. 10 - Huánuco

Temperatura mínima mensual (C^a) de la estación de Co Huánuco

MES/ AÑO	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sept.	Oct.	Nov.	Dic.
2017	12.5	13.6	13.4	13.1	13.6	10	6	10.2	13.6	13	14.5	12.9
2018	11.2	13.8	13.5	11	11.2	8	8.7	9.7	9.4	13.5	15.3	10.5

Fuente: SENAMHI dirección zonal No. 10 - Huánuco

Precipitación total mensual (mm/mes) de la estación de Co Dos de Mayo

ESTACION:	CO DOS DE MAYO							DPTO:	Huánuco				
LATITUD:	09°43'1.00"			SUR				PROV:	Dos de Mayo				
LONGITUD:	76°46'25.00"			OESTE				DIST:	Pachas				
ALTITUD:	3442	msnm						Periodo:	2017-2018				
MES / AÑO	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sept.	Oct.	Nov.	Dic.	
2017	141.80	118.90	149.20	75.00	39.90	18.80	4.00	23.10	14.70	64.00	125.70	140.90	
2018	177.60	124.00	132.10	88.20	50.10	2.60	6.60	14.30	49.50	113.50	74.20	80.20	

Fuente: SENAMHI dirección zonal No. 10 - Huánuco

Temperatura máxima mensual (C^a) de la estación de Co Dos de Mayo

MES/ AÑO	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sept.	Oct.	Nov.	Dic.
2017	17.4	18.1	18.2	18.6	19.1	19.3	19	19.5	19.3	20.6	19.1	19
2018	18.7	19.6	18.7	17.7	19.2	18	18.4	18.5	19.3	17.5	19.6	19.3

Fuente: SENAMHI dirección zonal No. 10 - Huánuco

Temperatura mínima mensual (C^a) de la estación de Co Dos de Mayo

MES/ AÑO	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sept.	Oct.	Nov.	Dic.
2017	7.06	6.88	7.3	6.99	6.42	4.19	2.85	4.29	6.3	5.65	6.78	6.72
2018	5.6	6	7.3	5.6	4.9	3	3.3	4	4.5	6.9	6.8	6.1

Fuente: SENAMHI dirección zonal No. 10 - Huánuco

Precipitación total mensual (mm/mes) de la estación de Co Carpish

ESTACION:	CO CARPISH								DPTO:	Huánuco		
LATITUD:	09°42'19.83"		SUR						PROV:	Huánuco		
LONGITUD:	76°05'39.10"		OESTE						DIST:	Chinchao		
ALTITUD:	2582	msnm										
									Periodo:	2017-2018		
MES / AÑO	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sept.	Oct.	Nov.	Dic.
2017	222.30	213.00	222.50	126.40	154.50	83.20	124.50	81.50	160.80	204.20	171.50	285.50
2018	299.70	153.70	269.60	168.40	104.60	136.00	174.90	111.70	35.20	384.70	158.00	223.00

Fuente: SENAMHI dirección zonal No. 10 - Huánuco

Temperatura máxima mensual (C^a) de la estación de Co Carpish

MES/ AÑO	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sept.	Oct.	Nov.	Dic.
2017	21.8	23	21	22	22.2	21.6	25	22.4	22.4	23.2	23	22.6
2018	21.4	21	20.4	22	21.8	21.8	21.6	22.4	22.6	21.4	22	22

Fuente: SENAMHI dirección zonal No. 10 - Huánuco

Temperatura mínima mensual (C^a) de la estación de Co Carpish

MES/ AÑO	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sept.	Oct.	Nov.	Dic.
2017	10	9.8	10	8	7.4	9.2	7.2	9	9.6	9	9.6	10
2018	9	10	10.2	10	10	8.2	8.6	9.2	8.2	9.8	11	10.4

Fuente: SENAMHI dirección zonal No. 10 – Huánuco

Caudal mensual (m3/seg) de la estación HLG Higueras correspondiente al año 2017

ESTACION:	HLG HIGUERAS							DPTO:	Huánuco			
LATITUD:	09°55'19.92"		SUR					PROV:	Huánuco			
LONGITUD:	76°18'33.76"		OESTE					DIST:	Huánuco			
ALTITUD:	1984	msnm										
AÑO	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sept.	Oct.	Nov.	Dic.
2017	15.91	11.59	26.78	15.82	7.16	3.21	2.09	1.59	1.71	1.68	3.96	9.33

Fuente: SENAMHI dirección zonal No. 10 - Huánuco

Caudal mensual (m3/seg) de la estación HLG Higueras correspondiente al año 2018

ESTACION:	HLG HIGUERAS							DPTO:	Huánuco			
LATITUD:	09°55'19.92"		SUR					PROV:	Huánuco			
LONGITUD:	76°18'33.76"		OESTE					DIST:	Huánuco			
ALTITUD:	1984	msnm										
AÑO	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sept.	Oct.	Nov.	Dic.
2018	20.73	16.44	23.8	20.08	6.62	3.86	2.61	2.44	1.78	10.26	8.11	9.36

Fuente: SENAMHI dirección zonal No. 10 - Huánuco

Anexo 03. Resolución de designación de asesor del proyecto de investigación

UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO
Facultad de Ingeniería

RESOLUCIÓN N° 914-2018-D-FI-UDH

Huánuco, 19 de setiembre de 2018

Visto, el Oficio N 416-C-EAPIC-FI-UDH-2018 presentado por el Coordinador de la Escuela Académica Profesional de Ingeniería Civil y el Expediente N° 1826-18-FI, de la estudiante **Daisy Cecilia, TEODORO LOARTE**, quién solicita Asesor de Tesis, para desarrollar el trabajo de investigación.

CONSIDERANDO:

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

Que, según el Expediente N° 1826-18-FI, presentado por el (la) estudiante **Daisy Cecilia, TEODORO LOARTE**, quién solicita Asesor de Tesis, para desarrollar su trabajo de investigación, el mismo que propone al Ing. Jerry Marlon Dávila Martel, como Asesor de Tesis, y;

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

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

Artículo Único.- DESIGNAR, como Asesor de Tesis de la estudiante **Daisy Cecilia, TEODORO LOARTE**, al Ing. Jerry Marlon Dávila Martel, Docente de la Escuela Académico Profesional de Ingeniería Civil, Facultad de Ingeniería.

Regístrese, comuníquese, archívese



UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO
FACULTAD DE INGENIERÍA
CONSEJO DE FACULTAD
[Signature]
Ing. JOHNNY P. JICHA ROJAS
SECRETARIO DOCENTE



UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO
[Signature]
Mg. Ricardo Sánchez García
DECANO DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA

Anexo 04. Resolución de aprobación del proyecto de investigación

UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO

Facultad de Ingeniería

RESOLUCIÓN N° 555-2019-CF-FI-UDH

Huánuco, 05 de Julio de 2019

Visto, el Oficio N° 551-2019-C-EAPIC-FI-UDH del Coordinador Académico de Ingeniería Civil, referente a **Daisy Cecilia, TEODORO LOARTE**, del Programa Académico Ingeniería Civil Facultad de Ingeniería, quien solicita Aprobación del Proyecto de Investigación;

CONSIDERANDO:

Que, según Resolución N° 560-99-CO-UH, de fecha 06.09.99, se aprueba el Reglamento de Grados y Títulos de la Facultad de Ingeniería, vigente;

Que, según el Expediente 1737-19, del Programa Académico de, Ingeniería Civil, Informa que el Proyecto de Investigación Presentado por **Daisy Cecilia, TEODORO LOARTE** ha sido aprobado, y

Que, según Oficio N°551-2019-C-EAPIC-FI-UDH, del Presidente de la Comisión de Grados y Títulos del Programa Académico de Ingeniería Civil, Facultad de Ingeniería, Informa que el recurrente ha cumplido con levantar las observaciones hechas por la Comisión de Grados y Títulos, respecto al Proyecto de Investigación; y

Estando a lo acordado por el Consejo de Facultad Extraordinario de fecha 05 de Julio del 2019 y normado en el Estatuto de la Universidad, Art. N° 44 inc.r);

SE RESUELVE:

Artículo Primero. - APROBAR, el Proyecto de Investigación y su ejecución intitulado:

“COMPARACIÓN DE CAUDALES MEDIOS MENSUALES APLICANDO EL MÉTODO LUTZ SCHOLZ Y UNA ESTACIÓN HIDROMÉTRICA, EN LA MICROCUENCA DEL RÍO HIGUERAS, HUÁNUCO 2017 - 2018 ” representado por **Daisy Cecilia, TEODORO LOARTE**, del Programa Académico de Ingeniería Civil

REGÍSTRESE, COMUNÍQUESE, ARCHÍVESE



UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO
FACULTAD DE INGENIERÍA
CONSEJO DE FACULTAD
[Signature]
Ing. JOHNNY P. JACHA ROJAS
SECRETARIO DOCENTE



UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO
[Signature]
Mg. Bertha Campos Ríos
DECANA DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA

Anexo 05. Conducción de la investigación

1. Identificación de las estaciones meteorológicas e hidrométrica

Las 05 estaciones meteorológicas fueron las estaciones de CO Yanahuanca, CO Jacas Chico, CO Huánuco, CO Dos de mayo y CO Carpish y la estación hidrométrica es la del Rio Higueras, se muestra en la figura N° 01.

En las estaciones meteorológicas se realiza la toma de muestra de lluvias, temperatura, humedad relativa, evaporación, viento, nubosidad, insolación, intensidad de lluvia (pluviogramas) etc.

En las estaciones hidrológicas se realiza la toma de muestra de caudal del río.

2. Obtención de datos.

Los datos históricos proporcionados por el SENAMHI Zonal No. 10 – Huánuco son valores estadísticos que representan la altura de la precipitación de la microcuenca del río Higueras, se tomará en cuenta los datos correspondientes al periodo 2017-2018.

Los formatos usados para la recolección de datos son: Formato de precipitación acumulada mensual, Formato de temperatura acumulada mensual y Formato de caudal acumulado mensual (Anexo 02).

3. El procesamiento de datos:

➤ **Precipitación:** Se determinó mediante el empleo de los métodos aritmético, de isoyetas y de Thiessen, en los cuales se obtendrán los datos a través del SENAMHI Zonal No. 10 - Huánuco, posteriormente se va a completar algunos datos faltantes, si se requiere se extenderá haciendo uso del método de regresión lineal y finalmente se determinará la consistencia para comprobar la confiabilidad de estos datos.

- Método Promedio Aritmético

Con las estaciones una vez ya localizadas y disponibles dentro de la zona de estudio, se obtendrá un promedio aritmético de las alturas de las precipitaciones registradas (Villón, 2002):

$$P_{med} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n P_i \dots\dots\dots(1)$$

P med: precipitación media de la microcuenca

P i: precipitación de la estación i

n: número de estaciones del estudio.

- Método Polígono de Thiessen

Con las estaciones una vez ya localizadas y disponibles dentro de la zona de estudio o fuera de ella, se delimitará la zona de influencia de cada estación a través del conjunto de estaciones pertenecientes al presente estudio.

Este método en el presente trabajo de investigación ubica las estaciones metereológicas tanto las que se encuentran dentro y fuera de la microcuenca de estudio, une dichas estaciones metereológicas con la finalidad de crear la figura geométrica de un triángulo que presente sus ángulos internos menores de 90º, posteriormente en los lados de dichos triángulos se trazaran mediatrices con la intención de crear polígonos, seguido se define el área de influencia correspondientes a cada estación metereológica y por último se calculan dichas áreas.

La fórmula para determinar la precipitación media haciendo uso del método polígono de Thiessen será: (Villón, 2002, p. 79)

$$P_{med} = \frac{1}{A_T} \sum_{i=1}^n A_i P_i \dots\dots\dots(2)$$

P med: precipitación media.

A t: área total de la cuenca.

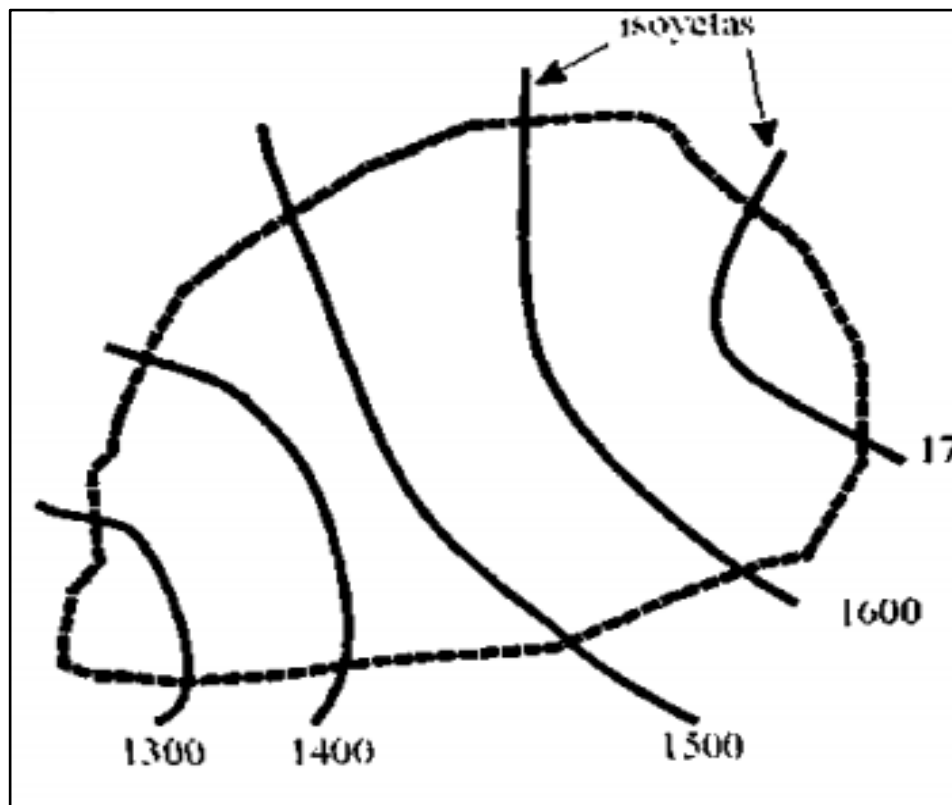
A i: área de influencia parcial del polígono de Thiessen de la estación i.

P i: precipitación de la estación i.

n: número de estaciones del estudio.

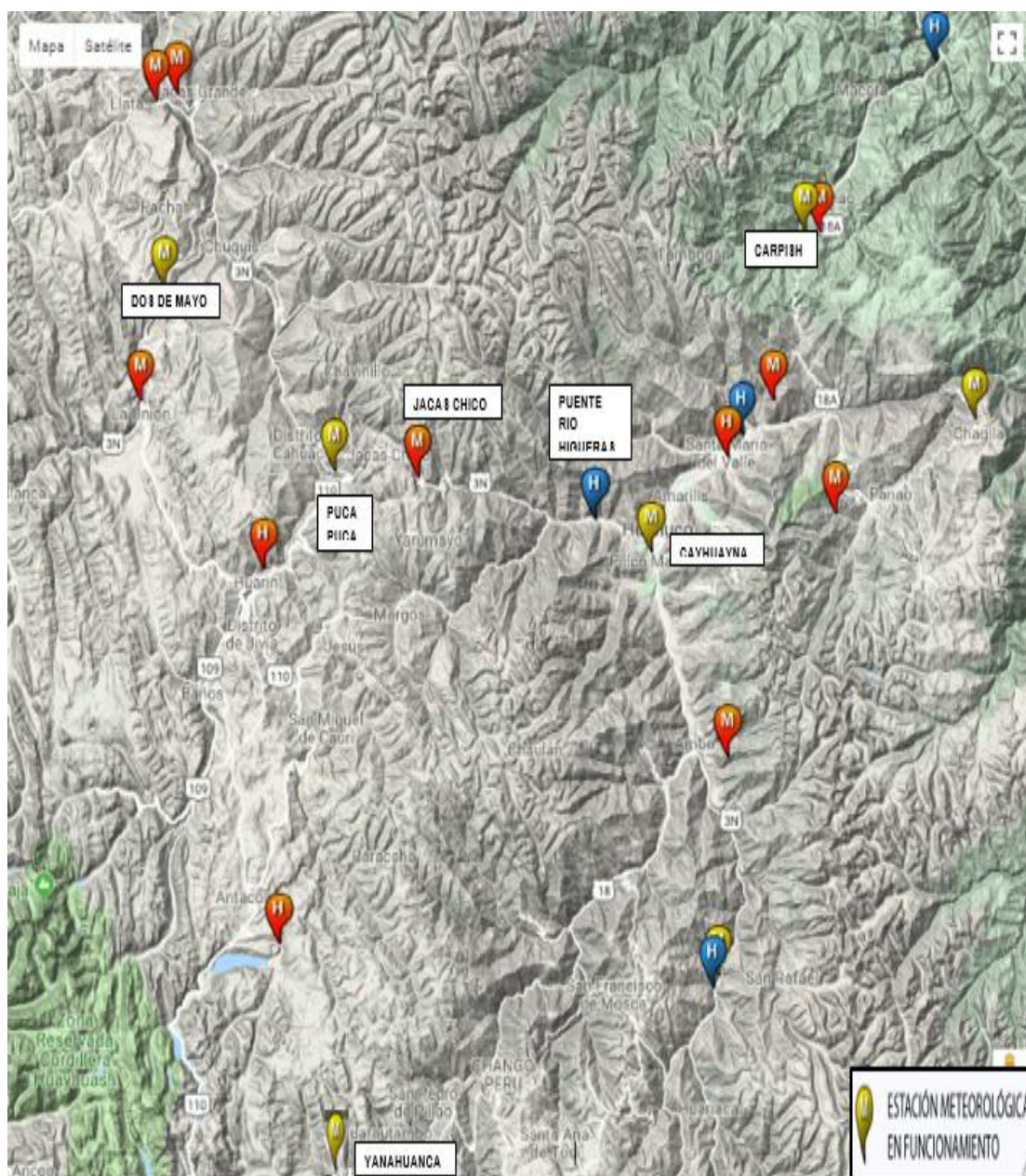
- **Método Isoyetas**

En el método de isoyetas es necesario saber que son las isoyetas, las cuales están definidas como curvas que se encargan de unir puntos que presentan la misma precipitación, es decir la precipitación es directamente proporcional a las curvas de nivel es por eso que cuando la precipitación es tipo orográfico, las isoyetas tienden a seguir una configuración similar a las curvas de nivel; asimismo cabe mencionar que este método es considerado como uno de los más exactos, pero requerirá de un plano de isoyetas de la precipitación registrada y ciertos criterios para trazarlo. (Villón, 2002, p. 80)



Fuente: Cálculos hidrológicos e hidráulicos en Cuencas Hidrográficas – La cuenca Hidrológica – Calculo de la precipitación media sobre una zona – Isoyetas –Villón (2002).

Figura 28. Estaciones meteorológicas del presente estudio



Fuente: Senamhi – Dato Históricos – <https://www.senamhi.gob.pe/?p=data-historica>